

Influencia de la alimentación con altos niveles de ácidos grasos insaturados en la calidad de la canal y de la carne de terneros sacrificados a dos niveles de acabado



Tesis Doctoral
Pere Albertí Lasalle

Zaragoza, marzo de 2012



**Departamento de
Producción Animal
y Ciencia de los Alimentos
Universidad Zaragoza**

El Dr. **CARLOS SAÑUDO ASTIZ**, Catedrático de Universidad del Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria, y la Dra. **MARÍA JOSE BERIAÍN APESTEGUÍA** Catedrática de Universidad de la Universidad Pública de Navarra

CERTIFICAN

Que la Tesis Doctoral titulada *“Influencia de la alimentación con altos niveles de ácidos grasos insaturados en la calidad de la canal y de la carne de terneros sacrificados a dos niveles de acabado”* elaborada por el Licenciado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos **PERE ALBERTÍ LASALLE**, ha sido realizada bajo su dirección conjunta, se ajusta al proyecto de Tesis aprobado el 12 de diciembre de 2010 y cumple con las condiciones exigidas para optar al grado de Doctor por la Universidad de Zaragoza.

Para que conste, firman la presente en Zaragoza, 8 de marzo de 2012

Fdo. Carlos Sañudo Astiz

Fdo. María Jose Beriaín Apesteguía

Influencia de la alimentación con altos niveles de ácidos grasos insaturados en la calidad de la canal y de la carne de terneros sacrificados a dos niveles de acabado

Tesis Doctoral realizada por

Pere Albertí Lasalle

Bajo la dirección de
Dr. Carlos Sañudo Astiz
Dra. María Jose Beriaín Apesteguía

Para acceder al grado de
Doctor por la Universidad de Zaragoza

dentro del programa de doctorado de
Calidad, Seguridad y Tecnología de los Alimentos
de la Universidad de Zaragoza

Zaragoza, 16 de mayo de 2012

Dedicatoria

Dedico este trabajo a

María Luisa, Olalla y Carolina
y con especial cariño a mi nieto Leo

Agradecimientos

En este momento, después de tanto tiempo, la lista de personas a las que debería agradecer algo, como comprenderéis es muy larga, y posiblemente me deje alguno en el tintero.

Hace algún tiempo, Manuel López en clase, sonriendo, me preguntó “y tú, ¿qué haces aquí?” y claro, tuve que contarle una parte de mi vida:

Estoy hoy aquí después de trabajar desde 1975 en temas de investigación relacionados con el cebo de terneros. Durante este periodo de tiempo debo agradecer a mis compañeros y amigos de la Unidad/Departamento de Producción Animal del Centro/Servicio de Investigación Agraria/Agroalimentaria de Aragón por su apoyo y ayuda en el desarrollo de mi trabajo. Valoro especialmente en este grupo las ganas de conocimiento y la ausencia de jerarquización esterilizante.

He trabajado también muchas veces en temas de desarrollo amparados por la Consejería de Agricultura, transmitiendo nuestro conocimiento al sector, gracias a Ricardo Revilla, en especial desde su época de investigación en la Garcipollera, a Salvador Congost, a Marta Vallés y a Salvador Lozano, entre otros.

Estoy aquí, después de haber estado trabajando y a veces coordinando proyectos de investigación financiados por el INIA, que creyó en mí, y que fueron realizados con la activa colaboración de las Asociaciones Nacionales de Ganado vacuno de carne de las principales razas españolas. Mi gratitud por ello y espero que los resultados de mi trabajo hayan representado un avance. Gracias a Mario Gómez, Paloma Melgarejo, Isabel Vázquez, Ángeles Alonso, Javier Martínez Vassallo, Clara Díaz, Vicente Cañeque, José Antonio Fernández, Félix Goyache, Eduardo Vigil, Patxi Aranguren, Luis Lascorz, Alberto Horcada, Pedro Herraiz, Luis Alonso, Ángel Rodríguez Castañón, entre otros.

Gracias al INIA por la financiación del proyecto de investigación RTA 2005-00183 que ha permitido realizar esta tesis doctoral.

Estoy aquí, después de aprender mucho de todos mis compañeros y amigos del Grupo Consolidado de Investigación de Calidad y Tecnología de la Carne, integrado por personal del CITA y por personal del Departamento de Producción Animal y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza. El trabajo que hemos realizado ha estado siempre por encima de las relaciones institucionales. Gracias a Isidro Sierra por su ayuda, a Carlos Sañudo, por su lucidez y laboriosidad, a José Luis Olleta por su colaboración, a Mari Mar Campo por su determinación en el trabajo y además muchas gracias por ayudarme con el análisis sensorial, a Gustavo María por sus enseñanzas en bienestar animal, a Pedro Roncalés y José Antonio Beltrán por su ayuda en el mundo del sensorial y envasado, gracias a Erika Muela por su ayuda en la puesta a punto de la técnica del TBARS, a Virginia Resconi por sus trabajos de carne y también a Marina López y Clementina Rodellar. Gracias a todos por ayudarme a estar aquí hoy.

Asimismo, gracias a mis amigos de la escuela de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Pública de Navarra, por lo mucho que ha supuesto su colaboración en el desarrollo de mi trabajo durante tantos años. Gracias a Antonio Purroy por ser el alma de ese grupo, a María Jose Beriaín por su entusiasmo en las técnicas analíticas, a José Antonio Mendizabal porque es una persona de total confianza que nos enseñó todo de los adipocitos, a M^a Victoria Sarriés muchas gracias por su ayuda en el análisis de los ácidos grasos, a Ana Arana por su ayuda en el mundo de los enzimas, a Kizkitza Insausti, a Gregorio Induraín, etc.

Para el desarrollo de este trabajo contamos con la colaboración Enrique Básucas y Alfonso Ferrer de la fábrica de piensos compuestos Ars Alendi, muchas gracias por su ayuda y asesoramiento.

Tengo también un cariñoso recuerdo para mis compañeros que trabajan con los terneros en condiciones de pastoreo en la España verde, Jaime Zea de Mabegondo, Mamen Oliván, Kolso Osoro y Pedro Castro de Villaviciosa, y para los que están en otros centros, Dani Villalba de Lleida, José Antonio García Regueiro, Carme Segarra, M^a Àngels Oliver, Marta Gil, Carolina Realini, Àlex Bach, María Devant, Jacint Arnau, de Monells; Alfred Ferret y Gerardo Caja de Bellaterra, Angel Ruiz Mantecón en el CSIC de León, María Jesús Alcalde y Alberto Horcada de Sevilla, Begoña Asenjo Jesús Ciria de Soria.

Estoy aquí, después de aprender otras muchas cosas que me explicaron con interés, dedicación y a veces por encima de los limitados medios disponibles, los profesores de CTA y del Master de CTA de la Universidad de Zaragoza. Ellos saben que no soy un alumno muy listo pero sí que soy un alumno con interés y bastante trabajador. Gracias.

Estoy aquí, después de explicar los resultados de mi trabajo a los alumnos de posgrado del IAMZ. Doy las gracias a mis amigos del Instituto por haberme permitido explicar mis trabajos y resultados a muchos técnicos del área Mediterránea y de América, y dirigir trabajos de Master. Gracias a Miguel Valls, Dunitxi Gabiña y Armando Ocón.

Asimismo, debo agradecer al pequeño núcleo de mi entorno de trabajo con los terneros, las canales y la carne. Quisiera agradecer muy expresamente a Guillermo Ripoll por su franca amistad, su ayuda a este trabajo y por lo mucho que ha supuesto su sinergia en el desarrollo del trabajo de calidad que venimos desarrollando, gracias especiales también a Begoña Panea por su entusiasmo por el trabajo de calidad en carne bien hecho, a Margalida Joy por el avance que ha supuesto sus trabajo en pastoreo, a Albina Sanz por su liderazgo en labor que hemos hecho con la raza Serrana de Teruel, a Mireia Blanco e Isabel Casadesús por los resultados de cebo de terneros en extensivo, a Alberto Bernués por su ayuda en modelos en la producción de bovino, a Fernando Muñoz y Xavier Alibés por su ayuda en el mundo de la valoración de alimentos y a Paco Colomer y Rafa Delfa por lo mucho que me aportaron en los estudios de conformación y composición de la canal. También a todos mis otros compañeros, Fidel Lahoz, Elias Echegoyen, Juan Pérez Revuelto, Enrique Morago, Ramiro Tena, Pepe Jaime, Ángeles Legua, Miguel Ángel Céspedes, Tere Fustero, a José Folch gracias por su amistad y apoyo, a José Luis Alabart por su ayuda en temas

estadísticos, a Joaquín Uriarte por su ayuda en el control de los parásitos del vacuno, a Ignacio Delgado por ayuda en pratenses, a Clara Marín por su entusiasmo y múltiple ayuda, a Chema Blasco por creer en otra sanidad, a Jorge Calvo por su ayuda en nutrigenómica, a Francisco Molino por su ayuda en los análisis difíciles, a Ana Sanjuán de economía, y a todos los demás..., gracias.

El avance en la búsqueda de bibliografía ha sido una de las herramientas que nos ha permitido mejorar la calidad de nuestro trabajo diario. El sistema WOK y ahora Scopus han sido un gran avance y deseo agradecer a la FECYT, al Ministerio de Ciencia e Innovación, al personal de la biblioteca de la Universidad de Zaragoza y de la Facultad de Veterinaria, al personal de la biblioteca de la estación de Aula Dei y en especial a su Director Carlos Martínez, y muy especialmente a Marta Carracedo y Ascensión Bolea de la biblioteca del CITA de Aragón por su magnífica labor y su simpatía (que han hecho de nuestra biblioteca un palacio del saber y no como antes que fue un castillo...).

También a mis buenos amigos Alfredo Texeira de Bragança en Portugal, Ricardo Consigli de Córdoba en Argentina y Juan Franco de Paysandú en Uruguay, por darme a conocer lo que es el vacuno en otros países.

Quisiera agradecer a la asociación ANEMBE por la labor que viene desarrollando y por la oportunidad que me ha dado en varias ocasiones de participar en sus congresos, y agradecer a Octavio Catalán como representante de todos ellos y además por la colaboración, magnífica labor y ayuda en el mundo del cebo de terneros.

Gracias también a FEDNA por sus tablas de alimentos y necesidades para el ganado, y especialmente a Gonzalo González Mateos y Carlos de Blas.

Por lo mucho que aprendí con el proyecto europeo de las razas GemQual, gracias a Susana Dunner y Javier Cañón de Madrid, Jean François Hocquette de Clermont Ferand, Gilles Renand de Jouy en Josas, Mette Christensen y Peer Ertbjerg de Copenhagen, Sebastiana Failla y Sergio Gigli de Monterotondo, Geoff Nute, Ian Richardson y John Williams de Bristol.

Gracias a mis directores de tesis Carlos Sañudo y María Jose Beriaín por todo, por su interés en el tema y la ayuda que me han prestado. Además a Carlos, gracias por la amistad que tenemos desde cuando éramos jóvenes, y a María Jose, gracias por su ayuda en el mundo de la cromatografía y por su gran simpatía.

A título más personal agradezco a mis amigos y compañeros de ITA en reconocimiento a su labor profesional Queta Ayats, Jaume Illa, Joan Nadal y Jaume Carrera.

Y, cómo no, debo agradecer a mi familia por todo el apoyo recibido, su ilusión y cariño.

Espero que al leer este trabajo lo valoréis con sus aciertos y sus limitaciones, como uno más en mi quehacer diario. Hoy no he llegado a la meta sino que esto es una etapa más.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.....	I
Agradecimientos.....	III
Índice general.....	VII
Índice de figuras.....	XI
Índice de tablas.....	XIII
Resumen.....	XVII
Summary.....	XXI
Résumé.....	XXIII
Resum.....	XXVII
Introducción.....	1
Revisión Bibliográfica.....	7
La producción de carne de vacuno en España.....	9
Clasificación, categoría comercial y denominación de venta de la carne de vacuno.....	10
Despiece de la canal.....	13
El perfil lipídico de la carne y su relación con la dieta y salud del consumidor.....	15
El consumidor.....	22
Efecto de la edad y el peso al sacrificio en las características de la carne..	26
Efecto del sexo del animal en las características de la canal y la carne.....	28
Efecto de la raza del ternero en las características de la canal y la carne.....	28
La raza Pirenaica.....	32
Efecto de la dieta de cebo en las características de la carne.....	33
Dietas de cebo con forrajes vs. dietas de concentrados.....	34
Efecto de la utilización de ingredientes ricos en ácidos grasos poliinsaturados n-6 y n-3 en las dietas de cebo de terneros.....	36
Efecto de la utilización de antioxidantes en las dietas de cebo de terneros	39
La calidad de la carne y su vida útil.....	41
El color de la grasa.....	41
El color del músculo.....	42
La calidad sensorial de la carne.....	45
El sistema de envasado.....	48
Objetivos.....	53
Material y Métodos.....	55
Diseño experimental.....	57
Evaluación de los parámetros productivos.....	60
Calidad de la canal.....	61
Muestreo.....	62
Calidad de la carne.....	63
Color de la grasa subcutánea.....	64
Análisis químico de la carne.....	64
Medida del color de la carne fresca.....	65
Pruebas de calidad de carne congelada.....	68
Carne descongelada envasada en film, evaluación color y olor.....	68
Carne descongelada envasada en MAP, evaluación color y	

oxidación lipídica.....	68
Análisis del perfil de ácidos grasos.....	70
Calidad organoléptica de la carne.....	72
Panel de cata con carne a dos tiempos de maduración envasada al vacío.	72
Paneles de cata con carne envasada en MAP y tres tiempos de exposición	73
Análisis sensorial general.....	73
Valoración de la carne por consumidores.....	75
Tratamiento estadístico de los resultados.....	76
Resultados y Discusión.....	81
Composición de los concentrados.....	83
Medida del espesor de grasa subcutánea de los terneros.....	83
Parámetros productivos, pesos, edad y ganancia de peso.....	85
Ingestión e índice de conversión del pienso.....	88
Calidad de la canal, despiece comercial y 10ª costilla.....	91
pH último de la carne.....	99
Color de la grasa subcutánea.....	100
Concentración de vitamina E de la carne.....	103
Composición química de la carne.....	104
Composición en ácidos grasos de la grasa intramuscular. Implicaciones	
nutricionales en el perfil lipídico.....	105
Porcentaje de ácidos grasos saturados.....	106
Porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados.....	108
Porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados.....	109
Porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga.....	112
Agrupaciones y relaciones entre ácidos grasos.....	115
Acidos grasos trans.....	118
Relaciones entre ácidos grasos P/S.....	120
Análisis multivariante del perfil de ácidos grasos.....	121
Color y vida útil de la carne en función de distintas condiciones y	
Tecnologías.....	123
Carne fresca.....	123
Color a las 24 horas.....	123
Evolución del color de la carne fresca envasada con film.....	125
Carne descongelada.....	130
Evolución del color de la carne envasada en film permeable	
al oxígeno.....	130
Estudio del olor de carne envasada en film por expertos.....	133
Evolución de color de la carne envasada en MAP.....	136
Estudio de la oxidación lipídica de la carne envasada en MAP.....	137
Calidad organoléptica de la carne, evaluada por un panel entrenado.....	144
Carne envasada al vacío, efecto del tiempo de maduración.....	144
Carne envasada en MAP, efecto tiempo exposición.....	149
Carne de terneros con 3 mm de engrasamiento.....	149
Carne de terneros con 4 mm de engrasamiento.....	151
Valoración de la carne por consumidores.....	156

Conclusiones	161
Implicaciones	167
Bibliografía	171
Anexos	197

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación bidimensional de distintos ácidos grasos.....	17
Figura 2. Metabolismo de formación de eicosanoides a partir de los ácidos grasos esenciales n-3 y n-6.....	20
Figura 3. Plan de sacrificios.....	61
Figura 4. Esquema de muestreo de músculo <i>Longissimus dorsi</i>	63
Figura 5. Esquema de las pruebas de calidad de la carne.....	63
Figura 6. Esquema de corte de músculo <i>Longissimus dorsi</i> para el estudio de la evolución del color.....	66
Figura 7. Esquema de evaluación de la calidad de la carne congelada.....	69
Figura 8. Muestreo de la carne para las pruebas de análisis sensorial de carne al vacío y dos tiempos de maduración por el panel entrenado	74
Figura 9. Muestreo de la carne para las pruebas de análisis sensorial de carne envasada en MAP y tres tiempos de exposición por el panel entrenado.....	75
Figura 10. Análisis multivariante del perfil de ácidos grasos.....	122
Figura 11. Representación multivariante de los atributos del panel sensorial de la carne de las tres dietas y los dos niveles de engrasamiento envasada al vacío.....	149
Figura 12. Representación multivariante de los atributos del panel sensorial de la carne de las tres dietas y los dos niveles de engrasamiento envasada en MAP sometida a tres tiempos de exposición.....	154
Figura 13. Histograma de la distribución de edades del panel de consumidores.....	157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la conformación de las canales de vacuno pesado según el reglamento 1026/91.....	11
Tabla 2. Clasificación del engrasamiento de las canales de vacuno pesado según el reglamento 1026/91.....	12
Tabla 3. Denominación de venta aplicable a la carne de vacuno en relación a la categoría del animal.....	12
Tabla 4. Composición comercial de la canal de vacuno según la categoría comercial de las piezas de carne, expresado como porcentaje del peso canal.....	14
Tabla 5. Composición centesimal de las dietas.....	59
Tabla 6. Composición química y perfil de ácidos grasos de los piensos utilizados.....	84
Tabla 7. Espesores de la grasa subcutánea y del músculo <i>Longissimus lumborum</i> medido a 6 cm de la espina dorsal en la 4ª vértebra lumbar, determinados por ecografía.....	85
Tabla 8. Pesos, edades y ganancia media diaria de terneros cebados con tres tipos de pienso y sacrificados a dos estados de engrasamiento	86
Tabla 9. Ingestión media de concentrado e índice de conversión del pienso por lote.....	88
Tabla 10. Características de la canal	91
Tabla 11. Composición tisular y categoría comercial de las piezas del corte pistola.....	95
Tabla 12. Composición tisular de la décima costilla.....	97
Tabla 13. Valor del pH último de la carne.....	100
Tabla 14. Color de la grasa subcutánea.....	101
Tabla 15. Concentración de vitamina E en la carne.....	103
Tabla 16. Composición química del músculo <i>Longissimus dorsi</i>	104
Tabla 17. Porcentaje de ácidos grasos de la grasa intramuscular del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de los terneros según el tipo de concentrado consumido y el espesor su grasa dorsal.....	107
Tabla 18. Agrupaciones de ácidos grasos y relaciones entre ellos de la grasa intramuscular del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de los terneros según el tipo de concentrado consumido y el espesor su grasa dorsal.....	116
Tabla 19. Color de la carne a las 24 horas del corte y porcentaje de pigmentos hemínicos.....	124
Tabla 20. Nivel de significación de los parámetros de evolución del color y de los pigmentos hemínicos de carne fresca a lo largo del tiempo de exposición, según el tipo de concentrado consumido y el espesor de la grasa dorsal de los terneros.....	126
Tabla 21. Medias mínimo cuadráticas, error estándar y niveles de significación de los parámetros de evolución del color de carne fresca a lo largo del tiempo de exposición, según el tipo de concentrado consumido y el espesor de la grasa dorsal de los terneros.....	127
Tabla 22. Valores de correlación de Pearson entre las variables del color de la carne fresca envasada en film	130

Tabla 23. Nivel de significación de los parámetros del color y de los pigmentos hemínicos de carne descongelada y envasada en film a lo largo del tiempo de exposición.....	131
Tabla 24. Medias mínimo cuadráticas, error estándar y niveles de significación de los parámetros del color de carne descongelada y envasada en film.....	132
Tabla 25. Medias mínimo cuadráticas, error estándar y niveles de significación de la evaluación del olor por expertos de carne descongelada y envasada en film.....	134
Tabla 26. Valores de correlación de Pearson entre las variables del color y de la valoración de olor de la carne descongelada y envasada en film.....	135
Tabla 27. Nivel de significación de los parámetros del color y de los pigmentos hemínicos de carne descongelada y envasada en MAP a lo largo del tiempo de exposición.....	137
Tabla 28. Medias mínimo cuadráticas, error estándar y niveles de significación de los parámetros del color de carne descongelada y envasada en MAP a lo largo del tiempo de exposición.....	138
Tabla 29. Nivel de significación de la oxidación lipídica de carne descongelada y envasada en MAP a lo largo del tiempo de exposición.....	139
Tabla 30. Medias mínimo cuadráticas, error estándar y niveles de significación de la oxidación lipídica de carne descongelada y envasada en MAP a lo largo del tiempo de exposición.....	140
Tabla 31. Valores de correlación de Pearson entre las variables del color y oxidación lipídica de la carne descongelada y envasada en MAP.....	143
Tabla 32. Nivel de significación de los atributos del panel sensorial de la carne envasada al vacío y con dos tiempos de maduración...	144
Tabla 33. Medias y error estándar de los atributos del panel sensorial de la carne envasada al vacío y con dos tiempos de maduración..	145
Tabla 34. Nivel de significación de los atributos del panel sensorial de la carne de 3 mm de engrasamiento envasada en atmósfera protectora (MAP) a lo largo de la exposición.....	150
Tabla 35. Medias y error estándar de los atributos del panel sensorial de la carne de 3 mm de engrasamiento envasada en atmósfera protectora (MAP) a lo largo de la exposición.....	151
Tabla 36. Nivel de significación de los atributos del panel sensorial de la carne de 4 mm de engrasamiento envasada en atmósfera protectora (MAP) a lo largo de la exposición.....	152
Tabla 37. Medias y error estándar de los atributos del panel sensorial de la carne de 4 mm de engrasamiento envasada en atmósfera protectora (MAP) a lo largo de la exposición.....	153
Tabla 38. Medias y error estándar de los atributos del panel de consumidores de la carne fresca madurada 7 días según el tipo de concentrado consumido por terneros con un estado de engrasamiento de 3 mm espesor de grasa dorsal.....	158
Tabla 39. Medias y error estándar de los atributos del panel de consumidores de la carne fresca madurada 7 días según el tipo de concentrado consumido por terneros con un	

estado de engrasamiento de 4 mm espesor de grasa dorsal.....	159
---	-----

RESUMEN

Existe un interés creciente por parte del consumidor en alimentos más saludables y, en especial, en relación a la cantidad y calidad de la grasa. Los ácidos grasos esenciales poliinsaturados n-3, α -linolénico y sus derivados EPA, DHA, junto con los n-6, derivados del linoleico, están relacionados con la incidencia de enfermedades cardiovasculares en la población. Por ello, existe el interés en obtener carne con un perfil de ácidos grasos que se ajuste mejor a las nuevas recomendaciones nutritivas de las autoridades y agencias de seguridad alimentaria. El objetivo del presente estudio fue valorar el efecto de dietas de cebo, con ingredientes ricos en ácidos grasos poliinsaturados y enriquecidas con vitamina E, sobre terneros cebados a dos niveles de engrasamiento, en los parámetros productivos, la calidad de la canal, la vida útil y calidad de la carne determinada por el color, el perfil de ácidos grasos y sus características sensoriales.

Se utilizaron terneros de raza Pirenaica que fueron distribuidos en 6 lotes de 8 animales. Tres lotes fueron cebados hasta alcanzar 3 mm de espesor de grasa subcutánea en la zona lumbar y consumieron un pienso control, o un pienso con un 5% de semilla de lino, o bien un pienso con un 5% de semilla de lino y enriquecido con 200 UI de vitamina E. Otros tres lotes fueron cebados con los mismos piensos hasta que alcanzaron 4 mm de espesor de grasa de cobertura.

La inclusión de un 5% de semilla de lino o el enriquecimiento con 200 UI de vitamina E en el pienso de cebo no modificó la ganancia media diaria de peso vivo, pero redujo entre 1 y 2 puntos porcentuales el rendimiento canal, aunque sin modificar las notas de clasificación de las canales. No obstante, la inclusión de semilla de lino aumentó el porcentaje de grasa de recorte y de hueso, disminuyendo el porcentaje de carne y la relación carne:hueso. Sin embargo, no modificó la proporción de las distintas categorías comerciales de la carne. El color de la grasa subcutánea no se modificó por efecto de la dieta, ni del nivel de engrasamiento al sacrificio.

La dieta enriquecida con vitamina E aumentó significativamente su concentración en el músculo *Longissimus dorsi* a 1.52 mg/kg carne respecto a 0.81 g/kg de carne de los animales cebados con el pienso control. La evolución del color de la carne fresca durante el tiempo de exposición no varió en función de la composición del pienso, por lo cual la vida útil de la carne de los terneros cebados con pienso que contenía un 5% de semilla de lino o del pienso que además fue enriquecido con 200 UI de vitamina E fue similar a la de la carne del lote control. La incorporación de un 5% de semilla de lino no modificó los porcentajes totales de ácidos grasos saturados, monoinsaturados o poliinsaturados en la grasa intramuscular. No obstante, aumentaron significativamente los porcentajes de algunos ácidos grasos, destacando por su función nutritiva el α -linolénico y varios isómeros del linoleico. Asimismo, aumentó de forma significativa la proporción de ácidos grasos n-3 y disminuyó la relación n-6/n-3 a 5.5 aproximándose a las recomendaciones nutricionales de la EFSA. Sin embargo, el porcentaje de ácidos grasos trans de la grasa de los terneros que consumieron el pienso control fue menor que el de los terneros que consumieron los piensos con lino, aunque este aumento se debió principalmente al aumento de los ácidos vaccémico, ruménico e isómeros del linoleico.

El sacrificio de los terneros a un mayor nivel de engrasamiento hizo aumentar el porcentaje total de grasa monoinsaturada, debido al aumento del ácido oleico, sin que se viesen afectados los porcentajes de ácidos grasos saturados o poliinsaturados, o de ácidos grasos importantes desde el punto de vista nutricional.

La inclusión de un 5% de semilla de lino o el enriquecimiento con 200 UI de vitamina E al pienso de cebo no modificó el color de la carne fresca envasada en film a lo largo del tiempo de exposición en oscuridad. Asimismo, la composición del pienso no tuvo ninguna influencia sobre la evolución del color de la carne descongelada y envasada en film permeable al oxígeno o en atmósfera protectora (MAP), ni en el olor o la oxidación lipídica. La composición del pienso no influyó en ninguno de los atributos sensoriales evaluados por un panel entrenado ni por la valoración hedónica de los consumidores de la carne envasada al vacío a dos tiempos de maduración, ni en la carne envasada en MAP a tres tiempos de

exposición. El aumento del tiempo de maduración de la carne al vacío mejoró la ternera sin subir las notas de atributos negativos ligados a olor o flavor. Mientras que en carne madurada, el aumento del tiempo de exposición en MAP, fue en detrimento de la valoración sensorial por la variación de olores y sabores, disminuyendo los positivos a vacuno y aumentando los negativos a rancio.

SUMMARY

There is growing interest by consumers in healthier foods and especially in relation to the quantity and quality of fat. Essential polyunsaturated fatty acids n-3, α -linolenic acid and its derivatives EPA, DHA, along with the n-6 linoleic acid derivatives are related to incidence of cardiovascular diseases in the population. Therefore, there is interest in obtaining beef with a profile of fatty acids in intramuscular fat which meets the new nutritional recommendations of the authorities and food safety agencies. The aim of this study was to assess the effect of fattening diets with ingredients rich in polyunsaturated fatty acids and supplemented with vitamin E for young-bulls fed at two levels of fatness on the productive parameters, carcass quality, shelf life and meat quality determined by the colour, fatty acid profile and sensory characteristics.

Six lots of eight young bulls of Pirenaica breed were used. Three lots were fed until they reach 3 mm thick subcutaneous fat at the loin, with a control concentrate, or with a concentrate with 5% linseed, or either with a concentrate with 5% linseed supplemented with 200 IU of vitamin E. Three others lots were fed the same concentrates until they reached 4 mm thick fat cover.

The inclusion of a 5% flaxseed or enrichment with 200 IU of vitamin E in concentrate did not change the average daily weight gain, but decreased between 1 and 2 percentage points the dressing rate, without changing the carcasses classification notes. Nevertheless, the inclusion of linseed increased the percentage of trim fat and bone, decreasing the percentage of meat and meat to bone ratio. However, did not alter the proportion of the different beef commercial categories. The colour of subcutaneous fat did not change owing the type of concentrate or the level of fat at slaughter.

The diet enriched with vitamin E significantly increased its concentration in the *Longissimus dorsi* muscle to 1.52 mg/kg meat compared to 0.81 g/kg of meat from animals fed with control concentrate. The evolution of fresh meat colour during the shelf life unchanged due the concentrate composition, whereby the

shelf life of the meat of bulls fed with concentrate containing 5% flaxseed or supplemented with 200 IU of vitamin E was similar to that of meat from control animals. The addition of 5% flaxseed did not alter the total percentages of saturated, monounsaturated or polyunsaturated fatty acids in intramuscular fat. However, significantly increased the percentages of some fatty acids, highlight for its nutritional function as α -linolenic acid and some linoleic acid isomers. Also, significantly increased the proportion of n-3 fatty acids and n-6/n-3 ratio decreased to 5.5 approaching the EFSA nutritional recommendations. However, the percentage of trans fatty acids from the intramuscular fat of bulls that consumed the control concentrate was lower than that of bulls fed with linseed, although this increase was mainly due to vaccenic, rumenic acids and linoleic isomers.

The higher level of subcutaneous fat at slaughter increased the total percentage of monounsaturated fatty acids, due to the increase of oleic acid, without affect the percentage of saturated or polyunsaturated fatty acids, or key fatty acids from the nutritional point of view.

The inclusion of a 5% flaxseed or the supplementation with 200 IU of vitamin E in the concentrate did not modify the color of fresh meat packaged in film during the shelf life. On the same way, the concentrate composition had no influence on the evolution of thawed meat colour packaged afterward in oxygen permeable film or modified atmosphere (MAP), neither odor nor lipid oxidation.

The sensory attributes evaluated by a trained panel or the hedonic assessment by consumers of vacuum-packaged meat at two aging times or atmosphere packaged meat at three display times did not changed by the type of concentrate studied. Increasing the aging time in vacuum improved the meat tenderness notes without enhance negative attributes associated with odor or flavor. While in aged beef, increase of display time in MAP, was detrimental to the sensory assessment by variation of odors and flavors, decreasing the positive as beefy and increasing the negative as rancid.

RÉSUMÉ

Il ya un intérêt croissant par les consommateurs dans une alimentation plus saine et, en particulier, en ce qui concerne la quantité et la qualité de la graisse. Les acides gras essentiels polyinsaturés n-3, α -linoléique et ses dérivés EPA, DHA, ainsi que les dérivés n-6 linoléique sont reliées à l'incidence des maladies cardiovasculaires dans la population. Par conséquent, il ya l'intérêt à obtenir de la viande avec un profil en acides gras qui se correspond mieux aux nouvelles recommandations des autorités et des agences de sécurité des aliments. Le objectif de cette étude était d'évaluer l'effet de la composition du concentré, avec des ingrédients riches en acides gras polyinsaturés et enrichi à la vitamine E, sur de tourillons abattues a deux niveaux de engraissement dans les performances, la qualité de la carcasse, la durée de conservation et la qualité de la viande déterminée par la couleur, le profil des acides gras et les caractéristiques sensorielles.

Ont été utilisés 6 lots de 8 veaux de la race Pirenaica. Trois lots ont été nourris jusqu'à 3 mm d'épaisseur de graisse sous-cutanée du dos et ils ont consommé du concentré contrôle, o un concentré contenant 5% de graines de lin, o un concentré avec 5 % de graines de lin et enrichi avec 200 UI de vitamine E. Les trois autres lots ont été engraisés avec les mêmes concentrés jusqu'à ce qu'ils atteignent 4 mm de couverture graisse.

L'inclusion d'un 5% de graine de lin ou l'enrichissement avec 200 UI de vitamine E dans les concentrés n'a pas changé le gain moyen quotidien de poids, mais a diminué entre 1 et 2 points pourcentage du rendement carcasse, mais sans changer les notes de la classification des carcasses. Toutefois, l'inclusion de graines de lin ont augmenté le pourcentage de graisse et d'os, diminuant le pourcentage de viande et du rapport viande:os. Cependant, il a été pas modifiée la proportion des catégories commerciales des viandes. La couleur de graisse sous-cutanée ne changée pas pour l'effet du la composition du concentré o par le niveau de l'engraissement au l'abattage.

Le concentré enrichi en vitamine E a augmenté sensiblement sa concentration dans le muscle *Longissimus dorsi* à 1,52 mg / kg de viande par rapport à 0,81 g / kg de viande provenant d'animaux nourris avec concentré contrôle. L'évolution de la couleur de la viande fraîche au cours du temps d'exposition ne variée en fonction de la composition de concentré, et aussi la dureté de la vie commercial de la viande des taurillons nourris avec des concentrés contenant 5% de lin ou de concentré en plus enrichi avec 200 UI de vitamine E était semblable à celle de la viande du concentré témoin. L'ajout de un 5% de lin au concentré n'a pas changé le pourcentage total d'acides gras saturés, mono-insaturés ou polyinsaturés du gras intramusculaire de la viande. Toutefois, augmentée significativement des pourcentages de certains acides gras, a noté pour sa fonction nutritionnelle le α -linoléique et quelques isomères de l'acide linoléique. En outre augmenté de façon significative la proportion des acides gras n-3 et diminué le rapport n-6/n-3 à 5,5 qui s'approche aux recommandations nutritionnelles de l'EFSA. Toutefois, le pourcentage d'acides gras trans de la graisse des taurillons qui ont consommé le concentré contrôle a été inférieure à celle des animaux du concentré avec du lin, de toute façons cette augmentation était principalement attribuable à l'augmentation des acides vaccénique, le ruménique et les isomères de l'acide linoléique.

L'abattage des taurillons à un plus haut taux de engraissement a augmenté le pourcentage total de graisses mono-insaturées, en raison de l'acide oléique accrue, sans être affecté les pourcentages des acides gras saturés o polyinsaturés ou acides gras importants sur le plan nutritionnel.

L'inclusion d'un 5% de lin ou l'enrichissement avec 200 UI de vitamine E au concentré n'a pas changé la couleur de la viande fraîche emballée dans un film au cours de la durée d'exposition dans l'obscurité. En outre, la composition de l'alimentation n'a eu aucune influence sur l'évolution de la couleur de la viande décongelée et emballés dans un film perméable à l'oxygène ou sous atmosphère protectrice (MAP), ou l'oxydation des lipides ou l'odeur.

La composition du concentré n'a pas eu d'influence sur aucun des attributs sensoriels évalués par un panel entraîné o à l'évaluation hédonique des

consommateurs de la viande emballée sous vide a deux temps de maturation ou de la viande emballés dans MAP à trois temps d'exposition. L'augmentation du temps de maturation de la viande sous vide a amélioré sa tendreté sans faire augmenté des notes d'attributs négatifs associés à l'odeur ou la saveur. Alors que en viande déjà mûré, augmentation du temps d'exposition dans le MAP, a été préjudiciable à l'évaluation sensorielle par la variation des odeurs et des flaveurs, décroissant les positives a viande bovine et accroissant les négatives a rance.

RESUM

Existeix un interès creixent per part del consumidor en aliments més saludables i, en especial, en relació a la quantitat i qualitat del greix. Els àcids grassos essencials poliinsaturats n-3, α -linolènic i els seus derivats EPA, DHA, juntament amb els n-6, derivats del linoleic, estan relacionats amb la incidència de malalties cardiovasculars a la població. Per això, existeix l'interès en obtenir carn amb un perfil d'àcids grassos que s'ajusti millor a les noves recomanacions nutritives de les autoritats i agències de seguretat alimentària. L'objectiu d'aquest estudi va ser valorar l'efecte de dietes d'engreix, amb ingredients rics en àcids grassos poliinsaturats i enriquides amb vitamina E, a vedells portats a dos nivells d'engreixament, en els paràmetres productius, la qualitat de la canal, la vida útil i qualitat de la carn determinada pel color, el perfil d'àcids grassos i les seves característiques sensorials.

Es van utilitzar vedells de raça Pirinaica que van ser distribuïts en 6 lots de 8 animals. Tres lots van ser engreixats fins a aconseguir 3 mm de gruix de greix subcutani a la zona al llom, consumin un pinso control, o un pinso que contenia un 5% de llavor de lli, o bé un pinso amb un 5% de llavor de lli i a més enriquit amb 200 UI de vitamina E. Els altres tres lots van ser engreixats amb els mateixos pinsos fins que van aconseguir 4 mm de gruix de greix de cobertura.

La inclusió d'un 5% de llavor de lli o l'enriquiment amb 200 UI de vitamina E en el pinso d'engreix no va modificar la ganància mitja diària de pes viu, va reduir entre 1 i 2 punts percentuals el rendiment canal, sense modificar les notes de classificació de les canals. Tanmateix, la inclusió de llavor de lli va fer augmentar el percentatge de greix retallat i d'os, disminuint el percentatge de carn i la relació carn:os. Però no va modificar les proporcions de les diferents categories comercials de la carn. El color del greix subcutani no es va modificar per efecte de la dieta, ni del nivell d'engreixament al sacrifici.

La dieta enriquida amb vitamina E va fer augmentar significativament la seva concentració en el múscul *Longissimus dorsi* fins a 1.52 mg/kg carn respecte a 0.81 g/kg de carn dels animals engreixats amb el pinso control. L'evolució del

color de la carn fresca durant el temps d'exposició no va variar per efecte de la composició del pinso, i per tant la vida útil de la carn dels vedells engreixats amb pinso que contenia un 5% de llavor de lli o be del pinso que a mes a mes va ser enriquit amb 200 UI de vitamina E va ser similar a la de la carn del lot control. La incorporació d'un 5% de llavor de lli no va modificar els percentatges totals d'àcids grassos saturats, monoinsaturats o poliinsaturats en el greix intramuscular. Encara que van augmentar significativament els percentatges d'alguns àcids grassos, destacant per la seva funció nutritiva el α -linolènic i alguns dels isòmers del linoleic. Així mateix, va augmentar de forma significativa la proporció d'àcids grassos n-3 i va disminuir la relació n-6/n-3 a 5.5 aproximant-se mes a les recomanacions nutricionals de l'EFSA. No obstant això, el percentatge d'àcids grassos trans del greix dels vedells que van consumir el pinso control va ser menor que el dels vedells que van consumir els pinsos amb lli, encara que aquest augment es va deure principalment als àcids vaccèmic, rumènic i als isòmers del linoleic.

El augment de l'engreixament dels vedells va incrementar el percentatge total de àcids grassos monoinsaturats degut al augment de l'àcid oleic, sense que es veiessin afectats els percentatges dels àcids grassos saturats o poliinsaturats, o d'àcids grassos importants des del punt de vista nutricional.

La inclusió d'un 5% de llavor de lli o l'enriquiment amb 200 UI de vitamina E al pinso d'engreix no va modificar el color de la carn fresca envasada en film duran el temps d'exposició a la fosca. Així mateix, la composició del pinso no va tenir cap influència sobre l'evolució del color de la carn descongelada i envasada en film permeable a l'oxigen o en atmosfera protectora (MAP), ni en l'olor o l'oxidació lipídica.

La composició del pinso no va influir en cap dels atributs sensorials avaluats per un panel entrenat o a la valoració hedònica dels avaluadors en la carn envasada al buit a dos temps de maduració, ni en la carn envasada en MAP a tres temps d'exposició. Però en carn madurada, l'augment del temps d'exposició a MAP va anar en perjudici de la valoració sensorial per la variació d'olors i flavors, disminuint els positius a boví i augmentant els negatius a ranci.

INTRODUCCIÓN

Introducción

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de ganado vacuno en pastoreo o con forrajes tiene unos costes de alimentación menores que las dietas basadas en piensos. Sin embargo, no siempre las condiciones agroclimáticas de una región o las debidas a las estructuras de las explotaciones (minifundismo, parcelación), permiten que el ganado vacuno de cebo utilice forrajes de forma racional y eficiente en sistemas extensivos. Por ello, es frecuente en España el cebo de terneros basado en sistemas intensivos con piensos.

El sistema de producción del ganado vacuno de carne consta de tres fases. El periodo de lactancia suele durar un tiempo variable comprendido entre los 4 y 7 meses de edad, con la madre en las razas de carne. Mientras que se realiza la lactancia artificial en el caso de la razas lecheras como la Frisona. Posteriormente, tras el destete, existe un periodo de cebo a pienso o con dietas mixtas de forraje con un suplemento con pienso concentrado. Finalmente hay un periodo de acabado en el cual la dieta es de alta energía para que el animal deposite grasa. Este periodo de acabado dependerá de la demanda que haga el mercado en cuanto al espesor de grasa que debe tener la canal y del veteado de la carne. El conseguir este grado de acabado estará determinado principalmente por la raza, el sexo, el peso o la edad y la dieta. En los trabajos que recientemente se han venido desarrollando con razas españolas y europeas, se ha confirmado que hay razas precoces como la Avileña-Negra Ibérica o la Angus y razas tardías como la Pirenaica o la Piemontese en la deposición de grasa (Albertí *et al.*, 2005b; Christensen *et al.*, 2011; Piedrafita *et al.*, 2003; Sañudo *et al.*, 1998a). En cuanto al sexo, las hembras se engrasan antes que los castrados y los machos enteros son los que más tardan en engrasar (Albertí *et al.*, 2010c; Nürnberg *et al.*, 1998; Zea Salgueiro *et al.*, 2007).

A medida que el ganado vacuno aumenta de peso, con dietas de media o alta energía, la deposición de músculo tiende a disminuir mientras que la deposición de grasa va en aumento (Albertí *et al.*, 2001a; Bruns *et al.*, 2004; Insausti *et al.*, 2005; Jurie *et al.*, 2007). Además, el aumento del engrasamiento suele provocar variaciones en las proporciones de ácidos grasos. Normalmente aumenta la

Introducción

proporción de ácidos grasos monoinsaturados y disminuye la proporción de los PUFA (Duckett *et al.*, 1993). Asimismo, disminuye la relación entre los ácidos grasos poliinsaturados y saturados (P/S) de la grasa intramuscular y aumenta la de los ácidos grasos n-6, aunque la relación n6/n3 puede mantenerse sin variación en razas tardías o aumentar en razas más precoces (Moreno *et al.*, 2008).

En los últimos años aparecieron, con mucha presión por parte de los medios de comunicación y de la propaganda, toda una serie de alimentos como promotores de salud o alimentos funcionales para consumo humano. Actualmente, por fin, las declaraciones nutricionales y propiedades saludables en los alimentos se encuentran reguladas por el Reglamento 1924/2006 (DOUE, 2006). La carne de vacuno aporta proteínas de alto valor biológico y es rica en micronutrientes como vitaminas A, B6, B12, D, E y minerales como hierro, zinc y selenio, por ello es un alimento fundamental y muy recomendable. El consumo de carne también puede tener efectos beneficiosos novedosos, ya que se ha evidenciado el efecto positivo de péptidos bioactivos, ya que algunos de ellos tienen efectos en la inhibición de la acción de la enzima convertidora de angiotensina (ACE) que regula la presión sanguínea (Ahmed y Muguruma, 2010). Estos péptidos inhibidores de la ACE se han identificado en la miosina y troponina C en carne de cerdo y pollo (Vercruyssen *et al.*, 2005).

Sin embargo, la carne roja está cuestionada por la cantidad y la calidad de su grasa, ya que se ha relacionado con las enfermedades cardiovasculares (EFSA, 2010a; WHO/FAO, 2003) y con el cáncer colorrectal (McAfee *et al.*, 2010; Valsta *et al.*, 2005; WCRF, 2007; Woods y Fearon, 2009). En relación a los alimentos de origen animal el Comité de Expertos de *World Cancer Research Fund* (WCRF; Fundación Mundial para la Investigación del Cáncer) recomendó limitar el consumo por persona a menos de 500 g por semana de carnes rojas, con una mínima proporción de carnes procesadas. Estos aspectos han sido cuestionados por algunos autores pertenecientes a la *International Agency for Research on Cancer*, ya que el informe del WCRF demostró que no hay una asociación discernible entre muchas formas de cáncer y unas prácticas específicas de dieta (Boyle *et al.*, 2008), sabiendo, además, que el tabaco y la obesidad son las principales causas de cáncer. El consumo moderado de carne roja dentro de una

Introducción

dieta equilibrada es improbable que aumente el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares o provoque el cáncer de colon, pero puede influir positivamente en la ingestión de nutrientes y en el perfil de ácidos grasos y por consiguiente en la salud a largo plazo (McAfee *et al.*, 2010). Por otro lado, existen recomendaciones nutritivas que también pueden tener aspectos negativos ya que, por ejemplo, los resultados de un meta análisis mostraron que el consumo de α -linolénico puede reducir la mortalidad debida a enfermedades cardiovasculares, pero se ha constatado que existe el riesgo que un consumo elevado pueda estar relacionado con cáncer de próstata (Brouwer *et al.*, 2004).

Cuando se evidenció el interés de enriquecer con ácidos grasos poliinsaturados omega 3 los alimentos como una forma ayudar a reducir la incidencia de las enfermedades cardiovasculares humanas, también se pensó en la carne de vacuno. Sin embargo, a diferencia de los monogástricos como el cerdo, en los rumiantes la digestión de las grasas en el rumen sufre una lipólisis y, además, los ácidos grasos poliinsaturados son hidrogenados en más del 90%. Por ello, se empezó a estudiar como proteger de la biohidrogenación ruminal, en mayor medida, a las grasas de las dietas de cebo del ganado vacuno.

No obstante, también se sabe que los ácidos grasos saturados son más perjudiciales para la salud humana que los poliinsaturados, pero son mucho más estables y se oxidan menos que estos últimos. Por ello, al aumentar el perfil de ácidos grasos poliinsaturados en la carne hay que tener en consideración en que medida se verá afectada la calidad de la carne desde varios puntos de vista, como pueden ser los nutritivos, sensoriales y de vida útil del producto.

Los resultados de esta tesis se obtuvieron en el desarrollo del proyecto INIA RTA 2005-00183 titulado “Influencia del aporte de una dieta rica en ácidos grasos poliinsaturados y antioxidantes sobre la calidad y la vida útil de la carne de terneros de raza Pirenaica sacrificados a dos niveles de engrasamiento”. En el momento del planteamiento del proyecto no existían en nuestro país resultados de cebo de terneros que hubiesen estudiado como afectaba la utilización de semilla de lino en la calidad sensorial y la vida útil de la carne.

Introducción

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Revisión bibliográfica

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La producción de carne de vacuno en España

En 1985 España y Portugal se incorporaron a la Unión Europea y desde entonces nuestra agricultura y ganadería se han ido acomodando a las nuevas condiciones del mercado. En los últimos 25 años, la producción de carne vacuna en España aumentó en un 50% pasando de las 400 mil tm en el año 1985 (MAPA, 1986), tras un máximo de 714 mil tm en 2004, a las recientemente 599 mil tm producidas en 2010 (Eurostat, 2011). En 2008 se produjeron 662 mil tm de bovino (canal), se importaron 97 mil tm y se exportaron 145 mil tm, lo que dio un saldo de 614 mil tm para el consumo interior.

También el número de terneros importados para su cebo en España ha aumentado de 47 mil en 1985 a 630 mil en 2009 (MARM, 2010b). Si la fertilidad media de las vacas de carne fuese mas alta, y no del 66%, no habría que importar tantos terneros (MARM, 2010d). En este tiempo, debido a los precios de la leche y a la política agraria comunitaria (PAC), el censo de vacas de leche ha ido en disminución (1.9 millones en 1985 y 828 mil en 2009) que han sido sustituidas por vacas de carne, 776 mil en 1985 y 2 millones en 2009 (MARM, 2010c).

El consumo de carne por habitante y año en España en el año 2010 fue de 52.9 kg (MERCASA, 2011). Los consumos de 14.6 kg de carne de aves, 11.2 kg de cerdo y 12.2 kg de carnes transformadas predominan sobre los 6.7 kg de bovino y 2.2 kg de ovino y caprino. Este bajo consumo de carne de vacuno, en relación a otras carnes, en nuestro país y en la Unión Europea, 16.9 kg *per capita* de media en 2009 (FAPRI, 2010) se debe a múltiples factores: precio más caro que otras carnes, escándalos alimentarios, mala imagen de la carne de vacuno por la cantidad y calidad de su grasa, entre otros.

Esta producción de carne de vacuno se ha basado en el cebo con pienso, cuyos principales ingredientes, cereales y torta de soja se importan. Por otra parte, a lo largo de estos años, ha ido en aumento la preocupación por el medio ambiente y por los gases de efecto invernadero. Lo cual ha conducido a que el ganado bovino

Revisión bibliográfica

haya recibido críticas como el causante de un 16% de la emisión de estos gases (CO_2 y CH_4), subproductos de la digestión de los forrajes y los cereales por el ganado (Steinfeld *et al.*, 2006). Estas afirmaciones luego se han contestado por otros trabajos que han concluido que los sectores agrario y ganadero son responsables en conjunto de tan solo el 10.6% de de las emisiones totales de gases (CO_2 , CH_4 y NO_2) con efecto invernadero en España; y que el metano producido por las fermentación entérica de los animales ligados a la actividad de engorde de terneros para la producción de carne supone solamente el 0.36% de las emisiones de este gas (de Blas *et al.*, 2008). Además, el sistema de cebo español basado en concentrados produce menos metano que con sistemas forrajeros (de Blas *et al.*, 2008). Concretamente, en el cebo de terneros con ensilado de maíz cosechado a distintos estados de maduración se producen entre 284 y 304 g CH_4 /día, mientras que el cebo de terneros con concentrado produjo 228 g CH_4 /día (Mc Geough *et al.*, 2010). No obstante, estos cálculos son difíciles de concretar, ya que tanto a los forrajes como a los ingredientes de los concentrados (cereales, tortas proteicas, etc.) habría que añadirles además las emisiones de CO_2 que se producen en el cultivo, cosechado, proceso industrial y transporte.

Clasificación, categoría comercial y denominación de venta de la carne de vacuno

El modelo comunitario de clasificación de las canales de vacuno pesado, que se recoge en el Reglamento 1234/2007 (DOUE, 2007), estableció las siguientes categorías:

- A. Canales de machos jóvenes sin castrar de menos de dos años.
- B. Canales de otros machos sin castrar.
- C. Canales de machos castrados.
- D. Canales de hembras que hayan parido.
- E. Canales de otras hembras.

Posteriormente, el Reglamento 361/2008 (DOUE, 2008b) estableció que en el momento de sacrificio, los bovinos de edad igual o inferior a doce meses se clasifiquen en una de estas dos categorías:

Revisión bibliográfica

A) Categoría V: bovinos de edad igual o inferior a ocho meses.

B) Categoría Z: bovinos de edad superior a ocho meses pero igual o inferior a doce meses.

La transposición de este reglamento a la legislación española incluyó la ampliación de categorías de los animales más jóvenes que se publicó en el Real Decreto 75/2009 (BOE, 2009) que modificaba el Real Decreto 1698/2003 (BOE, 2003).

La clasificación de las canales de vacuno pesados se efectúa valorando la conformación en seis clases: S,E,U,R,O,P y el contenido de grasa en cinco clases 1, 2, 3, 4, 5 siguiendo las recomendaciones y comparando con los patrones fotográficos del Reglamento (CEE) nº 1026/91 (DOUE, 1991), recogido posteriormente por el Reglamento de las OCM 1234/2007(DOUE, 2007).

La valoración de la conformación se realiza juzgando el desarrollo de los perfiles de la canal y en particular de las partes esenciales de la misma (cadera, lomo, paletilla) siguiendo las recomendaciones que aparecen en la descripción de la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de la conformación de las canales de vacuno pesado según el Reglamento 1026/91.

Clase de conformación	Descripción
S superior	Todos los perfiles extremadamente convexos; desarrollo muscular excepcional con dobles músculos (tipo «culón»)
E excelente	Todos los perfiles de convexos a superconvexos; desarrollo muscular excepcional
U muy buena	Perfiles convexos en conjunto; fuerte desarrollo muscular
R buena	Perfiles rectilíneos en conjunto; buen desarrollo muscular
O menos buena	Perfiles rectilíneos a cóncavos; desarrollo muscular medio
P mediocre	Todos los perfiles de cóncavos a muy cóncavos; escaso desarrollo muscular

Revisión bibliográfica

La valoración del estado de engrasamiento se realiza juzgando la cantidad de grasa de cobertura y de la cavidad torácica tal como aparece en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación del engrasamiento de las canales de vacuno pesado según el Reglamento 1026/91.

Clases de estado de engrasamiento	Descripción
1 no graso	Cobertura de grasa inexistente o muy débil
2 poco cubierto	Ligera cobertura de grasa, músculos casi siempre aparentes
3 cubierto	Músculos, excepto cadera y paletilla, casi siempre cubiertos, escasos acúmulos de grasa en el interior de la cavidad torácica
4 graso	Músculos cubiertos de grasa, pero aún parcialmente visibles a nivel de la cadera y de la paletilla, algunos acúmulos pronunciados de grasa en el interior de la cavidad torácica
5 muy graso	Toda la canal cubierta de grasa, acúmulos importantes de grasa en el interior de la cavidad torácica

El Real Decreto 75/2009 estableció las disposiciones de aplicación de los reglamentos comunitarios sobre el sistema de etiquetado de la carne de vacuno, definiendo la denominación de venta aplicable a la carne de vacuno en relación con la categoría del animal establecida en función de su sexo y edad. Actualmente, existen ocho denominaciones de venta de carne de vacuno que se corresponden con las categorías comerciales en función de la edad y el sexo del animal (tabla 3).

Tabla 3. Denominación de venta aplicable a la carne de vacuno en relación a la categoría del animal.

Denominación de venta	Sexo	Edad
Ternera blanca	Macho o hembra	Menor o igual a 8 meses.
Ternera	Macho o hembra	Mayor de 8 meses a 12 meses.
Añojo	Macho o hembra	Mayor de 12 hasta 24 meses
Novillo o novilla	Macho o hembra	Mayor de 24 hasta 48 meses
Cebón	Macho castrado	Menor o igual a 48 meses
Buey	Macho castrado	Mayor de 48 meses
Vaca	Hembra	Mayor de 48 meses
Toro	Macho	Mayor de 48 meses

Revisión bibliográfica

De las 606 mil tm carne de vacuno consumida en 2010 en España el 3.3% fue de ternera blanca, el 29.6% de ternera, el 33.8% de añojos y toros, el 0.3% de bueyes, el 18.0 % de novillas y el 15.0% de vacas (DOUE, 2008c; MARM, 2010a).

Despiece de la canal

Comercialmente, la canal del vacuno se despieza en unas 22 piezas musculares después de recortar parte de la grasa, si está en exceso, y se deshuesa, salvo algunas piezas que pueden comercializarse con hueso, como pudiera ser el lomo, con hueso de la costilla, en presentación de chuletas, o el morcillo o jarrete con hueso que se comercializa como osobuco.

El tipo de pieza y las características ligadas a los músculos que las componen influirán en las características de calidad como el pH final, el porcentaje de grasa intramuscular, el color del músculo, la oxidación lipídica o la textura (Panea *et al.*, 2011).

En la tabla 4 se presenta los rangos de la composición comercial de la canal de vacuno según la categoría comercial de las piezas de carne, expresado como porcentaje del peso canal realizados a partir de los resultados obtenidos con terneros cebados a pienso de siete razas vacunas españolas de distintas precocidad sacrificados a tres pesos distintos (Albertí *et al.*, 2001a). Estas piezas suelen estar compuestas por varios músculos. Según las características de los músculos, su nivel de engrasamiento, su tipo de fibras (rojas, blancas o mixtas) y su contenido en colágeno, determinarán que la carne de esas piezas tengan unas propiedades específicas de textura (Belew *et al.*, 2003; Panea *et al.*, 2011; Torrescano *et al.*, 2003) y por lo tanto de terniza. En función de estas características de textura las piezas comerciales se clasifican en cuatro categorías: Extra, primera, segunda y tercera. Por lo cual, cada una de ellas tiene un tipo de uso culinario recomendable para obtener los mejores resultados de terniza y jugosidad para el consumidor. Así las carnes de segunda y, en especial, las de tercera categoría, que suelen ser ricas en colágeno, necesitarán del calor del proceso de cocinado ya sea en guiso, estofado, asado lento o cocido, para convertir su colágeno en gelatina y obtener así una carne tierna y jugosa. Por el contrario, las carnes de categoría extra y

Tabla 4. Composición comercial de la canal de vacuno según la categoría comercial de las piezas de carne, expresado como porcentaje del peso canal.

Pieza	Categoría	Posición	Denominación venta		
			Ternero Ternera	Añojo liviano	Añojo pesado
		Cuarto	Peso canal 163 a 254 kg	Peso canal 256 a 292 kg	Peso canal 304 a 362 kg
Solomillo	Extra	Trasero	2.1 – 2.3	1.8 – 2.1	2.0 – 2.3
Lomo alto	Extra	Trasero	8.7 – 9.0	9.4 - 10.1	8.6 – 9.4
Lomo bajo	Extra	Trasero			
Babilla	1ª A	Trasero	4.1 – 5.1	3.6 – 4.2	3.5 – 4.7
Cadera + rabillo	1ª A + 1ª B	Trasero	3.6 – 4.3	3.2 – 3.9	3.1 – 4.2
Contra	1ª A	Trasero	4.8 – 6.6	4.5– 5.7	4.3 – 6.3
Tapa	1ª A	Trasero	6.4 – 8.5	5.9 – 7.2	5.8 – 7.8
Redondo	1ª A	Trasero	1.7 – 2.3	1.5 – 2.1	1.6 – 2.4
Aguja	1ª B	Delantero	5.6 – 6.1	6.0 – 7.1	6.8 – 7.6
Culata de contra	1ª B	Trasero	1.5 – 1.9	1.3 – 1.6	1.2 – 1.6
Espaldilla	1ª B	Delantero	4.3 – 5.2	4.1 – 5.0	4.3 – 6.6
Pez	1ª B	Delantero	1.0 – 1.3	0.9 – 1.1	0.9 – 1.2
Aleta	2ª	Delantero	1.7 – 2.4	1.3 – 1.9	1.8 – 2.6
Brazuelo	2ª	Delantero	4.9 – 5.4	4.2 – 4.7	4.3 – 5.0
Morcillos	2ª	Delantero Trasero			
Llana	2ª	Delantero	0.7 – 0.8	0.7 – 0.8	0.7 – 0.8
Costillar	3ª	Delantero	3.6 – 4.5	3.1 – 4.4	3.8 – 4.6
Pecho	3ª	Delantero			
Falda	3ª	Posterior	4.5 – 4.9	3.2 – 4.1	4.6 – 5.3
Morrillo	3ª	Posterior	--	--	--
Pescuezo	3ª	Trasero	1.1 – 1.5	1.6 – 2.5	1.4 – 1.6
Recortes	3ª	Delantero Trasero	5.8 – 7.5	8.0 – 9.3	5.8 – 8.0
<i>Categoría carne, % canal</i>					
- Extra			10.9 – 11.1	11.2 – 12.0	10.7 – 11.2
- Primera			52.7 – 54.6	51.5 – 52.6	52.3 – 54.6
- Segunda			10.4 – 11.5	9.0 – 9.5	9.7 – 10.4
- Tercera			22.4 – 23.9	26.0 – 27.0	23.2 – 25.8
<i>Composición tisular comercial, % canal</i>					
- Carne vendible			68.0 – 79.9	66.8 – 76.9	68.3 – 80.6
- Grasa recorte			4.2 – 10.2	7.1 – 13.4	4.6 – 14.2
- Hueso			15.9 – 22.2	16.0 – 19.8	14.8 – 19.1

Revisión bibliográfica

primera suelen tener menos colágeno y menor dureza, por lo cual son muy apreciadas por el consumidor y su consumo se suele hacer cocinándolas de forma rápida: frita, a la plancha o a la parrilla. El tipo de pieza y el tipo de cocinado son determinantes de su aceptabilidad por parte del consumidor. De 33 músculos madurados 6 días y asados en horno que fueron evaluados por panelistas, solo el solomillo (*Psoas minor*, *Psoas major e iliacus*), lomo (*m Longissimus thoracis* y *m. Longissimus lumborum*) y el músculo redondo mayor de la espalda (*Teres major*) fueron valorados como deseables por apreciación global, por lo cual deben usarse métodos diferentes de cocinado para muchos de los músculos u otras técnicas para mejorar su aceptabilidad (Jeremiah *et al.*, 2003).

Muchos estudios constataron las grandes diferencias entre músculos tanto en las características instrumentales, como sensoriales. Así, un estudio con 40 músculos de vacuno permitió clasificarlos en cuatro grupos según su dureza instrumental, y el *Longissimus lumborum* y *Longissimus thoracis* se clasificaron en el segundo grupo de tiernos con valores de 3.4 y 3.5 kg (Belew *et al.*, 2003). Lo que coincide con otros trabajos que concluyen que los músculos *Longissimus thoracis* y *lumborum* son los que tienen la menor fuerza de corte (2.3 kg), después del *Psoas major* que es el más tierno (2.1 kg) y del *diaphragma* (2.2 kg), de catorce músculos estudiados siendo el más duro el *Pectoralis profundus* (6.7 kg) (Torrescano *et al.*, 2003).

Además, al evaluar el valor nutritivo de la carne de distintas piezas para consumo humano, habrá que tener en consideración la pieza o músculos que son determinantes del contenido de grasa y la composición de sus ácidos grasos (Lengyel *et al.*, 2003).

El perfil lipídico de la carne y su relación con la dieta y la salud del consumidor

La reducción de la ingestión de grasa saturada es muy importante ya que su consumo conlleva el aumento de la tasa plasmática del colesterol total y del colesterol de lipoproteínas de baja densidad (LDL).

Revisión bibliográfica

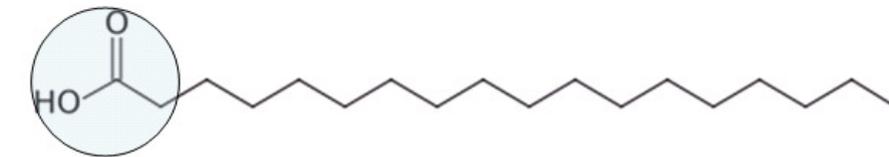
La Organización Mundial para la Salud (WHO-FAO, 2003) y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2010a, 2010b) hicieron unas recomendaciones nutricionales para adultos de manera que teniendo en cuenta la ingesta total de energía, la grasa total debían aportar entre 20-35% la energía ingerida, repartida de la siguiente forma:

- Grasa saturada <10%,
- Grasa poliinsaturada omega 6 (n-6) del 5 al 8%,
de ellas 4% de ácido linoleico (LA).
- Grasa poliinsaturada omega 3 (n-3) del 1 al 2%,
de ellas 0.5% de ácido α -linolénico (ALA).
- Grasa trans <1%.
- Grasa monoinsaturada aporta el resto.

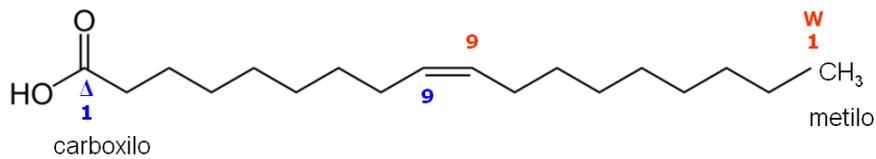
La ingestión recomendada por persona y día serían de 2 a 3 g de ALA y 250 mg de ácidos grasos poliinsaturados n-3 (EPA y DHA) que se relaciona con el consumo que hacen las poblaciones sanas de enfermedades cardiovasculares (EFSA, 2010a) y de 10 g de ácidos grasos n-6 (EFSA, 2009). Si se calcula la relación entre los 10 g de los PUFA n-6 y la suma de los 2 g de ALA n-3, más 0.25 g de ácidos grasos n-3 de cadena larga EPA y DHA, el resultado es de 4.4, por lo cual se recomendaría una relación n-6/n-3 por debajo de 5. En muchos estudios se ha encontrado una reducción del 70% de la mortalidad de enfermedades cardiovasculares cuando esa relación era de 4/1 y también se obtuvo una reducción de células en cáncer de recto cuando la relación bajó a 2.5/1 (Simopoulos, 2002).

La recomendación de aumentar la ingestión de ácidos grasos n-3 ha aumentado el interés de los consumidores por alimentos que aporten ácidos grasos poliinsaturados (AGP) y, particularmente, los ricos en estos omega 3. Los alimentos de origen animal tienen ácidos grasos poliinsaturados, pero más cantidad de n-6 que de n-3. Ante este hecho, algunos productores de huevos o de leche, han modificado el perfil de los ácidos grasos de estos productos, enriqueciéndolos en n-3 ya sea modificando la dieta de los animales productores o adicionando estos ácidos grasos en el producto final.

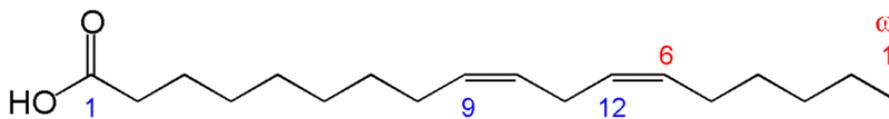
Figura 1. Representación bidimensional de distintos ácidos grasos (Wikipedia, 2011b).



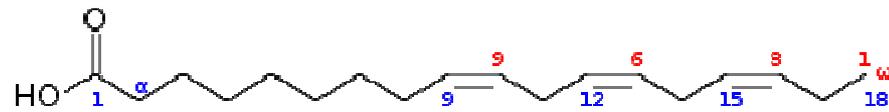
Esteárico, C18:0



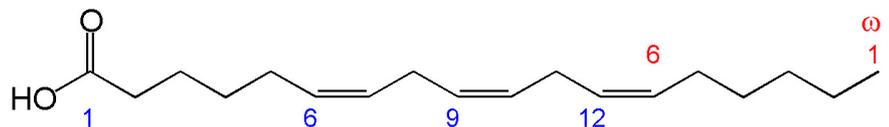
Oleico, C18:1 n-9 Δ c9



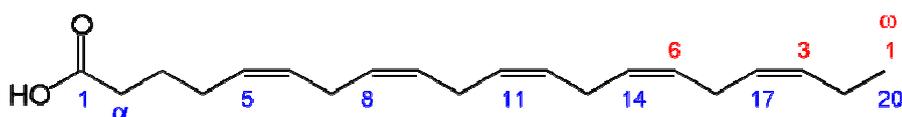
Linoleico, C18:2 n-6 Δ 9c,12c



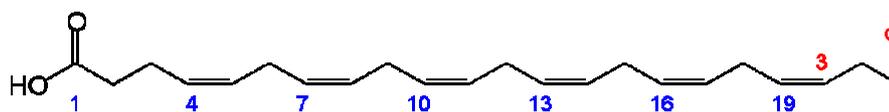
α-linolénico, C18:3 n-3 Δ 9c,12c,15c



γ-linolénico, 18:3 n-6 Δ c6,c9,c12



Eicosapentaenóico (EPA), C20:5 n-3 Δ 5c,8c,11c,14c,17c



Docosahexaenóico (DHA), C22:6 n-3 Δ 4c,7c,10c,13c,16c,19c

Los ácidos grasos poliinsaturados tienen dos a más dobles enlaces. La posición del doble enlace puede variar a lo largo de la cadena de carbono y su posición se puede indicar de varias maneras. Así, cuando se empieza a contar desde el

Revisión bibliográfica

extremo carboxilo (-COOH) que es la región polar hidrófila, se aplica la nomenclatura " Δx ". Mientras que cuando se empieza a contar por el otro extremo del metil (-CH₃) se aplica la nomenclatura " $n-x$ " (técnica) o " ωx " (nutrición). Por lo tanto, " $n-3$ " o " $\omega 3$ " significa que el doble enlace se encuentra en el tercer átomo de carbono contando desde el extremo del metil.

En los seres vivos, las transformaciones fisiológicas como la elongación, insaturación y corte de los ácidos grasos se producen a partir del extremo carboxilo, por lo cual la numeración desde el metilo se mantiene entre los ácidos grasos que pertenecen a la misma serie metabólica (figura 1). Así, por ejemplo, el ácido linoleico 18:2 n-6 se elonga para dar 20:2 n-6 que a su vez se puede insaturar para dar 20:3 n-6, o elongar hasta 24:2 n-6 (Calvo, 2011).

Los ácidos grasos insaturados habitualmente tienen los dos átomos de hidrógeno del doble enlace en el mismo lado de la molécula que forma un ángulo y se denomina configuración "cis". Mientras que si los dos átomos de hidrógeno están uno a cada lado del doble enlace se denomina configuración "trans". En este caso, la molécula es rectilínea; y se encuentra principalmente en alimentos industrializados que han sido sometidos a un proceso químico como una hidrogenación (margarina), o que han sufrido un proceso metabólico como la fermentación en el rumen de los animales (leche y carne).

Otro tipo de isómeros ocurre cuando el grupo metil está localizado en el penúltimo carbono, entonces se le denominación iso (i) y cuando el metil está en el tercer carbono del extremo final de la cadena se denomina anteiso (a).

Los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) tienen de dos a seis dobles enlaces. Entre los PUFA están el grupo de los n-6 (linoleico 18:2 c9,c12; γ -linolénico (gamma linolénico) 18:3 c6,c9,c12; y araquidónico 20:4 c5,c8,c11,c14), y el grupo de los n-3 (α -linolénico (ALA) 18:3 c9,c12,c15; eicosapentaenoico (EPA) 20:5 c5,c8,c11,c14,c17; docosapentaenoico (DPA) 22:5 c7,c10,c13,c16,c19; y docosahexaenoico (DHA) 22:6 c4,c7,c10,c13,c16,c19). A los ácidos grasos poliinsaturados EPA, DPA y DHA se les conoce también como ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga. Además, entre los PUFA está el ácido linoleico

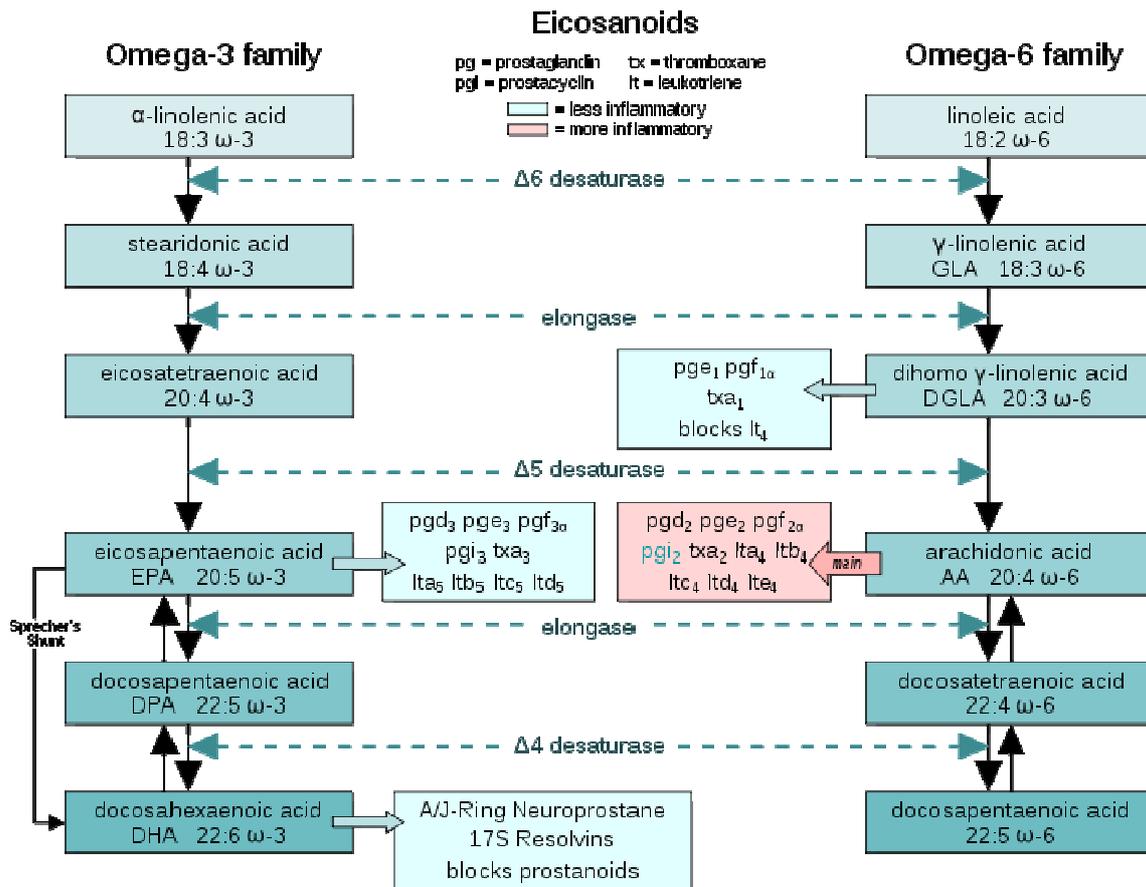
Revisión bibliográfica

conjugado (CLA, C18:2 c9,t11) que presenta varios isómeros geométricos y posicionales y se caracteriza por tener dienos conjugados. El isómero c9, t11 es el más abundante en la naturaleza, se le conoce como ácido ruménico, recibe este nombre ya que abunda en la leche y en la carne de los rumiantes, y se produce por síntesis endógena a partir de la desaturación del ácido vaccénico (18:1 t11) por la enzima Δ^9 -desaturasa (Griinari *et al.*, 2000). Del CLA se comercializan mezclas al 50% de los isómeros c9, t11 y t10, c12 con supuestos efectos de reducción de grasa corporal y efectos beneficiosos para las personas (Bauman y Lock, 2006), sin embargo estos efectos de momento no han sido demostrados científicamente en personas (EFSA, 2010a) y solo se tienen constancia en animales de laboratorio (Pariza *et al.*, 1999).

Los humanos carecen de las enzimas Δ^{12} - y Δ^{15} - desaturasa que son capaces de introducir dobles enlaces en las posiciones n-6 y n-3 respectivamente (contando desde el extremo metil)(Nakamura y Nara, 2004). Por ello, los ácidos grasos poliinsaturados, linoleico (18:2 n-6) y α -linolénico (18:3 n-3) son esenciales para nuestra correcta nutrición y se deben consumir en la dieta. Posteriormente, después de la digestión, durante el proceso metabólico estos ácidos grasos poliinsaturados n-6 y n-3 compiten por la utilización de las mismas enzimas elongasas y desaturasas para la formación de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (Cho *et al.*, 1999; Jakobsson *et al.*, 2006). La conversión de ALA a EPA dependerá del nivel de ácido linoleico n-6 ya que ALA y los n-6 son sustratos competitivos para la enzima Δ^6 desaturasa. Durante este proceso la enzima Δ^6 desaturasa crea un doble enlace en la sexta posición contando a partir del grupo carboxilo del ácido graso, y después la enzima Δ^5 desaturasa crea un doble enlace en la quinta posición (Nakamura y Nara, 2004). Los leucotrienos, prostaglandinas y tromboxanos son eicosanoides (C20) que proceden de los ácidos grasos linoleico y α -linolénico. Los eicosanoides procedentes del ácido araquidónico (n-6), sintetizados a partir del ácido linoleico, son generalmente pro-inflamatorios y pro-agregantes. Mientras que los derivados del α -linoleico ALA (n-3) tienden a inhibir la agregación plaquetaria y son antiinflamatorios (Harper y Jacobson, 2001; Russo, 2009) (figura 2), y protegen de las enfermedades del corazón. Por ello, se recomienda el aumento del consumo de ácidos grasos

poliinsaturados n-3, ya que nuestro cuerpo no puede sintetizar el ALA, y a partir de este ácido graso se sintetizan el eicosapentaenoico (EPA) y el docosahexaenoico (DHA) que ejercen una importante acción en la reducción de las enfermedades cardiovasculares, y además son necesarios para el desarrollo y funcionamiento cerebral y visual. Las recomendaciones actuales de ingestión diaria de estos ácidos grasos son de 250 mg de EPA y DHA, y de 2 a 3 g de ALA (EFSA, 2009). Además parece ser que un consumo de más de 1.5 g/día de ALA produce un descenso significativo del riesgo de cáncer de próstata (Carayol *et al.*, 2010) aunque estudios previos alertaban de que un consumo elevado de ALA podía aumentar el riesgo de cáncer de próstata (Brouwer *et al.*, 2004).

Figura 2. Metabolismo de formación de eicosanoides a partir de los ácidos grasos esenciales n-3 y n-6 (Nakamura y Nara, 2004; Wikipedia, 2011a).



Cuando los piensos concentrados son muy ricos en maíz y torta de soja el ganado vacuno deposita una mayor proporción de ácidos grasos n-6 que de n-3. Mientras

Revisión bibliográfica

que cuando los piensos tienen lino o aceites de pescado aumenta la deposición de ácidos n-3. La manipulación de las dietas de cebo de terneros posibilita la obtención de carnes que tengan un perfil de ácidos grasos n-6 y n-3 más acorde con las recomendaciones nutricionales.

Otro índice que con frecuencia aparece en las publicaciones científicas de producción animal y calidad de la carne, es la relación entre los ácidos grasos poliinsaturados y los saturados de la grasa (P:S). A veces, esta relación solo incluye al láurico (C12:0), mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0) en los ácidos grasos saturados (Enser *et al.*, 1996), sin contar con el ácido esteárico (C18:0) ya que este no influye en el aumento del colesterol sérico, al convertirse rápidamente en ácido oleico (C18:1) (WHO/FAO, 2003). Esta relación P:S debería ser superior a 0.4 según una recomendación de 1984 del Departamento de Salud del Reino Unido (DoHaSS, 1984). No obstante, esta relación no ha sido recomendada, ni mencionada, por otras instituciones y autoridades en los informes recientes que hoy en día se utilizan (EFSA, 2010a; HEA, 1996; USDA, 2005; WHO/FAO, 2003). Si se tiene en cuenta las actuales recomendaciones de que las grasas saturadas deben aportar menos del 10% de la energía total ingerida al día y las grasas poliinsaturadas entre el 6 y el 10% de la energía se obtendría una relación P:S aproximada de 0.6 a 1.

Las características sensoriales de la carne tienden a mejorar con el engorde de los terneros. Sin embargo, existe una relación inversa entre el valor nutritivo de la carne de vacuno y su calidad sensorial (Wood *et al.*, 2008). Por ello, en la revisión sobre la calidad de la carne Webb y O'Neill (2008) explicaron que las grasas animales presentan una serie de cuestiones paradójicas, entre las que cabría destacar las siguientes:

- Las diferencias en el contenido de grasa de la canal y en su composición entre las diferentes especies de animales cebados en distintos sistemas de producción.
- Las distintas necesidades de los procesadores y los minoristas en tamaño de la canal, peso, composición y calidad de la grasa.
- Los aspectos relacionados con la salud, de los atributos de la carne y la grasa.
- Los atributos de la calidad percibidos por los consumidores en oposición a lo saludable.

Revisión bibliográfica

- La aparente incapacidad de la industria pecuaria para satisfacer las necesidades de los consumidores, en particular en términos de calidad de la grasa.
- El papel, el valor y la percepción de las grasas animales en la calidad de la carne difieren considerablemente entre los productores, mataderos, carniceros, comerciantes y consumidores. Sin embargo, las grasas contenidas en el tejido adiposo o muscular, contribuyen a la salud y a la calidad sensorial de la carne en la dieta humana.
- Actualmente no existe una definición clara para la calidad de la grasa, porque la aceptabilidad y la calidad percibida de grasa varían significativamente en términos de cantidad, color, consistencia y composición química en las diferentes especies de ganado en todo el mundo.

Por ello, la industria pecuaria debe tener conocimiento de las percepciones contradictorias y los requisitos relativos a las grasas animales para que la producción de carne se aproxime a los requerimientos de los consumidores actuales.

El consumidor

Existen dos momentos claves en la relación consumidor-calidad de la carne: el momento de la compra y el momento del consumo. Para muchos consumidores el color, el precio, la cantidad de grasa visible y el corte son los factores más importantes en el momento de la compra de carne de vacuno, mientras que la ternura, el flavor y la jugosidad son los factores importantes ligados a la satisfacción durante su consumo (Robbins *et al.*, 2003). Por ello, el consumidor intenta relacionar las cualidades que tendrá la carne cuando la coma, con el juicio de valor que realiza en el momento de la compra de forma intuitiva o analítica, al tomar la decisión de elegir la carne por su apariencia. El consumidor, en el momento de la compra, infiere la calidad de la carne en base a las señales (*cues*) intrínsecas e extrínsecas del producto. Intrínsecas tales como color de la carne, la cantidad de grasa y la pieza. Dado que la carne de vacuno suele venderse muchas veces sin marca, las señales extrínsecas son el lugar de compra (carnicero, supermercado) y el origen de la carne (país o región) (Grunert, 2006). La percepción de la calidad es multifactorial y las principales dimensiones son la

Revisión bibliográfica

calidad sensorial, la salubridad, la comodidad y para algunos consumidores el bienestar animal y la producción ecológica (Grunert, 2006).

En un estudio realizado en varios países europeos, entre ellos España, sobre los motivos de compra del consumidor y su relación con la información de la etiqueta, se constató que los atributos extrínsecos de la carne valorados en el momento de la compra fueron la dieta de cebo y la zona de origen, mientras que la raza tuvo muy poca importancia (Bernués *et al.*, 2003a). Se constata que los consumidores tienen distintas percepciones de lo que significa la calidad. Por ello, los consumidores pueden agruparse según sus preferencias y sus características socio-culturales. Los consumidores de ovino y vacuno tienen puntos de vista diversos respecto a la calidad y por ello los motivos de compra y las preferencias en el etiquetado difieren entre grupos de consumidores. De los cuatro tipos de consumidores caracterizados por Bernués *et al.* (2003b), un tipo de consumidores valora la trazabilidad y los controles de calidad del producto, así como la información nutritiva de producto, la marca, el origen, el tiempo de maduración y la fecha de caducidad o consumo preferente. El nivel de ingresos y el estilo de vida sirve para discriminar el tipo de consumidor en España entre los no compradores y los compradores de carne que les interesa la información en el momento de la compra, mientras que los hábitos de compra, el interés por los sistemas de producción e información en el momento de la compra discrimina a los compradores habituales de los compradores ocasionales (Sepúlveda *et al.*, 2008).

El origen de la carne, es decir, la región de producción, es el factor que tuvo mayor importancia para discriminar entre los tres tipos de compradores: habituales, ocasionales y no compradores, mientras que la raza, la dieta de cebo o el sistema, no presentaron valoraciones tan distantes (Sepúlveda *et al.*, 2008). Esto, sin embargo, plantea la duda de la correcta interpretación de la información por parte del consumidor, ya que el origen de la carne va ligado muchas veces a un sistema de producción con una raza y un tipo de dieta.

Por otra parte, la valoración sensorial de la carne puede diferir entre consumidores, ya que entre dos tipos de carne de ternero muy distintas: una

Revisión bibliográfica

rosada, magra y de maduración rápida, en relación a otra carne roja, veteada y de maduración larga, los consumidores se comportaron como dos grupos diferentes (Díez *et al.*, 2006a), que valoraron de forma opuesta las razas según la terneza y la apreciación global de la carne.

Para el consumidor la fecha de caducidad o de consumo preferente tiene mayor importancia que la información nutritiva, aunque hay un tipo de consumidor (17% de la población encuestada) que sí valora mucho la información nutritiva, la seguridad y el control de calidad que pueda aparecer en la etiqueta (Bernués *et al.*, 2003b). El tipo de dieta de cebo de los terneros es un indicador de seguridad, de valor nutritivo y de calidad saludable de la carne para el consumidor español (Bernués *et al.*, 2003a).

En otros estudios, el consumidor belga presentó poco interés por la trazabilidad del producto, moderado interés por el origen y alto por las indicaciones directas de calidad de la carne tales como sellos de garantía o fecha de caducidad. No obstante, el interés en la información de las etiquetas fue mínimo en los hombres jóvenes (Verbeke y Ward, 2006). Mientras que para el consumidor irlandés su actitud respecto a la carne de vacuno tuvo mayor importancia que sus normas subjetivas (presión social) en la intención de compra. Salud, satisfacción en el consumo y seguridad, fueron los aspectos más importantes de la actitud, mientras que precio y bienestar animal fueron los menos importantes. Además, la propaganda o información acerca de las cualidades nutritivas de la carne puede incrementar su consumo, en respuesta al mensaje de salud (McCarthy *et al.*, 2003). Las etiquetas o marcas en la carne son importantes, pero no suficientes, ya que se necesita además propaganda o campañas de información para dar solidez a la imagen del producto y, además, se necesita que exista una certificadora independiente que garantice los atributos que los consumidores no pueden verificar (Bernués *et al.*, 2003b). Las campañas de información sobre la carne tienen una influencia positiva en aumentar la atención del consumidor por las señales de información relacionadas con la calidad de la carne y su origen (Verbeke y Ward, 2006).

Revisión bibliográfica

El etiquetado de la carne de vacuno en la comunidad europea debe llevar una serie de indicaciones obligatorias entre las que destacan: un número de referencia o código de referencia, que garantice la relación entre la carne y el animal, el número de autorización del matadero y de la sala de despiece, país de nacimiento, engorde y sacrificio, todo ello para garantizar la trazabilidad, y está establecido en el Reglamento (CE) nº 1760/2000 (DOUE, 2000a) y las disposiciones de su aplicación en el Reglamento (CE) 1825/2000 (DOUE, 2000b). Existe, además, un etiquetado facultativo de la carne de vacuno que es una indicación adicional a las menciones obligatorias, que se recoge en un pliego de condiciones autorizado por la autoridad competente y certificado por un organismo independiente de control tal como establece el Real Decreto 1698/2003 de aplicación de los reglamentos comunitarios sobre sistemas de etiquetado de carne de vacuno (BOE, 2003). En base a este pliego facultativo se podrá utilizar las menciones facultativas, en la etiqueta es donde se especificarían las características específicas de calidad de esa carne. Estas características podrían estar relacionadas con el tipo de alimentación del animal, el tiempo mínimo de maduración de la carne, un tipo de grasa, etc., cuya información pueda servir al consumidor para valorar ese producto y elegirlo en el momento de compra. Dichas menciones adicionales deben ser, en todo caso, objetivas y demostrables.

Otro factor muy importante y que está en continua evolución, es el punto de venta. El carnicero que sirve la carne al corte según las preferencias del cliente ofrece una relación personalizada que se contrapone a la compra individual de carne envasada, etiquetada y expuesta en las vitrinas. A medio plazo se prevé que en los supermercados se compre la mayoría de la carne de forma rápida y fácil, mientras que en las tiendas especializadas se compre de forma ocasional la carne con mayor información y productos especializados (Grunert, 2006). Al igual que sucede en EE UU o en Australia, en el mercado europeo habría que desarrollar un sistema que garantizase la calidad sensorial de la carne (*eating quality*) y la satisfacción del consumidor. Así, aumentaría su consumo y mejoraría la competitividad del sector (Verbeke *et al.*, 2010), ya que se ha constatado que tanto los consumidores españoles como norteamericanos que son capaces de apreciar la mayor calidad de la carne, están más dispuestos a pagar por un aumento de esa calidad (Beriaín *et al.*, 2009). En España los determinantes de la predisposición a

Revisión bibliográfica

consumir carne certificada son el nivel de renta, el nivel de consumo, el precio medio y la percepción de seguridad (Angulo y Gil, 2007).

Efecto de la edad y el peso del ternero al sacrificio en las características de la carne

En los rebaños de vacas de carne, en zonas al alta pluviometría y abundante pasto, el sistema tradicional es el parto entre final de invierno y principio de primavera, destetando los terneros al inicio del otoño, a la edad entre 5 y 7 meses, pero en condiciones mediterráneas, la limitación de los pastos en zonas de montaña limita la recuperación de la condición corporal y compromete la reproducción de la vaca de cría alargando el intervalo entre partos (Casasús *et al.*, 2002; Sanz *et al.*, 2004), por lo que puede ser más aconsejable el parto de otoño. En el sistema de parto de otoño se ha comprobado que el manejo del ternero durante el periodo de cría en acceso libre o bien acceso limitado, a una o dos veces con la vaca, no alteraba la actividad ovárica (Alvarez-Rodríguez *et al.*, 2009). También se ha planteado el destete precoz de los terneros a los 3 meses de edad, para limitar la pérdida de peso de las vacas de cría y facilitar la condición corporal, ya que los parámetros productivos de los terneros durante el cebo, hasta los 12 meses de edad, y las características de canal y carne no se ven alteradas (Blanco *et al.*, 2008).

La gestión general del manejo de pastos implica que deba dissociarse por un lado el manejo extensivo de las vacas mantenimiento el territorio de forma sostenible, y por otro lado, el engorde de los terneros que debe llevarse a cabo más intensamente en los mejores pastos o en cebadero (D'Hour *et al.*, 1998).

Durante el periodo de cría o de cebo, a medida que el ternero aumenta de edad va aumentando de peso, debido al desarrollo de sus tejidos. Primero la estructura ósea, después su musculatura se desarrollará al máximo y por último se irá engrasando (Berg y Walters, 1983). Por ello, si se faena el animal joven y con poco peso, la canal tendrá escasa conformación por el limitado desarrollo muscular y muy poca grasa, ya que no habrá tenido tiempo para realizar su deposición, mientras que el engrasamiento aumentará rápidamente al acercarse a la madurez fisiológica (Albertí *et al.*, 2010c).

Revisión bibliográfica

La ternera y el añojo son las dos principales categorías solicitadas por el consumidor español. Los animales de la categoría ternera blanca, sacrificados con una edad igual o menor de 8 meses, han sido criados casi en su totalidad con leche y un poco de pienso. Si se pasa a la categoría ternera, edad igual o menor de 12 meses, entonces suelen cebarse con pienso varios meses (3 a 8) y al aumentar su engrasamiento alcanzar un mejor acabado de la canal. En la categoría añojo los animales, tanto machos como hembras, deben sacrificarse entre 12 meses y 24 meses de edad, lo cual da el tiempo suficiente para que el ganadero pueda combinar mejor los factores de producción: raza del animal, peso y dieta para producir el tipo de canal y de carne que le demanda cada mercado. Con dietas de cebo de alta energía se asegura la deposición de grasa en el animal, y entonces se debe combinar la precocidad de engrasamiento de cada raza con el sexo y el peso de sacrificio, para obtener el engrasamiento óptimo. Fisiológicamente estos animales ya han tenido tiempo de alcanzar buen desarrollo muscular, sus canales tienen notas de conformación E o U, según razas, y su carne presenta un equilibrio en la relación músculo/grasa.

Muchas veces, antes del sacrificio de los animales, se realiza un periodo de acabado que consiste en pasar a una dieta de alta energía para que el animal deposite grasa. Sin embargo, cualquier variación en la dieta, que pueda suponer una perturbación nutricional, tiene que ser progresiva y cuidadosa, ya que tendrá mayor importancia en la calidad de la carne cuando esta ocurra cerca del sacrificio. Igualmente, estas alteraciones tendrán mayor importancia en tanto que los animales alcancen el mismo peso, pero a una edad muy superior (Purchas *et al.*, 2002). A medida que aumenta el tiempo de acabado de los terneros y va aumentando su estado de engrasamiento, la dureza instrumental de su carne tiende a disminuir (Van Koeving *et al.*, 1995). No obstante, en un estudio entre el grado de veteado y la valoración sensorial, se comprobó que para cada nota de veteado existe un rango muy amplio de terneza, lo cual indica que para un mismo nivel de veteado puede haber carnes muy tiernas y carnes muy duras, constatándose que el veteado puede explicar como máximo un 5% de la variación de los atributos de palatabilidad (Wheeler *et al.*, 1994). Cuando los terneros son sacrificados a igual edad (15 meses) se han encontrado diferencias significativas entre 15 razas bovinas europeas en el porcentaje de grasa intramuscular, la

Revisión bibliográfica

cantidad de colágeno y su solubilidad, y la dureza instrumental de la carne (Christensen *et al.*, 2011), evidenciando las grandes diferencias ligadas a la precocidad en la deposición del tejido adiposo y en las diferencias del tejido conjuntivo, que serán una base importante para encontrar posteriores diferencias sensoriales.

Efecto del sexo del animal en las características de la canal y la carne

Se pueden cebar machos, hembras y machos castrados. Las hembras y los castrados se engrasarán precozmente mientras que los machos se engrasan a mayor peso y por ello son más eficientes. Así, machos enteros sacrificados a unos 480 kg de peso presentaron menor espesor de grasa subcutánea en la 13^a costilla y en la grupa, menor porcentaje de grasa subcutánea e intermuscular en la disección de la 6^a costilla y menor porcentaje de grasa intramuscular en el músculo *Longissimus dorsi* que las hembras y los castrados (Albertí *et al.*, 2010a). Las hembras no siempre tienen mayor porcentaje de grasa en todos los depósitos adiposos que los castrados, aunque parece que su grasa de veteado es mayor (Albertí *et al.*, 2011a). La hormona del crecimiento (GH) estimula la ganancia media diaria y reduce el engrasamiento de los machos enteros (Johansen *et al.*, 2003). La castración de los terneros puede tener un efecto pequeño, pero significativo, en la composición de los ácidos grasos de la grasa intramuscular, ya que para el mismo nivel de engrasamiento, los castrados tienen una menor relación n-6/n-3 que los enteros (Monteiro *et al.*, 2006).

Efecto de la raza del ternero en las características de la canal y la carne

Las diferencias interraciales son notorias en los índices productivos y, especialmente, en las características de la canal, debido a la distinta precocidad en la deposición de grasa según la raza (Berg y Walters, 1983; Kempster *et al.*, 1982). Esto hace que podamos hablar de razas de diversa aptitud, aunque todas ellas se aprovechan para la obtención de carne, incluso los animales procedentes de razas de aptitud lechera.

Revisión bibliográfica

Las razas se pueden agrupar en cuatro grupos según su aptitud (Sañudo, 2008, 2011):

- Leche, especialización en la producción de leche, crecimientos medios o bajos bajo rendimiento canal (55%), canales mal conformadas por el escaso desarrollo muscular (amiotróficas), precoces en deposición de grasa.
- Mixtas, doble aptitud leche-carne, crecimientos medios-altos, rendimiento canal medio (56 a 58%), canales de conformación media y engrasamiento medio.
- Carne, especialización en producción de carne, crecimiento medio y altos, rendimiento canal alto (61 a 64%), canales muy bien conformadas de gran desarrollo muscular (hipertróficas), tardías en deposición de grasa.
- Rústicas, animales muy bien adaptados al medio y los sistemas extensivos, crecimientos bajos, rendimiento canal bajo (54-58%), canales poco conformadas y engrasamiento alto.

Las razas también se podrían agrupar por su desarrollo corporal y las características de su canal (Albertí et al., 2008) en tres grupos:

- Razas especializadas en carne, gran desarrollo muscular, muy anchas de pelvis, media altura y engrasamiento bajo a medio.
- Razas rústicas y lecheras, escaso desarrollo muscular, tamaños variables y engrasamiento de medio a alto.
- Razas intermedias, con desarrollos musculares y engrasamiento intermedios entre ambos grupos, y de tamaño mas bien alto.

Entre las razas españolas, las canales de Asturiana de los Valles, Pirenaica y Rubia Gallega presentan un mayor rendimiento, notas superiores en conformación, menores en engrasamiento y mayores índices de compacidad (Franco, 1997).

Las diferencias entre razas en la calidad de la carne se basa muchas veces en las diferencias de engrasamiento, especialmente en el contenido de grasa intramuscular y a veces de grasa subcutánea. Sin embargo, esta relación no siempre es evidente, ya que Chambaz et al. (2003) al comparar la calidad de la carne de terneros de razas de distinta precocidad (Angus, Simmental, Charolais y Limousin) con el mismo porcentaje de grasa intramuscular (3.2%), hallaron

Revisión bibliográfica

sustanciales diferencias de calidad entre ellas, especialmente en jugosidad y ternera. Dado que la diferente precocidad en la deposición de grasa entre estas razas implica que llegaron al mismo nivel de engrasamiento a edades diferentes, se recomiendan las dietas intensivas para minimizar estas diferencias de edad y disminuir, por tanto, las diferencias de calidad sensorial de la carne.

Se ha visto, que durante el cebo de los terneros, el aumento del peso de sacrificio incrementa el engrasamiento de las canales, en el caso de varias razas españolas el porcentaje de grasa intramuscular aumentó de media un 62% pasando del 1.44% a 1.62% al sacrificarlas a 300 kg o a 550 kg de peso vivo. No obstante, no siempre es así ya que las razas muy tardías en deposición de grasa, como pueda ser la raza Asturiana de los Valles, a estos rangos de peso no aumentó su porcentaje de grasa intramuscular, que se mantuvo en torno al 1% (Insausti *et al.*, 2005). Las diferencias en el vetado de la carne de terneros varían según la raza y los músculos, en cantidad, estructura y distribución. La raza Blanco Azul Belga fue la que presentó el menor vetado en la carne, incluso a la edad de 24 meses, la carne de la raza Angus presentó un entreverado grande, la raza Galloway presentó el mayor número y una distribución regular del entreverado y la carne de Frisón mostró el mayor número de estructuras delgadas y afiladas de entre las razas estudiadas (Albrecht *et al.*, 2006). El uso de la selección genética del vetado de la carne de razas bovinas ha mostrado una mejora muy limitada en su ternera (Dikeman *et al.*, 2005), ya que las correlaciones entre la dureza instrumental WB y el vetado fue del -0.21, entre el vetado y la ternera del panel sensorial del 0.19 y de la dureza instrumental y la ternera sensorial del -0.70 (Dikeman *et al.*, 2005). La raza influye también en el tamaño de las fibras musculares y el desarrollo de las células grasas. Así las razas tardías tendrán fibras musculares más finas y menor desarrollo de las células grasas que las razas precoces (Cornforth *et al.*, 1980). Se ha encontrado también que la raza influye en las diferencias en la evolución de la calidad sensorial de la carne con el tiempo de maduración, ya que la carne de las razas rústicas y de doble aptitud necesitan periodos de maduración largos, mientras que las razas especializadas pueden consumirse antes (Campo *et al.*, 1999).

Revisión bibliográfica

La carne de los terneros de gran conformación (con músculos más desarrollados) tuvo la menor valoración sensorial en jugosidad y apreciación global, en relación a los terneros de pequeño formato y con músculos más finos (Dolezal *et al.*, 1985). Dado que muchas veces la conformación se opone al engrasamiento, posiblemente se podría explicar la menor jugosidad por una menor deposición de grasa en la carne.

Las significativas diferencias en engrasamiento, colágeno total e insoluble entre las razas Holstein, Parda Suiza, Limousin y Blonde D'Aquitaine originaron diferencias en la terneza de la carne y en el tiempo mínimo de maduración (Monsón *et al.*, 2004, 2005), confirmando que la raza debe combinarse con el tiempo de maduración para ajustarse a las preferencias del consumidor.

La raza no solo influye en la deposición de grasa sino también en su composición. La carne de los terneros de raza Asturiana de los Valles sacrificados a 470 kg presentó la mayor relación PUFA/SFA que las razas Parda y Morucha, que presentaron una menor relación n-6/n-3 pero con un elevado contenido en C22:6 n-3. Las razas Pirenaica y Retinta presentaron valores intermedios entre los dos grupos de animales (Insausti *et al.*, 2004). Estas variaciones entre razas estarían relacionadas en primer lugar con el número de adipocitos, ya que las razas tardías como la Asturiana de los Valles y la Rubia Gallega acumulan menos grasa dado que los tienen en menor número por una menor hiperplasia (Alzón *et al.*, 2007). A su vez, se relacionaría con la distinta proporción de los componentes del adipocito. Así en el tejido adiposo, las membranas celulares están compuestas por fosfolípidos, que contiene altas proporciones de ácidos grasos poliinsaturados y en su interior se acumulan los lípidos neutros o triglicéridos, que son ricos en ácido oleico, palmítico y esteárico (Wood *et al.*, 2008).

En relación a la calidad de la carne y su vida útil, también la raza ejerce un efecto diferenciador, ya que cada raza tiene algunas características únicas (pigmentos, porcentaje de grasa, perfil de ácidos grasos, etc.) que pueden influir en la estabilidad de la oxidación de la carne (Insausti *et al.*, 2008).

La raza Pirenaica

La raza Pirenaica es una raza especializada en carne, que en cebo intensivo con pienso destaca entre las demás razas españolas por alcanzar elevadas ganancias de peso (>1.7 kg/d), un buen rendimiento canal (>61%), y elevado rendimiento en carne comercializable (>75% de canal) (Albertí *et al.*, 1999) y elevadas cantidades de músculo (75% músculo en la 6ª costilla) (Albertí *et al.*, 1997; Albertí *et al.*, 2010c; Altarriba *et al.*, 2005; Panea *et al.*, 2008). Es muy eficiente en transformar el alimento, ya que su índice de conversión en comparación a otras razas es bajo, así en animales sacrificados alrededor de 500 kg el índice de conversión del pienso/por kilo de peso vivo de las razas Pirenaica, Retinta y Morucha fue de 4.3, 5.1 y 4.9, respectivamente (Albertí *et al.*, 2001a).

Es una raza tardía en la deposición de grasa y su carne puede considerarse un producto bajo en grasa 1.68% de grasa intramuscular en terneros de 336 kg canal (Indurain *et al.*, 2006), 1.94% en terneros de 334 kg canal (Gil *et al.*, 2001) y 2.14% en terneros de 371 kg canal (Christensen *et al.*, 2011). Asimismo, la carne de distintas categorías comerciales tiene un bajo contenido de grasa intramuscular, 1.0 a 1.2% en machos, 2.8% en hembras y 1.5% en castrados (Albertí *et al.*, 2011a). Los terneros sacrificados a 184 kg canal tienen poca grasa subcutánea 1.2% que aumenta a 1.8% con canales de 353 kg (Díez *et al.*, 2006b).

Durante el engorde se produce la hiperplasia o aumento del número de adipocitos y la hipertrofia o el aumento del tamaño de los mismos, en los distintos depósitos adiposos. El tipo de desarrollo del tejido adiposo de la raza Pirenaica, a distintos pesos de sacrificio, presentó un comportamiento intermedio entre las razas especializadas cárnicas (Asturiana de los Valles y Rubia Gallega) y las razas rústicas (Avileña-Negra Ibérica, Morucha y Retinta) (Alzón *et al.*, 2007).

El color de su grasa es blanca y el de su carne rosada o rojo pálido. Su carne es tierna, tiene una dureza instrumental baja, menor a 5 kg/cm² a los 7 días de maduración (Albertí *et al.*, 2011a), y de menor dureza que la carne de terneros de raza Holstein (Panea *et al.*, 2010a; Panea *et al.*, 2010b). La dureza de su carne fue un 10% menor que la media de quince razas europeas (Christensen *et al.*, 2011).

La grasa intramuscular de los añojos de esta raza de 289 kg canal cebados con pienso estuvo compuesta por un 45.0% de ácidos grasos saturados, 38.7% de ácidos grasos monoinsaturados y un 16,2% de ácidos grasos poliinsaturados, de los cuales el 15.0% fue de n-6, 0.9% de n-3 y 0.3% de CLA (Albertí *et al.*, 2011a). El músculo *Longissimus dorsi* de añojos de esta raza tiene un elevado porcentaje de grasa poliinsaturada (16.8%) debido a su bajo contenido en grasa y, con el aumento del engrasamiento, aumenta la proporción de oleico (C18:1) y disminuye la de linoleico (C18:2n-6); además, los animales mejor conformados tienen mayor porcentaje de linoleico que los menos conformados (Indurain *et al.*, 2006). En la comparación con quince razas europeas, la raza Pirenaica, sacrificada a 15 meses de edad y con un peso canal de 371 kg, presentó un 1.7% de grasa intramuscular, cuya composición fue 44.1% de ácidos grasos saturados, 41.6% de monoinsaturados y 14.3% de poliinsaturados (Williams, 2006).

La calidad sensorial de su carne fue la de mayor terneza entre las 15 razas europeas estudiadas, tanto para un panel inglés como para uno español, y su jugosidad también fue también la más valorada (Williams, 2006). En relación a la comparación con terneros cebados a pienso de siete razas españolas y sacrificados a 300 y 550 kg la calidad sensorial de la carne de los terneros de raza Pirenaica resultó valorada intermedia por terneza y jugosidad entre las razas cárnicas y las rústicas, aunque no se hallaron diferencias significativas en apreciación global entre ellas (Albertí, 2002), igualmente fue valorada intermedia entre ambos grupos cuando se compararon a 470 kg de peso al sacrificio (Campo *et al.*, 1999).

Efecto de la dieta de cebo en las características de la carne

La dieta de cebo ideal para un ternero sería aquella que estuviese formulada en función del tipo genético, su peso vivo, la ganancia de peso esperada y la deposición de grasa deseada, atendiendo sus necesidades en energía, proteína, fibra, minerales y vitaminas, adaptada a su capacidad de ingestión y teniendo en cuenta las tasas de digestibilidad, degradabilidad, fermentescibilidad de sus ingredientes y sus fracciones, y que fuese lo más barata posible. Pero, la dieta que

Revisión bibliográfica

recibirá un ternero durante su cebo también estará condicionada por el sistema de producción, por el mercado de insumos y por el mercado de la carne en que se desarrolla la actividad. No obstante, la búsqueda de la máxima rentabilidad del sistema de producción condicionará al final la dieta la mayoría de las veces.

El sistema de producción del ternero en cebo debe de ser eficiente, y será más eficiente cuanto menor sea el índice de conversión del alimento. En dietas intensivas de pienso concentrado y paja este índice se suele expresar en los kilos de pienso necesarios para la ganancia de un kilo de peso vivo. Sería más correcto basarlo en kilos de materia seca por kilo de ganancia de peso, pero en sistemas intensivos se hace así ya que la materia seca de los piensos está siempre alrededor del 90%. Este índice de conversión irá aumentando con la edad o el peso vivo del animal y también variará según la raza del animal. Así, el índice de conversión puede variar en terneros de raza Avileña-Negra Ibérica entre 3.6 kg/kg cuando son cebados entre 244 kg y 308 kg a 4.6 kg/kg cuando son cebados entre 235 kg y 541 kg, o bien en terneros de raza Pirenaica entre 4.1 kg/kg cuando son cebados entre 225 kg y 460 kg a 4.3 kg/kg cuando son cebados entre 303 kg y 556 kg (Albertí *et al.*, 2001a). También variará en función del sexo, ya que en animales de una misma raza, a pesos de cebo similares, las hembras (5.7 kg/kg) y los castrados (5.4 kg/kg) tienen mayores índices de transformación que los machos enteros (4.6 kg/kg) (Albertí *et al.*, 2010a).

Cuando la dieta de cebo está compuesta por forrajes entonces la eficiencia se expresa en base al cálculo de la energía consumida o de la cantidad de materia seca por kilo de ganancia de peso. En estos casos es posible comparar la eficiencia entre lotes con dietas en las que varía la relación forraje/concentrado. Pero para una correcta comparación habría que incluir el distinto precio de los ingredientes de las dietas, para calcular el coste de producción del kilo de ganancia de peso.

Dietas de cebo con forrajes vs. concentrados

Podríamos decir que para cada animal (raza, sexo) y cada dieta (concentrado, forraje o mixta) hay un peso de sacrificio óptimo para obtener una canal adecuada

Revisión bibliográfica

a las exigencias del mercado en cuanto a rendimiento carnicero y características de calidad de la carne. No obstante, ese óptimo a veces no coincidirá con la mayor rentabilidad, dado que el mercado se rige por más factores que los de producción.

Si el territorio donde está la explotación es una zona de pastos naturales o una zona de regadío, la opción más evidente sería utilizar el pasto y el forraje conservado (heno, silo, deshidratado) para cebar al ganado. Para cebar terneros con forrajes se necesita que su calidad sea máxima: alta digestibilidad, lo que asegura una elevada ingestión y alto valor nutritivo. Pero la densidad energética de los forrajes no suele ser superior a 2.5 Mcal de energía metabolizable (EM) por kilo de materia seca (MS), mientras que la densidad energética teórica de una ración media de cebo estaría por encima de 2.9 Mcal EM/kg MS (Ferret *et al.*, 2008), por lo cual los forrajes se suelen suplementar con concentrados en dietas mixtas. Estas dietas mixtas forraje/concentrado (F/C) que pueden ir desde el 90:10, dieta muy forrajera propia de sistema extensivo, hasta llegar a la dieta 10:90, dieta intensiva propia de animales estabulados consumiendo paja como ración de volumen y pienso concentrado *ad libitum*. Esta dieta intensiva basada en pienso se encuentra en zonas en las que, por un lado la mano de obra es cara, por el otro el cereal y las tortas proteicas tienen un precio competitivo con los forrajes, y el precio de la carne es muy alto, ya que si no es así no es rentable.

No obstante, tanto los forrajes como los concentrados presentan ventajas e inconvenientes para su utilización en dietas de cebo de terneros. Los forrajes, en principio, son más baratos, permiten una integración animal al medio rural más sostenible, ya que los rumiantes pueden digerir los alimentos fibrosos y producir carne. Pero los forrajes exigen que los tamaños de finca y de parcelas sean adecuadas para el pastoreo, exigen inversiones en maquinaria para el laboreo y la recolección y conservación del forraje y, además, son exigentes en mano de obra en momentos puntuales. Cuando el valor nutritivo del forraje, energético o proteico, está limitado o está desequilibrado, obliga a una suplementación para poder cebar los animales correctamente. Los forrajes son ricos en pigmentos vegetales y antioxidantes naturales y algunos son ricos en ácidos grasos poliinsaturados n-6 y especialmente n-3, como el pasto de gramíneas y leguminosas (Realini *et al.*, 2004).

Revisión bibliográfica

Los concentrados a base de cereales y tortas proteicas de oleaginosas son la base del sistema intensivo de cebo de terneros en áreas mediterráneas donde escasean los pastos. El principal problema de los cereales y de las tortas de oleaginosas es su precio, ya que son caros pues son alimento también para los monogástricos, las aves y, por supuesto, para el hombre. Su elevado coste se compensa en parte ya que al ser un alimento concentrado, el aumento del coste por su transporte es relativamente menor al de los forrajes, por unidad energética o proteica. Además, su manipulación para distribución al ganado exige poca mano de obra, también en relación al forraje conservado, con lo cual a veces el coste de la unidad energética y proteica, es igual o menor a la de forrajes conservados. Debido al elevado valor nutritivo de los concentrados de las dietas de cebo, la ganancia diaria de peso de los terneros es máxima para cada raza y se favorece el engrasamiento del animal (Albertí *et al.*, 2001a). A la inversa, si se utilizan forrajes, será menor el engrasamiento pero también la ganancia de peso (Albertí *et al.*, 1995b; Blanco *et al.*, 2010; Resconi *et al.*, 2010). El sistema de cebo intensivo origina problemas de manejo y bienestar del ganado, crea un ambiente de alta prevalencia de patologías y tiene impacto ambiental por la eliminación de estiércol.

Por otra parte, la concentración energética de la dieta es importante ya que las dietas de alta energía previenen el agotamiento del glucógeno muscular de los terneros en los procesos de estrés como transporte o altas temperaturas (Beltrán *et al.*, 1997; Immonen *et al.*, 2000), lo cual da mayor seguridad para obtener carne sin defectos de calidad debidas a un alto pH final. Otro factor a tener en consideración es que la utilización de subproductos agroindustriales ricos en energía o proteína permiten disminuir el coste de la ración en el cebo intensivo de terneros sin afectar los parámetros productivos ni la calidad de la canal o de la carne (Consigli, 1994).

Efecto de la utilización de ingredientes ricos en ácidos grasos poliinsaturados n-6 y n-3 en las dietas de cebo de terneros

La carne de vacuno de animales criados en pasto tiene bajos niveles de engrasamiento, presenta una grasa más rica en ácidos grasos poliinsaturados, y una relación de ácidos grasos poliinsaturados/saturados mayor que la de animales

Revisión bibliográfica

cebados con pienso (Nuernberg *et al.*, 2005; Realini *et al.*, 2004; Resconi *et al.*, 2010). La carne (lomo) de los terneros cebados intensivamente en nuestro país presenta un porcentaje de grasa intramuscular variable entre el 0.9 y el 3.2% del peso, según la raza, la dieta y el peso de sacrificio principalmente (Albertí *et al.*, 2010c; Blanco *et al.*, 2010; Campo *et al.*, 2000; Insausti *et al.*, 2005). Esta carne de terneros cebados intensivamente con piensos presenta un porcentaje más bajo en ácidos grasos poliinsaturados y una relación n-6/n-3 alta, superior a 16 (Insausti *et al.*, 2004), mientras que según las recomendaciones esta relación debía estar por debajo de 5. Aunque hoy en día la autoridad europea de seguridad alimentaria no da recomendaciones para esta relación, ya que no existe consenso en la relación óptima (EFSA, 2010a, 2010b), como ya se ha comentado.

Las grasas poliinsaturadas por su estructura intrínseca, de dobles enlaces, son más sensibles a la oxidación lipídica, lo que se conoce como enranciamiento, que origina olores y sabores desagradables para el consumidor y también altera el color del producto, lo que repercute en una disminución de la vida útil de la carne (Wood *et al.*, 2004).

En la bibliografía reciente, sobre la producción de carne de rumiantes enriquecida en ácidos grasos poliinsaturados omega 3, muchos trabajos han estudiado el efecto de la composición de la grasa de la dieta en la variación de la deposición de los ácidos grasos de la grasa intramuscular, pero no todos los trabajos han estudiado como afecta esta variación a la calidad de la carne y a la alteración de su vida útil.

Las variaciones en la deposición de grasa tienen un efecto en la composición de los ácidos grasos, independiente de la especie, la raza o la dieta (De Smet *et al.*, 2004). El contenido de ácidos grasos saturados y monoinsaturados aumenta más rápido que los PUFA con el engrasamiento, lo que conduce a una disminución en la proporción relativa de PUFA y consecuentemente en una disminución de la relación P/S. Por otro lado, la relación n-6/n-3 depende del contenido de las fracciones de los fosfolípidos y los triglicéridos, por lo cual esta relación está más afectada por la dieta que por la genética del animal. La dieta es el factor que mayor influencia tiene en la composición de los ácidos grasos en vacuno mientras que la dieta y la genética, afectan el nivel de engrasamiento (Scollan *et al.*, 2006).

Revisión bibliográfica

La composición de los ácidos grasos de la carne, tanto en el músculo como en la grasa, es importante, ya que determina su valor nutritivo y afecta varios aspectos de su calidad, en especial el flavor y la vida útil (Warren *et al.*, 2008b).

Recientemente se han utilizado dietas de cebo de terneros en las que se introducían alimentos ricos en ácidos poliinsaturados, tales como la semilla de lino, ya que su carne tiende a depositar una mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados 18:3n-3, tanto en los fosfolípidos como en los lípidos neutros del músculo y del tejido graso, aumentando el total de n-3 y la proporción y contenido de C18:n-3 de la grasa intramuscular, así como el contenido en C20:5n-3 y C22:5n-3. Asimismo, las relaciones n-6/n-3 y C18:2n-6/C18:3n-3 resultan significativamente menores comparadas con la dieta control sin semilla de lino (Scollan *et al.*, 2001a). Así pues, se confirma que a pesar de la hidrogenación que sufren las grasas en el rumen, una proporción de C18:3n-3 puede escapar a la hidrogenación ruminal.

En un estudio con terneros de gran conformación y engrasamiento tardío, como es la raza Blanca Azul Belga, los animales fueron cebados con pienso que incluía soja, o lino extrusionado (17.7%) o lino aplastado (6.8%) (Raes *et al.*, 2004b). La suplementación con lino aumentó la deposición de ácidos grasos n-3 en la grasa intramuscular sin aumentar los n-6, con lo cual la relación n-6/n-3 decreció a valores entre 3.5 y 4.1, mientras que con semilla de soja esta relación fue mayor de 6.2.

La modificación de la composición de la grasa, aumentando la proporción de los ácidos grasos poliinsaturados puede comportar alteraciones en la calidad del producto, como hemos comentado previamente, ya sean la aceleración de la oxidación lipídica y aparición de olores y sabores a rancio, o la alteración del color de la carne debido a la oxidación de los pigmentos musculares, todo ello acortará su vida útil. Se ha comprobado que la oxidación lipídica aumenta a lo largo del tiempo de exposición de la carne. Este aumento no es lineal, sino que las diferencias entre los primeros cuatro días son menores que entre el cuarto y el noveno día de exposición (Campo *et al.*, 2006). Estos autores encontraron que la mayor oxidación se dio en las dietas ricas en ácidos grasos poliinsaturados

Revisión bibliográfica

protegidos, mientras que la menor oxidación lipídica se dio en las dietas control y en la dieta de pasto, probablemente debido a la mayor saturación de su grasa en las dietas control y al mayor contenido en vitamina E del pasto. Además, establecieron que el valor de 2 mg de malonaldehído/kg músculo puede considerarse el límite máximo de enranciamiento para ser aceptado por el consumidor de carne de vacuno. En otros estudios con vacuno hallaron un intervalo más amplio entre 0.6 y 2.0 mg de malonaldehído, para que el panel sensorial detectase la oxidación de la grasa (Greene y Cumuze, 1982). Trabajando con carne de cerdo los resultados de otros trabajos sitúan los valores de malonaldehído mucho más bajos 0.5 a 1.0 mg (Dunshea *et al.*, 2005).

Es difícil de valorar el punto en el cual la carne será rechazada por su oxidación lipídica según la percepción sensorial del consumidor. La percepción depende del umbral individual que puede variar en función de la experiencia personal, entre otros factores. Además, el valor umbral indica el punto en el cual el estímulo puede ser percibido, y no necesariamente en el cual puede producir un rechazo del producto.

Mach *et al.* (2006) hallaron que el tipo de grasa de la dieta (colza o lino) o su nivel de inclusión (5% a 11%) no afectaron las características de la canal, ni el color de la carne, lo cual implica que la calidad de la carne no tiene porque sufrir siempre modificaciones negativas al incluir una fuente de ácidos grasos poliinsaturados.

Efecto de la utilización de antioxidantes en las dietas de cebo de terneros

El aumento del contenido en ácidos grasos poliinsaturados en la carne puede comportar una menor estabilidad oxidativa, es decir una mayor facilidad de enranciamiento, con la aparición de olores desagradables y variaciones en la calidad sensorial. Estos cambios se deben a modificaciones en flavor (Campo *et al.*, 2006), color (Faustman *et al.*, 2010; Jakobsen y Bertelsen, 2000) y valor nutritivo por la posible producción de compuestos tóxicos (Stan, 1992). Por ello, una forma de limitar estos efectos negativos de la oxidación es el enriquecimiento de la dieta de cebo con antioxidantes como los tocoferoles y en especial la

Revisión bibliográfica

vitamina E (Liu *et al.*, 1995). Los fosfolípidos presentes en las membranas subcelulares de las mitocondrias y los microsomas son muy ricos en ácidos grasos poliinsaturados y están expuestos a la peroxidación debido a su proximidad a los pro-oxidantes. La presencia de iones de hierro pueden generar especies químicas capaces de captar un protón de los ácidos grasos poliinsaturados e iniciar el proceso oxidativo (Gray *et al.*, 1996). La vitamina E es un antioxidante liposoluble que rompe la cadena de peroxidación lipídica y previene la formación de hidroperóxidos (Buckley *et al.*, 1995). Esta vitamina E actúa reduciendo la formación de hidroperóxidos e inhibiendo las lipoperoxidasas, que son las enzimas responsables del enranciamiento u oxidación de las grasas, por lo que se recomienda el aumento del aporte de vitamina E, especialmente cuando la grasa tiene proporciones elevadas de ácidos grasos poliinsaturados.

Los pastos de gramíneas son ricos en vitamina E mientras que los cereales que componen los piensos necesitan una suplementación con vitamina E para alcanzar un nivel similar. Realini *et al.* (2004) cifraron esta suplementación en 1000 Unidades Internacionales (UI) de vitamina E/día a terneros castrados, cebados con pienso durante 100 días. Una UI de vitamina E equivale a 1 mg de acetato de α -tocoferol.

Se ha cuantificado en 3.3 $\mu\text{g/g}$ de músculo la concentración de vitamina E necesaria para alargar la vida útil de la carne según su color y la estabilidad de los lípidos (Arnold *et al.*, 1993; Faustman *et al.*, 1989), aunque Liu (1995) lo cifran en un mínimo de 1.2 μg de α -tocoferol/g de carne para mejorar el color durante el tiempo de exposición.

Para alcanzar una determinada deposición de vitamina E en músculo se puede actuar a través de la dosis de vitamina E en la dieta y del tiempo en que se reciba dicha suplementación (Liu *et al.*, 1996b). Schwarz *et al.* (1998) concluyeron que la duración del tiempo de suplementación con vitamina E tuvo más efecto que el nivel de suplementación en el color y la estabilidad oxidativa de la carne de ternero, mientras que la cantidad depositada en músculo sí dependió del nivel de suplementación. En un estudio realizado por Arnold *et al.* (1992) consiguieron un

Revisión bibliográfica

aumento de la vida útil de la carne por su estabilidad en el color de 1.6 a 3.8 días en la cadera y de 2.5 a 4.8 días en el lomo utilizando la combinación de 1200 UI/día durante 38 días, o 1140 UI/día durante 67 días, o bien 300 UI/día durante 270 días. Asimismo, la suplementación con 1204 UI/día de vitamina E durante 122 días retrasó la oxidación de la oximioglobina en varios músculos y aumentó la vida útil del color sin afectar la carga bacteriana (Chan *et al.*, 1996). Igualmente, la suplementación a terneros con 486 mg/día de vitamina E durante 126 días alargó la vida útil de su carne, madurada durante 14 días al vacío, en exposición a 4 °C y con una luz fluorescente de 2250 lux, de los músculos *Longissimus lumborum*, *semimembranosus* y *Gluteus mediu*, en dos días (Liu *et al.*, 1996a).

Resconi (2007) concluyó que los animales acabados en el pasto tienen suficiente acúmulo de vitamina E en el músculo para alargar la vida útil de la carne más de 12 días en exposición y que cuando fueron cebados con concentrado suplementado con vitamina E la vida útil de la carne aumentó 6 días por su menor oxidación lipídica y 2 días por color.

También se han utilizado los flavonoides procedentes de cítricos incorporados en los piensos de cebo por su poder antioxidante, que ayudan a estabilizar el color de la carne y alargan su vida útil (Albertí *et al.*, 2005a; Catalán, 2011; Sañudo *et al.*, 2008).

La calidad de la carne y su vida útil

En el momento de la venta, el color de la carne y de la grasa y la cantidad de líquido exudado, junto con la cantidad de veteado, son los atributos más importantes de calidad, mientras que los factores que más influyen en el momento del consumo son la terneza y el sabor-flavor.

El color de la grasa

El color de la grasa subcutánea de las canales y de las piezas de carne de vacuno es un factor que afecta a la calidad de la carne de vacuno. En la Unión Europea la

Revisión bibliográfica

clasificación de las canales de vacuno no contempla el color de la grasa, aunque algunos países o asociaciones interprofesionales sí lo hacen (Anónimo, 1988).

El color de la grasa subcutánea de las canales de vacuno puede variar entre blanco, crema, rosado y amarillento. Los consumidores de muchos países prefieren una grasa de color blanco o crema. El color amarillento se asocia a animales viejos, lo cual no es cierto ya que los animales jóvenes procedentes del pasto o cebados con ensilados de maíz o de hierba presentan una grasa más amarillenta que la de los animales cebados con piensos cuyo ingrediente mayoritario sea la cebada (Albertí *et al.*, 2010b; Blanco *et al.*, 2011; Dunne *et al.*, 2004; Dunne *et al.*, 2006).

Sin embargo, la grasa amarillenta de los animales que han consumido forrajes se debe a la acumulación de carotenoides y se sabe que los β -carotenos son provitamina A, que nuestro cuerpo transforma y asimila. Por ello en vez de ser un aspecto negativo, la pigmentación de la grasa debería explicarse al consumidor que es una cualidad positiva ligada a sistemas de cebo basados en forrajes.

El color del músculo

El color de la carne es de suma importancia en la decisión de compra, ya que los consumidores europeos y especialmente los mediterráneos prefirieron las carnes pálidas, rosadas o rojo brillante frente a la carne roja. La apariencia de la carne y de los productos cárnicos es un tema complejo ya que se encuentra influido por muchos factores: raza y genética del animal, sexo, edad y peso al sacrificio, dieta de cebo, las condiciones *ante mortem* y el estrés previo al sacrificio (Albertí *et al.*, 1995a; Beltrán *et al.*, 1997; MacDougall y Jones, 1981), el músculo (Kirchofer *et al.*, 2002), el sistema de envasado y las condiciones ambientales durante la exposición (Carpenter *et al.*, 2001; Jakobsen y Bertelsen, 2000), principalmente.

Comercialmente las distintas denominaciones de venta de las carnes ya determinan un tipo de carne que a primera vista se diferencia por el color, siendo la más pálida la carne de ternera de leche, le sigue la carne rosada de la

Revisión bibliográfica

denominación ternera, luego el color rojo pálido y rojo brillante del añojo, y alcanzan el rojo más o menos oscuro la carne de novillo, toro, vaca, cebón y buey (Albertí *et al.*, 2010c). Los distintos tipos de carne de las denominaciones de venta se deben a la edad y peso al sacrificio, principalmente, y en parte al sexo y la raza. La raza también determina el color de la carne, en las razas españolas se puede separar las razas de aptitud carne (Asturiana de los Valles, Rubia Gallega y Pirenaica), que tienden a producir una carne más rosada, mientras que las razas rústicas (Avileña-Negra Ibérica, Retinta, Morucha, Asturiana de las Montañas, Serrana de Teruel) el color de su carne es más roja (Albertí *et al.*, 2003; Sanz *et al.*, In Press; Sañudo, 2008, 2011).

Las diferencias de color, y de otras características sensoriales, entre las distintas piezas de la canal y entre los distintos músculos se deben a la diferente composición en el tipo de fibra muscular (Wegner *et al.*, 2000). Aunque a veces, en carne de vacuno, los coeficientes de correlación entre las características histológicas y los valores sensoriales sean bajos y no significativos (May *et al.*, 1977). Las fibras musculares presentan diferencias en sus propiedades bioquímicas, fisiológicas y morfológicas. Se clasifican según su metabolismo en SO (*slow oxidative*) de glucólisis aerobia, como el músculo *infraspinatus* de la espalda o el músculo *Biceps branchii* del brazuelo, FOG (*fast oxido-glycolytic*) son intermedias aerobias y anaerobias, de color rojo, como los músculos *supraspinatus* (pez), *Teres major* y *Triceps branchii* de la espalda, y FG (*fast glycolytic*) de glucólisis anaerobias, como el músculo semimembranoso de la tapa, de color blanco (Kirchofer *et al.*, 2002; Peter *et al.*, 1972; Picard *et al.*, 2003). Los tres tipos de fibras presentan características morfológicas y bioquímicas específicas que determinan la complejidad de su actuación (Gil *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2010). Algunos músculos como el *semitendinosus* (redondo) o el *semimembranosus* (tapa) presentan diferencias histoquímicas entre su zona interna y externa (Hunt y Hedrick, 1977). Debido a estas diferencias específicas, cada músculo reacciona de forma diferente al sistema de envasado, ya que el color de algunos músculos tiene menos estabilidad en una atmósfera con elevada concentración de oxígeno. Los músculos *Biceps femoral* (contra) y *semitendinosus* (redondo) envasados en MAP tienen menos decoloración que cuando se envasan en film, mientras que la decoloración del músculo

Revisión bibliográfica

semimembranosus (tapa) es similar en ambos sistemas de envasado (Behrends *et al.*, 2003). El músculo *Longissimus dorsi (thoracis y lumborum)* es un músculo grande y bastante homogéneo, que se extrae bien, fácil de filetear y como es de primera categoría es representativo del valor comercial de la canal, por lo cual se utiliza habitualmente para el muestreo en estudios de calidad de carne (Sañudo *et al.*, 2005).

Para maximizar la estabilidad del color de la carne hay que controlar dos rasgos característicos del músculo, el consumo de oxígeno y la reducción de la metamioglobina (Mancini y Hunt, 2005). Los factores endógenos determinantes de la estabilidad del color del músculo son la actividad de la mioglobina reductasa (MRA) y la tasa de consumo de oxígeno (OCR) (Bekhit y Faustman, 2005; Renerre y Labas, 1987). Los músculos que conservan el color más estable son los que tienen mayor actividad de la mioglobina reductasa. En general, los músculos mantienen los niveles de MRA durante 3 días. La tasa de consumo de oxígeno por parte de la mitocondrias es el otro factor que determinará la estabilidad del color del músculo. Los músculos con un color más estable son los que tienen una actividad reductora que, proporcionalmente, excede a la tasa de consumo de oxígeno (McKenna *et al.*, 2005). Sin embargo, en otros estudios la correlación entre los parámetros del color y el consumo de oxígeno y la actividad reductora de metamioglobina fueron muy bajos (< 0.53) (King *et al.*, 2011). Pero también se ha constatado que existe una variación de la estabilidad del color del músculo durante el tiempo de exposición debida al efecto individuo y esta variación está regulada parcialmente por factores genéticos (King *et al.*, 2011).

Por otra parte, durante el proceso de comercialización, mantener la carne lo más fría posible ayuda a estabilizar el color. Una temperatura de 2 °C hace que la carne mantenga mejor su color rojo y para que la oxidación lipídica se mantenga baja la temperatura debe ser inferior a 4 °C (Jakobsen y Bertelsen, 2000).

El sistema de envasado hace que el color de la carne varíe entre el rojo al envasar en atmósfera protectora (MAP) o film, hasta el púrpura o marrón en el envasado al vacío. Las ultra bajas concentraciones de oxígeno con monóxido de carbono en MAP dan mayor estabilidad del color que las altas concentraciones 80% O₂, 20%

Revisión bibliográfica

CO₂ (Grobbel *et al.*, 2008). La inclusión de una concentración de CO entre 0.5 y 1.0% en carne de vacuno envasada en MAP y mantenida a 1 °C permitió estabilizar el color de la carne (Luño *et al.*, 1998) y alargar la vida útil entre 5 y 10 días (Luño *et al.*, 2000). Sin embargo, la inclusión de CO como gas de envasado no está autorizada por la legislación actual en el UE (BOE, 2002; DOUE, 1995, 2008d), aunque sí está utilizándose en otros países como EEUU (Cornforth y Hunt, 2008).

El color de la carne viene determinado por los estados químicos del pigmento hemínico, la mioglobina (Renner, 1982). La determinación de los pigmentos de la carne puede realizarse por espectrofotometría mediante la técnica de reflexión de la luz. Existen dos métodos, uno que toma como referencia valores límites de pigmentos, por lo que hay que transformar al 100% y al 0% los tres pigmentos para utilizarlos como referencia (Stewart *et al.*, 1965), y otro, el método de Krzywicki (1979) que no realiza esa transformación, ya que considera que la carne fresca contiene una cierta cantidad de metamioglobina. También se utiliza como medida de decoloración la diferencia de reflectancia a 630 y 580 nm, que corresponden a los máximos de la mioglobina oxidada y oxigenada, respectivamente (Gatellier *et al.*, 2005).

La calidad sensorial de la carne

La carne es un alimento complejo por sus características intrínsecas (pieza, composición, maduración, etc.) y extrínsecas (precio, marca, origen, creencias religiosas, dieta-salud, bienestar animal, etc.).

En el mercado de la carne pueden identificarse numerosos grupos o segmentos de consumidores que demandan un tipo de carne específica en función de las características intrínsecas y extrínsecas de la carne y también en función de los factores personales de consumidor y de los factores ambientales (Bernués *et al.*, 2003a). Sin duda, hay una serie de consumidores que valoran mucho su salud en relación a los alimentos que consumen y están dispuestos a buscar y pagar por

Revisión bibliográfica

carne de vacuno que tenga un porcentaje de grasa y un perfil de ácidos grasos recomendable desde el aspecto nutricional.

El consumidor es el destinatario final de la carne y él es quien decidirá que es calidad y si tras el consumo esa carne ha colmado sus expectativas o le ha defraudado. La satisfacción del consumidor, que valora esa calidad, es muy importante ya que le fideliza a ese producto. Esta actitud del consumidor, en un mercado muy competitivo donde la oferta está muy por encima de la demanda, es importantísima.

El consumidor elige en el momento de la compra la carne por su aspecto visual en relación a la expectativa de calidad sensorial que experimentará cuando la consuma. Sin embargo, estas expectativas de calidad no siempre van a ser confirmadas por la calidad hedónica al consumo (Grunert *et al.*, 2004), entre otras razones porque el cocinado puede modificar negativamente el resultado final.

El análisis sensorial es la disciplina científica que permite medir de forma objetiva y reproducible las características de un producto mediante los sentidos (Guerrero, 2000). Para evaluar la calidad sensorial de la carne se utilizan paneles entrenados que valoran los atributos de textura, jugosidad, sabor y flavor de la carne. No obstante, dada la importancia que tiene el cocinado en la calidad final de la carne es conveniente complementar esa valoración de calidad con un panel de consumidores que lo hará desde un punto de vista hedónico. Sin embargo, es difícil predecir como valorarán el consumidor final la carne a partir de valores objetivos obtenidos con paneles entrenados, ya que aunque las notas de valoración entre ambos están correlacionadas los coeficientes son bajos (Lorenzen *et al.*, 2003).

La ternura es quizá el atributo que mayor influencia tiene en el juicio de valor de la calidad global de la carne. Así, en la valoración sensorial de la carne de añejos de la Indicación Geográfica Protegida “Ternera Asturiana” la nota de aceptación de los consumidores estuvo relacionada por orden de importancia con la puntuación de ternura, jugosidad y flavor (Sierra *et al.*, 2010).

Revisión bibliográfica

Asimismo, en un estudio realizado con siete razas de terneros sacrificados a dos pesos se observó que la apreciación global de la carne realizada por el panel de catadores entrenados estaba correlacionada con la nota de calidad de flavor y olor en mayor medida que con la terneza, mientras que el panel de consumidores lo correlacionó con la fibrosidad y la terneza y muy poco con los otros atributos (Macíe, 2002), aunque hubo variaciones entre grupos raciales y pesos.

Sin embargo, en un estudio realizado sobre la calidad sensorial de la carne de quince especies en que se compararon carnes habituales como ternera, cerdo, cordero, pollo, etc., y carnes exóticas como castor, alce, ballena, etc., el olor y el flavor fueron los atributos más importantes mientras que los atributos relacionados con la textura (terneza, jugosidad, etc.) solo representaron el 13% de la variación total (Rødbotten *et al.*, 2004). Evidentemente, la comparación de carnes tan diversas amplía la variabilidad de las características y por tanto la importancia relativa de los atributos se modifican.

La dieta que ha consumido el ternero influye en la calidad sensorial de la carne ya que se alteran los precursores del flavor en la carne, los pastos producen más amino ácidos libres en el músculo mientras que las dietas de concentrado producen más azúcares reductores en músculo (Koutsidis *et al.*, 2008). En cuanto al tipo de ácidos grasos de la dieta de cebo hay que considerar que en general el ácido oleico se relaciona con sabores deseables mientras que los ácidos grasos poliinsaturados se han relacionado con sabores desagradables (Duckett *et al.*, 1993).

La valoración de los atributos de olor y flavor es más compleja que la de otros atributos, como terneza, y quizás los ligados a rancio sean los más difíciles de valorar de forma parecida por personas distintas ya que es una cualidad muy ligada al ámbito cultural y del tipo de alimentos consumidos habitualmente. Un ejemplo evidente está en los quesos madurados o en el jamón ibérico, que son alimentos ricos en notas oxidadas, más o menos rancias, y que hay personas que aprecian y otras a quien les repugna. Asimismo, la apreciación del olor y flavor característico de la carne de ovino está muy condicionada por aspectos culturales y hábitos de consumo y cocinado (Sañudo *et al.*, 2007; Sañudo *et al.*, 1998b).

Revisión bibliográfica

Dado que la evaluación de la carne con paneles entrenados es costosa, ya que exige gran cantidad de muestra, se necesita contar con un grupo de personas entrenadas y necesita tiempo, se está intentando estudiar sistemas alternativos como la evaluación con NIRS (*near infrared*). De momento parece que esta técnica al igual que se utiliza para obtener datos de composición química (Prieto *et al.*, 2006) de la carne también podría llegar a predecir notas de atributos de calidad y sensoriales, aunque los resultados son diversos (Alomar *et al.*, 2003; Andrés *et al.*, 2007; Andrés *et al.*, 2008; Oliván *et al.*, 2002; Ripoll *et al.*, 2008a).

El sistema de envasado de la carne de vacuno

Hasta hace pocos años la carne de vacuno se despachaba en el mostrador de las carnicerías, cortando y fileteando en el momento las piezas de carne que el consumidor compraba. En el año 2006 la cuota de mercado en valor de venta de la carne comprada en tienda tradicional fue de un 40.0% frente al 56.4% en supermercados e hipermercados (MAPA, 2007b). Hoy en día cada vez más la carne se presenta en bandejas en los estantes de los expositores.

El sistema de envasado de la carne de vacuno es diverso pero los principales son (Jeremiah, 2001):

- la bandeja de poliestireno cubierta con film permeable al oxígeno.
- la bandeja con atmósfera protectora (MAP, *modified atmosphere packaging*).
- el envasado en skin.
- el envasado al vacío.

En el envasado en film tiene por objeto aislar la carne del exterior, especialmente de la posible contaminación bacteriana, y limitar la pérdida de humedad. Los films son láminas de plásticos compuestos por varias capas: una de cloruro de polivinilo con efecto barrera, otra interior con propiedades de sellado como polietileno y una capa exterior resistente a rotura.

El sistema de envasado en MAP consiste en quitar y/o reemplazar el aire que rodea el producto antes de cubrirlo con un film que actúa de barrera de los gases (McMillin, 2008). Si se extrae casi la totalidad del aire entonces lo se denomina

Revisión bibliográfica

envasado al vacío, y una modalidad es el envasado en vacío con un film que se adapta a la pieza perfectamente y se denomina “*skin*” término inglés de piel. Si se sustituye por una mezcla de gases se suele denominar simplemente MAP. La combinación más usada de gases en carne de vacuno es del 80% de O₂ y 20% de CO₂.

El envasado de carne en atmósfera protectora (80:20), la elevada concentración de dióxido de carbono limita el crecimiento de bacterias aerobias y la elevada concentración de oxígeno mejora la apariencia de la carne. Sin embargo, no todo son ventajas en este sistema de envasado, ya que puede afectar negativamente la calidad. Kim *et al* (2010) hallaron que los filetes de diferentes músculos, de ternero castrado, envasados en MAP (80:20) fueron menos tiernos y jugosos y tuvieron mas olores desagradables comparados con la misma carne envasada al vacío. No obstante, en otros estudios realizados con carne de ternero en los que se compararon los sistemas de envasado en vacío, *skin* y MAP (80:20), no se hallaron diferencias en dureza instrumental y sensorial entre vacío y *skin*, aunque la carne envasada en MAP presentó menores puntuaciones en la valoración sensorial (Lagerstedt *et al.*, 2011a).

El envasado en MAP suele aumentar la oxidación de la mioglobina y de los lípidos de la carne, por ello las variables de oxidación lipídica, el contenido de metamioglobina y el índice de amarillo del color de músculo son útiles para evaluar la calidad de la carne de vacuno envasada en atmósfera protectora (Insausti *et al.*, 2008).

Asimismo, en otros estudios se comprobó que el sistema empleado en la maduración de la carne, envasado al vacío o en MAP y el tiempo de maduración, afectan la estabilidad del color (Lindahl, 2011). El envasado en una ambiente con presión parcial de oxígeno superior a la concentración en el aire retrasa la formación de metamioglobina y mantiene la concentración de oximioglobina y el color rojo de la carne (Jeremiah, 2001). Las preferencias del color de la carne y del tipo de envasado posiblemente influyen al consumidor en la decisión de compra, pero no influye en su satisfacción durante el consumo (Carpenter *et al.*, 2001). El sistema de envasado, ya sea film permeable al oxígeno o MAP con alta

Revisión bibliográfica

concentración de oxígeno (80% O₂:20% CO₂) tiene un elevado efecto en los atributos de calidad según el que la dieta sea forraje o concentrado (O'Sullivan *et al.*, 2004). En envases con MAP el tipo de dieta, ensilados de hierba, concentrados o hierba, no tuvo efecto en la proporción de metamioglobina de la carne o en la oxidación lipídica a lo largo del tiempo de exposición, mientras que la carne envasada con film permeable al oxígeno el tipo de dieta de cebo dio diferencias de estabilidad en el color y en la oxidación lipídica a favor de las dietas con ensilados debido a su mayor concentración de α -tocoferol (O'Sullivan *et al.*, 2004). No obstante, a igualdad de tiempo de exposición, los valores de oxidación lipídica fueron diez veces superiores en el envasado en MAP respecto al envasado en film, y la evolución del porcentaje de metamioglobina tuvo una evolución exponencial mientras que en envasado en film la evolución fue de crecimiento lineal.

También existen los envases activos que consisten en la incorporación de compuestos específicos que alargan la calidad y la vida útil del producto. Se ha utilizado envases activos con extractos de orégano en carne de ovino (Camo *et al.*, 2008) y en carne de vacuno (Camo *et al.*, 2011), por su poder antioxidante y antimicrobiano, aunque debido a su potente olor se debe limitar a una dosis entre el 1 y 2 % en el film. Cuando los envases llevan incorporados algún sensor o indicador que controla las condiciones ambientales (control tiempo-temperatura), o la identificación de las propiedades del producto, que las relaciona con la proximidad de la fecha de caducidad se le denomina envases inteligentes (Kerry *et al.*, 2006).

OBJETIVOS

Objetivos

OBJETIVOS

Por todo ello, esta Memoria tiene como objetivo global el valorar el efecto de dietas de cebo de terneros con ingredientes ricos en ácidos grasos poliinsaturados y enriquecidas con vitamina E sobre terneros cebados a dos niveles de engrasamiento, y particularmente en:

1. Los parámetros productivos de los terneros durante su periodo de cebo.
2. La calidad de la canal.
3. La calidad de la carne, el perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular y en sus características sensoriales.
4. La vida útil de la carne basada en la evolución del color y la oxidación lipídica.

MATERIAL Y MÉTODOS

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

Se planteó un experimento de cebo de terneros, con 48 terneros de raza Pirenaica, en un diseño factorial de tres dietas y dos niveles de engrasamiento de las canales al sacrificio (6 lotes de 8 animales por lote). El experimento se llevó a cabo en el cebadero experimental del Centro de Investigaciones y Tecnología Agroalimentaria (CITA) del Gobierno de Aragón, situado en Montañana (Zaragoza). Durante el manejo de los animales en las instalaciones de cebo se aplicaron las normas para la protección de terneros (BOE, 1998; DOUE, 2008a) y las guías de prácticas correctas de higiene vacuno de cebo (MAPA, 2007a). Los terneros recién destetados se compraron a la Asociación de Criadores de Ganado Vacuno Pirenaico (Navarra) y fueron transportados a las instalaciones del CITA siguiendo las normas de bienestar animal (DOUE, 2005). En el periodo de adaptación se realizaron la desparasitación con Renomec, vacunación contra las enfermedades respiratorias virus de IBR, DVB, PI3 y ERSB con Cattle Master 4 y con Vétoquinol contra la neumonía. Tras la adaptación de dos meses los animales fueron distribuidos en 6 lotes y asignados al azar dirigido por peso vivo a cada uno de los tratamientos.

Dietas:

- 1.- Dieta control, con pienso de cebo de terneros de composición estándar
- 2.- Dieta de pienso con un 5% de semilla de lino
- 3.- Dieta de pienso con un 5% de semilla de lino y enriquecida con 200 mg de vitamina E/kg de pienso.

Nivel de engrasamiento:

- 1.- Sacrificio de los terneros al alcanzar los 3 mm de grasa subcutánea
- 2.- Sacrificio de los terneros al alcanzar los 4 mm de grasa subcutánea

Material y Métodos

Las dietas se formularon iso-energéticas e iso-proteicas y se elaboraron en la fábrica de piensos compuestos Ars Alendi. S.A. de Gurrea del Gállego. Para el cálculo de las necesidades energéticas y proteicas de los animales y la formulación de los piensos se partió de las recomendaciones del INRA para terneros machos enteros de raza cárnica en un intervalo de pesos entre 250 y 450 kg de peso vivo y una ganancia media diaria de 1.4 kg/día (INRA, 1988). La composición de los tres piensos se detalla en la tabla 5. Los ingredientes utilizados en el pienso control fueron los habituales que se utilizan en los piensos de cebo en el Valle del Ebro, aproximadamente un 55% de cereales, maíz y cebada, una fuente de proteína de calidad como la torta de soja, salvado y pulpa de remolacha que aportan fibra, un pequeño porcentaje de grasa animal y vegetal como fuente energética no fermentable y un corrector mineral vitamínico. En los piensos con lino se incluyó un 5% de semilla entera de lino y se disminuyó los cereales y la torta de soja.

Entre los ingredientes de los piensos experimentales se utilizó la semilla entera de lino como fuente de ácidos poliinsaturados omega 3. La semilla entera escapa más fácilmente a la degradación ruminal al estar protegida por la cutícula y esto favorece que posteriormente en el duodeno sea degradada y metabolizada (Scollan *et al.*, 2001b). La grasa vegetal utilizada fue un jabón cálcico compuesto por los siguientes ácidos grasos: 46.5% palmítico, 37.8% oleico, 8.6% linoleico, 4.4% esteárico, 1.1% mirístico, 0.4% araquídico, 0.3% α -linolénico, 0.2% láurico y 0.2% palmitoleico. La grasa animal mezcla 50% de sebo y manteca tenía la siguiente composición de ácidos grasos: 40.9% de oleico, 23.0% palmítico, 12.7% linoleico, 12.1% esteárico, 3.4% palmitoleico, 1.0% linolénico y 0.4% margárico (datos de Ars Alendi). Los piensos no incluyeron monensina sódica de acuerdo con el Reglamento (CE) nº 1831/2003 (DOUE, 2003) que estableció la supresión de los antibióticos como aditivos en la alimentación animal a partir de 1 de enero de 2006. Por ello se incluyó rumalato (Norel), que es un regulador de la fermentación ruminal compuesto de sales de ácidos orgánicos, que mejoran las condiciones ruminales, actuando como promotor de la flora y que favorece la ruta metabólica vía succinato-propionato (Castillo *et al.*, 2004). Además, se incluyó un 0.5% de bicarbonato sódico por su poder tampón. El corrector oligomineral-vitamínico se adicionó a la dosis de 2 kg/tm (0.2%) y aportaba por kilo de pienso:

Material y Métodos

10 mg de vitamina E (α -tocoferol), 7000 UI de vitamina A, 1500 UI de vitamina D3, 0.2 mg de selenio, 30 mg de manganeso, 40 mg de cinc, 2 mg de cobre, 0.5 mg de yodo, 0.5 mg de cobalto, 5 mg de hierro, 100 mg de óxido de magnesio, 500 mg de sulfato sódico, 0.3 mg de butilhidroxitolueno. Para aportar el suplemento de 200 mg de vitamina E/Kg al tercer pienso se utilizó Premix PMQ (DSM Nutritional Products Ibérica S.A.) en una premezcla con una concentración del 10% de vitamina E (acetato de α -tocoferol) que se dosificó a la dosis del 0.2% de pienso.

Tabla 5. Composición centesimal de las dietas

Ingredientes %	Pensos		
	Control	Lino	Lino+Vit. E
Cebada	22.6	23.4	23.2
Maíz	35.0	33.0	33.0
Gluten feed	10.0	10.0	10.0
Salvado	4.0	4.0	4.0
Torta de soja 44%	13.8	11.95	11.95
Semilla de lino entera	0.0	5.0	5.0
Cascarilla de soja	5.0	5.0	5.0
Pulpa de remolacha	4.0	4.0	4.0
Grasa vegetal	0.44	0.0	0.0
Sebo 50/50	2.0	0.62	0.62
Carbonato cálcico	1.5	1.5	1.5
Fosfato bicálcico	0.3	0.18	0.18
Bicarbonato sódico	0.5	0.5	0.5
Cloruro sódico	0.5	0.5	0.5
Oligo mineral-vitaminas	0.20	0.20	0.20
Rumalato	0.16	0.16	0.16
Premix (acetato α tocoferol)	-	-	0.20
Vitamina E (mg/kg MF)	10	10	210
Precio pienso (€/kg MF)	0.246	0.246	0.252

El análisis químico del pienso se realizó siguiendo los métodos oficiales de análisis, determinando el contenido de materia seca en estufa, el contenido de nitrógeno según el método de Dumas (AOAC, 2000) con un Protein analyser

Material y Métodos

NA2100 deCE instruments, el contenido de grasa según el método Ankom (AOAC, 2000) las cenizas por incineración en mufla a 550° C, según la recomendación de la norma (ISO, 1998).

Evaluación de los parámetros productivos

El consumo de pienso se controló por lote según la oferta suministrada y el rehusado remanente cada dos semanas coincidiendo con la pesada de los animales. A partir de las pesadas se calculó la ganancia media diaria y el índice de conversión del pienso.

Dos animales, uno en cada lote control murieron de neumonía, por lo cual en estos lotes quedaron siete animales en el momento del sacrificio.

Se midió el espesor de la grasa subcutánea de los terneros con un ecógrafo Aloka de alta definición, modelo SSD-900, equipado con una sonda lineal multifrecuencia UST-5710-7.5 MHz a la altura de la 4^a vértebra dorsal, para determinar el momento del sacrificio de los lotes. Cuando los terneros alcanzaron el nivel de engrasamiento establecido se pesaron (lunes) y se tomó este peso como peso final y al día siguiente (martes) los animales se cargaron en un camión y se trasladaron, siguiendo las normas de bienestar animal (DOUE, 2005) al matadero frigorífico de Mercazaragoza, que se halla a veinte minutos de trayecto del cebadero experimental. Los animales esperaron en los parques, cada lote en un corral, sin mezclar entre ellos para evitar un posible estrés.

Por limitaciones del matadero y del manejo de muestras se realizó el sacrificio de los animales en cuatro tandas. Los dos primeros sacrificio se realizaron en dos semanas consecutivas para los animales que se cebaron hasta alcanzar 3 mm de espesor de grasa subcutánea, sacrificando la mitad de animales de cada uno de los tres lotes una semana y la otra mitad la otra semana. El tercer y cuarto sacrificio también en dos semanas consecutivas se realizó cuando los animales alcanzaron los 4 mm de espesor de grasa, sacrificando la mitad de los animales de cada uno de los tres lotes una semana y el resto la otra semana. El esquema de sacrificio se detalla en la figura 3.

A las dos horas de llegar se procedió al sacrificio y faenado con la metodología habitual del matadero, inmovilización del animal en el cajón, aturdimiento con la bala cautiva, desangrado, desollado, eviscerado, realizando un corte longitudinal por zona vertebral de la canal, clasificación e inspección oficial, pesado de media canal caliente, introducción en cámara de refrigeración y permanencia en cámara durante 24 horas hasta alcanzar una temperatura interna menor a 7 °C.

Figura 3. Plan de sacrificios

1 ^{er} sacrificio 12 septiembre	2 ^o sacrificio 18 septiembre	3 ^{er} sacrificio 7 noviembre	4 ^o sacrificio 14 noviembre
908 / 1 test	5773 / 1 test	979 / 1 test	912 / 1 test
914 / 1 test	5848 / 1 test	8865 / 1 test	918 / 1 test
6298 / 1 test	8936 / 1 test	9682 / 1 test	5098 // 1 test
baja	9643 / 1 test	baja	9639 / 1 test
794 / 2 lino	919 / 2 lino	5871 / 2 lino	765 / 2 lino
1233 / 2 lino	982 / 2 lino	8864 / 2 lino	821 / 2 lino
5793 / 2 lino	1239 / 2 lino	9627 / 2 lino	6285 / 2 lino
6273 / 2 lino	6280 / 2 lino	9644 / 2 lino	9201 / 2 lino
793 / 3 lino vit E	5778 / 3 lino vit E	1231 / 3 lino vit E	981 / 3 lino vit E
977 / 3 lino vit E	6132 / 3 lino vit E	6282 / 3 lino vit E	5096 / 3 lino vit E
5847 / 3 lino vit E	8872 / 3 lino vit E	8938 / 3 lino vit E	6291 / 3 lino vit E
8860 / 3 lino vit E	8944 / 3 lino vit E	8940 / 3 lino vit E	9689 / 3 lino vit E

Calidad de la canal

Tras las 24 horas del sacrificio se anotó el peso de las medias canales y se realizó la clasificación por conformación y engrasamiento de acuerdo con Modelo Comunitario de canales de bovinos pesados (DOUE, 1991, 2007) realizando la valoración de conformación en la escala SEUROP y de engrasamiento. Para poder tratar los datos como variables continuas se pasaron las valoraciones discretas a una escala continua de 1 a 18 puntos para la conformación y de 1 a 15 para el engrasamiento, tras subdividir en tres subclases cada una de las clases establecidas.

Las medias canales derechas no se utilizaron y siguieron el proceso de comercialización normal. De las medias canales izquierdas se extrajo la 10^a

Material y Métodos

costilla siguiendo la metodología de Williams y Bergström (1980), cortándose a la altura de la pared del diafragma (Oliván et al., 2001). El resto de las medias canales pasaron a las instalaciones de Distribuciones Alimentarias Bimarca S.L. donde se realizó el despiece comercial del corte pistola (bola más lomo, cortado entre la 4ª y la 5ª vértebra) de la media canal izquierda. Se deshuesó y se recortó la grasa que estaba en exceso de las piezas comerciales dejando cada una de las piezas preparadas para su comercialización. Con el peso de las piezas comerciales, de la grasa de recorte y de los huesos se calculó la composición tisular (músculo, grasa y hueso) y la composición según la categoría comercial de las piezas (extra, primera, segunda y tercera (BOE, 1975; MARM, 2007):

-Extra: solomillo

-Extra: lomo

-Primera: babilla, tapa, contra, cadera con rabillo, redondo, culata de contra y aguja

-Segunda: morcillo

-Tercera: recortes

Se cortó el lomo desde la T5 a la T9 dorsal y de la L1 a L6 para las pruebas instrumentales y sensoriales de evaluación de la calidad.

Posteriormente la 10ª costilla fue diseccionada en músculo, grasa y hueso y se calcularon los porcentajes relativos de los distintos tejidos y la relación músculo/hueso.

Muestreo

Los dos trozos de lomo junto con la décima costilla se trasladaron refrigerados al laboratorio de calidad de carne del CITA, que está equipado con una sala refrigerada. Allí se procedió a separar el músculo *Longissimus dorsi* del resto de músculos que lo envuelven. A continuación se procedió a su fileteado según el análisis a realizar, siguiendo el esquema se detalla en la figura 4. En la figura 5 se detalla un esquema de las pruebas de calidad de la carne realizadas.

Figura 4. Esquema de muestreo de músculo *Longissimus dorsi* (thoracis y lumborum)

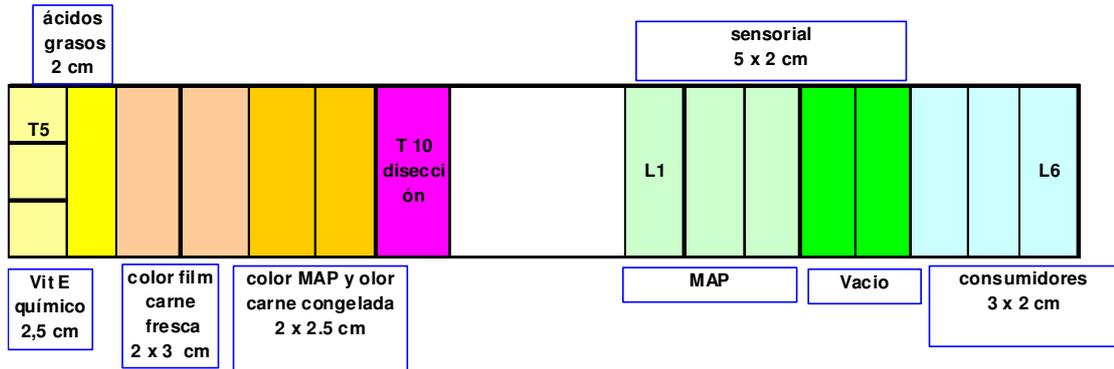


Figura 5. Esquema de las pruebas de calidad de la carne

Color de la grasa subcutánea
Análisis químico de la carne
Perfil de ácidos grasos
Color de la carne fresca : - color a 24 horas - evolución color hasta 14 días
Calidad de la carne congelada : - carne descongelada, envasada en film : evolución color y olor - carne descongelada, envasada en MAP : evolución de color y TBARS
Análisis sensorial de la carne con panel entrenado: - cata 1: carne a dos tiempos de maduración envasada al vacío . - cata 2: carne envasada en MAP a tres tiempos exposición, engrasamiento 3 mm, - cata 3: carne envasada en MAP a tres tiempos exposición, engrasamiento 4 mm
Prueba de cata de la carne con consumidores

Calidad de la carne

Se siguieron las metodologías de referencia recomendadas por Boccard (1981) y Honikel (1998) para valorar las características físicas de calidad de la carne. Se realizó la medición del pH en el músculo *Longissimus thoracis* a las 24 h del

Material y Métodos

sacrificio, a la altura de la 10ª costilla, con un pH-metro Crison con sonda de penetración, como medida que determina el posible estrés de los animales.

Color de la grasa subcutánea

Se midió el color de la grasa subcutánea con un espectrofotómetro Minolta CM 2600d (Konica Minolta Holdings, Inc, Osaka, Japan) a la altura de la 10ª costilla, tomando la media de tres puntos en zonas libres de manchas de sangre y con mayor espesor de grasa. Se utilizó el iluminante D₆₅, ya que es la más parecida a la luz de día (color de temperatura 6504 K) y el observador de 10° y 8 mm de diámetro de la apertura y calibrado con la placa de blanco. Este aparato mide la luz reflejada desde 360 nm a 740 nm cada 10 nm. Se registró la luminosidad (L*) el índice de rojo (a*) el índice de amarillo (b*) (CIE, 1978) y se calcularon la saturación o croma $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ y el tono $h = \arctan(b^*/a^*)$ (MacDougall, 1986; Wyszecki y Stiles, 1982), multiplicado por $180/\pi$ para expresarlo en grados sexagesimales. También se calculó el sumatorio (Sum) que es la integral del espectro de reflectancia de 450 nm a 510 nm trasladados a 510 nm, aplicando la fórmula:

$I_{450-510} (TR.nm) = [(TR\ 450/2) + TR\ 460 + TR\ 470 + TR\ 480 + TR\ 490 + TR\ 500 + (TR\ 510/2)] \times 10$ (Priolo *et al.*, 2002; Ripoll *et al.*, 2008b; Röhrle *et al.*, 2011) ya que estas longitudes de onda es la zona de absorción de los carotenoides.

Análisis químico de la carne

Para el análisis químico de la carne, un primer filete de 2.5 cm de espesor (figura 4) se partió en tres trozos que fueron puestos en bolsitas de plástico y envueltos en papel de aluminio e identificados se congelaron a -20° C hasta su análisis.

El primer trozo se destinó al análisis de α -tocoferol (vitamina E) en músculo, que se determinó por Ceinal, S.A del grupo Silliker, mediante un HPLC Agilent 1100 equipado con bomba cuaternaria para trabajar con mezcla de eluyentes, columna Atlantis C18 3 μ m 4.6x20 mm, flujo de trabajo 3 ml/minuto, eluyente agua ACN con 0.1% TFA (5:95), horno para columnas, con detector de fluorescencia

Material y Métodos

$\lambda_{\text{excitación}} = 295 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{emisión}} = 340 \text{ nm}$, volumen de inyección 5 ml. Con las inyecciones de las soluciones estándar se realizó la correspondiente recta de calibración, en concentración - área. Seguidamente se interpoló en la recta de calibración obtenida con los patrones, el área obtenida para la vitamina E presente en la muestra. Aplicando factores de peso y dilución, se obtuvo la concentración de vitamina E en la muestra. Los resultados se expresaron en mg/kg. Para la preparación de las muestras se pesaron 5 g de muestra y se realizó una saponificación en medio básico alcohólico. Una vez saponificada la muestra, se realizaron extracciones líquido-líquido distintas fracciones de éter de petróleo para extracción de la vitamina. Realizadas las extracciones se procedió a la limpieza de la solución etérea con una solución acuosa-alcohólica de KOH y seguidamente con agua hasta que las aguas de lavado salieron neutras. Finalmente se llevó a sequedad la fase etérea y el residuo obtenido se redisolvió con metanol. El extracto obtenido se utilizó para la determinación de la vitamina E en las condiciones cromatográficas correspondientes. La cuantificación se realizó con calibración externa utilizando soluciones estándar de concentración conocida (1 mg/L; 5 mg/L, 20 mg/L, 200 mg/L y 500 mg/L).

El segundo trozo se liofilizó y posteriormente se realizó el análisis químico del músculo siguiendo los métodos oficiales de análisis de productos cárnicos, determinando el contenido de proteína según el método de Dumas (AOAC, 2000) el contenido de grasa intramuscular según el método Ankom (AOAC, 2000) las cenizas por incineración en mufla a 550° C según la recomendación de la norma ISO (1998).

En el tercer trozo se determinó el contenido de materia seca en estufa según la recomendación de la norma ISO (1997).

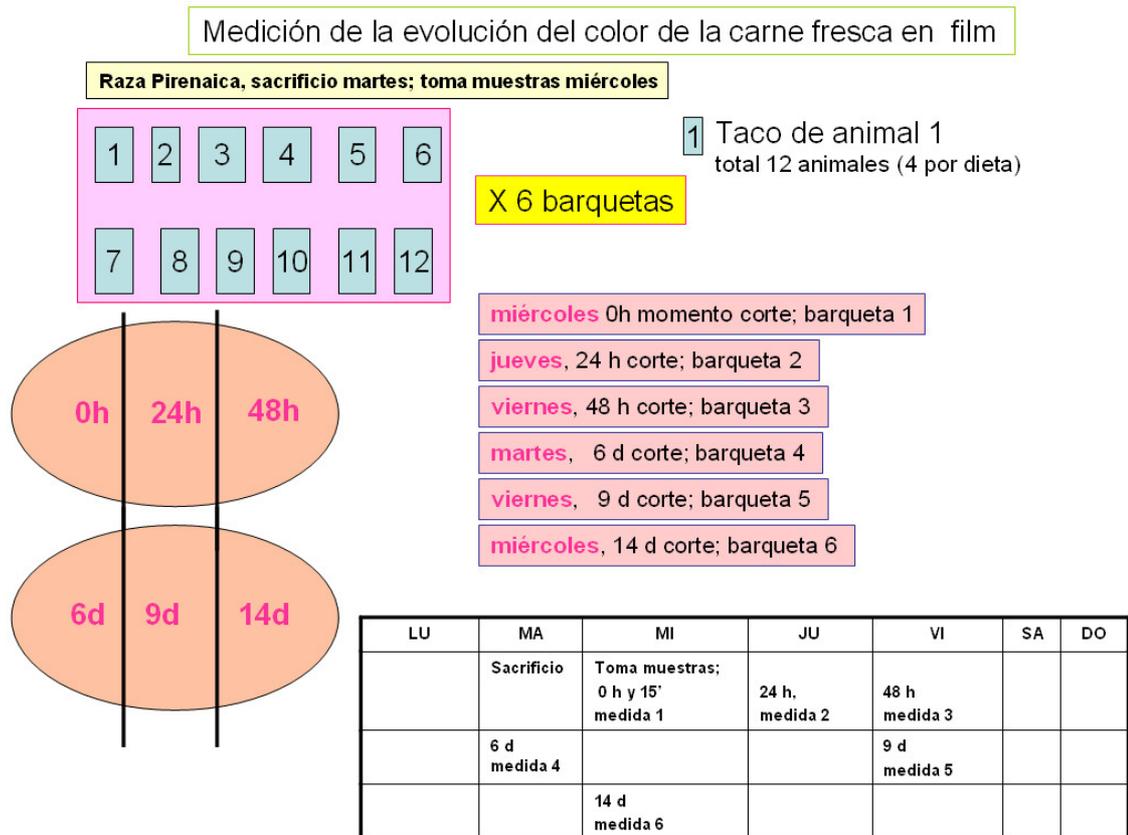
Medida del color de la carne fresca

Para medir la evolución del color de la carne fresca se cortó un trozo de 6 cm de espesor a la altura de la T8 (figura 4). El trozo se dividió en dos filetes de 3 cm de espesor y cada filete se partió transversalmente en tres trozos. Cada uno de los

Material y Métodos

seis trozos se colocaron al azar en una bandeja cubierta con un film de polietileno permeable al oxígeno que se mantuvo en una cámara frigorífica a <4 °C en oscuridad (figura 6).

Figura 6. Esquema de corte y distribución de dos filetes del músculo *Longissimus thoracis* para el estudio de la evolución del color.



Las medidas de la evolución del color de la carne se realizaron mediante un espectrofotómetro Minolta modelo CM 2600d (Minolta, Osaka, Japón). Se midió en el momento del corte (tiempo cero, que corresponderá a las 24 horas post sacrificio), a los 15 minutos del corte, a las 24 horas del corte, a las 48 h, a las 144 h (6 días) a las 216 h (9 d) y a las 336 h (14 d). Se siguieron las recomendaciones de Hunt (1991) y de Hunt et al. (1993) en espesor mínimo de la muestra de 3 cm. Se utilizó el iluminante D65 y el observador de 10° y 8 mm de diámetro de la apertura. Se registró la luminosidad (L^*) el índice de rojo (a^*) el índice de

Material y Métodos

amarillo (b^*) (CIE, 1978) y se calcularon la saturación o croma $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ y el tono $h = \arctan(b^*/a^*)$ (MacDougall, 1986; Wyszecki y Stiles, 1982), multiplicado por $180/\pi$ para expresarlo en grados sexagesimales. El valor del croma está relacionado con la cantidad de pigmentos de la carne y la carne roja brillante presenta valores altos de croma (Miltenburg *et al.*, 1992). El croma de la carne está afectado por los factores ligados al sistema de producción. El tono es el atributo del color que identificamos como los colores: rojo, amarillo, verde (Wyszecki y Stiles, 1982) y está relacionado con el estado químico de los pigmentos (Renerre, 1982).

Los distintos estados químicos de los pigmentos tienen curvas de reflectancia y absorbancia diferentes y variables según la longitud de onda, lo que ha permitido desarrollar múltiples relaciones para el cálculo del porcentaje de los diferentes estados químicos del pigmento presente en la carne en un momento determinados. A partir de los valores del espectro leídos de 360 nm a 740 nm en incrementos de 10 nm se estimaron los porcentajes de pigmentos hemínicos de la carne, por el método de cuantificación sin valores límite (de la Fuente *et al.*, 2005; Krzywicki, 1979). El porcentaje relativo de metamioglobina se estimó a partir de la relación entre las absorbancias de los pigmentos a 572 nm y 525 nm (que son los puntos isobésticos de la mioglobina y la oximioglobina y de los tres pigmentos, respectivamente) restándoles a cada una la absorbancia a 730 nm que corresponde a la absorción acromática de la carne de vacuno.

$$\% \text{MMb} = 1.395 \cdot \left(\frac{A^{572} - A^{730}}{A^{525} - A^{730}} \right)$$

El porcentaje relativo de deoximioglobina se estimó a partir de la relación entre las absorbancias de los pigmentos a 473 nm, que son los puntos isobésticos de la metamioglobina y la oximioglobina, y a 525 nm, que son los puntos isobésticos de los tres pigmentos, restándoles a cada una la absorbancia a 730 nm que corresponde a la absorción acromática de la carne de vacuno.

$$\% \text{DMb} = 2.375 \cdot \left(1 - \frac{A^{473} - A^{730}}{A^{525} - A^{730}} \right)$$

Material y Métodos

El porcentaje relativo de oximioglobina se obtuvo por diferencia a 100 de la suma de los otros dos pigmentos (Hunt *et al.*, 1991; Mancini *et al.*, 2003).

Pruebas de calidad de carne congelada

Dos filetes del músculo *Longissimus thoracis* (T 9) de cada animal fueron envasados al vacío, se maduraron durante dos días, después se congelaron a -20 °C (figura 7) y se mantuvieron a esa temperatura en oscuridad para minimizar los problemas de oxidación por luz (MacDougall, 1982).

Carne descongelada envasada en film, evaluación color y olor

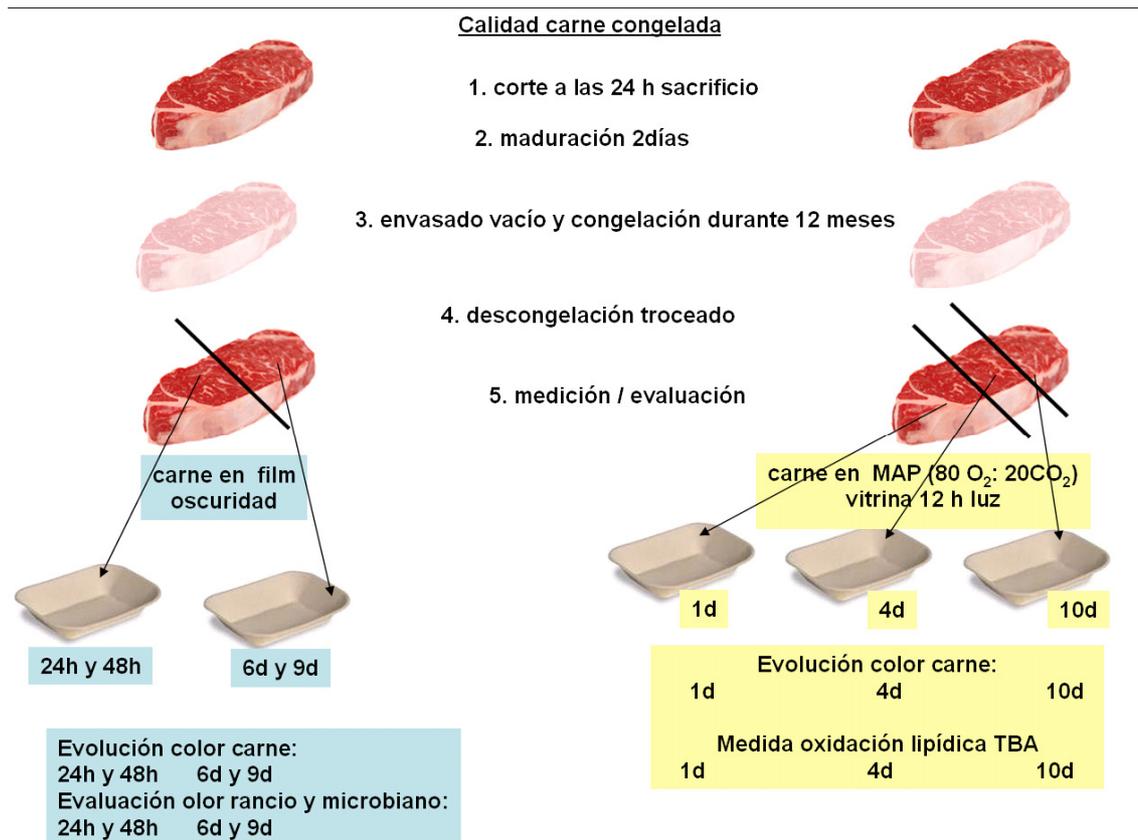
Posteriormente a los doce meses, un filete se descongeló en 24 horas a 4 °C y se partió en dos trozos. Cada trozo se colocó individualmente en una bandeja de poliestireno que se cubrió con un film permeable al oxígeno, manteniéndose en una cámara refrigerada a <4 °C y oscuridad. Dos expertos evaluaron la primera bandeja a las 24 h y 48 h y a los 6 días y 9 días en la segunda bandeja, el olor a rancio y el olor a crecimiento microbiano valorándolo en una escala descriptiva de 1 a 5. Nota 1 = sin olor, 2 = ligero, 3 = poco; 4 = moderado y 5 = extremo (Djenane *et al.*, 2002). A continuación de la evaluación sensorial del olor se midió con un espectrofotómetro Minolta CM 2600d la evolución del color de la carne (24 h, 48 h, 6 días y 9 días), según la metodología ya descrita (figura 7).

Carne descongelada envasada en MAP, evaluación color y oxidación lipídica

El otro filete tras su descongelación, por igual procedimiento que el anterior, se partió en tres trozos que se envasaron en bandeja con atmósfera protectora (MAP, 80% O₂ y 20% CO₂). Se cubrieron con film de polietileno y poliamida con una permeabilidad al oxígeno de 40-50 ml/m²/24 h y una permeabilidad al vapor de agua de 5-7 g ml/m²/24 h a 23 °C (Cryovac, Barcelona). Se mantuvieron en una vitrina de exposición a $<4^{\circ}$ C en condiciones de 12 horas de luz de fluorescentes con una intensidad media de 1400 lux y 12 horas de oscuridad, simulando

condiciones comerciales. A un día (primera bandeja), cuatro días (segunda bandeja) y diez días (tercera bandeja) se destaparon las bandejas y se midió el color de la carne con el espectrofotocolorímetro Minolta 2600 d siguiendo la misma metodología ya descrita para las pruebas con carne fresca (figura 7).

Figura 7. Esquema de evaluación de la calidad de la carne congelada



Posteriormente al color se analizó en esas muestras de carne la oxidación lipídica con la técnica del TBARS (substancias reactivas al ácido tiobarbitúrico). El fundamento de este método se basa en que el ácido tiobarbitúrico reacciona con el malonaldehído que proviene de la degradación oxidativa del ácido linolénico. Se utilizó el método basado en el trabajo de Botsoglou *et al.*(1994) y García Regueiro y Maraschiello (2005). A 10 g de carne picada se les adiciona 20 ml de disolución de tricloroacético (10% p/v), se muele con ultraturrax para facilitar el ataque, se centrifuga. Se extraen 2 ml de líquido a los que se añade 2 ml de disolución de ácido tiobarbitúrico (TBA) (0.294% p/v), se incuba en baño termostático a 97 °C durante 20 minutos, después se pasa a cubeta y se lee su absorbancia en

Material y Métodos

espectrofotómetro a λ 532 nm. La absorbancia se traslada a la curva patrón que se había realizado con diluciones decimales crecientes de la disolución del ácido tiobarbitúrico, para determinar la concentración de TBARS expresada en mg/kg de carne.

Análisis del perfil de ácidos grasos

Para el análisis del contenido en ácidos grasos de la grasa intramuscular se tomaron muestras del músculo *Longissimus thoracis* a la altura de la 6^a-7^a vértebra torácica (figura 4). Tras el fileteado de las canales se envasaron al vacío las muestras tomadas. Las muestras se sometieron a un periodo de maduración de dos días a una temperatura de 4 °C dentro de las bolsas al vacío y luego se congelaron a -20 °C para su conservación hasta el momento del análisis. El método de análisis utilizado para la extracción de la grasa intramuscular fue el desarrollado por (Whittington *et al.*, 1986) al que se aplican las modificaciones de (Aldai *et al.*, 2005). En primer lugar se picaron las muestras de carne y a continuación se añadieron 100 μ l de patrón interno (C23:0 ME disuelto en n-hexano con una concentración de 10 mg/ml) y 6 ml de solución saponificable (KOH 5M). Se pasaron los tubos falcon por una corriente de N₂ durante 10 segundos y se agitaron durante 10 minutos antes de ser llevados al baño maría, en el que permanecieron 60 minutos. Durante este tiempo se agitaron manualmente los tubos cada 15 minutos de tal forma que se formara espuma. A continuación se diluyó cada muestra con 12 ml de NaCl al 0.5% y se añadieron 5 ml de éter de petróleo (EP) antes de agitar durante 5 minutos. Se añadieron entre 10 y 15 gotas de etanol absoluto, unos 500 μ l. Posteriormente se centrifugaron a 800 g durante 5 minutos a 20° C para separar las capas y se eliminó la superior que contenía los lípidos insaponificables. Para neutralizar el KOH se añadieron 3 ml de ácido acético glacial y se agitó suavemente a mano, tras esperar 5 minutos a que la temperatura del tubo descendiera y se deshiciera la saponificación se añadieron 5 ml de EP y se agitaron los tubos durante 10 minutos. De nuevo se añadieron aproximadamente 500 μ l de etanol absoluto y se centrifugaron los tubos a 800 g durante 5 minutos a 20° C. De las dos capas resultantes de la centrifugación se recogió la superior en tubos pirex de cristal de los que previamente se había

Material y Métodos

anotado su peso sin tapón. Mientras los tubos pirex se ponían bajo una corriente de N₂ y a una temperatura de 40° C para reducir el volumen de la muestra recogida a la mitad, se añadió 5 ml de EP a los tubos falcon, se agitaron durante 5 minutos, se añadieron unos 500 µl de etanol absoluto y se centrifugaron a 800 G durante 5 minutos a 20° C por última vez. La capa superior de los tubos se recogió en los mismos tubos pirex utilizados anteriormente y se volvió a poner las muestras a 40° C bajo una corriente de N₂ durante unos minutos para reducir su volumen. Por último se añadió a cada tubo pirex 100 µl de 2,2 diazomethoxypropane y se agitaron durante 2 minutos y se almacenaron a -20° C hasta el momento de la metilación.

Para la metilación de los ácidos grasos, se redujo el volumen de las muestras destinadas al estudio de los ácidos grasos totales bajo una corriente de N₂ y a una temperatura constante de 40° C. Se disolvieron las muestras con 1 ml de mezcla 2:1 de metanol-tolueno para obtener una concentración menor de 50 mg/ml y se agitaron los tubos durante 5 minutos. A continuación se añadieron 120 µl de TDS-DM a cada muestra y se dejó que actuara durante 10 minutos a 40 °C, a continuación y manteniendo la temperatura constante se concentraron las muestras bajo una corriente de N₂ durante 20 minutos. Se añadió a cada tubo 2 ml de n-hexano con 50 ppm BHT y se agitaron durante 5 minutos. Por último se pasaron las muestras a tubos eppendorf y se centrifugaron a 20000 G durante 5 minutos para luego ser transferidas a viales de cristal y almacenadas a -20 °C hasta el momento de su análisis en el cromatógrafo de gases.

El perfil de ácidos grasos se analizó mediante cromatografía de gases con el equipo GC Agilent 7890 con splitless inlet y detector frontal (FID). Este equipo se maneja mediante un programa de software específico: GC Chem Station Rev. B.03.01 en la versión de 2007. La columna utilizada por el cromatógrafo fue del modelo BPX70, con una longitud de 120 m y un diámetro interno de 0.25 mm. El gas utilizado para transportar la muestra a lo largo de la columna fue helio. La identificación de los ácidos grasos presentes en las muestras se realizó por comparación de los tiempos de retención de dichos ácidos grasos con los tiempos de retención de patrones de ácidos grasos metilados (Sigma-Aldrich), con una

Material y Métodos

pureza en todos ellos del 99%. Como patrón interno se utilizó el ácido tricosanoico (C23:0).

El proceso de análisis tiene una duración de 46.5 minutos. Al principio del mismo, la temperatura del horno es de 50° C, a los 6.5 minutos se alcanzan los 160° C, a los 26.5 minutos los 220° C y por último la temperatura sube hasta los 240° y se mantiene así hasta el final del ciclo. Una vez que la muestra ha recorrido toda la columna, se enfría el horno hasta alcanzar de nuevo los 50° C, momento en el cual comienza el análisis de una nueva muestra.

Para la cuantificación de los ácidos grasos identificados se tuvo en cuenta el principio que establece que el contenido de cada ácido graso presente en la muestra es proporcional al área del pico cromatográfico correspondiente, y se calculó a partir de dichas áreas la concentración exacta de cada AG por el método del patrón interno utilizando ácido tricosanoico (C23:0). El contenido en cada ácido graso se expresó como porcentaje respecto al total de entre los ácidos grasos identificados.

Calidad organoléptica de la carne

En la valoración sensorial de la carne por medio de la cata con un panel lo ideal es que se realice con la carne fresca directamente. Sin embargo, cuando los animales se sacrifican en varias tandas a días distintos teniéndose que comparar entre si la carne de los animales de los distintos tratamientos, se recurre a la congelación para poder realizar la prueba de cata.

Panel de cata con carne a dos tiempos de maduración envasada al vacío

A las 24 horas del sacrificio se extrajeron dos filetes de unos 2 cm de espesor del músculo *Longissimus lumborum* que se envasaron individualmente al vacío manteniéndose a 4 °C hasta alcanzar 2 y 14 días de maduración. Transcurrido ese tiempo las bolsas fueron congeladas y mantenidas a -18 °C hasta su posterior análisis sensorial (figura 8).

Paneles de cata con carne envasada en MAP y tres tiempos de exposición

Asimismo, a las 24 horas del sacrificio se cortó un trozo de lomo de unos 6 cm del músculo *Longissimus lumborum*, que se envasó al vacío manteniéndose a 4° C hasta alcanzar 7 días de maduración. En ese momento, de cada trozo se cortaron tres filetes de 2 cm de grosor (figura 9), uno de los cuales se envasó al vacío congelándose a continuación (MAP 0 días), y los otros dos se envasaron cada uno en una bandeja de poliestireno expandido con atmósfera protectora (MAP, 80% O₂ y 20% CO₂) que se cubrió con un film transparente, impermeable y sellado térmico que se colocaron en una vitrina expositora a 3 °C ± 1 °C con 12 horas de luz diaria, imitando las condiciones comerciales, y así se mantuvieron durante 4 y 8 días. Transcurrido ese tiempo de exposición las bandejas fueron reenvasadas al vacío, congeladas y mantenidas a -18 °C hasta su posterior análisis sensorial.

Análisis sensorial general

Para realizar las pruebas sensoriales de la carne con el panel entrenado, la carne se descongeló lentamente durante 24 horas a 4 °C previo a su cocinado. El cocinado de la carne se realizó en un grill SAMMIC de doble contacto hasta alcanzar 70 °C de temperatura interna, medida con una sonda de temperatura (Testo). El test de análisis sensorial se realizó con un panel de 9 miembros seleccionados y entrenados según las recomendaciones de la norma (ISO, 1993), en cabinas homologadas y con luz roja, para enmascarar el color de la carne, en las instalaciones de la Planta Piloto de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza.

Cada filete, una vez cocinado fue cortado en 9 tacos. Cada taco fue envuelto en papel de aluminio y codificado con tres dígitos. Se realizaron diversas sesiones y en cada sesión cada catador recibió un plato con cuatro tacos de carne de distinto tratamiento, combinando muestras de las distintas dietas y maduraciones. La unidad experimental fue el filete. Las muestras se presentaron de manera aleatoria a los panelistas dentro de un modelo por bloques incompleto y equilibrado. La valoración se realizó sobre atributos de intensidad de olor a vacuno, lácteo, y rancio, intensidad de flavor a vacuno, metálico, ácido y rancio, ternura, fibrosidad,

Material y Métodos

jugosidad y apreciación global, por los panelistas. Se valoró en una escala estructurada de 0 a 10 puntos donde 0 es ausencia de olor, flavor, carne muy dura, nada fibrosa, seca o baja aceptabilidad y 10 es olor o flavor muy intensos y una alta terneza, fibrosidad, jugosidad y aceptabilidad (anexo 1)

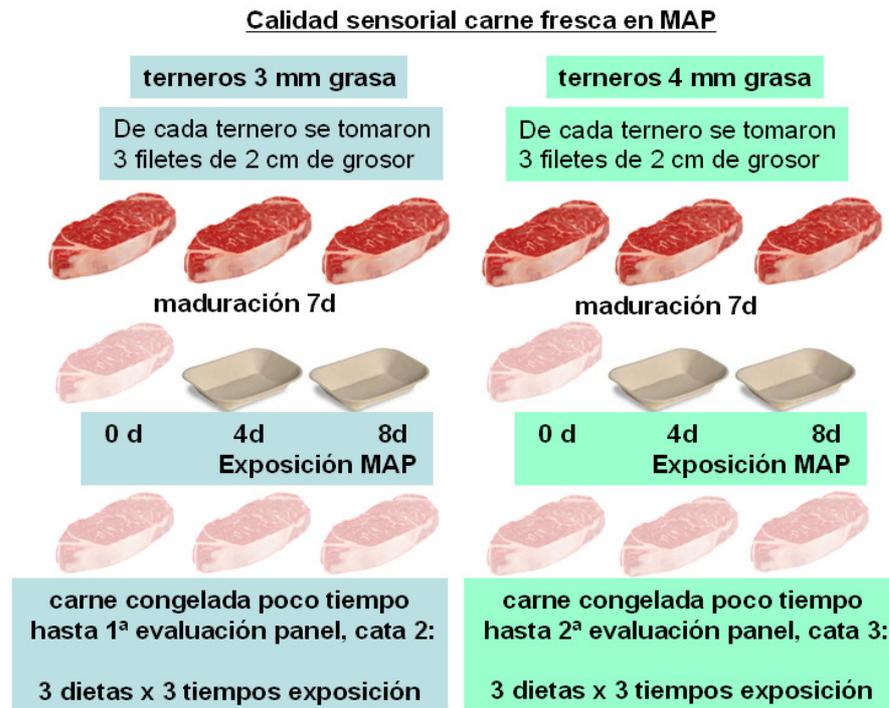
Figura 8. Muestreo de la carne para las pruebas de análisis sensorial de carne al vacío y dos tiempos de maduración por el panel entrenado.



Los atributos se habían determinado y definido de acuerdo con el panel en una sesión de entrenamiento programada al efecto. En la definición de los atributos, se tuvieron en cuenta las recomendaciones propuestas por Guerrero (2000).

En la primera cata con la carne envasada al vacío y dos tiempos (2 y 14 días) de maduración (figura 8) se realizaron diez sesiones. En la segunda cata con carne de los terneros sacrificados con 3 mm de espesor de grasa, que fue envasada en MAP y tuvo tres tiempos (0, 4 y 8 días) de exposición se realizaron 6 sesiones (figura 9). También en la tercera cata se realizaron 6 sesiones con carne, de los terneros de 4 mm de espesor de grasa, que fue envasada en MAP y tuvo los mismos tiempos de exposición (figura 9).

Figura 9. Muestreo de la carne para las pruebas de análisis sensorial de carne envasada en MAP y tres tiempos de exposición por el panel entrenado.



Valoración de la carne por consumidores

Para realizar la prueba de consumidores, se tomaron tres filetes del músculo *Longissimus lumborum*, cortados a continuación de los anteriores (figura 4), de 2 cm de espesor que se maduraron envasados al vacío y en refrigeración durante 7 días y a continuación se distribuyeron a los consumidores. Se utilizó como panel las familias del personal del CITA que accedieron a participar. A cada persona se le dio un filete de cada uno de los tres tratamientos (tipos de pienso) de uno de los dos niveles de engrasamiento. Cada filete iba identificado mediante una clave (A, B, C) y se adjuntaba una hoja (anexo 2) en que se explicaba que la carne se debía cocinar a la plancha y ser valorada por cada persona de 1 (poco) a 10 (mucho) por su apreciación global, olor, sabor, terneza y jugosidad. Cada persona rellenaba una ficha con su edad, sexo y las notas de los cinco atributos de las tres carnes.

Tratamiento estadístico de los resultados

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó el paquete estadístico SAS (SAS, 2002-2003).

Se realizó un análisis de la varianza utilizando el procedimiento de Modelos Lineales Generalizados (GLM), con un diseño factorial de 3x2, mediante el modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + E_j + DE_{ij} + e_{ijk}$$

Donde Y_{ijk} representa cada una de las variables estudiadas (pesos, gmd, composición tisular del despiece y de la 10ª costilla, pH, color de grasa, color de la carne a 24 horas, composición química de la carne, perfil de ácidos grasos, contenido en vitamina E, valoración de consumidores).

μ = media mínimo cuadrática;

D_i ; efecto fijo debido a las dietas (i=1 pienso control, i=2 pienso lino; i=3 pienso lino+vit. E),

E_j efecto fijo del nivel de engrasamiento de la canal, j = 1 (3 mm de espesor de grasa),

j = 2 (4 mm de espesor de grasa),

DE_{ij} efecto debido a la interacción entre la dieta y el espesor de engrasamiento,

e_{ijk} error residual.

La comparación entre las medias de los distintos análisis se realizó mediante un test de Tukey con un α de 0.05.

El análisis sensorial de la carne en MAP se realizó para cada uno de los dos niveles de engrasamiento, partiendo del diseño factorial 3x3 y utilizando el modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + V_j + DV_{ij} + S_k + e_{ijkl}$$

Material y Métodos

Donde Y_{ijkl} representa cada una de las variables estudiadas (atributos sensoriales)
= media mínimo cuadrática,

D_i ; efecto fijo debido a las dietas (i=1 pienso control, i=2 pienso lino; i=3 pienso lino+vit. E),

V_j efecto fijo del tiempo de exposición en vitrina j=1 (0 días), j=2 (4 días); j=3 (8 días),

DV_{ij} efecto debido a la interacción entre la dieta y el tiempo de exposición en vitrina,

S_k efecto fijo de la sesión de cata k=1 a k=6,

e_{ijkl} error residual.

El análisis sensorial de la carne envasada al vacío se realizó el diseño factorial 3x2x2 y se utilizó el modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + D_i + E_j + M_k + DE_{ij} + DM_{ik} + EM_{jk} + DEM_{ijk} + S_l + e_{ijklm}$$

Donde Y_{ijklm} representa cada una de las variables estudiadas (atributos sensoriales),

D_i ; efecto fijo debido a las dietas (i=1 pienso control, i=2 pienso lino; i=3 pienso lino+vit. E),

E_j efecto fijo del nivel de engrasamiento de la canal j=1 (3mm de espesor de grasa), j=2 (4 mm de espesor de grasa),

M_k efecto fijo del tiempo de maduración j=1 (2 días), j=2 (14 días),

DE_{ij} efecto debido a la interacción entre la dieta y el nivel de engrasamiento,

EM_{ik} efecto debido a la interacción entre el nivel de engrasamiento y el tiempo de maduración,

DEM_{ijk} efecto debido a la interacción entre la dieta el nivel de engrasamiento y el tiempo de maduración,

S_l efecto fijo de la sesión de cata l= 1 a l=10,

e_{ijklm} error residual.

En el análisis sensorial se analizó previamente la coherencia de los panelistas y el efecto de la sesión, según las recomendaciones de Font i Furnols y Guerrero (2005) pero no se incluyeron en el modelo final, en el cual se analizaron los

Material y Métodos

tratamientos y sus interacciones. Las diferencias entre medias por tratamiento se compararon con el test de Tukey al nivel de α 0.05.

Con el conjunto de datos del perfil de ácidos grasos se realizó un análisis multivariante con un modelo de las tres dietas por los dos niveles de engrasamiento con el procedimiento Factor y aplicando la rotación varimax con el paquete estadístico SAS.

Para la evaluación del color del músculo y pigmentos, olores a rancio y microbiano, y la oxidación lipídica (TBARS) se utilizó el procedimiento de medidas repetidas (PROC MIXED) de SAS basado en el ajuste de Kenward-Roger de los grados de libertad. Se incluyeron los factores dieta y engrasamiento como factores fijos y el efecto aleatorio del animal como sujeto (unidad experimental). Se eligió la matriz de estructura del error que tuvo un valor más bajo del Criterio de información de Akaike (AIC). Se estimaron las medias mínimo cuadráticas y las diferencias entre ellas fueron probadas con el test de Tukey.

Para el tratamiento estadístico de los datos de evolución del color de la carne con el procedimiento Mixed se tomaron solo datos a partir de las 24 h del corte momento en que la mioglobina ya se ha oxigenado por exposición al aire (*blooming*).

Se realizó un análisis de correlación de Pearson con las variables del color y las estimaciones porcentuales de los pigmentos hemínicos en la evolución del color de la carne fresca, y con las carnes descongeladas y reenvasadas en film o en MAP, incluyendo las evaluaciones del olor y oxidación lipídica en su caso.

Con los datos de las evaluaciones sensoriales realizadas por el panel de cata entrenado se realizó un análisis multivariante Procrusteano Generalizado (carne envasada al vacío, cata1), (carne envasada en MAP, catas 2 y 3). Este tipo de análisis usa la traslación, rotación y escalamiento isotrópico para minimizar las diferencias entre panelistas y encontrar su consenso (Carlucci *et al.*, 1998; Gower, 1975). Este análisis se desarrolló con el programa estadístico XLStat 2006

Material y Métodos

Addinsoft. Los resultados se presentan gráficamente incluyendo los atributos y los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición de los concentrados

En la tabla 6 se detalla la composición de los piensos utilizados, incluyendo su perfil de ácidos grasos. Los tres piensos resultaron isoenergéticos e isoproteicos. Su concentración energética fue elevada ya que su nivel de grasa fue superior a lo normal pues el porcentaje de extracto etéreo estuvo en 5.6% mientras que en los piensos de cebo suele estar alrededor del 4%. El perfil de los ácidos grasos del pienso control, en relación a los otros dos piensos con un 5% de semilla de lino, tuvo un porcentaje mayor de ácidos grasos saturados y monoinsaturados y menor porcentaje de poliinsaturados. Esto hizo que la relación poliinsaturados saturados fuese de 3.2 en el pienso control y casi 6 en los piensos con lino. Asimismo, el porcentaje de ácidos grasos n-3 fue menor a 1 en el pienso control y 11 en los piensos con lino, lo que hizo que la relación n-6/n3 fuese muy alta en el pienso control y entre 5 y 6 en los piensos con lino. El porcentaje de α -linolénico ALA (18:3 n3 c9,c12,c15) fue de 0.4 en el pienso control y alrededor de 11 en los piensos con semilla de lino, mientras que el porcentaje de linoleico (C18:2 n6 c9,c12) fue similar en los tres tipos de pienso (del 62.2 a 64.0).

Medida del espesor de grasa subcutánea de los terneros

El espesor de la grasa subcutánea, de los terneros al sacrificio, a la altura de la cuarta vértebra lumbar fue de 2.9 mm y 4 mm respectivamente ($p < 0.01$) tal como se había planteado previamente al sacrificarlos a dos niveles de engrasamiento (tabla 7).

Al considerar los espesores de grasa subcutánea según las tres dietas de pienso se halló un menor espesor de grasa subcutánea en las canales de los animales que habían sido cebados con el pienso control (2.9 mm) ($p < 0.05$) respecto a los que fueron cebados con el pienso de lino con vitamina E (3.8 mm) y a los cebados con pienso de lino (3.4 mm), aunque el espesor de estos últimos no fue significativamente distinto de los otros dos lotes.

Tabla 6. Composición química y perfil de ácidos grasos de los piensos utilizados.

	Control	Lino	Lino+vit E
MS (kg/kg MF)	0.91	0.91	0.91
ME. (MJ/kg MS) ¹	12.9	12.7	12.7
Proteína bruta (% MS)	16.4	16.6	16.6
Materia grasa (% MS)	5.60	5.62	5.63
Fibra bruta (% MS)	6.8	7.9	7.9
Cenizas (% MS)	7.9	9.0	9.0
Ácidos grasos (%)			
C12:0 Láurico	0.21	0.13	0.17
C14:0 Mirístico	0.66	0.31	0.36
C16:0 Palmítico	14.30	9.29	9.16
C16:1 n7 c9 Palmitoleico	0.78	0.34	0.35
C17:1 c10 Heptadecenoico	0.28	0.04	0.13
C18:0 Esteárico	4.67	2.97	2.83
C18:1 n9 c9 Oleico	15.79	12.30	11.51
C18:2 n6 c9,c12 Linoleico	62.24	62.35	64.04
C18:3 n3 c9,c12,c15 α -Linolénico	0.42	11.86	10.89
C20:1 n9 c11 Eicosenoico	0.64	0.42	0.57
AGS, %	19.84	12.70	12.52
AGM, %	17.49	13.10	12.56
AGP, %	62.66	74.21	74.93
AGP/AGS	3.15	5.84	5.98
n-6, %	62.24	62.35	64.04
n-3, %	0.42	11.86	10.89
n-6/n-3	148.62	5.26	5.88

¹ Energía metabolizable del pienso calculada a partir de la composición química aplicando la fórmula $MEF = 0.012PB + 0.031 EE + 0.005FB + 0.014ELN$ (MAFF, 1975).

AGS = C12:0+C14:0+C16:0+C18:0

AGM = C16:1 n7 c9+C17:1 n7 c10 +C18:1 n9 c9+C20:1 n9 c11

AGP = C18:2 n6 c9,c12+C18:3n3 c9,c12,c15

n-6 = C18:2 n6 c9,c12

n-3 = C18:3 n3 c9,c12,c15

Resultados y Discusión

Al comparar los animales a distinto engrasamiento se aprecia que los más engrasados, con 4 mm, también tuvieron mayor espesor de músculo 67.0 mm, mientras que en los animales de menor engrasamiento, con 2.9 mm, su desarrollo muscular fue ligeramente menor (66.4 mm de espesor de músculo).

Tabla 7. Espesores de la grasa subcutánea y del músculo *Longissimus lumborum* medido a 6 cm de la espina dorsal en la 4ª vértebra lumbar, determinados por ecografía.

	Concentrado (C)			SEM	Espesor grasa (E)			Sig. C	Sig. E	Sig. CxE
	Control	Lino	Lino+ Vit. E		3 mm	4 mm	SEM			
N	14	16	16		23	23				
Espesor grasa, mm	2.9b	3.4ab	3.8a	0.28	2.9b	4.0a	0.28	*	**	NS
Espesor de músculo, mm	68.4a	64.2b	67.8ab	1.10	66.4	67.0	1.0	*	NS	NS

Media y desviación estándar de los lotes

	3mm			4mm		
	Control	Lino	Lino + Vit. E	Control	Lino	Lino + Vit. E
Espesor grasa, mm	2.90±0.36	2.93±0.71	2.83±0.45	2.93±0.92	3.84±1.69	5.17±1.43

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

Parámetros productivos, pesos, edad y ganancia de peso

En la tabla 8 se detallan los pesos y edades de los lotes al inicio y final del experimento. El peso medio de los terneros al inicio de la prueba estuvo alrededor de los 278 kg, con una edad entorno a 203 días, y no se dieron diferencias significativas entre los lotes de las dietas, ni entre los lotes del nivel de engrasamiento.

El peso de los terneros al sacrificio no presentó diferencia significativas entre dietas, siendo de 450.2 kg para los animales de la dieta control, 429.4 kg para los de la dieta de lino y 446.5 kg los de la dieta de lino con vitamina E.

La edad al sacrificio no varió significativamente entre las tres dietas y osciló alrededor de los 320 días. Al analizar el peso y la edad al sacrificio de los lotes

Resultados y Discusión

según su nivel de engrasamiento se encontraron, evidentemente, diferencias significativas ($p < 0.001$) entre ellos, los terneros sacrificados a 3 mm de espesor de grasa tuvieron un peso más liviano (402 kg) y menor edad (289 días) que los terneros sacrificados con 4 mm de espesor de grasa (481 kg y 349 días).

Tabla 8. Pesos, edades y ganancia media diaria de terneros cebados con tres tipos de pienso y sacrificados a dos estados de engrasamiento.

	Concentrado (C)			SEM	Espesor grasa (E)		SEM	Sig. C	Sig. E	Sig. CxE
	Control	Lino	Lino+ Vit. E		3 mm	4 mm				
N	14	16	16		23	23				
Peso vivo inicial, kg	288.6	273.5	273.5	11.26	278.8	277.4	9.18	NS	NS	NS
Edad inicial, días	209.3	202.6	198.9	8.26	201.2	205.5	6.74	NS	NS	NS
Peso sacrificio, kg	450.2	429.4	446.5	10.74	402.0b	481.3a	8.76	NS	***	NS
Edad sacrificio, días	325.3	318.1	314.4	7.89	288.9b	349.1a	6.45	NS	***	NS
Ganancia media diaria. Kg	1.39	1.35	1.52	0.051	1.42	1.42	0.042	NS	NS	NS

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

La ganancia media diaria de peso de los tratamientos fue de 1.39 kg/d en la dieta control 1.35 kg/d en la dieta de lino y 1.52 kg/d en la dieta de lino con vitamina E, no siendo significativas las diferencias entre ellos, como tampoco lo fueron entre los dos niveles de engrasamiento, cuyo ganancia media fue de 1.42 kg/d.

La ganancia media diaria de peso por los terneros en este experimento fue algo menor a la esperada según el potencial mostrado por la raza Pirenaica en resultados obtenidos anteriormente con terneros cebados a pienso, ya que fue inferior a 1.7 kg/d en terneros cebados con pienso control o con pienso con un 18% de mandioca y un 22% de gluten feed sacrificados a 470 kg (Albertí *et al.*, 1995c), o cebados con pienso comercial y sacrificados a 451 kg (Blanco *et al.*, 2009) o a 489 kg (Albertí *et al.*, 1995a) o inferior a 1,65 kg/d de terneros sacrificados a 552 kg (Piedrafita *et al.*, 2003), e inferior a 1.7 kg/d de terneros sacrificados a 460 kg, categoría añojo, o 556 kg, categoría añojo pesado (Albertí *et al.*, 1997). No obstante, la ganancia fue similar a los 1.48 kg/d para terneros de raza Pirenaica cebados con pienso y sacrificados con un peso canal de 276 kg

Resultados y Discusión

(Panea *et al.*, 1999). El menor crecimiento de los terneros Pirenaicos de este experimento pudo ser debido a varias causas. Estos terneros habían nacido entre los meses de noviembre y diciembre, fueron destetados a principio del mes de abril y llegaron a las instalaciones del CITA a finales de abril, posteriormente tuvieron un periodo de adaptación y se formaron los lotes de animales para empezar el experimento el 20 de junio. El periodo experimental se desarrollo en el periodo veraniego y las altas temperaturas en la nave de cebo pudieron deprimir el consumo de alimento (Koknaroglu *et al.*, 2008) y en consecuencia limitar la ganancia de peso diaria de los terneros, ya que los animales tienden a estar más tiempo tumbados (Hoffman y Self, 1973). Esta reducción del consumo de alimento, y beber más agua, es la forma que tiene el animal para combatir el calor que sufre, dado que al calor ambiental se junta el calor metabólico del alimento (Mader *et al.*, 2002).

La incorporación de un 5% de semilla lino al pienso de cebo no tuvo efectos negativos sobre el crecimiento de los terneros ya que estos tuvieron una ganancia media diaria igual o superior a los terneros cebados con el pienso control. Desde el punto de vista de los parámetros productivos parece que podría recomendarse un 5% de semilla de lino en el pienso de terneros y aumentar el límite del 2% recomendado por FEDNA en terneros de cebo de >150 kg (de Blas *et al.*, 2003). Cuando se preparaban las dietas de cebo de este experimento había poca información a nivel nacional del uso de semilla de lino y muchas recomendaciones nacionales e internacionales limitaban el uso de esta semilla debido a sus factores antinutricionales, ácido fítico y fitoestrógenos, linamarina (glucósido cianogénico) y linatina. Tampoco conocíamos sus efectos en la calidad de la carne, por todo ello se formuló el pienso con un 5% de semilla de lino tras las conversaciones con el equipo de investigadores del IRTA que en esos momentos terminaban un experimento de cebo de terneros frisonos con semilla de linaza (Mach *et al.*, 2006).

Sobre los productos cianogénicos, EFSA publicó una opinión sobre los contaminantes en la cadena alimentaria y los niveles de sustancias indeseables en los alimentos para animales de abasto. En este documento se explica que el contenido de sustancias cianogénicas en la semilla de lino es muy variable y

Resultados y Discusión

depende de la variedad, las condiciones climáticas que tuvo el cultivo y del tipo de suelo. Dan un dato de referencia medio de 290 mg ácido cianhídrico (HCN)/kg de MS de semilla de lino. Recomiendan una ingestión máxima de 0.25 mg HCN/kg de peso vivo al día (EFSA, 2007). En este documento se establece, de forma general, una recomendación de inclusión de un 5% de semilla entera de lino en los alimentos concentrados en ganado vacuno y asimismo recomienda una inclusión máxima de torta de lino del 7.5% en terneros y del 20% en añojos (EFSA, 2007), basándose en los datos de Ewing (1998). Suponiendo que la semilla de lino utilizada en este trabajo tuviese 290 mg HCN/kg MS, y a en base a una ingestión de 6 kg MS de pienso, los terneros con un peso vivo de 400 kg habrían consumido 87 mg de HCN al día, mientras que el máximo recomendable sería de 100 mg de HCN/día para un ternero de 400 kg de peso vivo. Por lo cual no se llegó a superar la recomendación y confirma que la concentración de HCN no tuvo que afectar negativamente a los terneros.

Ingestión e índice de conversión del pienso

La ingestión media diaria de pienso por ternero de los seis lotes se detalla en la tabla 9.

En los terneros sacrificados con 3 mm de engrasamiento la ingestión del pienso del lote control (5.5 kg MS) fue un 6% menor que la de los lotes de lino (5.8 kg MS) y lino más vitamina E (5.9 kg MS), mientras que estuvo más igualada entre los lotes de animales sacrificados con 4 mm de engrasamiento, que estuvo entre 5.9 y 6.2 kg MS.

Tabla 9. Ingestión media de concentrado e índice de conversión del pienso por lote.

Pienso Engrasamiento	Control E 3 mm	Lino E 3 mm	Lino+vit. E E 3 mm	Control E 4 mm	Lino E 4 mm	Lino+vit. E E 4 mm
N	7	8	8	7	8	8
Ingestión pienso, kg MS/d	5.5	5.8	5.9	6.2	5.9	6.1
IC, kg pienso /kg ganancia peso	4.4	4.8	4.3	4.9	4.9	4.5

Resultados y Discusión

Los terneros de cada lote dispusieron en todo momento de paja y eventualmente también consumían paja que se les echaba en el suelo como cama. Se estimó que la ingestión total de materia seca de los terneros incluyó entre 0.5 y 1.0 kg de paja por animal y día (0.44 y 0.87 kg MS), por lo cual sería una relación concentrado: forraje en tono 90:10 en base a materia seca.

La ingestión de pienso de los terneros de este experimento, entre 6.1 y 6.9 kg (68 a 75 g MS/kg PV^{0.75}), fue menor a los 8.0 kg publicados en las “Necesidades nutricionales para rumiantes de cebo” por FEDNA (Ferret *et al.*, 2008) para terneros de razas cárnicas en periodo de cebo. No obstante, esta ingestión de pienso fue parecida a los 6.7 kg MS (71 g/kgPV^{0.75}) por animal y día de media de los terneros de raza Pirenaica cebados con pienso (que contenían monensina) y que fueron sacrificados a 550 kg de peso vivo (Albertí, 2002).

En dietas con forrajes, la incorporación de elevada cantidad de grasa perturba especialmente la digestión de las fracciones de fibra, y puede modificar la digestión de la materia orgánica, alterar la ingestión y la velocidad de paso del alimento por el tracto digestivo, especialmente en dietas forrajeras de vacas lecheras (Hess *et al.*, 2008; Palmquist y Jenkins, 1980). Sin embargo, en dietas con concentrados esos efectos negativos no suelen darse sino que son problemas de acidosis producidos por la riqueza en almidón del pienso, que son fermentados muy rápidamente y provocan la caída del pH ruminal. La formulación de los piensos de este experimento se formularon para un aporte de almidón del 36% menor al 45% de las recomendaciones de FEDNA (Ferret *et al.*, 2008). Además, se utilizaron sustancias tampón como el bicarbonato sódico, los animales tuvieron libre acceso al pienso y a paja de buena calidad, y todo ello reduce o limita el problema de acidosis (Catalán, 2006; Pineda Bosch, 2008).

Como ya se comentó, los piensos de este experimento fueron formulados sin incluir el antibiótico monensina. La monensina sódica se utilizaba ya que a través de la alteración de la flora bacteriana del rumen aumentaba la eficiencia de conversión del alimento y mejoraba la utilización de la proteína en las raciones de cebo (Catalán, 2006) y a veces también hace aumentar la ganancia media diaria de los animales (Stock *et al.*, 1995). La mayor eficiencia viene dada por la mejora de

Resultados y Discusión

la conversión del pienso, cuando se realiza una reducción de la ingestión manteniendo o aumentando el crecimiento.

La inclusión de semilla de lino o el enriquecimiento del pienso con vitamina E puede comportar un sobrecoste. En la tabla 5 se detalla el precio de los piensos considerando el precio de mercado de los ingredientes. Respecto al pienso control, el pienso con un 5% de semilla de lino costó lo mismo 0.246 €/kg y el pienso con 5% de lino enriquecido con 200 UI de vitamina E costó 0.252 €/kg o sea tuvo un sobrecoste de 0.006 €. El precio de compra considerado de la vitamina E (α -tocoferol) fue de 27.8 €/kg y el de la semilla de lino fue de 0.50 €/kg. El precio de la vitamina E está más normalizado ya que se suministra en cantidades manejables, pero el precio de la semilla de lino puede variar muchísimo, al ser un ingrediente poco utilizado, ya que el volumen y el transporte de la partida que se compre condiciona su precio final en fábrica. El precio de la semilla de lino podía variar entre 350 y 510 €/tm según estos condicionantes. El sobrecoste de los pienso en este estudio fue mínimo y no representó por tanto un factor limitante por el encarecimiento en los costes de producción. Por ello la utilización de estos ingredientes puede resultar de interés si se produce una mejora de la calidad de la carne.

En la tabla 9 se detallan los índices de conversión del pienso de los seis lotes de terneros durante el periodo experimental, expresado como el consumo de pienso (fresco) del lote en relación a la ganancia de peso vivo del lote (kg pienso / kg de ganancia de peso vivo). Los lotes de terneros que recibieron los tres tipos de pienso sacrificados con un mayor engrasamiento tuvieron unos índices de conversión mayores (4.9 control, 4.9 lino y 4.5 lino con vitamina E) que sus respectivos lotes de terneros que recibieron el mismo pienso pero que fueron sacrificados antes con un menor estado de engrasamiento (4.4 control, 4.8 lino y 4.3 lino con vitamina E). Estos índices de conversión fueron mayores a los obtenidos con terneros de raza Pirenaica sacrificados a 306 kg, 460 kg, y 556 kg que variaron entre 4.1 y 4.3 (Albertí *et al.*, 2001a) o también superiores al IC de 4.2 con terneros Pirenaicos sacrificados a 489 kg (Albertí *et al.*, 1995a). Los terneros de una misma raza, dentro de un rango de pesos y para un nivel determinado de engrasamiento, tendrán menores índices de conversión cuanto

Resultados y Discusión

mayor sea la ganancia media diaria. Los terneros de este experimento, por lo tanto, es lógico que presentasen un mayor índice de conversión que los obtenidos por terneros similares de otros experimentos, dado que la ingestión de pienso fue similar o ligeramente menor mientras que la ganancia de peso estuvo afectada por el calor ambiental del periodo de cebo.

Calidad de la canal, despiece comercial y 10^a costilla

El peso canal oreada no presentó diferencia significativas entre los lotes de las tres dietas (tabla 10), que fue de 281.4 kg para los terneros de la dieta control, 259.2 kg para los de la dieta de lino y 272.7 kg para los de la dieta de lino con vitamina E. Mientras que, evidentemente, sí que existieron diferencias significativas ($p < 0.001$) entre los 243.5 kg del peso canal de los terneros sacrificados con un engrasamiento de 3 mm y los 297.8 kg de los sacrificados con un espesor de grasa subcutánea de 4 mm.

Tabla 10. Características de la canal.

	Concentrado (C)				Espesor grasa (E)			Sig. C	Sig. E	Sig. CxE
	Control	Lino	Lino+ Vit. E	SEM	3 mm	4 mm	SEM			
N	14	16	16		23	23				
Peso canal fría, kg	281.4	259.2	272.7	7.28	243.5b	297.8a	5.93	NS	***	NS
Rendimiento canal fría, %	62.6a	60.4b	61.1ab	0.53	60.8	61.8	0.43	*	NS	NS
Conformación. SEUROP	U	U-	U	---	U-	U	---	---	---	---
Nota conformación	11.2	10.3	11.1	0.47	10.6	11.1	0.38	NS	NS	NS
Engrasamiento. 1 a 5	2-	2-	2	---	1+	2	---	---	---	---
Nota engrasamiento	4.1	4.3	4.9	0.27	3.8b	5.1a	0.22	NS	***	NS

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

El rendimiento canal de los terneros que recibieron la dieta control del 62.6% fue superior significativamente ($p < 0.05$) al 60.4% de los terneros de la dieta de lino, mientras que los terneros de la dieta del lino con vitamina E tuvieron un

Resultados y Discusión

rendimiento del 61.1% que fue intermedio al de los terneros que recibieron las otras dietas. El coste del kilo canal (debido al pienso) de los lotes que consumieron el pienso con lino enriquecido con vitamina E fue de 1.82 €/kg de media, similar al de los lotes que consumieron el pienso testigo que fue de 1.83 €/kg, mientras que los lotes que consumieron lino fue de 1.97 €/kg, un 8% más caro que el lote testigo, debido a su mayor índice de conversión del pienso y a su menor rendimiento canal.

Los terneros que fueron sacrificados más tarde, con mayor engrasamiento y mayor peso, tuvieron un uno por ciento más de rendimiento canal (61.8%) que los terneros sacrificados a menor peso (60.8%), no obstante esta diferencia no llegó a ser significativa. El rendimiento canal de los terneros de una raza y alimentados con un tipo de dieta aumenta a medida el peso de sacrificio aumenta (Albertí *et al.*, 2001b; Sami *et al.*, 2004; Short *et al.*, 1999) dado que el quinto cuarto (órganos internos y piel) es proporcionalmente menor en relación al peso vivo del animal. Sin embargo, este aumento del rendimiento canal no es lineal, ya que es más evidente a pesos de sacrificio livianos que a mayores pesos. La raza también tiene un efecto significativo en el rendimiento canal, así, las razas cárnica especializadas (Asturiana de los Valles, Rubia Gallega, Limousin) tienen elevados rendimientos, superiores al 63%, (Chambaz *et al.*, 2003), las razas cárnica tiene rendimientos alrededor del 60-62% (Piedrafita *et al.*, 2003), mientras que las razas rústicas dan rendimientos a la canal medios (56 a 59%) y las razas lecheras como el Frisón rendimientos muy bajos (<55%) (Albertí *et al.*, 2008).

El menor rendimiento canal de los terneros que consumieron semilla de lino podría deberse a que esta semilla es rica en mucílagos que poseen una gran capacidad de absorción de agua, lo cual podría haber provocado un aumento del contenido digestivo de los terneros y, por lo tanto, hacer disminuir su rendimiento canal al sacrificio.

El rendimiento de los terneros de raza Pirenaica de este experimento estuvo dentro de lo esperado como raza de aptitud cárnica al peso de sacrificio de animales de la categoría añojo y cebados con dietas de concentrado. No obstante, parece que la

Resultados y Discusión

inclusión de semilla de lino reduce ligeramente el rendimiento canal, perdiendo dos puntos porcentuales.

Clasificación de las canales

En la clasificación de las canales se evalúa la conformación y el engrasamiento. La valoración del engrasamiento de las canales (tabla 10) no varió debido al tipo de concentrado consumido por los terneros, se clasificaron como 2 y 2- en la escala de 1 a 5 puntos. Tampoco se hallaron diferencias de conformación, según el pienso recibido, ya que fue de U en la escala de SEUROP. En definitiva, una clasificación de U2 viene a ser la valoración media mayoritaria de las canales de añojo de terneros de razas cárnicas cebadas con pienso.

Sin embargo, sí se hallaron diferencias significativas ($p < 0.001$) en la clasificación del engrasamiento entre los terneros sacrificados con un espesor de grasa subcutánea de 3 mm con una nota de 1+ y la nota de 2 de los terneros sacrificados cuando alcanzaron un espesor de grasa subcutánea de 4 mm.

El aumento del peso al sacrificio de los animales durante el periodo de cebo suele mejorar el desarrollo muscular de los animales y aumentar la grasa intermuscular e intramuscular, por tanto su canal tiende a estar mejor conformada y más engrasada (Albertí *et al.*, 2011b). Cuando las dietas tienen una concentración energética muy diferente el tipo de dieta influye más en el engrasamiento que en la conformación de la canal. Así, cuando los terneros consumen dietas forrajeras de una concentración energética media (2.5 Mcal EM/kg MS) sus canales son magras, con escasa grasa de cobertura y casi nula a la vista en grasa de infiltración. Mientras que las dietas de acabado de alta energía (3.0 Mcal EM/kg MS) permiten depositar grandes cantidades de grasa en la canal y la carne presenta un buen desarrollo del veteado, apreciable a simple vista.

No obstante, a un rango de peso de sacrificio y con una dieta de acabado de alta energía, la nota de conformación de las canales estará mucho más relacionada con la aptitud de la raza que con los otros factores de producción. La raza Pirenaica

Resultados y Discusión

está encuadrada dentro de las razas especializadas en carne y prueba de ello es su elevada nota conformación U, como la Asturiana de los Valles o la Limousin (Albertí *et al.*, 2008).

En resumen, la clasificación de las canales de los terneros cebados con pienso con semilla de lino no se modificó ni por conformación ni por engrasamiento y obtuvieron una nota de U2 que está dentro de lo esperado para este tipo de ternero.

Despiece comercial del corte pistola, composición tisular y categoría comercial

En el corte pistola, que corresponde a la pierna (bola) con el lomo y el solomillo, predominan las piezas de mayor valor comercial de la canal.

Aunque las diferencias encontradas en el engrasamiento de la canal y en la composición química de la carne de los terneros debidas al tipo de pienso de cebo no llegaron a ser significativas, sí lo fueron las diferencias en la composición tisular del corte pistola (tabla 11). El despiece de los terneros cebados con el pienso control dio mayor porcentaje de carne (78.0% $p < 0.01$), menor porcentaje de grasa de recorte (4.6% $p < 0.05$), menor porcentaje de hueso (17.4% $p < 0.01$) y una mayor relación carne hueso (C/H) (4.5 $p < 0.01$) que el despiece de los terneros cebados con pienso de lino (75.0% carne, 6.2% grasa, 18.8% hueso y 4.0 relación carne/hueso) o que el despiece de los terneros cebados con el pienso de lino con vitamina E, que resultó similar, aunque en este caso el porcentaje de hueso no resultó significativamente distinto.

Al comparar los lotes de terneros según su espesor de grasa al sacrificio se hallaron diferencias significativas en el porcentaje de carne y grasa de recorte y hueso entre ambos grupos de animales. Los terneros sacrificados con 3 mm de espesor de grasa presentaron mayores porcentajes de carne (77.1% $p < 0.001$) y hueso (18.4% $p < 0.05$) y menor porcentaje de grasa de recorte (4.4% $p < 0.001$) que los terneros sacrificados al alcanzar 4 mm de grasa subcutánea (75.2% carne, 17.7% hueso y 7.1% de grasa de recorte). No obstante, la relación carne/hueso

Tabla 11. Composición tisular y categoría comercial de las piezas del corte pistola.

	Concentrado (C)				Espesor grasa (E)			Sig. C	Sig. E	Sig. CxE
	Control	Lino	Lino+ Vit. E	SEM	3 mm	4 mm	SEM			
Carne (C), %	78.0a	75.0b	75.8b	0.57	77.1a	75.2b	0.47	**	***	NS
Grasa recorte, %	4.6b	6.2a	6.3a	0.45	4.4b	7.1a	0.38	*	***	NS
Hueso (H), %	17.4b	18.8a	17.9ab	0.30	18.4a	17.7b	0.24	**	*	NS
Relación C/H	4.5a	4.0b	4.2b	0.10	4.2	4.3	0.08	**	NS	NS
<i>Categoría:</i>										
Solomillo Extra, %	6.0	5.8	6.0	0.10	5.9	6.0	0.08	NS	NS	NS
Lomo Extra, %	28.6	28.5	28.5	0.33	28.6	28.5	0.27	NS	NS	NS
Primera, %	60.7	60.9	60.7	0.33	60.9	60.6	0.27	NS	NS	NS
Segunda, %	4.2	4.3	4.2	0.05	4.2	4.3	0.04	NS	NS	NS
Tercera, %	0.5	0.5	0.6	0.05	0.4b	0.6a	0.04	NS	***	NS

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

tendió a aumentar ligeramente aunque no resultó significativamente distinta entre ambos lotes (4.2 y 4.3 para los terneros de 3 mm y 4 mm respectivamente). La diferencia de 54 kg en peso canal entre ambos grupos de animales tampoco fue tanta como para que hacer variar esta relación de forma evidente. Con terneros de esta raza sacrificados con un peso canal de 184 kg, 284 kg y 353 kg la relación C/H aumentó de 4.0 a 4.6 y a 4.8 respectivamente (Albertí *et al.*, 2001a). Las relaciones C/H del presente trabajo se corresponderían proporcionalmente dentro de ese rango de pesos. Al comparar los resultados del despiece del corte pistola con los resultados de otros trabajos en los que se ha hecho el despiece de toda la canal hay que tener en consideración que en el corte pistola predominan grandes masas musculares y hay menos depósitos de grasa subcutánea e intermuscular, por lo cual el porcentaje de carne comercializable es unos dos puntos porcentuales mayor y el porcentaje de grasa de recorte de 1 a 2 puntos porcentuales menor.

Los terneros que recibieron los concentrados con lino presentaron mayor cantidad de grasa de recorte y un mayor veteadado en la carne. Parece que aunque las dietas se formularon iso-energéticas e iso-proteicas, las dietas con lino permitieron un crecimiento similar y una mayor deposición de grasa en la canal y en la carne.

Resultados y Discusión

La inclusión de semilla de lino en la dieta de cebo de los terneros comportó un ligero mayor engrasamiento que aumentó el porcentaje de grasa de recorte del corte pistola de la canal, aumentó el porcentaje de hueso y por tanto disminuyó el porcentaje de carne comercializable en unos 3 puntos porcentuales. La suplementación con vitamina E no tuvo un efecto en la composición tisular del corte pistola. El aumento del nivel de engrasamiento al sacrificio, como era de esperar, aumentó el porcentaje de grasa de recorte y disminuyó los porcentajes de hueso y de carne comercializable.

Como ya se dijo en el corte pistola predominan las piezas de mayor valor comercial de la canal. Por ello, hay que matizar que los resultados están desproporcionados a favor de la carne de primera categoría, lo cual limita las comparaciones con resultados de otros trabajos con canales enteras. La composición porcentual del corte pistola, agrupando las piezas en las categorías extra (solomillo y lomo), primera (babilla, tapa, contra, cadera, redondo y culata de contra) segunda (morcillo) y tercera (recortes de carne), no dio diferencias significativas debidas al tipo de pienso de cebo empleado (tabla 11). La composición de las piezas comerciales para los tres tipos de pienso presentó un valor medio de un 6% de solomillo, 28.5% de lomo, 60.8% de carne de primera, 4.3% de segunda y 0.5% de tercera categoría. Se hallaron pequeñas diferencias significativas en los porcentajes de carne de tercera (0.4% vs. 0.6%) entre los terneros sacrificados a distinto engrasamiento, (3 mm vs. 4 mm, respectivamente), pero estas diferencias carecieron de importancia comercial.

La inclusión de semilla de lino o de vitamina E en el pienso de cebo no afectó a las proporciones de carne de distinta categoría comercial del corte pistola de los terneros. El nivel de engrasamiento al sacrificio tampoco modificó los porcentajes de las distintas categorías comerciales de carne.

Composición tisular de la décima costilla

El tipo de pienso de cebo influyó significativamente sobre la composición tisular de la décima costilla (tabla 12). Los terneros cebados con el pienso control

Resultados y Discusión

tuvieron mayor porcentaje de músculo (72.7% $p<0.01$), menor porcentaje de grasa (10.9% $p<0.05$), menor porcentaje de hueso (16.4% $p<0.05$) y una mayor relación carne hueso (4.5 $p<0.01$) que los terneros cebados con pienso de lino o cebados con pienso de lino con vitamina E (69.1% y 69.2% de músculo, 12.9% y 13.3% de grasa, 17.9% y 17.5% de hueso y 3.9 y 4.0 relación M/H, respectivamente).

En relación al nivel de engrasamiento de los terneros no se hallaron diferencias significativas en composición tisular entre lotes, ya que el mayor porcentaje de grasa (13.1% vs. 11.8%) de los terneros sacrificados con 4 mm respecto a los de 3 mm no llegó a ser estadísticamente significativo. Aunque estas diferencias en la

Tabla 12. Composición tisular de la décima costilla.

	Concentrado (C)				Espesor grasa (E)				Sig. C	Sig. E	Sig. CxE
	Control	Lino	Lino+ Vit. E	SEM	3 mm	4 mm	SEM				
Músculo (M), %	72.7a	69.1b	69.2b	0.84	70.6	69.9	0.69	**	NS	NS	
Grasa, %	10.9b	12.9a	13.3a	0.72	11.8	13.1	0.59	*	NS	NS	
Hueso (H), %	16.4b	17.9a	17.5b	0.35	17.6	17.0	0.29	*	NS	NS	
M/H	4.5a	3.9b	4.0b	0.12	4.0	4.2	0.09	**	NS	NS	

NS: no significativo; * $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p<0.05$) entre ellas.

composición tisular no fueron significativas, los valores medios son coherentes con lo esperado. Así, los terneros sacrificados posteriormente, con mayor espesor de grasa, presentaron un porcentaje superior de grasa subcutánea e intermuscular y unos porcentajes menores de hueso en la décima costilla que los terneros sacrificados, con menor engrasamiento. Estos resultados son similares a los hallados en el despiece comercial del corte pistola, pero en este caso los valores medios de la disección de la costilla presentan una desviación mayor que les impide que llegar a ser estadísticamente significativos.

Al comparar estos resultados de la disección de la décima costilla con los obtenidos en otros trabajos se aprecia que estos terneros, y especialmente los que

Resultados y Discusión

consumieron el pienso con lino, presentaron una mayor proporción de hueso que otros terneros de raza Pirenaica cebados con pienso comercial y sacrificados a peso similar, 15.5% y 16.6% de hueso en la 10ª costilla o 15.8% en la sexta costilla (Albertí *et al.*, 2010a; Albertí y Sañudo, 1997; Albertí *et al.*, 1995a). Los porcentaje de grasa de estos terneros fueron intermedios al obtenido en estos trabajos que variaron entre el 16.7% en la 10ª costilla y el 8.4% en la sexta costilla. El mayor porcentaje en músculo de los terneros cebados con el pienso control estaría próximo al resultado de los terneros de otros trabajos que presentaron bajos porcentajes de grasa y hueso (Albertí *et al.*, 2010a). Se sabe que la predicción de la composición tisular de la canal a partir de la disección de la 6ª o de la 10ª costilla no es del todo exacta, ya que sobrevaloran los porcentajes de grasa y minusvaloran el de músculo (Oliván *et al.*, 2001). Ello se debe a que la grasa de recorte que se realiza durante el despiece comercial es menos que la grasa existente, ya que la grasa intermuscular, entre los músculos que componen las piezas comerciales, no se quita y por tanto se pesan y comercializa como músculo. En este trabajo también se cumple que los porcentajes de carne del corte pistola son mayores y los de grasa de recorte menores a los encontrados en la disección de la costilla.

En general, las diferencias en el porcentaje de grasa de la composición tisular de la canal o de la costilla, estarían relacionadas principalmente con el peso y edad de sacrificio, la raza y sexo del animal y la dieta (concentración energética de la dieta y su relación proteína-energía). Podría pensarse también que la ganancia media diaria de peso pueda influir en el porcentaje de grasa, pero no suele existir correlación o bien es muy baja (Jurie *et al.*, 1995). Las razas lecheras y rústicas suelen tener bajas ganancias de peso (1.1 kg/d) y elevados porcentajes de grasa (20%) en la composición tisular mientras, mientras que las razas cárnica suelen tener bajos porcentajes de grasa (3.2%) pero también valores medios (15.4%) e incluso elevados (20%) y ganancias de peso en un amplio intervalo (1.2 a 1.9 kg/d) (Albertí *et al.*, 2008). Dado que los terneros de este experimento eran todos de la misma raza y de un peso canal similar, solo quedaría relacionar las diferencias en la composición tisular con el efecto que tuvo la dieta. Las dietas era isoenergéticas e isoproteicas, pero los piensos diferían en la composición al contener semilla de lino. Parece que la inclusión de semilla de lino comporta un

Resultados y Discusión

ligero aumento del nivel de engrasamiento en la canal, lo que modifica algo la composición tisular pero sin consecuencias comerciales, ya que todas las canales tanto del lote control como de los lotes que recibieron lino y lino con vitamina E, estaban dentro del rango de engrasamiento que el mercado demanda.

pH último de la carne

Un pH final elevado tiene unas repercusiones negativas en la calidad de la carne (Bouton *et al.*, 1973) y obliga a descartar esa canal del circuito de carne de calidad.

El pH del músculo *Longissimus dorsi* de los terneros medido a las 24 horas del sacrificio no dio diferencias significativas entre los animales que recibieron los tres tipos de concentrado, ni entre los dos grupos de animales con distinto nivel de engrasamiento al sacrificio. El valor medio del pH de los distintos lotes osciló, ligeramente, alrededor de 5.5 (tabla 13). Un pH en torno a 5.5 a las 24 horas del sacrificio es el valor normal que se espera para aquellos terneros que no han sufrido estrés previo al sacrificio. Un transporte corto, no mezclar animales de distintos lotes y una duración de tiempo limitada, entre la salida del cebadero y el sacrificio, periodo en que el animal ya no recibe alimento, aseguran que las reservas de glucógeno de las células del animal y del hígado no se agoten (Jones *et al.*, 1990) y pueda, por tanto, realizarse una producción de ATP a nivel celular de forma anaerobia, que produce, como producto secundario, ácido láctico que ocasiona la acidificación (Partida *et al.*, 2007a). Este pH ácido asegura la correcta conservación de la carne durante el tiempo de maduración y garantiza que la calidad de la carne no se vea alterada (De Smet *et al.*, 2004), como ocurre con la carne con pHs elevados >6 que origina carnes DFD o *dark cuttin* (Abril *et al.*, 2001).

Además, las dietas ricas en hidratos de carbono, como las que se han utilizado en este experimento, en relación a las dietas de baja energía de forrajes de mediocre calidad, facilitan la acumulación de glucógeno celular de reserva y por ello los animales pueden afrontar situaciones de estrés mejor, ya que podrán ir

Resultados y Discusión

metabolizando el glucógeno paulatinamente sin agotarlo antes de su sacrificio (Beltrán *et al.*, 1997).

La incorporación de semilla de lino o el enriquecimiento con vitamina E, no afectó el pH final de la carne tal como era de esperar.

Tabla 13. Valor del pH último de la carne.

	Concentrado (C)				Espesor grasa (E)			Sig. C	Sig. E	Sig CxE
	Control	Lino	Lino+ Vit. E	SEM	3 mm	4 mm	SEM			
pH24h	5.51	5.48	5.48	0.016	5.49	5.48	0.013	NS	NS	NS

NS: no significativo.

Color de la grasa subcutánea

El color de la grasa subcutánea no varió significativamente por efecto del tipo de concentrado o bien en función de su espesor al sacrificio (tabla 14). El color de la grasa de cobertura en todas las canales fue de aspecto muy blanco, determinado por una claridad muy alta (L^* 74) unos índices de rojo y amarillo muy bajos (a^* de 0.2 a 0.5; b^* de 8 a 9) un valor de croma muy bajo (C^* de 8 a 9) y un tono muy elevado (h 90°).

El color de esta grasa se puede definir como blanca y muy semejante a la de un estudio realizado con 125 terneros de raza Pirenaica cebados con pienso hasta un peso y edad medios de 582 kg y 400 días al sacrificio tuvieron unos valores de color de la grasa de L^* 73.5 y croma 6.5 (Altarriba *et al.*, 2005), o al color de la grasa, con unos valores de L^* 71 y croma 11.3, de añajos sacrificados con 476 kg que habían sido cebados con pienso (Albertí *et al.*, 2011a). Asimismo, están en el rango encontrado con animales cebados con pienso en explotaciones de cebo de Aragón, con terneros y terneras de distintas razas y sistemas de explotación se hallaron valores de color de grasa subcutánea de L^* 66 a 74 y de C^* 7.5 a 9.5 en los animales cebados con dietas de pienso, mientras que L^* fue de 62 a 67 y C^* de 11 a 14 en los animales cebados con ensilado de maíz, hierba o forrajes (Albertí *et al.*, 2010b). O similar al color blanco de la grasa de terneros cebados con pienso

Resultados y Discusión

(L* 76.1, C* 10.3) (Blanco *et al.*, 2005). La grasa subcutánea de los terneros de este experimento fue blanca ya que en terneros de raza Parda de Montaña sacrificados con 250 kg canal que fueron cebados en pastoreo de alfalfa, el color de su grasa subcutánea fue considerado amarillo/crema con un valor normal de L* 73.4 pero mucho más elevado de croma C* 17.2 y la coloración de esta grasa disminuyó haciéndose más blanca cuando los terneros recibieron un acabado a pienso de 60 días, ya que entonces el valor de croma solo fue de 13.2 (Blanco *et al.*, 2005).

Tabla 14. Color de la grasa subcutánea.

	Concentrado (C)			SEM	Espesor grasa (E)		SEM	Sig. C	Sig. E	Sig. CxE
	Control	Lino	Lino+ Vit. E		3 mm	4 mm				
Luminosidad (L*)	75.5	73.8	72.8	0.98	74.2	73.7	0.80	NS	NS	NS
Índice de rojo (a*)	-0.2	0.3	0.8	0.35	0.2	0.5	0.29	NS	NS	NS
Índice de amarillo (b*)	7.9	8.9	9.1	0.66	9.1	8.3	0.54	NS	NS	NS
Croma (C*)	8.0	9.0	9.3	0.67	9.2	8.4	0.54	NS	NS	NS
Tono (h), grados	93.0	88.4	87.8	2.38	90.7	88.5	1.94	NS	NS	NS
Sum ¹	125.1	140.8	140.4	10.76	138.7	133.1	8.77	NS	NS	NS

¹Sum, integral del espectro de reflectancia de 450 nm a 510 nm trasladados a 510 nm.

NS: no significativo.

El valor Sum (125 lote control y 141 lotes con lino) que está relacionado con los carotenoides de la grasa no dio diferencias significativas debidas a la dieta, y sus valores fueron más bajos que 194 de terneros de raza Serrana de Teruel cebados con pienso sacrificados a 471 kg (Albertí *et al.*, 2011b). Asimismo, estos valores fueron mucho más bajos que los de terneros de raza Parda de Montaña sacrificados a 450 kg cebados con pienso (Sum 221) o en pastoreo de alfalfa suplementado (Sum 257) o en pastoreo de alfalfa sin suplementación (Sum 324) (Blanco *et al.*, 2011). El color de la grasa está determinado por los carotenoides de la dieta, mientras que el brillo (lustre) y la textura están determinados por la composición de los ácidos grasos y la estructura de los triglicéridos (Yang *et al.*, 1999). Los terneros cebados con forrajes, y más si pastan directamente, ingieren grandes cantidades de pigmentos carotenoides que al ser liposolubles se depositan

Resultados y Discusión

en la grasa. En las dietas de piensos concentrados los pigmentos vegetales proceden principalmente del maíz aunque los piensos también suelen incluir con otros cereales, cebada principalmente, pero estos cereales tiene una menor concentración de carotenos que el pasto. La concentración de β -caroteno en pasto es de media 115 mg/kg MS y solo 6 mg/kg MS en pienso, haciendo que su concentración en la grasa subcutánea sea de 0,67 μ g/g en los terneros de pasto y de 0.04 μ g/g los terneros cebados con pienso (Röhrle *et al.*, 2011), y que el plasma de los terneros del pasto tenga 8.0 μ g/ml y solo 1.4 μ g/ml los del pienso y su deposición en músculo sea respectivamente de 0.45 μ g/g y 0.06 μ g/g (Descalzo *et al.*, 2005). Por ello, la grasa de los terneros cebados con piensos está menos pigmentada y, a veces, es casi de color blanco.

Dado que muchos consumidores prefieren la grasa blanca o crema, en vez de la amarilla o rojiza, se suelen realizar periodos de acabado a los terneros procedentes del pasto o de cebo con forrajes, para blanquear el aspecto de la grasa (Cerdeño *et al.*, 2006). Incluso, se llega a proponer el recorte de la grasa subcutánea de los terneros cebados en pasto para disminuir el color amarillo de la grasa y tener un aspecto más parecido al de los terneros cebados con pienso (Kerth *et al.*, 2007).

No obstante, el color amarillo de la grasa se valora a veces como un aspecto negativo por los consumidores, sin embargo, debe valorarse positivamente y relacionarlo con la salud ya que estos pigmentos son precursores de la vitamina A y, además, su carne tiene más contenido en antioxidantes y un perfil de ácidos grasos más saludable (Descalzo y Sancho, 2008; Dunne *et al.*, 2009).

La inclusión de un 5% de semilla de lino o el enriquecimiento con vitamina E al pienso de cebo de terneros no modificó el color de la grasa subcutánea de las canales, sino que fue muy blanca tal como suele ser la de los terneros cebados con pienso.

Concentración de vitamina E de la carne

La concentración de vitamina E en la carne (tabla 15), determinada en el músculo *Longissimus dorsi*, varió significativamente según la composición del concentrado recibido por los terneros ($p < 0.01$) y según en nivel de engrasamiento de los animales al sacrificio ($p < 0.05$). Así los terneros que recibieron el pienso enriquecido con vitamina E tuvieron mayor cantidad de vitamina E (1.52 mg/kg carne) que los terneros que consumieron el pienso control (0.81 mg/kg carne) y mayor, aunque no significativo, que los terneros que consumieron el pienso de lino sin suplementación de vitamina E (1.06 mg/kg carne). Esta deposición de vitamina E en músculo de los terneros que recibieron el pienso enriquecido con 200 UI representó un aumento del 88% respecto al obtenido en la carne de los terneros del lote control. La carne de los terneros sacrificados con mayor espesor de grasa tuvo mayor riqueza de vitamina E (1.32 mg/kg) que la de los otros terneros (0.97 mg/kg). Dado que la vitamina E es liposoluble, el aumento del engrasamiento de los terneros que se sacrificaron más tarde permitió que se depositase más vitamina E. Además, se sabe que la deposición de vitamina E es lenta (Arnold *et al.*, 1992) por lo que el alargamiento del tiempo de cebo ayuda a aumentar su concentración en carne.

Tabla 15. Concentración de vitamina E en la carne.

	Concentrado (C)				Espesor grasa (E)			Sig. C	Sig. E	Sig CxE NS
	Control	Lino	Lino+ Vit. E	SEM	3 mm	4 mm	SEM			
Vit E. mg/kg carne	0.81b	1.06ab	1.52a	0.146	0.97b	1.32a	0.119	**	*	

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

La ligera mayor riqueza de vitamina E en la carne de los terneros que recibieron lino sin suplementación de vitamina E respecto al lote control no puede explicarse con las variaciones en los ingrediente que componían el pienso. El nivel de 1.32 mg de vitamina E por kg de carne parece adecuado para asegurar la estabilidad del

Resultados y Discusión

color de la carne ya que en otros trabajos han constatado que un mínimo de 1.2 mg de α -tocoferol/mg carne es necesario para el aumento de la vida útil del color de la carne de terneros que recibieron una suplementación de vitamina E (Liu *et al.*, 1995).

Composición química de la carne

El tipo de concentrado no afectó la composición química de la carne ya que no se hallaron diferencias significativas en materia seca, proteína, grasa o minerales (tabla 16). No obstante, los terneros cebados con el pienso control presentaron un menor porcentaje de grasa intramuscular (0.9%) en el músculo *Longissimus dorsi* que los terneros cebados con el pienso lino o lino con vitamina E (1.3%), aunque este mayor nivel de engrasamiento no llegó a ser significativo.

Tabla 16. Composición química del músculo *Longissimus dorsi*.

	Concentrado (C)				Espesor grasa (E)			Sig. C	Sig. E	Sig CxE
	Control	Lino	Lino+ Vit. E	SEM	3 mm	4 mm	SEM			
Materia seca, %	24.5	25.0	24.7	0.22	24.3b	25.1a	0.18	NS	**	NS
Proteína bruta, % MF	22.3	22.3	22.0	0.26	22.0	22.4	0.21	NS	NS	NS
Grasa intramus., % MF	0.9	1.3	1.3	0.17	1.0	1.4	0.14	NS	NS	NS
Cenizas, % MF	0.8	0.8	0.8	0.07	0.8	0.8	0.05	NS	NS	NS

Grasa intramuscular por lotes, media y desviación estándar

	3mm			4mm		
	Control	Lino	Lino + Vit. E	Control	Lino	Lino + Vit. E
Grasa intramus.,%MF	0.68±0.162	1.17±0.329	0.99±0.743	1.04±0.395	1.43±0.787	1.69±1.036

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

La carne de los terneros sacrificados con un mayor espesor de grasa subcutánea tuvo mayor porcentaje materia seca 25.1% ($p < 0.001$) que la carne de los terneros sacrificados con menor espesor de grasa que fue 24.3%, y presentó una tendencia a un mayor porcentaje de grasa intramuscular (1.4% vs. 1.0%, respectivamente),

Resultados y Discusión

aunque esta diferencia no llegó a ser significativa. Por lo general, el aumento del tiempo de acabado comporta un aumento del engrasamiento, más evidente con dietas de alta energía, que puede hacer aumentar en un 20% la cantidad de grasa intramuscular en 38 días (Sami *et al.*, 2004). La grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* no es necesariamente un tejido de desarrollo tardío sino que es un tejido que se puede desarrollar ya durante el periodo de crecimiento si el nivel nutritivo lo permite (Bruns *et al.*, 2004). Este bajo porcentaje de grasa intramuscular de la carne de los terneros de este experimento se corresponde con el obtenido previamente con terneros de esta raza (1.0%) cebados con pienso concentrado y sacrificados a un peso de sacrificio (476 kg) y edad similar (384 días) (Albertí *et al.*, 2011a).

La inclusión de semilla de lino en el pienso de cebo de los terneros parece que tiende a aumentar ligeramente el contenido de grasa intramuscular de la carne, sin que se alteren los otros componentes químicos.

Cabe destacar que, en los lotes que consumieron el pienso control, el porcentaje de grasa intramuscular aumentó de 0.68% a 1.04 % (tabla 16), lo cual contrasta con el poco aumento del espesor de grasa subcutánea al sacrificio (2.90 mm vs. 2.93 mm; tabla 7). Este aumento de la grasa intramuscular es muy importante para el consumidor ya que puede afectar el perfil de ácidos grasos de la carne que consume (Wood *et al.*, 2008), mientras que la grasa de cobertura suele recortarse y la parte que se consume es mínima.

Composición en ácidos grasos de la grasa intramuscular. Implicaciones nutricionales en el perfil lipídico

La distinta composición de los piensos de cebo no modificó significativamente la concentración total de los ácidos grasos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) o poliinsaturados (PUFA) de la grasa intramuscular (tabla 17).

Porcentaje de ácidos grasos saturados

Las dietas que contenían lino aumentaron ($p < 0.05$) ligeramente los porcentajes de ácido araquídico (20:0) y pentadecanoico (15:0) de la grasa respecto a la dieta control, sin que se modificase la concentración del resto de ácidos grasos saturados. En orden decreciente, el contenido de los principales ácidos grasos fue: palmítico (16:0) un 24.9%, esteárico (18:0) un 20.1%, mirístico (14:0) un 2.3%, margárico (17:0) un 1.1% y el resto por debajo del 1%.

El aumento del espesor de la grasa subcutánea de los terneros al sacrificio no modificó el porcentaje total de los ácidos grasos saturados, únicamente la concentración del ácido láurico (12:0) fue ligeramente mayor en los animales menos engrasados (0.15% $p < 0.01$) respecto a los que se sacrificaron con mayor espesor de grasa (0.10%). Asimismo, los ácidos isotetradecanoico (14:0 $p < 0.01$) y lignocérico (24:0 $p < 0.001$) presentaron una menor concentración en los terneros menos engrasados. No obstante, estas pequeñas diferencias porcentuales no tuvieron ningún interés nutritivo o comercial. El lino de las dietas de cebo tiende a reducir el porcentaje de grasa saturada de la grasa intramuscular y ello se debe a la reducción del porcentaje de ácido palmítico C16:0 como efecto del aumento de la deposición de PUFA en la carne, por su mayor nivel en la dieta (Noci *et al.*, 2007a).

No se dio ninguna interacción entre el tipo de dieta y el engrasamiento de los terneros, que alterase el perfil de los ácidos grasos saturados.

Los porcentajes medios de los ácidos grasos saturados de la grasa de los terneros cebados con las tres dietas variaron entre 23.2 a 24.9% para el palmítico, 19.2 a 20.7% para el esteárico, 2.1 a 2.4% para el mirístico y 0.11 a 0.13% para el ácido láurico, sus porcentajes fueron similares en orden de importancia a los de otros terneros cebados con dietas de pienso o forraje (de la Fuente *et al.*, 2009). No obstante, el porcentaje total de ácidos grasos saturados de la grasa, en torno al 51%, de los terneros que consumieron la dieta control y la dieta con lino (sin vitamina E), fue más alto que el obtenido en otros estudios de cebo de terneros

Resultados y Discusión

Tabla 17. Porcentaje de ácidos grasos de la grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* de terneros según el tipo de concentrado consumido y el espesor su grasa dorsal.

	Concentrado (C)			SEM	Espesor grasa (E)		SEM	Sig. C	Sig. E	Sig. CxE
	Control	Lino	Lino+ Vit. E		3 mm	4 mm				
12:0 láurico	0.11	0.13	0.13	0.014	0.15a	0.10b	0.012	NS	**	NS
13:0 tridecílico	0.05	0.03	0.04	0.007	0.03	0.05	0.006	NS	NS	NS
14:0 mirístico	2.12	2.44	2.24	0.200	2.21	2.36	0.163	NS	NS	NS
i14:0	0.12	0.20	0.13	0.051	0.05b	0.26a	0.042	NS	**	NS
15:0 pentadecanoico	0.42b	0.64a	0.49ab	0.057	0.46	0.59	0.047	*	NS	NS
i15:0	0.09	0.11	0.10	0.012	0.10	0.11	0.010	NS	NS	NS
a15:0	0.17	0.30	0.24	0.061	0.26	0.23	0.050	NS	NS	NS
16:0 pamítico	24.9	24.2	23.2	0.748	23.9	24.2	0.607	NS	NS	NS
i16:0	0.17	0.17	0.17	0.011	0.17	0.17	0.009	NS	NS	NS
a16:0	0.01	0.00	0.02	0.005	0.00	0.01	0.004	NS	NS	NS
17:0 heptadecanoico	1.04	1.11	1.10	0.063	1.10	1.06	0.052	NS	NS	NS
i17:0	0.49	0.46	0.45	0.028	0.46	0.47	0.022	NS	NS	NS
a17:0	0.57	0.59	0.53	0.032	0.55	0.58	0.027	NS	NS	NS
18:0 esteárico	20.69	20.35	19.25	0.944	20.97	19.06	0.766	NS	NS	NS
20:0 araquídico	0.05b	0.12a	0.08ab	0.016	0.10	0.07	0.012	*	NS	NS
21:0 henicosoanoico	0.00	0.00	0.00	0.004	0.01	0.00	0.006	NS	NS	NS
22:0 behénico	0.06	0.07	0.05	0.010	0.07	0.05	0.008	NS	NS	NS
24:0 lignocérico	0.06	0.04	0.05	0.012	0.01b	0.09a	0.010	NS	***	NS
Saturados, %	51.09	50.92	48.29	1.678	50.56	49.45	1.371	NS	NS	NS
14:1 c9	0.21	0.27	0.26	0.036	0.22	0.28	0.029	NS	NS	NS
15:1	0.00	0.00	0.00	0.001	0.00	0.00	0.001	NS	NS	NS
16:1 t9	0.22	0.24	0.23	0.044	0.18	0.14	0.036	NS	NS	NS
16:1 c9 palmitoléico	1.53	1.60	1.54	0.149	1.45	1.68	0.121	NS	NS	NS
17:1 c10	0.33b	0.49a	0.43ab	0.036	0.38	0.47	0.030	*	NS	NS
18:1 t9	0.19b	0.62a	0.62a	0.098	0.47	0.53	0.080	**	NS	NS
18:1 n7 t11 vaccénico	6.54	6.71	6.78	0.640	6.74	6.63	0.519	NS	NS	NS
18:1 n9 c9 oleico	17.36	20.76	20.03	1.396	17.89b	21.3a	1.133	NS	*	NS
18:1 c11	1.62	1.32	1.45	0.154	1.50	1.41	0.125	NS	NS	NS
20:1 c11	0.13	0.11	0.12	0.008	0.12	0.11	0.007	NS	NS	NS
22:1 n9 c13	0.01	0.03	0.04	0.009	0.02	0.04	0.007	NS	NS	NS
24:1	0.06a	0.01b	0.03ab	0.009	0.03	0.03	0.008	**	NS	NS
Monoinsaturados, %	28.2	32.18	31.52	1.382	29.06b	32.74a	1.130	NS	*	NS
18:2 n6 t9.t12	0.09b	0.40a	0.41a	0.026	0.27	0.36	0.021	***	**	**
18:2 n6 c9.t12	0.12b	0.20a	0.20a	0.016	0.16	0.19	0.013	**	NS	NS
18:2 n6 t9.c12	0.24b	0.45ab	0.95a	0.159	0.67	0.46	0.130	*	NS	NS
18:2 n6 c9 c12 linoleico	13.80	10.15	11.97	1.431	12.71	10.89	1.162	NS	NS	NS
18:2 c9.t11 CLA ruménico	0.17b	0.25a	0.20ab	0.022	0.18b	0.24a	0.018	*	*	NS
18:2 t10 c12; CLA	0.06	0.07	0.07	0.006	0.07	0.07	0.005	NS	NS	NS
18:2 c9 c11; CLA	0.09	0.07	0.09	0.013	0.09	0.08	0.010	NS	NS	NS
18:2 t9 t11; CLA	0.06	0.07	0.10	0.013	0.09	0.06	0.011	NS	NS	NS
18:3 n3 t9.t12.t15	0.03	0.02	0.05	0.008	0.04	0.03	0.006	NS	NS	NS
18:3 n3 t9.t12.c15	0.07b	0.09ab	0.11a	0.009	0.08	0.11	0.007	**	NS	NS
18:3 n3 t9.c12.t15	0.05	0.05	0.04	0.008	0.02b	0.07a	0.006	NS	***	NS
18:3 n3 c9.t12.t15	0.00	0.00	0.01	0.004	0.00	0.00	0.003	NS	NS	NS
18:3 n6	0.04	0.04	0.04	0.011	0.08	0.07	0.009	NS	NS	NS
18:3 n3 c9.c12.t15	0.19a	0.13b	0.19a	0.014	0.16	0.17	0.012	**	NS	**
18:3 n3 c9.12.15 ALA	0.51b	1.34a	1.65a	0.132	1.27	1.15	0.108	***	NS	NS
20:2 n6 c11.14	0.13	0.11	0.12	0.016	0.12	0.12	0.013	NS	NS	NS
20:3 n6 c8.11.14	0.75	0.42	0.46	0.087	0.57	0.48	0.070	NS	NS	NS
20:4 n6 c5 8 11 14 araquidónico	3.17	2.01	2.33	0.379	2.64	2.25	0.311	NS	NS	NS
20:5 n3 c5.8.11.14.17 EPA	0.20	0.27	0.28	0.048	0.27	0.24	0.039	NS	NS	NS
22:2 n6 c13.16	0.00	0.00	0.03	0.009	0.01	0.01	0.008	NS	NS	NS
22:3 n3 c13.16.19	0.33a	0.08b	0.21a	0.033	0.20	0.20	0.027	***	NS	NS
22:4 n6 c7.10.13.16	0.00b	0.07a	0.00b	0.014	0.04	0.01	0.011	*	NS	NS
22:5 n3 c7.10.13.16.19 DPA	0.44	0.45	0.49	0.076	0.49	0.43	0.062	NS	NS	NS
22:6 n3 c4.7.10.13.16.19 DHA	0.06	0.04	0.06	0.013	0.06	0.05	0.010	NS	NS	NS
Poliinsaturados, %	20.66	16.81	20.12	2.240	20.31	17.75	1.830	NS	NS	NS

NS: no significativo; * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas (p< 0.05) entre ellas.

(de la Fuente *et al.*, 2009; Insausti *et al.*, 2004; Moreno *et al.*, 2008; Noci *et al.*, 2005; Partida *et al.*, 2007b; Realini *et al.*, 2004; Varela *et al.*, 2004). Pero hay que considerar que muchos de estos trabajos emplearon hembras o animales de razas más precoces, dietas de pasto, o pesos de sacrificio muy diferentes a los del presente trabajo, que pueden causar parte de la diferencia encontrada.

Porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados

El porcentaje total de ácidos grasos monoinsaturados de la grasa intramuscular de los terneros que consumieron la dieta control fue del 28.2% un poco menor al 32.2% y al 31.5% que tuvieron de las dietas que contenían lino, sin o con vitamina E respectivamente, aunque estas diferencias no llegaron a ser significativas. Algunos ácidos monoinsaturados presentaron diferencias significativas debidas a la dieta de cebo, como los mayores porcentajes de los ácidos C18:1 t9 ($p < 0.01$) y C17:1 c10 ($p < 0.05$) y menor porcentaje de C24:1 ($p < 0.01$) en los terneros que consumieron las dietas que contenían lino respecto a la dieta control. El resto de ácidos monoinsaturados no presentaron diferencias significativas debidas a la dieta de cebo. Cabe destacar que la grasa intramuscular de los terneros que recibieron la dieta control presentó un menor porcentaje (17.4%) de ácido oleico (18:1 n9 c9), aunque no significativamente distinto de las dietas con lino que fue del 20.4% de media. El porcentaje de ácido trans vaccénico (18:1 t11) no presentó diferencias significativas en la composición de la grasa de los terneros cebados con dietas que contenían lino (6.7%) con los cebados con el pienso control (6.5%). Se sabe que en el proceso de biohidrogenación ruminal actúan varias bacterias (Jenkins *et al.*, 2008) pero la principal es la bacteria anaerobia *Butyrivibrio fibrisolvens* que realiza la biohidrogenación del ácido linoleico en dos pasos, en una primera fase se realiza la isomerización a ruménico (C18:2 c9,t11) y en una segunda fase se realiza la hidrogenación del ácido conjugado a trans vaccénico (C18:1 t11) (Hughes *et al.*, 1982; Kepler *et al.*, 1966). Mientras que la biohidrogenación del ácido linoléico se convierte directamente en ácido esteárico sin formación de CLA. Aunque recientemente se ha sugerido que las rutas de biohidrogenación son más complejas de lo que se suponía y que a partir

Resultados y Discusión

del ácido linolénico se obtienen isómeros del C18:3 y también varios CLA (Lee y Jenkins, 2011).

El aumento del nivel de engrasamiento de los terneros al sacrificio comportó un aumento del porcentaje de grasa monoinsaturada que pasó del 29.1% al 32.7% ($p < 0.05$), lo cual fue corroborado con animales de distinta precocidad en la deposición de grasa (Cuvelier *et al.*, 2006). Este significativo aumento se debió prioritariamente al aumento en ácido oleico (18:1 cis-9) que pasó del 17.9% al 21.3% ($p < 0.05$). El aumento del oleico con el engrasamiento está en concordancia con otros trabajos (Camfield *et al.*, 1997; Indurain *et al.*, 2006; Moreno *et al.*, 2006b; Wood *et al.*, 2008). Este aumento se debe a la disminución de la biohidrogenación ruminal con dietas de cereal, debido a la reducción del pH ruminal que aumenta el paso de más ácidos grasos insaturados al intestino delgado para la absorción e incorporación a los tejidos (Duckett *et al.*, 1993). El resto de ácidos monoinsaturados de la grasa no presentaron diferencias significativas debidas a la dieta.

No hubo interacción entre el tipo de dieta y el engrasamiento de los terneros, que alterase el perfil de los ácidos grasos monoinsaturados.

El aumento del porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados y especialmente del ácido oleico en la grasa de la carne es beneficioso desde el punto de vista nutricional para el consumidor, ya que este tipo de grasa no aumenta los niveles del colesterol de baja densidad (LDL). La inclusión de semilla de lino en los piensos de cebo de los terneros aumentó el porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados en tres puntos porcentuales debido al aumento del ácido oleico principalmente, con lo cual la grasa intramuscular de la carne de estos terneros sería en principio más saludable para el consumidor.

Porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados

Los terneros que consumieron la dieta de lino presentaron un 16.8% de ácidos grasos poliinsaturados en la grasa intramuscular, porcentaje menor al 20.1% de

Resultados y Discusión

los que consumieron de dieta de lino enriquecida con vitamina E, o al 20.7% de los que consumieron el pienso control, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Parece que la adición de vitamina E hizo variar, aumentando, el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados en la grasa intramuscular, lo cuál no era un resultado esperado ya que previamente al experimento no se conocía ninguna referencia bibliográfica que señalase este efecto. Sin embargo, recientemente Juárez *et al.*(2011) encontraron que la vitamina E acentuaba el efecto de la semilla de lino aumentando los ácidos n-3 al modificar de algún modo el proceso de hidrogenación.

La proporción de ácidos grasos poliinsaturados de los terneros de raza Pirenaica de este experimento fue mucho más elevada que la de otras razas españolas sacrificadas al mismo peso y cebadas con pienso de composición similar al control (Insausti *et al.*, 2004) y a los resultados con otras razas europeas sacrificadas a quince meses y cebadas también con pienso de composición similar al control (Williams, 2006). La elevada proporción de ácidos grasos poliinsaturados de la grasa intramuscular de los terneros de raza Pirenaica es debida en parte a que, como raza tardía, su canal y su carne presentan un bajo contenido de grasa (Indurain *et al.*, 2006) y por ello domina la proporción de los fosfolípidos de la paredes celulares respecto a los lípidos neutros. El bajo nivel de engrasamiento de esta raza se evidencia en que la proporción de grasa intramuscular de los terneros cebados con pienso varía entre el 1.0% en canales de 289 kg (Albertí *et al.*, 2011a) 1.7 en canales de 336 kg (Indurain *et al.*, 2006) a 2.0% en canales de 353 kg (Albertí, 2002). La composición de los ácidos grasos del tejido adiposo y del músculo depende de la cantidad de grasa, lo cual hay que tenerlo en consideración al comparar el efecto de la raza o la dieta en la composición de la misma (Wood *et al.*, 2008). No obstante, la dieta es el factor que mayor influencia tiene en la composición de los ácidos grasos de la grasa intramuscular de la carne de ternero, mientras que la genética y la dieta afecta el nivel de engrasamiento (Scollan *et al.*, 2006). A nivel de raza, los terneros de la raza Blanca Azul Belga también presentan un porcentaje elevado (18.4%, dieta con soja; 17.3%, dieta con lino) de ácidos grasos poliinsaturados en la grasa intramuscular de su carne (Raes *et al.*, 2004b), esta raza puede que sea la más tardía en deposición de grasa en la actualidad. Entre las razas españolas se

Resultados y Discusión

encuentran las razas cárnicas tardías Asturiana de los Valles y Pirenaica en las que su grasa intramuscular presenta una alta proporción de ácidos grasos poliinsaturados (24.2% y 15.7% respectivamente) mientras que en las razas más precoces en deposición de grasa la proporción es menor (14.0% en Retinta, 12.8% en Parda y 10.6% en Morucha) (Insausti *et al.*, 2004). Asimismo, terneros de raza Pirenaica cebados en granjas comerciales con pienso tuvieron un 16.7% de grasa poliinsaturada (Indurain *et al.*, 2006). En terneros más precoces en deposición de grasa como los de raza Holstein-Frisona cebados con concentrado con un 5%, 8% y 11% de semilla de lino se obtuvieron un 14.3%, 17.0% y 17.6% respectivamente de ácidos grasos poliinsaturados en la grasa intramuscular del lomo (Mach *et al.*, 2006), y en terneros castrados de esta misma raza cebados con concentrado y silo de hierba (55:45) sacrificados a 14 meses se hallaron un 15.7% de ácidos grasos poliinsaturados (Warren *et al.*, 2008a). Con terneros de raza Parda de Montaña (que son más precoces en deposición de grasa que las raza Pirenaica) se obtuvieron hasta un 25.7% de ácidos grasos poliinsaturados cuando fueron cebados en pastoreo de alfalfa suplementada con 2 kg de cebada y se obtuvieron un 16.0% cuando fueron cebados con pienso comercial (Blanco *et al.*, 2010). Por el contrario, en otros trabajos con otras razas y otras dietas, el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados de la grasa intramuscular no alcanzó el 12% (de la Fuente *et al.*, 2009; Moreno *et al.*, 2006a; Noci *et al.*, 2007a; Partida *et al.*, 2007b; Sami *et al.*, 2004; Sarriés *et al.*, 2009; Varela *et al.*, 2004) o ni siquiera el 5% (Barton *et al.*, 2007; French *et al.*, 2000; Moreno *et al.*, 2008).

Los terneros cebados con los piensos con lino respecto a los del pienso control tuvieron una grasa intramuscular con un mayor porcentaje de ácido α -linolénico (18:3 n3 c9,c12,c15) 1.3 y 1,6 vs 0,51 ($p < 0.001$), y de su isómero t9,t12,t15 ($p < 0.01$), y también de ácido ruménico (18:2 c9,c11) 0.25 y 0.20 vs. 0.17 ($p < 0.05$) y de varios isómeros del ácido linoleico (18:2 n6) t9,t12; c9,t12; t9,c12). Los porcentajes del ácido linoleico y de linolénico junto con sus isómeros, en la grasa intramuscular, presentaron una gran variación entre los animales de una misma dieta, especialmente entre los sacrificados con un engrasamiento de 3 mm. Esta variación fue máxima en el porcentaje de ácido linoleico (18:2 n6 /isómeros) que presentó en la dieta de lino con vitamina una media de 14.9 con una desviación estándar de 8.0, lo que representa un coeficiente de variación próximo al 54%.

Resultados y Discusión

Esta variación tendió a ser menor al sacrificar los animales con un engrasamiento mayor de 4 mm, así, esa misma dieta tuvo una media del 12.0% de ácido linoleico y sus isómeros con una desviación estándar de 3.8, por lo cual el coeficiente de variación fue del 31%. Aunque no hubo interacción entre la dieta y el nivel de engrasamiento (salvo el isómero 18:2 t9,t12), con el aumento del engrasamiento la proporción de ácido linoleico y sus isómeros (18:2 n6) en la grasa intramuscular de los terneros cebados con las dietas de lino disminuyó un 18% de media, mientras que en los cebados con el pienso control aumentó muy poco. Sin embargo, ocurrió lo contrario con los porcentajes de ácido α -linoléico y sus isómeros (18:3 n3) que permanecieron estables en los terneros cebados con las dietas de lino con o sin vitamina E, pero disminuyó un 13% de media en los terneros cebados con la dieta control.

El pienso control, que era más rico en fuentes de ácidos grasos n-6, hizo que se depositase en la grasa intramuscular de los terneros un porcentaje mayor de ácido linoleico (18:2 n6 c9,c12) (13.8%) y araquidónico (20:4 n6 c5,c8,c11,c14) (3.2%) que en los cebados con piensos con lino (10.2% y 2.0% respectivamente), aunque estas diferencias no llegaron a ser estadísticamente significativas.

El aumento en el porcentaje del ácido ruménico (CLA 18:2 c9,t11), en la grasa de los terneros cebados con el pienso con lino, no se vio acompañado por aumento de otros isómeros del ácido linoleico conjugado (CLA t10,c12; c9,c11; t9,t11). El ácido ruménico es el isómero del CLA que predomina en los productos derivados de la leche y en la carne de vacuno (Chin *et al.*, 1992), por lo cual se encontró en mayor proporción que el resto de isómeros. La formación de los ácidos grasos CLA y ácidos grasos trans en el rumen están interrelacionados e influidos por la tasa de biohidrogenación que estará influida por el aporte de PUFA y la manipulación del pH ruminal (Kalscheur *et al.*, 1997; Piperova *et al.*, 2002).

Porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga

Las dietas de lino disminuyeron el porcentaje de C22:3 n3 c13,c16,c19 ($p < 0.001$) y aumentaron de C22:4 n6 c7,c10,c13,c16, ($p < 0.05$) de la grasa intramuscular

Resultados y Discusión

respecto a la dieta control, aunque sus diferencias fueron muy pequeñas y aleatorias. Los porcentajes de ácidos grasos de cadena larga en la grasa intramuscular de la carne fueron: 20:5 n3 c5,c8,c11,c14,c17 (EPA) un 0.25% de media, 22:5 n3 c7,c10,c13,c16,c19 (DPA) un 0.4% de media y 22:6 n3 c4,c7,c10,c13,c16 (DHA) un 0.05% de media, fueron muy bajos en conjunto y no variaron significativamente debido a la dieta de cebo recibida. El DPA se encontró en mayor proporción de los ácidos grasos de cadena larga, el DHA en la menor proporción y el EPA en una proporción intermedia entre ambos. Estos resultados coinciden con los obtenidos en otros experimentos, con distintas dietas de cebo, ya fuese con pasto (Realini *et al.*, 2004), pasto suplementado (Moreno *et al.*, 2008; Sarriés *et al.*, 2009) o dieta mixta (85:15) pienso y silo de maíz (Raes *et al.*, 2004b). No obstante, los resultados de estos estudios muestran que a veces, con las dietas de pasto o pasto suplementado, la proporción de estos ácidos grasos y en especial del DPA es mayor (0.7-1.0%) que los porcentajes obtenidos en nuestro estudio (0.4% DPA). Aunque, también se dieron concentraciones parecidas en terneros castrados Holstein (0.45%) y cruzados Blanco Azul Belga x Holstein (0.57%) cebados con dietas de pasto suplementado (Moreno *et al.*, 2008), o con terneros castrados Hereford (0.56%) cebados con pienso y silo de maíz (Realini *et al.*, 2004).

La cantidad de ácido α -linolénico (ALA 18:3 n3 c9,c12,c15) tiene relevancia con el riesgo de enfermedades cardiovasculares, ya que es el precursor de los ácidos EPA y DHA (Griffin, 2008). Las dietas con lino de este experimento aumentaron significativamente la proporción de ALA en la grasa intramuscular, sin modificar significativamente los porcentajes de EPA, DPA y DHA, si bien el porcentaje de EPA mostró una ligera tendencia al aumento. Las dietas ricas en ácido linolénico suelen producir un aumento del nivel de ácido linolénico, EPA y DPA en la carne, mientras que en muchos casos no se altera el contenido en ácido DHA. El aumento en DHA se consigue suplementando la dieta de cebo con aceite de pescado o harina de pescado (Raes *et al.*, 2004a). La adición de aceite de pescado modifica la biohidrogenación ruminal alterando la formación de los compuestos intermedios (Duckett y Gillis, 2010). También en corderos que recibieron piensos con un 15.5% de algas marinas aumentaron la concentración 94 veces de DHA, 19 veces de DPA y 7 veces de EPA, de la grasa intramuscular, por lo que esta

Resultados y Discusión

práctica permite obtener carnes más saludables para el consumidor (Cooper et al., 2004). Puede que la forma más eficaz de incrementar el EPA y DHA en la carne sea la utilización de suplementos grasos de origen marino, entre los cuales está las algas, pero debe tenerse en cuenta que la calidad sensorial (olor y sabor) del producto puede verse significativamente afectada, y mucho más si la incorporación de dichos productos es excesiva (Martínez Marin, 2007).

Con el aumento del nivel de engrasamiento de los terneros las concentraciones en la grasa intramuscular de EPA, DPA y DHA tendieron a disminuir, aunque esta variación no fue significativa. Se sabe que la síntesis de PUFA de cadena larga a partir de los precursores (C18) se realiza en los fosfolípidos, pero el espacio disponible para su incorporación se llena pronto y la continuación de la dieta a largo término no hace aumentar su nivel, por ello la concentración relativa disminuye con el tiempo de cebo (Wood *et al.*, 2008).

El efecto del nivel de engrasamiento de los animales al sacrificio tuvo menos influencia, en la composición de los ácidos grasos poliinsaturados de la grasa intramuscular, que la comentada por efecto de la composición de la dieta de cebo de los terneros. Con el aumento del engrasamiento, el perfil de los ácidos grasos de la grasa intramuscular varió significativamente, aumentando la proporción de ácidos grasos monoinsaturados (29.1% vs. 32.7% $p < 0.05$), tendiendo a disminuir la proporción de los poliinsaturados (20.3% vs. 17.7%) y permaneciendo similar la proporción de los saturados (50.6% vs. 49.5%), lo que concuerda con otros trabajos con animales de raza Pirenaica (Indurain et al., 2006). En general el porcentaje total de ácidos grasos poliinsaturados y de cada uno de ellos, tiende a disminuir al aumentar el nivel de engrasamiento de los terneros. Algunos isómeros trans aumentaron significativamente, como el del ácido linolénico (18:3 n3 t9,c12,t15) que aumentó del 0.02% al 0.07% ($p < 0.001$), el isómero del linoleico (18:2 n6 t9,t12) cuyo porcentaje aumentó de 0.27% a 0.36% ($p < 0.01$) y el del ácido ruménico (18:2 9c,11t) que también pasó de 0.18% a 0.24% ($p < 0.05$), pero su limitado incremento y su baja concentración hacen que no tenga mayor interés desde el punto de vista nutricional.

Resultados y Discusión

Algunos ácidos grasos presentaron una interacción entre la composición de la dieta y el nivel de engrasamiento de los terneros, como los isómeros trans del ácido linoleico (18:2 n6 t9,t12), ya que con el aumento del engrasamiento incrementó su concentración en la grasa de los terneros que recibieron las dietas con lino, mientras que disminuyó su concentración con los terneros cebados con el pienso control. Asimismo, el porcentaje de ácido linolénico (18:3 n3 c9,c12,t15) cuya concentración aumentó ligeramente con el aumento del engrasamiento en los terneros cebados con el pienso de lino, pero disminuyó con los cebados con las dietas de lino con vitamina E y con los terneros del pienso control. Los bajos porcentajes de estos ácidos grasos y la mayor variabilidad individual serían la causa de estas interacciones.

El aumento del engrasamiento tendió a disminuir el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados en general, y de α -linolénico ALA (18.3 c9,c12,115) y ácido linoleico (18:2 n6 c9,c12). Sin embargo, la inclusión de un 5% de semilla de lino aumentó un 262% el porcentaje de ALA, que se potenció si la dieta estaba enriquecida con vitamina E (323%) y produjo una disminución entre el 27% y el 13% del porcentaje de ácido linoleico.

Agrupaciones y relaciones entre ácidos grasos

La composición de la grasa intramuscular de los terneros que consumieron el pienso que contenía lino tuvo un 13.9% de ácidos grasos n-6 ligeramente inferior al 16.6% de los que consumieron lino con vitamina E y también inferior al 18.4% de los terneros que consumieron el pienso control. No obstante, estas diferencias no llegaron a ser estadísticamente significativas (tabla 18). Con el aumento del nivel de engrasamiento en los animales el porcentaje de ácidos grasos n-6 en su grasa intramuscular mostró una tendencia decreciente, no significativa, pasando del 17.3% en los terneros con 3 mm de espesor de grasa al 14.8% en los terneros con 4 mm de grasa.

La proporción de ácidos grasos n-3, en la grasa intramuscular de los terneros que consumieron pienso con lino, aumentó de forma significativa ya que pasó del

Resultados y Discusión

1.9% del lote que consumió el pienso control al 2.5% y del 3.1% ($p < 0.05$), en los terneros cebados con la dieta de lino y lino más vitamina E respectivamente. Al aumentar el nivel engrasamiento de los terneros el porcentaje de ácidos grasos n-3 no varió significativamente, aunque tuvo una tendencia a disminuir. Este nivel entre el 2 y 3% de ácidos grasos n-3 sería similar al obtenido por Mach *et al.* (2006) con dietas de cebo que incluían un 11 o un 18 % de semilla de lino.

Tabla 18. Agrupaciones de ácidos grasos y relaciones entre ellos de la grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* de terneros, según el tipo de concentrado consumido y el espesor su grasa dorsal.

	Concentrado (C)			SEM	Espesor grasa (E)			Sig. C	Sig. E	Sig. CxE
	Control	Lino	Lino+ Vit. E		3 mm	4 mm	SEM			
n-6, %	18.38	13.87	16.57	1.976	17.29	14.84	1.605	NS	NS	NS
n-3, %	1.88a	2.48ab	3.09b	0.290	2.59	2.45	0.236	*	NS	NS
n-6/n-3	9.64a	5.65b	5.23b	0.199	6.87a	6.39b	0.161	***	*	**
Trans, %	7.52	8.66	9.36	0.658	8.63	8.54	0.538	NS	NS	NS
CLA, %	0.38	0.46	0.47	0.033	0.44	0.45	0.026	NS	NS	NS
P/S	0.43	0.34	0.43	0.058	0.43	0.37	0.048	NS	NS	NS

Medias y desviación estándar de los seis lotes (CxEx)

Concentrado	Control	Lino	Lino + Vit. E	Control	Lino	Lino + Vit. E
Engrasamiento	3 mm	3 mm	3 mm	4 mm	4 mm	4 mm
n6/n3	9.31±0.751a	6.41±0.771b	5.50±0.548c	9.97±1.027a	4.79±0.855c	5.17±1.43c

n-6	n-3	CLA	Trans
18:2 n6 t9.t12	18:3 n3 t9.t12.t15	18:2 9c.t11 ruménico	18:1 t9
18:2 n6 c9.t12	18:3 n3 t9.t12.c15	18:2 t10 c12	18:1 t11 vaccénico
18:2 n6 t9.c12	18:3 n3 t9.c12.t15	18:2 c9 c11	18:2 n6 t9.t12
18:2 n6 c9 c12 linoleico	18:3 n3 c9.t12.t15	18:2 t9 t11	18:2 n6 c9.t12
18:3 n6	18:3 n3 c9.c12.t15		18:2 n6 t9.c12
20:2 n6 c11.c14	18:3 n3 c9.12.15 ALA		18:3 n3 t9.t12.t15
20:3 n6 c8.c11.c14	20:5 n3 c5.8.11.14.17 EPA		18:3 n3 t9.t12.c15
20:4 n6 c5 c8 c11 c14 araquidónico	22:3 n3 c13.16.19		18:3 n3 t9.c12.t15
22:2 n6 c13.16	22:5 n3 c7.10.13.16.19 DPA		18:3 n3 c9.t12.t15
22:4 n6 c7.10.13.16	22:6 n3 c4.7.10.13.16.19 DHA		18:3 n3 c9.c12.t15

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

Este aumento en la proporción de PUFA n-3 hallado en la grasa intramuscular de los terneros cebados con piensos con semilla entera de lino coincide con resultados de otros trabajos, ya que los PUFA de la semilla de lino son protegidos

Resultados y Discusión

parcialmente de la biohidrogenación ruminal por las envolturas de la semilla. Por ello, el porcentaje de biohidrogenación puede ser del 91.0% para C18:2 n-6 y del 94.8% para C18:3 n-3 y una media del 90.2% para el conjunto de los ácidos grasos C18 (Scollan *et al.*, 2001b). Los resultados de otros experimentos mostraron que la incorporación de un 10% de lino molido aumentó la proporción de PUFA n-3 debido al aumento del 18:3 n-3 (Juárez *et al.*, 2011) o bien, con un 8% de semilla de lino, entera, aplastada o molida, se aumentó la concentración de PUFA n-3 en la fracción de los fosfolípidos y de 18:3n-3 en los lípidos neutros de la grasa intramuscular (Maddock *et al.*, 2006). Los PUFA n-6 en la grasa intramuscular de los terneros de este trabajo presentaron concentraciones por encima del 14%, mientras que la concentración de los PUFA n-3 estuvieron entre 2 y 3%, esta menor proporción se debe a que de los dos principales PUFA, el C18:2 n-6 se deposita más rápido y alcanza concentraciones más elevadas en el músculo que el C18:3 n-3 (Wood *et al.*, 2008).

Así pues, las dietas de pienso que contenían lino aumentaron la proporción en la grasa intramuscular de ácidos grasos poliinsaturados n-3 y a la vez tendieron a disminuir la proporción de los n-6, con lo cual la relación n-6/n-3 fue significativamente menor en la grasa intramuscular de los terneros cebados con las dietas que contenían lino. Esta relación fue de 5.4 de media de los dos lotes de lino frente a 9.6 ($p < 0.001$) de la dieta control. Por otro lado, con el aumento del engrasamiento de los animales la relación n6/n3 disminuyó pasando de 6.87 a 6.39 ($p < 0.05$). No obstante, se dio una interacción entre dietas y nivel de engrasamiento, ya que en el lote que consumió el pienso control la relación n6/n3 aumentó con el engrasamiento, de 9.3 a 9.9, mientras que los lotes que consumieron pienso con lino la relación disminuyó de 6.4 a 4.8 y de 5.5 a 5.2.

Estas relaciones n6/n3 de las dietas de lino fueron más bajas que las relaciones de 14.7, 9.0 y 6.3 obtenidas en terneros Frisones cebados con piensos que contenían dosis de 3.6%, 11.2% y 18.0% de lino (Mach *et al.*, 2006). Asimismo, la relación n-6/n-3 de los lotes de lino fue mucho más baja que la relación de 24 obtenida con terneros Frisones cebados con pienso en cuya composición tenían manteca y sebo mezclados, o compuestos de aceite de palma (Partida *et al.*, 2007b), o también más baja que la relación de 14.8 con terneros Frisones cebados con pienso

comercial (de la Fuente *et al.*, 2009), o la relación de 15.8 a 25.5 obtenida con terneros de distinta precocidad de varias razas españolas cebados con pienso comercial y sacrificados con 470 kg de peso vivo (Insausti *et al.*, 2004). No obstante, aunque la inclusión de semilla de lino contribuye a disminuir la relación n-6/n-3 por debajo de 5% respecto a la obtenida con una dieta de pienso comercial, esta relación no es tan baja como cuando los animales se alimentan con pasto suplementado (French *et al.*, 2000), o con pasto o silo de hierba con distintos suplementos de lino o aceite de pescado (Noci *et al.*, 2007b; Scollan *et al.*, 2001a; Scollan *et al.*, 2003; Warren *et al.*, 2008a), o silo de maíz suplementado con pienso con semilla de lino (Maddock *et al.*, 2006; Raes *et al.*, 2004b). El perfil de la grasa intramuscular de los terneros que pastan praderas tiene una elevada proporción de ácidos grasos n-3 y por tanto una baja relación n-6/n-3. Por ello, los terneros que reciben un pienso comercial en que se ha incluido semilla de lino el efecto en la mejora, reduciendo la relación n-6/n-3, es evidente, pero no tan acusada como en las dietas mixtas con base a pasto y pienso con lino.

Cuando los terneros son de razas cárnicas, y por tanto de desarrollo tardío, la proporción de PUFA suele ser más elevada a engrasamientos bajos, la proporción de MUFA son crecientes con el engrasamiento y la proporción de los ácidos grasos saturados puede aumentar o permanecer más o menos estable (Duckett *et al.*, 1993).

Ácidos grasos trans

El porcentaje de ácidos grasos trans de la grasa de los terneros fue del 7.5% en la grasa de los terneros cebados con el pienso control y alrededor del 9% en la grasa de los que consumieron pienso con lino, pero las diferencias no fueron significativas. Como tampoco lo fueron por efecto del nivel de engrasamiento de los terneros, que dieron un porcentaje de grasa trans en torno al 8.5%.

El ácido trans vaccénico (18:1 n7 t11) fue el principal ácido trans que participó con el 6.5% en la grasa de los cebados con pienso control y con el 6.7% en las otras dos dietas. Estos porcentajes de ácidos grasos trans son más altos que los

Resultados y Discusión

relacionados en otros trabajos, ya sean con terneros de raza Pirenaica cebados con pienso con grasa de coco y palmiste, cuya grasa intramuscular estuvo compuesta por un 1.3% de ácidos grasos trans (Indurain *et al.*, 2006), o con terneros castrados de raza Rubia Gallega cebados en pasto con silo de maíz, o silo de maíz suplementado con pienso, cuya grasa intramuscular tuvo un <3.9% de grasa trans (Varela *et al.*, 2004). Sin embargo, cuando se han utilizado suplementos con semilla de lino los porcentajes de ácidos grasos trans fueron más elevados respecto a la dieta control de cebo (Herdmann *et al.*, 2010). También con terneros Blanco Azul Belga, cebados con silo de maíz suplementado con pienso que tenía un 17.7% de lino extrusionado, el porcentaje de grasa trans fue del 4.9%, más alta que la dieta control que fue del 4.4% (Raes *et al.*, 2004a). Asimismo, con terneras cruzadas de raza Charolais cuando se utilizó un suplemento con aceite de lino el porcentaje de ácidos grasos trans fue del 6.3% muy superior al lote control de pasto que fue del 1.63% (Sarriés *et al.*, 2009). También, en la especie ovina, la suplementación con lino a dietas de corderos aumentó los ácidos grasos trans, en especial el C18:1t10 que es cuestionable para la salud del consumidor (Bas *et al.*, 2007). Pero hay que considerar que el consumo de ácidos grasos trans por los humanos tiene consecuencias negativas ya que disminuyen la concentración de HDL-colesterol en suero, lo cual se asocia a un aumento del riesgo cardiovascular, por ello su ingestión debe ser lo más baja posible (EFSA, 2010a), menos del 1% de la energía total consumida (WHO/FAO, 2003).

No obstante, no todos los C18:1 trans son perjudiciales para el consumidor ya que el ácido vaccénico (C18:1 t11) es el sustrato para la síntesis de CLA 18:2 c9,t11 vía síntesis endógena mediante su desaturación por la enzima $\Delta 9$ desaturasa en los rumiantes. Se ha demostrado que la adición de aceite de pescado en la dieta de cebo de terneros aumenta el flujo de ácidos grasos de cadena larga en el duodeno, al inhibir la transición total de ácido vaccénico a esteárico en el rumen permite que éste se convierta en CLA 18:2 c9, t11 (Lee *et al.*, 2005).

El porcentaje del isómero del CLA 18:2 t10,c12 en la grasa de los terneros cebados con la dieta control fue del 0.06 y en los cebados con pienso que contenía lino del 0.07. No hubo aumento de la concentración de este isómero trans al que se le han

Resultados y Discusión

atribuido efectos en el metabolismo de los adipocitos y activo en inhibir la carcinogénesis en modelos animales (Pariza *et al.*, 2001). No obstante, en algún estudio, reportaron efectos nocivos de este isómero como pro-carcinogénicos en colon y próstata (Wahle *et al.*, 2004), por lo cual se necesitarían más investigaciones que clarifiquen sus efectos en humanos.

Relaciones entre ácidos grasos P/S

La relación entre los ácidos grasos poliinsaturados/saturados (P/S) llegó a 0.43 en la grasa intramuscular de los terneros que recibieron el pienso control o el de lino enriquecido con vitamina E, aunque no difirieron significativamente de la relación 0.34 de la grasa de los animales cebados con la dieta de lino. La relación P/S de 0.45 se encuentra en la relación óptima de las recomendaciones nutritivas. En principio se espera que las dietas que incluyen lino en su composición causen un aumento en la relación P/S tal como constataron Mach (2006) que hallaron la relación de 0.38 y 0.39 en la grasa de terneros cebados con dietas que incluían un 11.2% o un 18% de semilla de lino frente al 0.29 de las dietas que contenían proporciones similares de semilla de colza. El aumento de ácidos grasos n-3 en la carne por la adición de semilla de lino o aceite de pescado en las dietas de cebo reduce la relación n-6/n-3 pero tiene poca influencia en la relación P/S (Scollan *et al.*, 2001a).

Con el aumento del nivel de engrasamiento de los animales se apreció una tendencia a la disminución en la relación P/S que pasó de 0.43 en los terneros con 3 mm de espesor de grasa a 0.37 en los terneros con 4 mm de grasa. Esta relación se halla muy ligada al nivel de engrasamiento, ya que a medida que el animal deposita grasa, esta grasa es más monoinsaturada, principalmente, y saturada en menor proporción, con lo cual el limitado aumento que pueda existir en poliinsaturada no es capaz de compensar a las otras dos fracciones y su proporción relativa disminuye, tal como se ha demostrado con terneros de diferentes razas y precocidades y distintas dietas de cebo (Scollan *et al.*, 2006; Warren *et al.*, 2008a).

Resultados y Discusión

La incorporación de un 5% de semilla de lino o de 200 UI de vitamina E en el pienso de cebo de terneros de raza Pirenaica no modificó los porcentajes totales de ácidos grasos saturados, monoinsaturados o poliinsaturados, aunque sí variaron los porcentajes de los ácidos grasos n-3 de la grasa intramuscular de la carne. Esto comportó una disminución de la relación n-6/n-3 sin que se viesen afectados significativamente los demás índices estudiados. Este perfil de ácidos grasos de la carne está más próximo a las recomendaciones nutricionales humanas. La suplementación con vitamina E al pienso de cebo tuvo un efecto potenciador de estos resultados, ya que los porcentajes de algunos ácidos grasos se distanciaron más y la relación entre ellos fue mejor. El sacrificio de los terneros a un mayor nivel de engrasamiento aumentó el porcentaje total de grasa monoinsaturada debido al aumento del ácido oleico, sin que se viesen afectados los porcentajes de grasa saturada o poliinsaturada.

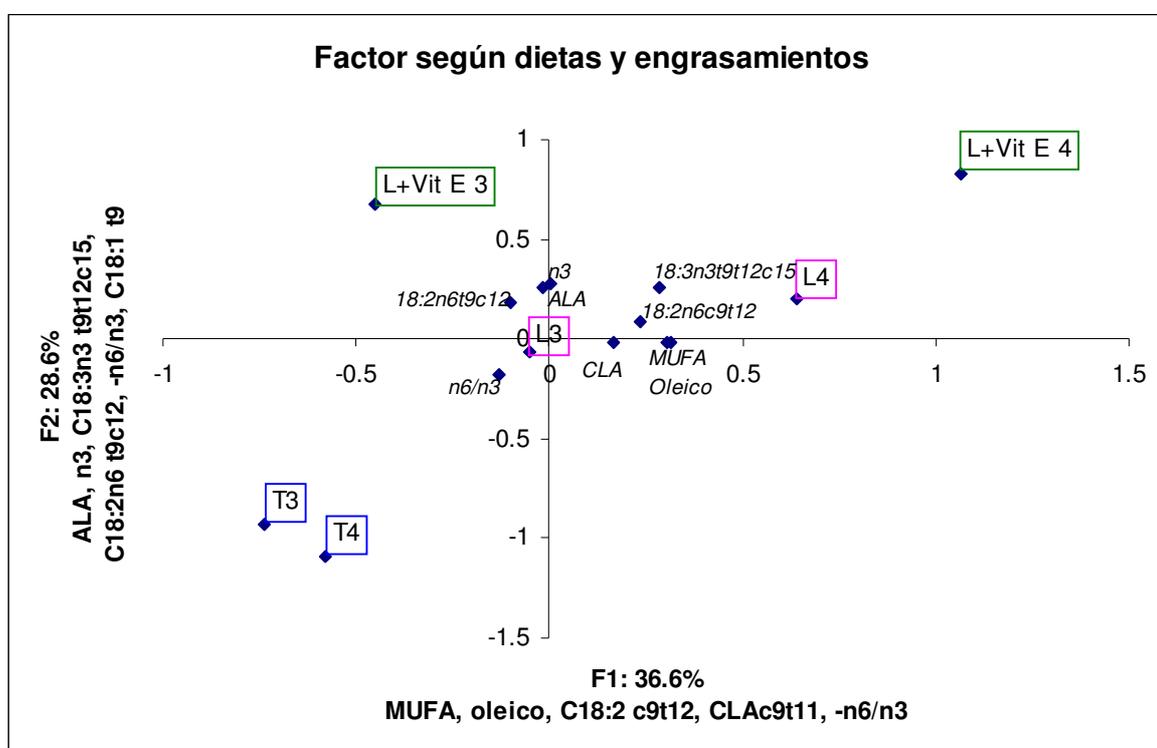
Análisis multivariante del perfil de ácidos grasos

El análisis multivariante de los porcentajes de ácidos grasos (figura 10) explicó un 65% de la variación total del modelo con los dos primeros factores. El primer factor explicó el 36.6% de la variación y estuvo relacionado positivamente con los porcentajes de los siguientes ácidos grasos: los monoinsaturados, el oleico 18:1 n9 c9, el isómero 18:2 c9,t12 y el isómero CLA 18:2 c9,t11 ácido ruménico. El segundo factor explicó el 28.6% de la variación y estuvo relacionado con los porcentajes de α -linolénico 18:3 n3 c9,c12,c15, los n-3, el isómero 18:3 t9,t12,c15, el isómero 18:2 t9,c12 y el isómero t9 del oleico. Se aprecia que los tres tipos de pienso aparecen en orden creciente (control, lino y lino con vitamina) y, además, que para cada dieta los animales sacrificados con mayor engrasamiento tienen más porcentajes de ácidos grasos monoinsaturados y concretamente oleico, más isómero de linoleico y más isómero de CLA. Asimismo, los tres piensos están separados por la riqueza en la grasa del ácido α -linolénico y n-3 que van en aumento respecto al lote control. Mientras que en este caso el nivel de engrasamiento de los animales al sacrificio apenas modificó los porcentajes de estos ácidos grasos. La relación n6/n3 aparece correlacionada negativamente en ambos ejes, por lo cual la grasa de los terneros que consumieron el pienso con lino

Resultados y Discusión

con o sin suplementación de vitamina E tienen una menor relación n6/n3 que los que consumieron el pienso control. Además, esa reducción se ve favorecida en esas dietas con lino por el aumento del engrasamiento al sacrificio, ya que se sitúan más altos. Por el contrario el lote del pienso control sacrificado a mayor engrasamiento aparece más bajo que el sacrificado a menor engrasamiento ya que su relación n6/n3 siguió aumentando.

Figura 10. Representación bidimensional del análisis multivariante del perfil de ácidos grasos.



T: pienso control, L: pienso con lino; L+Vit E: pienso con lino y vitamina E,
3: 3 mm grasa cobertura, 4: 4 mm grasa cobertura.

Color y vida útil de la carne en función de distintas condiciones y tecnologías

Carne fresca

La carne después del corte, mantenida en refrigeración ($<7\text{ }^{\circ}\text{C}$) y protegida de la deshidratación, por el film permeable al oxígeno que recubre la bandeja de polietileno expandido, inicia el proceso de oxigenación y alrededor de las 24 horas alcanza su aspecto más atractivo a la vista del observador y potencial consumidor, este momento de apogeo del color o de la apariencia se denomina en inglés *full blooming*. Por ello, primero elegimos este tiempo para valorar el color de la carne en su mejor momento, y después se estudiará de forma global la evolución del color durante el tiempo de exposición.

Color a las 24 horas

La medida del color del músculo *Longissimus dorsi* mostró que el tipo de pienso que recibieron los terneros no afectó al color de la carne a las 24 horas de su fileteado (tabla 19). La carne en ese momento presentó un color entre rojo pálido y rosado, con un valor de claridad muy alto (L^* 42), un índice de rojo alto (a^* 12), un índice de amarillo también muy alto (b^* 14), un valor de croma superior a 18 y un tono elevado (h 51°). La carne de estos animales fue igual de pálida a la obtenida en trabajos anteriores con terneros Pirenaicos de 184 kg y 352 kg canal (Albertí *et al.*, 2003). Sin embargo, el color de esta carne fue más rosado que el de la carne de terneros cebados con pienso comercial de raza Pirenaica y sacrificados con 364 kg de peso medio canal (L 37.2; a^* 21.0; b^* 12.1; croma 24.3 y tono 30.0) (Altarriba *et al.*, 2005).

El nivel de engrasamiento de los terneros al sacrificio influyó significativamente en el color de la carne. La carne de los terneros sacrificados con mayor espesor de grasa tuvo menor claridad (41.1, $p<0.01$), mayor índice de rojo (12.8, $p<0.05$) y mayor croma (19.6, $p<0.05$) que la carne de los terneros sacrificados con un nivel de engrasamiento menor de 3 mm (L^* 43.3; a^* 11.2 y croma 18.0). Lo que indica que fue algo más roja, ya que los terneros eran dos meses mayores y la carne va aumentando de color con la edad del animal.

Tabla 19. Color de la carne fresca a las 24 horas del corte y porcentaje de pigmentos hemínicos.

	Concentrado (C)			SEM	Espesor grasa (E)		SEM	Sig. C	Sig. E	Sig. CxE
	Control	Lino	Lino+ Vit. E		3 mm	4 mm				
Luminosidad (L*)	41.9	42.2	42.6	0.70	43.3a	41.1b	0.57	NS	**	NS
Rojo (a*)	11.9	12.2	11.8	0.50	11.2b	12.8a	0.41	NS	*	NS
Amarillo (b*)	14.3	14.5	14.6	0.34	14.1	14.8	0.28	NS	NS	NS
Croma (C*)	18.6	19.0	18.8	0.53	18.0b	19.6a	0.43	NS	*	NS
Tono (h), grados	50.1	50.2	51.2	0.92	51.6	49.4	0.75	NS	NS	NS
Oximioglobina, %	67.0	67.4	67.3	0.69	66.9	67.6	0.56	NS	NS	NS
Metamioglobina, %	2.3	3.0	3.1	0.81	2.1	3.6	0.66	NS	NS	NS
Deoximioglobina, %	30.6	29.6	29.5	1.04	31.0	28.8	0.85	NS	NS	NS

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

Estos resultados coincidirían con otros trabajos en los que tampoco se vio alterado el color de la carne de terneros cebados con piensos que incluían porcentajes superiores de semilla de lino (Mach *et al.*, 2006), o bien, de terneros castrados cebados con dietas mixtas con un pienso con un 12.5% de semilla extrusionada de lino (Razminowicz *et al.*, 2008).

Respecto a la composición de un pienso control, la inclusión de un 5% de semilla de lino o el enriquecimiento con 200 UI de vitamina E al pienso de cebo de terneros no modificó el color de la carne de los terneros a las 24 horas del corte.

La mioglobina se encuentra en tres formas deoximioglobina, oximioglobina y metamioglobina según su estado químico lo que determina el color de la carne. El color va evolucionando con el tiempo por efecto del oxígeno. El color rojo brillante de la oximioglobina, que se produce al poco tiempo de su exposición al aire, se asocia a carne fresca, y este color es el más apreciado por el consumidor en el momento de la decisión de compra (Mancini y Hunt, 2005).

Las proporciones de los tres pigmentos hemínicos de la carne envasada y cubierta con film, a las 24 horas del corte, no variaron significativamente debido al tipo de concentrado consumido por los terneros, ni debido al estado de engrasamiento de

Resultados y Discusión

estos al sacrificio (tabla 19). El porcentaje de metamioglobina fue muy bajo con valores medio entre 2 y 4% ya que la oximioglobina fue en este momento el pigmento mayoritario con valores entre 67.0 y 67.6% y aún quedaba entre un 28.8 y un 31.0% de deoximioglobina de los pigmentos hemínicos totales.

El color rojo pálido de la carne se corresponde con niveles muy bajos de metamioglobina, altos de oximioglobina, valores de claridad muy altos y croma superior a 18 ya que es un tipo de carne roja. El aspecto de la carne durante su exposición a la venta está muy relacionado con los valores de croma y tono. Así, valores superiores a 18 de croma aseguran un color rojo vivo en la carne de vacuno muy atractiva al consumidor (McDougall, 1982), pero conforme va transcurriendo el tiempo se inicia en la carne el proceso de decoloración y los valores de croma disminuyen por debajo de 18 y el valor del tono empieza a aumentar rápidamente.

No obstante, no en todas las carnes puede tomarse el valor 18 de croma como referente de decoloración, ya que las carnes pálidas de animales jóvenes, de tipo ternera, no llegan a alcanzar el valor de 18, pero también en este tipo de carnes, durante el transcurso del tiempo el valor del croma disminuye paulatinamente a causa de la decoloración que sufre.

Evolución del color de la carne fresca envasada con film permeable al oxígeno a lo largo del tiempo de exposición

El estudio de la evolución del color de la carne a lo largo del tiempo de exposición mostró que el tipo de concentrado no tuvo ninguna influencia, el nivel de engrasamiento al sacrificio influyó bastante y el tiempo de exposición fue el factor determinante de la variación del color de la carne (tabla 20). Este resultado coincide con el obtenido en otros estudios que utilizando porcentajes de lino del 10 u 11%, el color de la carne fue bueno y no varió por efecto de la inclusión de lino en la dieta de cebo (Grobbel *et al.*, 2006; Mach *et al.*, 2006). El estudio de la evolución del color de la carne a lo largo del tiempo de exposición mostró que el

Resultados y Discusión

tipo de concentrado no tuvo ninguna influencia, el nivel de engrasamiento al sacrificio influyó bastante y el tiempo de exposición fue el factor determinante de la variación del color de la carne.

Los valores de la evolución del color de la carne según la dieta, el nivel de engrasamiento o el tiempo de exposición se detallan en la tabla 21. La carne de estos terneros presentó una claridad media en torno a 42.5, unos índices de rojo y amarillo de 11.7 y 14.0 respectivamente, un croma medio de 18.1 y un tono de 50.0. Los valores de claridad y croma de la carne a las 48 h de estos terneros fueron similares a los obtenidos con añojos machos y hembras de esta misma raza sacrificados a 478 kg cebados con pienso comercial (Albertí *et al.*, 2011a) y cuya carne estuvo expuesta en condiciones similares.

La carne de los terneros sacrificados a mayor engrasamiento presentó una menor luminosidad e índice de rojo ($p < 0.05$) y mayor croma ($p < 0.01$), por lo que su aspecto fue de un color rojo más intenso que la carne de los terneros sacrificados a menor engrasamiento, que fue ligeramente más pálida.

Tabla 20. Nivel de significación de los parámetros de evolución del color y de los pigmentos hemínicos de carne fresca envasada en film a lo largo del tiempo de exposición, según el tipo de concentrado consumido y el espesor de la grasa dorsal de los terneros.

	Concentrado (C)	Espesor grasa (E)	Tiempo (T)	CxE	CxT	ExT	CxExT
Luminosidad (L*)	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS
Rojo (a*)	NS	*	**	NS	NS	NS	NS
Amarillo (b*)	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS
Croma (C*)	NS	**	**	NS	NS	NS	NS
Tono (h*)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Oximioglobina	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS
Metamioglobina	NS	*	***	NS	NS	NS	NS
Deoximioglobina	NS	*	**	NS	NS	NS	NS

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

Resultados y Discusión

El color de esta carne se mantuvo muy bien durante las 336 horas en refrigeración (14 días), ya que después de alcanzar el momento óptimo de aspecto, la claridad y el tono se mantuvieron estables y los otros índices del color, rojo, amarillo y croma disminuyeron ligeramente. El valor del croma durante los 14 días exposición fue más estable y se mantuvo superior al que tuvo la carne de terneros de raza Serrana de Teruel sacrificados a 471 kg, que fue mantenida en condiciones similares, y que a partir del quinto día ya tenían un croma de 17 (Albertí *et al.*, 2011b).

Tabla 21. Medias mínimo cuadráticas, error estándar y niveles de significación de los parámetros de evolución del color de la carne fresca envasada en film a lo largo del tiempo de exposición, según el tipo de concentrado consumido y el espesor de la grasa dorsal de los terneros.

	Concentrado (C)			SEM	Espesor grasa (E)			Sig. C	Sig. E	Sig. CxE
	Control	Lino	Lino+ Vit. E		3 mm	4 mm	SEM			
N	14	16	16		23	23				
Luminosidad (L*)	42.2	42.4	42.6	0.58	43.1a	41.7b	0.47	NS	*	NS
Rojo (a*)	11.8	11.5	11.7	0.26	11.3b	12.0a	0.13	NS	*	NS
Amarillo (b*)	13.7	14.0	14.1	0.18	13.8	14.1	0.17	NS	NS	NS
Croma (C*)	18.1	18.1	18.3	0.22	17.8b	18.6a	0.18	NS	**	NS
Tono (h*)	49.4	50.6	50.6	0.76	50.8	49.6	0.62	NS	NS	NS
Oximioglobina %	62.1	62.2	63.1	0.67	62.7	62.3	0.55	NS	NS	NS
Metamioglobina %	7.9	8.5	8.4	0.79	7.3b	9.2a	0.65	NS	*	NS
Deoximioglobina %	30.0	29.3	28.5	0.54	30.0a	28.5b	0.44	NS	*	NS

	Tiempo exposición (T)					SEM	Sig. T
	24 h 1 d	48 h 2 d	144 h 6 d	216 h 9 d	336 h 14 d		
N	46	46	46	46	46		
Luminosidad (L*)	42.2	42.1	42.7	42.8	42.2	0.39	NS
Rojo (a*)	12.0a	11.8a	11.6ab	11.6ab	11.2b	0.20	**
Amarillo (b*)	14.4a	14.1ab	13.8b	13.9b	13.5b	0.17	**
Croma (C*)	18.8a	18.4a	18.1ab	18.1ab	17.6b	0.21	**
Tono (h*)	50.5	50.1	50.0	50.0	50.4	0.51	NS
Oximioglobina %	67.3a	65.1b	61.8c	61.0c	57.2d	0.56	***
Metamioglobina %	2.8e	4.5d	9.1c	10.1b	14.7a	0.56	***
Deoximioglobina %	29.9a	30.4a	29.0a	28.9a	28.1b	0.49	**

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

La evolución de los pigmentos hemínicos de la carne con el tiempo de exposición siguió el patrón previsto, la metamioglobina aumentó gradualmente (Camo *et al.*, 2011), 11 puntos porcentuales, desde un 2.8% a las 24 horas al 14.7% a las 336 horas, a costa de la oximioglobina que perdió 10 puntos porcentuales, desde un

Resultados y Discusión

67.5 % hasta los 57.2%, mientras que la deoximioglobina permaneció estable alrededor del 29%, evoluciones similares a las en obtenidas en otros trabajos (Lagerstedt *et al.*, 2011b). Con el tiempo de exposición, aumenta el porcentaje de metamioglobina debido a la oxidación de los pigmentos de la carne y se manifiesta por la aparición de zonas oscuras o decoloradas, y los valores de L*, a*, b* y croma disminuyen (Camo *et al.*, 2011; Insausti *et al.*, 1999; Lagerstedt *et al.*, 2011b) mientras que el valor de tono suele aumentar de forma brusca, aunque también puede disminuir.

Cuando la metamioglobina de la carne alcanza un 20% el consumidor la rechaza (McDougall, 1982) por lo cual esta carne a los 14 días con un 15% de metamioglobina aún presentaba un aspecto aceptable para el consumidor. Uno de los factores de alteración del color de la carne expuesta es el crecimiento bacteriano, aunque en periodos de menos de 6 días no es la causa principal de decoloración (Abdallah *et al.*, 1999). Como las condiciones del muestreo fueron lo más higiénicas posibles y la carne se mantuvo refrigerada, al final del periodo de exposición la carne presentaba un buen aspecto sin apreciarse limo bacteriano, aunque no se realizó muestreo bacteriológico para el recuento de colonias bacterianas aerobias, enterobacteriáceas ni salmonella.

Esta estabilidad de color de la carne puede deberse en parte a que las proporciones de ácidos grasos, saturados, monoinsaturados y poliinsaturados de la grasa intramuscular no variaron por efecto de la dieta, con lo cual no existió un factor intrínseco que favoreciese la oxidación de los pigmentos hemínicos como es el enranciamiento de los ácidos grasos poliinsaturados. Todas las carnes estuvieron expuestas a factores extrínsecos de oxidación. No obstante, como la carne fue mantenida en oscuridad se limitó la oxidación por efecto de la luz que se sabe que es un potente oxidante ya que los fotones ayudan a iniciar el proceso oxidativo. Sin duda, si esta carne se hubiese mantenido en una vitrina expositora con luz durante 12 horas su vida útil se hubiese acortado considerablemente, asimismo la evolución del color de carne envasada con cubierta de film es más lenta que en MAP (Vatansever *et al.*, 2000), aunque ésta inicialmente alcanza mayores valores de croma.

Resultados y Discusión

De todas formas, los resultados de la evolución del color de la carne fileteada como indicador de su vida útil fueron positivos y evidenciaron que la inclusión de lino en la proporción empleada no altera el color de la carne. Además, se vio que la inclusión de vitamina E en mayor proporción que la dosis que ya se añade habitualmente al pienso de cebo no aumentó la estabilidad del color de la carne.

En la tabla 22 se presentan los coeficientes de correlación entre los índices de color de esta carne a lo largo del tiempo de exposición. Se puede apreciar que la saturación del color de la carne expresado por el croma se debió en igual proporción a la cantidad de rojo (0.84, $p < 0.0001$) y amarillo (0.84, $p < 0.0001$), mientras que el tono se relacionó de forma negativa con el índice de rojo (-0.73, $p < 0.0001$) y el croma (-0.26, $p < 0.0001$), y positiva con la claridad (0.68, $p < 0.0001$) y el índice de amarillo (0.31, $p < 0.0001$). La luminosidad se relacionó negativamente con el índice de rojo (-0.58, $p < 0.0001$). La deoximioglobina estuvo negativamente relacionada con el índice de amarillo (-0.62, $p < 0.0001$) y el croma (-0.54, $p < 0.0001$), mientras que la oximioglobina tuvo una relación positiva con esas variables con coeficientes parecidos. La metamioglobina, por su parte, tuvo unas correlaciones significativas ($p < 0.0001$), negativas y bajas con la claridad, índice de amarillo y tono. Al contrario, la oximiglobina tuvo la relación significativa ($p < 0.0001$) pero positiva con esas variables y con el croma.

El porcentaje de oximioglobina se relacionó negativamente con el porcentaje de metamioglobina (-0.81, $p < 0.0001$) y los porcentajes de deoximioglobina y metamioglobina estuvieron negativamente relacionadas entre ellas (-0.46, $p < 0.0001$). Tal como se aprecia los distintos estados de oxidación de la mioglobina están correlacionados significativamente con las variables de color, especialmente con el índice de amarillo y el croma. A medida que el porcentaje de metamioglobina aumenta el croma tiene tendencia a disminuir y en otros trabajos encontraron una correlación negativa (King *et al.*, 2011), aunque no muy elevada. En este experimento no se encontró relación entre ambos parámetros de color. Seguramente la buena estabilidad del color de esta carne, que mantuvo una elevada claridad y croma y valores bajos de metamioglobina, explican la falta de correlación. Posiblemente se hubiese seguido el estudio más tiempo hubiese aparecido esta relación. Los resultados de correlación significativos ($p < 0.0001$) y

Resultados y Discusión

positivos obtenidos entre croma y porcentaje de oximioglobina coinciden con los obtenidos por Allen y Cornforth (2010) con carne fresca de vacuno.

Tabla 22. Valores de correlación de Pearson (r) entre las variables del color y los porcentajes de pigmentos de la carne fresca envasada en film.

	L*	a*	b*	Croma	Tono	OxiMb	MetMb
a*	-0.58 <0.0001						
b*	NS	0.42 <0.0001					
Croma	-0.29 <0.0001	0.84 <0.0001	0.84 <0.0001				
Tono	0.68 <0.0001	-0.73 <0.0001	0.31 <0.0001	-0.26 <0.0001			
OxiMb	0.29 <0.0001	NS	0.65 <0.0001	0.46 <0.0001	0.36 <0.0001		
MetMb	-0.29 <0.0001	NS	-0.22 <0.0008	NS	-0.25 <0.0001	-0.81 <0.0001	
DMb	NS	-0.30 <0.0001	-0.62 <0.0001	-0.54 <0.0001	NS	NS	-0.46 <0.0001

NS: no significativo.

Las correlaciones de los tres pigmentos indican que lo que domina el proceso del color es la relación oxigenación-oxidación ya que a partir de la oximioglobina se inicia la oxidación y por ello la cantidad de metamioglobina está muy negativamente relacionada con la de oximioglobina (-0.81, $p < 0.0001$), mientras que su relación con la deoximioglobina es secundaria (-0.46, $p < 0.0001$).

Carne descongelada

Evolución del color de la carne descongelada y envasada en bandeja con film permeable al oxígeno

El estudio de la evolución del color de la carne, envasada en bandeja de poliestireno y cubierta con film permeable al oxígeno, mostró que el tiempo de exposición fue el factor determinante, por encima del efecto de la dieta o del engrasamiento de los terneros (tabla 23).

Tabla 23 Nivel de significación de los parámetros del color y de los pigmentos hemínicos de carne descongelada y envasada en film a lo largo del tiempo de exposición.

	Concentrado (C)	Espesor grasa (E)	Tiempo (T)	CxE	CxT	ExT	CxExT
Luminosidad (L*)	NS	*	***	NS	NS	NS	NS
Rojo (a*)	NS	**	***	NS	NS	NS	NS
Amarillo (b*)	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Croma (C*)	NS	*	***	NS	NS	NS	NS
Tono (h*)	NS	**	***	NS	NS	NS	NS
Oximioglobina	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS
Metamioglobina	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS
Deoximioglobina	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

Los valores medios de los parámetros del color se detallan en la tabla 24. El valor medio del índice de amarillo de la carne de los terneros que consumieron lino (9.4, $p < 0.05$) fue ligeramente menor que el de la carne del lote control (10.0) y también del color de la carne del lote de lino enriquecido con vitamina E (10.1). No obstante, los valores de luminosidad, índice de amarillo, croma, tono y las estimaciones de los pigmentos hemínicos no presentaron diferencias significativas. A pesar de esta pequeña variación en el índice de amarillo, el color de la carne no estuvo influido por la composición del pienso de cebo.

La carne de los terneros sacrificados con un espesor de grasa de 3 mm presentó una ligera mayor claridad (39.3 vs. 38.1, $p < 0.05$), un punto menos del índice de rojo (8.6 vs. 9.6, $p < 0.01$), un croma algo menor (13.2 vs. 13.8, $p < 0.05$) y un tono algo mayor (49.5 vs. 46.3, $p < 0.01$), respecto a los de 4 mm de engrasamiento. No obstante, la estimación de metamioglobina no varió entre ambos tipos de carne que estuvo en torno al 21% y la oximioglobina y deoximioglobina tampoco presentaron diferencias significativas según el nivel de engrasamiento de los animales. Esta carne no tuvo un color estable a lo largo del tiempo de exposición ya que excepto el índice de amarillo todos los parámetros de color evaluados y los porcentajes de pigmentos estimados variaron significativamente, aumentando la claridad, el tono, el porcentaje de metamioglobina y disminuyendo el índice de rojo, el croma y los porcentajes de oximioglobina y deoximioglobina. El

Resultados y Discusión

porcentaje de metamioglobina tuvo un crecimiento exponencial ($Y=5.88 e^{0.0094X}$, $R^2 = 0.995$) por lo que a las 144 horas ya superaba un 22% del total de los pigmentos y es sabido que con este porcentaje de metamioglobina ya existe un gran rechazo por parte del consumidor (McDougall, 1982).

Tabla 24. Medias mínimo cuadráticas, error estándar y niveles de significación de los parámetros del color de carne descongelada y envasada en film.

	Concentrado (C)			SEM	Espesor grasa (E)			Sig. C	Sig. E	Sig CxE
	Control	Lino	Lino+ Vit. E		3 mm	4 mm	SEM			
Luminosidad (L*)	38.2	38.5	39.4	0.49	39.3a	38.1b	0.40	NS	*	NS
Rojo (a*)	9.1	9.1	9.1	0.24	8.6b	9.6a	0.19	NS	**	NS
Amarillo (b*)	10.0a	9.4b	10.1a	0.18	9.8	9.8	0.15	*	NS	NS
Croma (C*)	13.7	13.2	13.7	0.23	13.2b	13.8a	0.19	NS	*	NS
Tono (h*)	48.5	46.7	48.4	0.88	49.5a	46.2b	0.72	NS	**	NS
Oximoglobina	38.7	38.8	40.9	1.07	38.6	40.3	0.88	NS	NS	NS
Metamioglobina	21.6	20.8	20.4	1.45	21.2	20.7	0.19	NS	NS	NS
Deoximioglobina	39.7	40.4	38.7	0.75	40.2	39.0	0.61	NS	NS	NS

	Tiempo exposición (T)				SEM	Sig. T
	24 h	48 h	144 h 6 d	216 h 9 d		
Luminosidad (L*)	37.6b	37.8b	39.4a	40.0a	0.37	***
Rojo (a*)	11.2a	10.7b	8.5c	6.1d	0.20	***
Amarillo (b*)	10.0	9.9	9.7	9.8	0.17	NS
Croma (C*)	15.1a	14.6a	12.9b	11.6c	0.21	***
Tono (h*)	41.6c	43.0c	48.7b	58.1a	0.69	***
Oximoglobina	48.4a	46.8a	38.9b	23.6c	0.89	***
Metamioglobina	6.9d	10.0c	22.4b	44.5a	0.99	***
Deoximioglobina	44.7a	43.1a	38.7b	31.8c	0.65	***

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

La inclusión de lino en el pienso de cebo de terneros o la suplementación con 200 UI de vitamina E no alteró el color de la carne descongelada envasada con film permeable al oxígeno y mantenida en oscuridad a lo largo del tiempo de exposición.

Estudio del olor de carne descongelada y envasada en bandeja con film por expertos

Las notas de olor a oxidación lipídica y a crecimiento microbiano de la carne envasada en bandeja cubierta con film permeable al oxígeno y mantenida en refrigeración que fueron evaluadas por dos expertos a 24 horas, 48 horas, 144 horas y 216 horas (9 días) se detallan en la tabla 25.

Ni la inclusión de semilla de lino, ni la suplementación con vitamina E en el pienso de cebo de los terneros influyeron en la valoración del olor a rancio o el olor microbiano de la carne. La carne de los lotes de terneros cebados con el pienso control o con el pienso de lino más vitamina E tuvieron una nota media de oxidación lipídica de 2.7 puntos y la carne del lote cebado con el pienso de lino tuvo 2.6 puntos. Esta nota corresponde a una valoración de oxidación o enranciamiento entre ligera y poca.

En un principio se hubiese esperado que la carne de los terneros cebados con el pienso con lino, que teóricamente aumenta la deposición de ácidos grasos poliinsaturados, presentase mayores notas de olor a rancio debidas a la mayor oxidación de esos ácidos grasos, que la carne de los terneros cebados con el pienso control. Pero el análisis químico de la composición en ácidos grasos de la grasa intramuscular mostró que la inclusión de un 5% de semilla de lino no modificó los porcentajes de los grandes grupos de ácidos grasos. O bien, se hubiese esperado una mayor oxidación a la de la carne de los terneros cebados con el pienso de lino más vitamina E, ya que la vitamina almacenada en el músculo actuaría como antioxidante retrasando la oxidación lipídica y la oxidación de la mioglobina (Dikeman, 2007) y por tanto dándole estabilidad y alargando su vida útil. En cualquier caso, parece que la modificación en la composición de los ácidos grasos no fue suficiente como para ocasionar variaciones en la percepción de los olores desagradables debido a la composición de las dietas o al estado de engrasamiento de los terneros al sacrificio. Ni tampoco el nivel de vitamina E fue suficiente para influir en la percepción del olor.

Tabla 25. Medias mínimo cuadráticas, error estándar y niveles de significación de las notas de evaluación del olor por expertos de carne descongelada y envasada en film.

	Concentrado (C)				Espesor grasa (E)			Sig. C	Sig. E	Sig. CxE
	Control	Lino	Lino+ Vit. E	SEM	3 mm	4 mm	SEM			
Olor oxidación lipídica	2.7	2.6	2.7	0.12	2.6	2.7	0.09	NS	NS	NS
Olor a crecimiento microbiano	1.5	1.4	1.4	0.07	1.5	1.4	0.05	NS	NS	**

	Tiempo (T)				SEM	Sig. T	Sig. C*T	Sig. ExT	Sig. CxExT
	24 h (1 d)	48 h (2d)	144 h (6 d)	216 h (9 d)					
Olor oxidación lipídica	1.9c	2.4b	2.7b	3.5a	0.09	***	NS	**	NS
Olor a crecimiento microbiano	1.0b	1.1b	1.1b	2.6a	0.06	***	NS	NS	NS

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

El olor a crecimiento microbiano de la carne presentó una interacción entre la dieta de cebo y el nivel de engrasamiento, no obstante dados los valores tan próximos de las notas de valoración (1.5 vs. 1.4) su importancia comercial puede ser mínima. Lo mismo puede decirse de la interacción entre el nivel de engrasamiento con el tiempo en la valoración de la oxidación lipídica dado que las notas para cada nivel fueron crecientes con valores próximos entre sí, pero no siempre los de mayor engrasamiento tuvieron mayor nota. Las notas de olor a oxidación lipídica de la carne aumentaron de forma significativa con el tiempo de exposición, este aumento se produjo de forma regular. A las 24 h el olor a rancio fue ligero, entre las 48 horas y los 6 días el olor fue poco y a los nueve días estuvo entre poco y moderado. El olor a crecimiento microbiano fue menor que el de oxidación lipídica ya que sus puntuaciones fueron menores, tal como se aprecia en la tabla 25. La composición del pienso de cebo no influyó en la valoración del olor a crecimiento microbiano y las puntuaciones medias según dietas estuvieron entre 1.4 y 1.5. El nivel de engrasamiento de los terneros al sacrificio tampoco tuvo efecto significativo y sus notas fueron prácticamente idénticas 1.5 y 1.4. Se dio una interacción entre dieta y nivel de engrasamiento pero dada la similitud de las notas esto no presenta interés. El tiempo de exposición en la bandeja tuvo un

Resultados y Discusión

efecto significativo en el aumento del olor microbiano, en una primera fase de las 24 horas hasta los 6 día se mantuvo estable con una nota de 1 que corresponde a la ausencia de olor microbiano, en el día 9 se pasó a una nota media de 2.6 entre ligero y poco olor microbiano.

Correlación entre color y olor de la carne descongelada envasada en film

El estudio de correlación entre las variables de color y de percepción del olor de la carne se detalla en la tabla 26. Se aprecia que el croma estuvo más relacionado con el índice de rojo (0.90, $p < 0.0001$) que con el de amarillo (0.59, $p < 0.0001$), mientras que el tono de la carne se relacionó negativamente solo con el índice de rojo (-0.89, $p < 0.0001$). El porcentaje de oximioglobina estuvo positivamente relacionado con el índice de rojo (0.74, $p < 0.0001$) y el croma (0.72, $p < 0.0001$) y negativamente con el tono (-0.60, $p < 0.0001$). Mientras que la metamioglobina presentó la relación inversa con esas variables, y además una relación negativa con la oximioglobina (-0.94, $p < 0.0001$) y la deoximioglobina (-0.80, $p < 0.0001$).

Tabla 26. Valores de correlación de Pearson entre las variables del color y de la valoración de olor de la carne descongelada y envasada en film.

	L*	a*	b*	Croma	Tono	OxiMb	MetMb	DMb	Olor rancio
a*	-0.63 <0.0001								
b*	NS	NS							
Croma	-0.48 <0.0001	0.90 <0.0001	0.59 <0.0001						
Tono	0.64 <0.0001	-0.89 <0.0001	NS	-0.60 <0.0001					
OxiMb	NS	0.74 <0.0001	0.33 <0.0001	0.72 <0.0001	-0.60 <0.0001				
MetMb	NS	-0.73 <0.0001	NS	-0.60 <0.0001	0.71 <0.0001	-0.94 <0.0001			
DMb	NS	0.50 <0.0001	-0.39 <0.0001	NS	-0.69 <0.0001	0.56 <0.0001	-0.80 <0.0001		
Olor rancio	NS	-0.54 <0.0001	NS	-0.47 <0.0001	0.51 <0.0001	-0.67 <0.0001	0.71 <0.0001	-0.58 <0.0001	
Olor microb.	NS	-0.58 <0.0001	NS	-0.43 <0.0001	0.60 <0.0001	-0.67 <0.0001	0.70 <0.0001	-0.53 <0.0001	0.45 <0.0001

NS: no significativo.

Resultados y Discusión

Las notas de olor a rancio y microbiano presentaron una correlación media entre ellas (0.45, $p < 0.0001$), estando positivamente correlacionadas con el porcentaje de metamioglobina (0.70, $p < 0.0001$) y negativamente con los porcentajes de oximioglobina y deoximioglobina. Lo cual evidencia que conforme los pigmentos se oxidan dando paso a la metamioglobina, el olor a rancio debido a la oxidación lipídica también lo hace paralelamente (Liu *et al.*, 1995). Las correlaciones obtenidas entre el porcentaje de oximioglobina, el índice de rojo, el croma y el tomo fueron muy similares en significación, signos y coeficientes a las obtenidas en carne picada mantenida a 4 °C durante 14 días por Allen y Cornforth (2010), lo que sugiere que el proceso de congelación y descongelación puede ser tan agresivo como el picado para el color de la carne.

Evolución de color de la carne descongelada y envasada en MAP

Al igual que ocurrió con la carne envasada en film permeable al oxígeno, la evolución del color de la carne envasada en MAP y mantenida en iluminación estuvo más influida por el tiempo de exposición que por la dieta o el nivel de engrasamiento de los terneros (tabla 27).

La composición del pienso, con semilla de lino o con mayor riqueza de vitamina E no tuvo ninguna influencia sobre el color de este tipo de carne, descongelada y envasada en MAP. Los valores medios de claridad estuvieron entre 39.2 y 40.7, los de croma entre 10.0 y 10.7 y los de metamioglobina entre 28.9 y 30.9 y oximioglobina entre 21.3 y 25.2. Por ello el color de esta carne fue más rojo y peor apariencia (tabla 28). En otros trabajos la suplementación de vitamina E sí estabilizó o mejoró el color de la carne, así Lanari *et al.*, (1993) encontraron que la suplementación en el alimento de 2100 UI de vitamina E aumentó el croma y el índice de rojo en la carne de terneros Holstein, en carne que estuvo congelada 3 meses. Parece que la congelación durante periodos más largos desactiva la eficacia antioxidante de la vitamina E. No obstante, la suplementación diaria de los terneros de este trabajo no fue tan elevada como el citado.

Tabla 27. Nivel de significación de los parámetros del color y de los pigmentos hemínicos de carne descongelada y envasada en MAP a lo largo del tiempo de exposición.

	Concentrado (C)	Espesor grasa (E)	Tiempo (T)	CxE	CxT	ExT	CxExT
Luminosidad (L*)	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS
Rojo (a*)	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS
Amarillo (b*)	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS
Croma (C*)	NS	*	***	NS	NS	NS	NS
Tono (h*)	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS
Oximioglobina	NS	*	***	NS	NS	NS	NS
Metamioglobina	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS
Deoximioglobina	NS	*	***	NS	NS	*	NS

NS: no significativo.

El sacrificio de los animales con un mayor nivel de engrasamiento tuvo un ligero efecto negativo en el color de la carne al modificar significativamente el valor de croma (10.0 vs 10.9, $p < 0.05$) y el de los pigmentos: oximioglobina (20.3 vs. 25.7, $p < 0.05$) y deoximioglobina (51.4 vs 43.1, $p < 0.05$).

Durante el tiempo de exposición todas las variables de color medidas variaron significativamente. La claridad (34.9 a 43.4, $P < 0.0001$) el tono (28.3 a 48.1, $p < 0.0001$) y la metamioglobina (21.9 a 43.2, $p < 0.0001$) aumentaron con el tiempo, mientras que la deoximioglobina disminuyó (80.3 a 31.6, $p < 0.0001$) y el resto de variables aumentaron para después disminuir. El valor máximo de croma de 13.4 fue mucho más bajo de 18, que se toma como referencia en las carnes rojas (McDougall, 1982), por lo que su aspecto fue poco atractivo a la vista del observador.

Estudio de la oxidación lipídica de la carne descongelada y envasada en MAP

Los resultados del análisis estadístico de la evolución de la oxidación lipídica de carne descongelada y envasada en bandeja con MAP se detalla en la tabla 29. Se puede ver que ni la composición del pienso de cebo ni el nivel en engrasamiento de las canales afectaron a la evolución de la oxidación lipídica de la carne durante su exposición,

Tabla 28. Medias mínimo cuadráticas, error estándar y niveles de significación de los parámetros del color de carne descongelada y envasada en MAP a lo largo del tiempo de exposición.

	Concentrado (C)			SEM	Espesor grasa (E)		SEM	Sig. C	Sig. E	Sig CxE
	Control	Lino	Lino+ Vit. E		3 mm	4 mm				
Luminosidad (L*)	40.7	39.4	39.2	0.75	40.0	39.6	0.61	NS	NS	NS
Rojo (a*)	7.7	8.2	7.7	0.35	7.5	8.3	0.28	NS	NS	NS
Amarillo (b*)	7.1	6.6	6.0	0.29	6.3	6.7	0.24	NS	NS	NS
Croma (C*)	10.7	10.7	10.0	0.25	10.0b	10.9a	0.21	NS	*	NS
Tono (h*)	41.9	38.7	37.6	2.14	39.6	39.2	1.76	NS	NS	NS
Oximioglobina	25.2	22.5	21.3	1.47	20.3b	25.7a	1.20	NS	*	NS
Metammioglobina	29.5	30.9	28.9	1.84	28.4	31.2	1.51	NS	NS	NS
Deoximioglobina	45.3	46.5	49.8	2.03	51.4a	43.1b	1.65	NS	*	NS

	Tiempo exposición (T)			SEM	Sig. T
	24 h 1 d	96 h 4 d	240 h 10 d		
Luminosidad (L*)	34.9c	40.9b	43.4a	0.49	***
Rojo (a*)	7.5b	9.9a	6.2c	0.28	***
Amarillo (b*)	3.9c	8.8a	6.8b	0.21	***
Croma (C*)	8.6b	13.4a	9.3b	0.22	***
Tono (h*)	28.3c	41.8b	48.0a	1.53	***
Oximioglobina	-2.2c	46.0a	25.2b	1.42	***
Metaamioglobina	21.9c	24.3b	43.2a	1.21	***
Deoximioglobina	80.3a	29.7b	31.6b	1.51	***

NS: no significativo; * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas (p< 0.05) entre ellas.

medida con la metodología de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) (tabla 30) y expresadas en miligramos de malonaldehído por kilo de carne. Con un tiempo de exposición hasta los 10 días la oxidación lipídica fue aumentando significativamente muy rápidamente.

La dieta del pienso con lino enriquecido con vitamina E presentó 1.3 mg/kg de carne de TBARS que fue ligeramente menor al valor de 1.5 mg/kg de las dietas control y de lino, no obstante esta diferencia no fue significativa (tabla 30). Por otro lado, con el aumento del espesor de grasa no se apreció un aumento significativo de la oxidación lipídica ya que se hallaron valores de 1.4 y de 1.5 mg/kg carne para los dos engrasamientos.

Tabla 29. Nivel de significación de la oxidación lipídica de carne descongelada y envasada en MAP a lo largo del tiempo de exposición.

	Concentrado (C)	Espesorgrasa (E)	Tiempo (T)	CxE	CxT	ExT	CxEx T
TBARS. mg/kg	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

A medida que aumentaba el tiempo de exposición de 1 día, 4 días y a 10 días los niveles de TBARS aumentaron significativamente. Partiendo el primer día de 0.1 mg/kg de carne a 1.5 mg/kg carne a los cuatro días lo cual representó un nivel relativamente alto de enranciamiento y al llegar a 2.7 mg/kg carne a los diez días ya se sobrepasó los 2 mg/kg que se indican como límite de aceptabilidad por el consumidor (Campo *et al.*, 2006). Que a los cuatro días la oxidación de la carne ya alcanzase el valor de 1.5 mg/kg es alto, ya que en carne picada Allen y Cornforth (2010) obtuvieron 1.12 mg/kg a los 14 días. Esta carne que había estado congelada fue más sensible a la oxidación lipídica que la carne fresca envasada y expuesta, así filetes de carne envasados en MAP (80% O₂ + 20% CO₂) en vitrina con 14 horas de luz presentaron un valor de 1.1 mg de malonaldehído/kg de carne a los 14 días de exposición (Camo *et al.*, 2011), filetes de carne envasados en MAP (70% O₂ + 20% CO₂ + 10% N₂) mantenidos refrigerados en oscuridad presentaron valores de 0,9 o 1,2 mg de malonaldehído/kg de carne a los 12 días de exposición (Djenane *et al.*, 2001; Djenane *et al.*, 2002) y si se pulverizaba con extracto de romero y vitamina C se reducía la oxidación ya que a los 25 días tuvo solo 1.3 mg de malonaldehído/kg carne (Djenane *et al.*, 2003). La carne envasada en film permeable al oxígeno con luz y refrigeración de terneros castrados de raza Hereford cebados con pienso tuvieron una baja oxidación a los 13 días de exposición de 0.4 mg malonaldehído/kg carne que fue aún menor cuando los animales recibieron una suplementación de 1000 UI de vitamina E durante la fase de acabado ya que la oxidación lipídica fue de <0.2 mg malonaldehído/kg carne (Realini *et al.*, 2004). En relación a la carne envasada al vacío, la carne envasada en una atmósfera de alta concentración de oxígeno presenta mayor oxidación lipídica (Kim *et al.*, 2010). Asimismo, Muela *et al.*, (2010) en carne de cordero

Resultados y Discusión

encontraron mayores porcentajes de TBARS en carne congelada que en carne fresca a lo largo de 10 días de exposición.

Tabla 30. Medias mínimo cuadráticas, error estándar y niveles de significación de la oxidación lipídica de carne descongelada y envasada en MAP a lo largo del tiempo de exposición.

	Concentrado (C)			SEM	Espesor grasa (E)			Sig. C	Sig. E	Sig. CxE
	Control	Lino	Lino+ Vit. E		3 mm	4 mm	SEM			
TBARS . mg/kg	1.5	1.5	1.3	0.09	1.4	1.5	0.07	NS	NS	NS

	Tiempo exposición (T)			SEM	Sig. T
	1	4 d	10 d		
TBARS. mg/kg	0.1	1.5	2.7	0.07	***

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

Aunque la inclusión de semilla de lino modificó ligeramente el perfil de los ácidos grasos poliinsaturados de la grasa intramuscular no parece que esto haya alterado el nivel de enranciamiento de esta grasa. Por su parte, el enriquecimiento del pienso con vitamina E tampoco parece que haya ejercido una acción antioxidante importante, aunque se notó una ligera tendencia a menores valores de enranciamiento. La diferencia de engrasamiento al sacrificio tampoco modificó el grado de enranciamiento de la grasa de veteado.

Correlación entre el color y la oxidación lipídica de la carne descongelada y envasada en MAP

El estudio de la correlación entre los parámetros del color y la oxidación lipídica de la carne descongelada envasada en MAP aparece en la tabla 31. En ella se aprecia que el croma de esta carne estuvo muy relacionado con el índice de rojo (0.83, $p < 0.0001$) y el de amarillo (0.73, $p < 0.0001$) mientras que el tono de la carne se relacionó positivamente con la luminosidad (0.91), el índice de amarillo

Resultados y Discusión

(0.71, $p < 0.0001$) y negativamente con el índice de rojo (-0.49, $p < 0.0001$). El porcentaje de oximioglobina estuvo positivamente relacionado con el índice de amarillo (0.86, $p < 0.0001$), de rojo (0.50, $p < 0.0001$) y el croma (0.83, $p < 0.0001$) y, a diferencia de la carne fresca y la descongelada y envasada en film, también positivamente con el tono (0.41, $p < 0.0001$). La metamioglobina por su parte presentó una correlación negativa solo con el índice de rojo (-0.40, $p < 0.0001$). Además, la oximioglobina, a diferencia de lo ocurrido en las otras dos carnes (fresca y descongelada envasada en film) no presentó correlación con la metamioglobina y se correlacionó negativamente con la deoximioglobina (-0.86, $p < 0.0001$).

La oxidación lipídica (TBARS) estuvo muy correlacionada y de forma positiva con el porcentaje de metamioglobina (0.80, $p < 0.0001$), oximioglobina (0.44, $p < 0.0001$), con la claridad (0.68, $p < 0.0001$) y el tono (0.61, $p < 0.0001$) y negativamente con la cantidad de deoximioglobina (-0.78, $p < 0.0001$). Sin embargo, el TBARS no estuvo correlacionado con el croma ni con el índice de rojo. La correlación entre TBARS y el porcentaje de metamioglobina de 0.80 fue mayor al valor de 0.30 encontrado por McKenna *et al.*, (2005) en un estudio con 19 músculos de bovino. Aunque ese trabajo dio una relación negativa, ya que calcularon el porcentaje de metamioglobina a partir de la relación $(K/S)_{572}/(K/S)_{525}$ que tiene una evolución decreciente, y que altos valores indican bajos porcentajes de metamioglobina.

Si se comparan las dos carnes descongeladas, una envasada en film y la otra en MAP se evidencia que la elevada concentración de oxígeno del envasado en MAP hizo que la desoximioglobina pasase más rápido o directamente a metamioglobina dominando el proceso, por encima de la actividad de la oximioglobina. Al comparar la evolución del color durante la exposición de la carne que estuvo congelada con la de la carne fresca se observa que la carne descongelada (con film o con MAP) presentó menor claridad, ya que la claridad de la carne fresca estuvo por encima de 42 mientras que la descongelada se mantuvo por debajo de 40. También su croma fue mucho menor, disminuyendo durante la exposición desde 18.8 a 17.6 en la carne fresca, de 15.1 a 11.6 en la descongelada en film y de 8.6 a 9.3 en la descongelada en MAP. Asimismo, durante el tiempo de exposición la

Resultados y Discusión

cantidad de metamioglobina de la carne descongelada a las 24 horas y envasada en film casi triplicó, y la envasada en MAP casi octuplicó los porcentajes del de la carne fresca a ese tiempo. Lo cual se evidencia que la carne congelada tiene problemas de color al descongelarla y envasarla para su posible comercialización. En la carne congelada, y en mayor medida cuanto más tiempo lleve congelada, la actividad de la mioglobina reductasa se reduce (Farouk y Swan, 1998) con lo cual el pigmento después de la descongelación no llega a alcanzar los valores de color de la carne fresca. El mayor porcentaje de metamioglobina de la carne en MAP que en film, cuando la carne estuvo previamente envasada al vacío está confirmado por los resultados de otros experimentos (Lagerstedt *et al.*, 2011b). Por ello se recomiendan maduraciones de 6-8 días para mejorar la terneza pero sin comprometer la vida comercial (color) del producto fileteado y envasado en MAP (Pérez-Juan *et al.*, 2011). La carne envasada en MAP a las 24 horas y la envasada en film a los 6 días de exposición ya no presentaban un aspecto agradable, mientras que la carne fresca mostró buen aspecto hasta los 14 días y solo un 10% de metamioglobina. Los porcentajes relativos de los tres estados químicos del pigmento se modifican y por ello la carne descongelada tiene un aspecto peor inicial que la carne fresca ya que se modifica el color y su mantenimiento a lo largo del tiempo (Abdallah *et al.*, 1999). Esta alteración del color y de otras características cualitativas de la carne descongelada se debe a la producción de cristales de hielo intracelulares y extracelulares que provocan una desnaturalización de las proteínas miofibrilares y un aumento del exudado (Martino y Zaritzky, 1988) y liberación de enzimas de los lisosomas. Sin embargo, en carne de cordero, que es una carne más sensible que la carne de añejo, el tiempo de exposición tuvo mayor influencia que el método de congelado o la duración del congelado (hasta seis meses) en los parámetros de color y oxidación lipídica (Muela *et al.*, 2010). Otros autores han encontrado que el método de descongelado, ya sea rápido o lento, tiene un impacto mínimo en la calidad de la carne ya que no altera la dureza instrumental de la carne ni los parámetros de color, la claridad o el índice de amarillo, no obstante la descongelación muy rápida aumenta un punto el índice de rojo y también aumenta las pérdidas de agua en unos cinco puntos (Eastridge y Bowker, 2011). El sistema de envasado durante la maduración y el tiempo afectan la estabilidad del color. No obstante, en otros estudios han concluido que la maduración en MAP durante un

Resultados y Discusión

máximo de 10 días no tiene efectos negativos en la estabilidad del color pero para tiempos más largos es preferible la maduración al vacío (Lindahl, 2011). Se sabe que además del efecto de la atmósfera que envuelve a la muestra de carne según el tipo de envasado, film o MAP, las condiciones de luz son más pro-oxidativas que la oscuridad, ya que la iluminación aumenta la decoloración de la carne (Djenane *et al.*, 2001; Djenane *et al.*, 2003; Lanari *et al.*, 1995).

Tabla 31. Valores de correlación de Pearson entre las variables del color y oxidación lipídica de la carne descongelada y envasada en MAP.

	L*	a*	b*	Croma	Tono	OxiMb	MetMb	DMb
a*	-0.39 <0.0001							
b*	0.71 <0.0001	ns						
Croma	NS	0.83 <0.0001	0.73 <0.0001					
Tono	0.91 <0.0001	-0.49 <0.0001	0.71 <0.0001	NS				
OxiMb	0.54 <0.0001	0.50 <0.0001	0.86 <0.0001	0.83 <0.0001	0.41 <0.0001			
MetMb	0.42 <0.0001	-0.40 <0.0001	NS	NS	0.42 <0.0001	NS		
DMb	-0.67 <0.0001	NS	-0.77 <0.0001	-0.60 <0.0001	-0.57 <0.0001	-0.86 <0.0001	-0.52 <0.0001	
TBARS	0.68 <0.0001	NS	0.46 <0.0001	NS	0.61 <0.0001	0.44 <0.0001	0.80 <0.0001	-0.78 <0.0001

NS: no significativo.

Según el manejo recibido por la carne, ya sea fresca, descongelada y reenvasada en film o en MAP hace que las correlaciones entre las variables varíen en significación y determinación (Insausti *et al.*, 1999; McMillin, 2008). Por ello, la comparación de la evolución del color de la carne sometida a distintos manejos, por medio de los valores, los atributos y los pigmentos, es una tarea complicada y en la que sin duda habrá que profundizar con más trabajos posteriores.

Calidad organoléptica de la carne evaluada por un panel entrenado**Carne envasada al vacío, efecto del tiempo de maduración**

En la tabla 32 se detallan los niveles de significación de la valoración sensorial por el panel entrenado de la carne envasada al vacío a dos tiempo de maduración, una corta de dos días y otra larga de 14 días.

Tabla 32. Nivel de significación de los atributos del panel sensorial de la carne envasada al vacío y con dos tiempos de maduración.

	Concentrado (C)	Espesor grasa (E)	Tiempo Maduración (T)	CxE	CxT	ExT	CxExT
Int. Olor vacuno	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Int. Olor lácteo	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Int. Olor rancio	NS	***	NS	NS	NS	NS	NS
Terneza	NS	***	***	NS	NS	NS	NS
Fibrosidad	NS	*	***	NS	NS	NS	NS
Jugosidad	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS
Int. Flavor vacuno	NS	*	**	*	NS	NS	NS
Int. Flavor metálico	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Int. Flavor ácido	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Int. Flavor rancio	NS	NS	*	NS	*	NS	NS
Apreciación global	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

Como puede apreciarse la composición del concentrado no influyó en ninguno de los atributos sensoriales evaluados en la carne, mientras que el nivel de engrasamiento de los terneros o el tiempo de maduración de la carne sí modificaron significativamente algunos de sus atributos. La mayor intensidad de olor y flavor de estas carnes fue a vacuno (4.8 y 5.4 puntos respectivamente), seguidas por los sabores a metálico (3.2 puntos) y ácido (2.9 puntos), y posteriormente por el olor a lácteo (1.6 puntos) (tabla 33). Los menos intensos fueron los olores y sabores a rancio que se valoraron con las menores notas (1.1 y 1.3 puntos respectivamente). Se sabe que los ácidos grasos insaturados son más sensibles a los procesos oxidativos y pueden dar olores o sabores rancios o anormales, sin embargo ni la intensidad de olor o de flavor a rancio aumentaron en las dietas que contenían lino. Tampoco la mayor suplementación con vitamina

Resultados y Discusión

En el pienso de cebo mostró una modificación en las notas de estos atributos sensoriales por parte de los panelistas.

Durante el proceso de cocinado no se produce una degradación de los ácidos grasos de la carne ni altera su distribución relativa (Sarriés *et al.*, 2009), por lo que la valoración sensorial de los olores y sabores estará ligada al perfil de los ácidos grasos de la grasa intramuscular, debida a la dieta de cebo. Dado que las dietas que contenían semilla de lino solo modificaron los porcentajes de algunos ácidos grasos poliinsaturados o la proporción entre los ácidos n-3 y los n-6, sin que variase significativamente la proporción total de ácidos grasos poliinsaturados de la grasa de veteado, parece que no tenía por qué aumentar los olores o sabores anormales o a rancio. Con carne madurada al vacío de terneras que habían consumido entre el 4 y el 5% de semilla de lino Maddock *et al.* (2006) tampoco encontraron efecto en la intensidad del sabor o en la ternura, aunque la carne fue ligeramente menos jugosa. Estos autores citan a Drouillard *et al.*, (2004) quienes no hallaron diferencias en los atributos sensoriales de terneros castrados y novillas alimentados con distintos niveles de semilla de lino, ni en terneros castrados de raza Holstein cebados con un pienso que contenía el 5% de semilla de lino.

Tabla 33. Medias y error estándar de los atributos del panel sensorial de la carne envasada al vacío y con dos tiempos de maduración.

	Concentrado (C)			SEM	Espesor grasa (E)			Tiempo maduración (T)		
	Control	Lino	Lino+ Vit. E		3 mm	4 mm	SEM	2 d	14 d	SEM
Int. Olor vacuno	4.8	4.8	4.7	0.06	4.7	4.8	0.05	4.7	4.8	0.05
Int Olor lácteo	1.6	1.5	1.4	0.06	1.4	1.5	0.05	1.4	1.5	0.05
Int. Olor rancio	1.1	1.0	1.1	0.04	1.0b	1.2a	0.04	1.0	1.1	0.04
Ternura	4.6	4.7	4.6	0.12	4.3b	4.9a	0.10	4.2b	5.0a	0.10
Fibrosidad	5.9	5.8	5.8	0.09	5.9a	5.7b	0.07	6.0a	5.6b	0.07
Jugosidad	4.0	4.1	4.1	0.08	4.0b	4.2a	0.06	4.1	4.1	0.06
Int. Flavor vacuno	5.4	5.4	5.4	0.05	5.3b	5.5a	0.04	5.3b	5.5a	0.04
Int. Flavor metálico	3.1	3.1	3.2	0.06	3.2	3.2	0.05	3.2	3.2	0.05
Int. Flavor ácido	2.9	2.9	2.9	0.07	2.8	2.9	0.05	2.8	3.0	0.05
Int. Flavor rancio	1.2	1.3	1.3	0.05	1.2	1.3	0.05	1.2b	1.3a	0.04
Apreciación global	4.2	4.2	4.1	0.08	4.1	4.3	0.06	4.1	4.2	0.06

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

Resultados y Discusión

La mayor concentración de vitamina E en la carne tampoco aumentó las notas de los olores agradables ni disminuyó la notas de los rancios por lo que parece que si no se aumenta la proporción de ácidos grasos poliinsaturados en la grasa intramuscular no tiene interés la suplementación del pienso con vitamina E, ya que encarece el coste de producción sin obtener el beneficio de su calidad antioxidante.

La valoración sensorial de la terneza y la fibrosidad de la carne no varió significativamente debido a la composición de la dieta de cebo. Tampoco la jugosidad de la carne tuvo diferencias significativas por la inclusión de semilla de lino o por suplementar el pienso con vitamina E. La ausencia de diferencias significativas en estos atributos confirma que la calidad de las carnes de las distintas dietas fue similar. Los atributos de dureza, jugosidad y flavor son los atributos que mayor importancia tiene en la descripción de la variación sensorial entre carnes (Rødbotten *et al.*, 2004). La evaluación hedónica de apreciación global de la carne fue, asimismo, puntuada por igual entre los tres tipos de pienso, reflejo de que la falta de diferenciación en los atributos ligados a textura, olor o flavor.

El mayor engrasamiento de los terneros al sacrificio tuvo efectos significativos en la calidad sensorial de la carne. Así, influyó en la intensidad de olor a rancio, en la intensidad de flavor a vacuno, en la terneza, fibrosidad y jugosidad de la carne. Los animales con mayor engrasamiento tuvieron una carne más tierna (4.9 vs. 4.3, $p < 0.0001$) con menor fibrosidad (5.7 vs. 5.9, $p < 0.0001$) y mayor jugosidad (4.2 vs. 4.0, $p < 0.05$) que la de los terneros sacrificados antes, con un menor engrasamiento. Asimismo la carne de los lotes de mayor engrasamiento presentó una mayor nota de intensidad flavor a vacuno (5.5 vs. 5.3, $p < 0.05$) y una mayor intensidad de olor a rancio (1.2 vs. 1.0, $p < 0.0001$) (tabla 33). La valoración de los demás atributos de olores a vacuno y lácteo, intensidad de sabores a metálico o rancio fueron similares. A pesar de las diferencias significativas halladas en algunos de los principales atributos, la nota de apreciación global no llegó a ser significativamente diferente (4.3 vs. 4.1) entre ambos niveles de engrasamiento de los animales. Quizás, el ligero aumento del olor a rancio pudo contrarrestar las

Resultados y Discusión

significativas diferencias halladas en los demás atributos y al final hiciera que la calidad de la carne se valorase como similar.

El efecto del tiempo de maduración de la carne sobre los atributos de calidad sensorial fue más importante que el efecto del nivel de engrasamiento de los terneros. La carne madurada 14 días fue valorada como más tierna (5.0 vs. 4.2, $p < 0.0001$), menos fibrosa (5.6 vs. 6.0, $p < 0.0001$), con mayor intensidad de flavor a vacuno (5.5 vs. 5.3, $p < 0.01$) y a rancio (1.3 vs. 1.2, $p < 0.05$), que la carne madurada solo durante 2 días. Lo cual estaría de acuerdo con los resultados de otros estudios acerca del beneficio de la maduración en los atributos sensoriales, salvo la jugosidad que no mejora (Jeremiah y Gibson, 2003). No obstante, a pesar del aumento de su terneza, que es uno de los atributos más importantes en el conjunto de sensaciones que componen la valoración global, la nota de apreciación global no fue significativamente distinta entre ambas maduraciones, lo que implica que la mejora de terneza no fue suficiente como para cambiar significativamente la nota de valoración de la carne. En relación al enranciamiento de la carne, otro factor muy importante a tener en consideración, es el ambiente anaerobio a que fue sometida la carne ya que estuvo envasada al vacío, lo que favorece la valoración de los atributos sensoriales de la carne, respecto al envasado en MAP (Lagerstedt *et al.*, 2011b). La presencia de oxígeno es el agente que normalmente inicia el proceso de oxidación y lo mantiene activo, por lo cual un ambiente no agresivo como es el envasado al vacío favorece la estabilidad de los sustratos oxidables, tal como los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, que en caso de oxidación producirán la aparición de compuestos volátiles responsables de un olor y flavor a rancio, con notas desagradables.

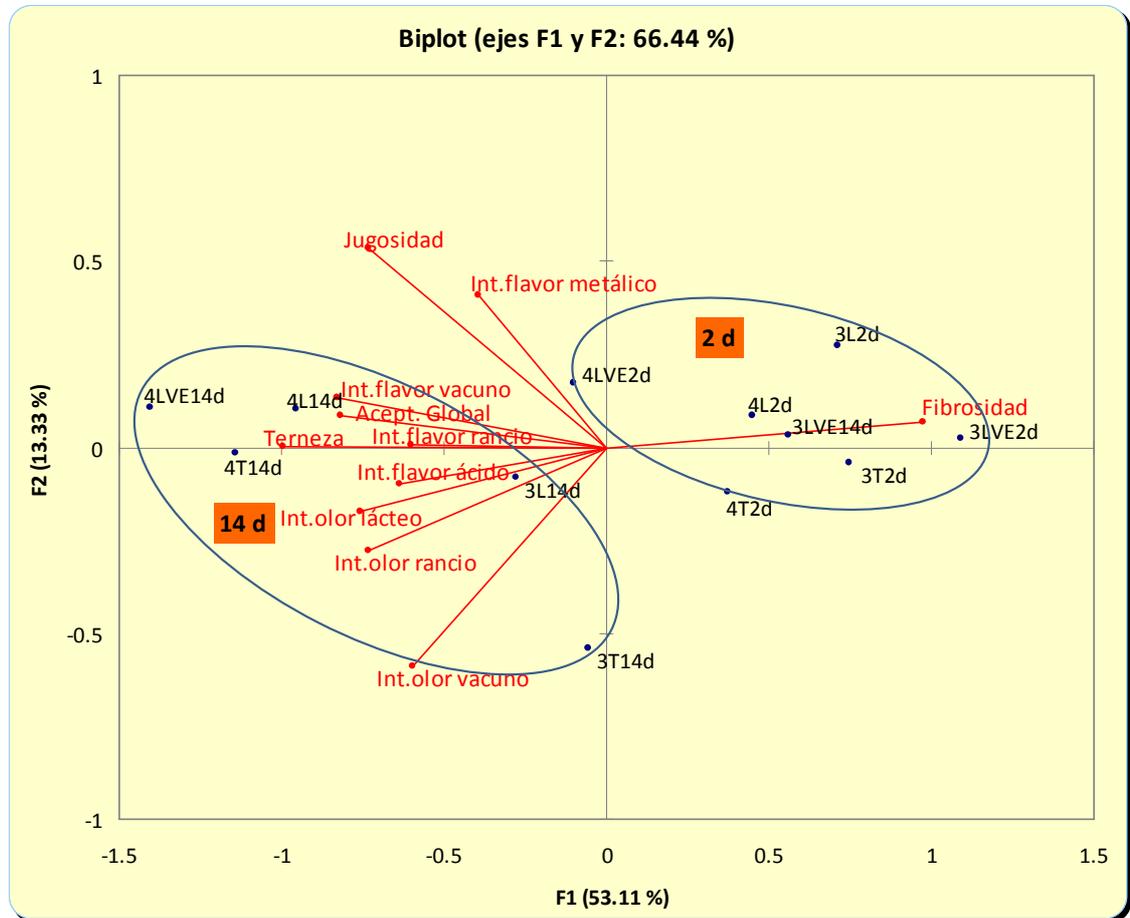
En resumen, la inclusión de semilla de lino o la suplementación con vitamina E en el pienso de cebo no influyó en la calidad sensorial de la carne de los terneros envasada al vacío. Sin embargo, el mayor nivel de engrasamiento al sacrificio de los terneros fue suficiente como para que la carne fuese valorada por el panel sensorial como de mejor calidad por atributos ligados a su textura y flavor. Asimismo, y como era de esperar, la maduración de la carne mejoró la valoración de la calidad de la carne también en atributos ligados a su textura y algunos de flavor.

Análisis multivariante de la calidad sensorial de carne de las tres dietas y los dos engrasamientos madurada envasada al vacío durante dos tiempos

Los resultados del análisis multivariante Procrusteano Generalizado del panel de cata de la carne madurada envasada al vacío aparecen en la figura 11. Se representa la distribución de los distintos lotes: tres dietas y dos niveles de engrasamiento a dos tiempos de maduración. El eje de las abscisas explica el 53.1% de la variabilidad del modelo y los atributos principales que lo componen según su correlación son la terneza (-0.99), la fibrosidad (0.97), intensidad flavor a vacuno (-0.83), apreciación global (-0.82) y las intensidad flavor ácido (-0.63) y vacuno (-0.60). El eje de las ordenadas explica el 13.3% de la variabilidad del modelo y los atributos que lo componen según su correlación son la intensidad olor vacuno (-0.59) y la jugosidad (0.53).

Las dos dimensiones explican solo un 66% de la variabilidad del modelo por lo que aún queda un tercio de la variabilidad que se explicaría por los demás atributos aunque en porcentajes menores para cada una de las nuevas dimensiones. Según esta representación bidimensional la carne madurada 14 días que aparece en la parte izquierda, cerca de los atributos de terneza, intensidad de flavor vacuno y apreciación global, y alejada del atributo fibrosidad, mientras que la carne madurada 2 días está en la posición opuesta de gráfico, excepto la del lote 3LVE14d (lote lino más vitamina E, de 3 mm de engrasamiento y 14 días maduración). La mayoría de los animales sacrificados con 4 mm de espesor de grasa se encuentran en la parte superior y más a la izquierda que los sacrificados con 3 mm de espesor de grasa por lo cual son más tiernos y jugosos, menos fibrosos y con mayor intensidad de flavor a vacuno. Únicamente cabe destacar la menor valoración de terneza, de lo esperado, del lote de terneros cebados de semilla de lino y suplementado con vitamina E y sacrificados con 3mm de espesor de grasa y cuya carne se maduró 14 días que se encuentra situada en la zona de los lotes cuya carne se maduró 2 días. Posiblemente esta singularidad podría ser debida más a la variabilidad individual que a los otros factores estudiados. El efecto de la inclusión de semilla de lino o la suplementación con vitamina E no tuvieron efecto en la valoración sensorial de la carne madurada, envasada al vacío, ya que no se aprecia una distribución ordenada de los lotes.

Figura 11 Representación multivariante de los atributos del panel sensorial de la carne de las tres dietas y los dos niveles de engrasamiento envasada al vacío.



T= lote control; L= lote lino; LVE= lote lino+ vit E; 2d= 2 días de maduración; 14 d = 14 días de maduración; 3= 3 mm de espeso grasa; 4= 4 mm espesor de grasa.

Carne envasada en MAP, efecto del tiempo de exposición

Calidad sensorial de la carne de terneros con 3 mm de engrasamiento envasada en MAP

Los niveles de significación de la valoración sensorial por el panel de la carne de los terneros sacrificados con un engrasamiento de 3 mm, madurada 7 días, envasada en MAP y expuesta durante 8 días en vitrina iluminada se detallan en la tabla 34.

Tabla 34. Nivel de significación de los atributos del panel sensorial de la carne de 3 mm de engrasamiento envasada en atmósfera protectora (MAP) a lo largo de la exposición.

	Concentrado (C)	Tiempo exposición (T)	CxT
Int. Olor vacuno	NS	***	NS
Int Olor lácteo	NS	NS	NS
Int. Olor rancio	NS	***	NS
Terneza	NS	NS	NS
Fibrosidad	NS	NS	NS
Jugosidad	NS	NS	NS
Int. Flavor vacuno	NS	***	NS
Int. Flavor hígado	NS	NS	NS
Int. Flavor ácido	NS	**	NS
Int. Flavor metálico	NS	NS	NS
Int. Flavor rancio	NS	***	NS
Apreciación global	NS	***	NS

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

La composición del concentrado no modificó significativamente la valoración de ninguno de los atributos sensoriales de la carne. Tampoco se halló ninguna interacción entre la composición de la dieta y el tiempo de exposición de la carne en la vitrina. Se hallaron diferencias significativas del tiempo de exposición de la carne en un ambiente rico en oxígeno de la atmósfera protectora que provocó una disminución de la intensidad del olor a vacuno (de 4.7 a 3.5, $p < 0.0001$) y flavor a vacuno (de 4.7 a 3.7, $p < 0.0001$) y un aumento de la intensidad de olor a rancio (de 1 a 1.8, $p < 0.0001$), flavor a rancio (de 1.1 a 3.2, $p < 0.0001$) y también del flavor ácido (de 2.5 a 2.9, $p < 0.01$), lo cual provocó que la nota de apreciación global de la carne fuese disminuyendo (de 4.3 a 3.8 y a 3.2, $p < 0.0001$) a lo largo de los 8 días de permanencia en bandeja (tabla 35).

La intensidad del flavor a hígado y a metálico mostró una tendencia creciente, mientras que la intensidad del olor lácteo permaneció estable a lo largo del tiempo de exposición.

La terneza y la fibrosidad de la carne no variaron durante los ocho días de exposición, mientras que la nota de jugosidad tendió a decrecer durante este periodo. El hecho de que la carne estuviera madurada 7 días previamente al envasado en MAP puede influir en los resultados ya que la maduración influye en

Resultados y Discusión

la textura especialmente en los primeros días tras el sacrificio (Campo *et al.*, 2000)

Tabla 35. Medias y error estándar de los atributos del panel sensorial de la carne de 3 mm de engrasamiento envasada en atmósfera protectora (MAP) a lo largo de la exposición.

	Concentrado (C)			SEM	Tiempo exposición (T)			SEM
	Control	Lino	Lino+ Vit. E		0 d	4 d	8 d	
Int. Olor vacuno	4.0	4.1	4.0	0.12	4.7a	3.9b	3.5c	0.05
Int Olor lácteo	1.1	1.3	1.2	0.07	1.2	1.2	1.2	0.07
Int. Olor rancio	1.4	1.6	1.4	0.08	1.0b	1.5a	1.8a	0.08
Terneza	4.3	4.4	4.3	0.14	4.4	4.4	4.3	0.14
Fibrosidad	5.8	5.7	5.8	0.13	5.8	5.7	5.8	0.13
Jugosidad	3.5	3.7	3.9	0.10	3.9	3.8	3.5	0.10
Int. Favor vacuno	4.1	4.2	4.3	0.11	4.7a	4.1b	3.7c	0.11
Int. Flavor hígado	1.6	1.6	1.6	0.06	1.5	1.6	1.7	0.06
Int. Flavor ácido	2.7	2.6	2.7	0.09	2.5b	2.6b	2.9a	0.09
Int. Flavor metálico	2.8	2.8	2.8	0.05	2.8	2.8	2.9	0.05
Int. Flavor rancio	2.2	2.3	2.0	0.10	1.1c	2.2b	3.2a	0.10
Apreciación global	3.8	3.8	3.8	0.11	4.3a	3.8b	3.2c	0.11

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

Calidad sensorial de la carne de terneros con 4 mm de engrasamiento envasada en MAP

Los niveles de significación de la valoración sensorial por el panel de la carne de los terneros sacrificados con un engrasamiento de 4 mm, madurada 7 días y envasada en MAP y expuesta durante hasta 8 días en vitrina iluminada se detallan en la tabla 36.

La composición del concentrado sólo tuvo efecto significativo en la intensidad de flavor metálico de la carne sin que variasen los demás atributos sensoriales evaluados. El tiempo de exposición de la carne en MAP modificó significativamente varios atributos sensoriales de olor y flavor. Así, la intensidad del olor a vacuno disminuyó (de 4.6 a 3.8, $p < 0.0001$ puntos) y flavor a vacuno (de 5.3 a 4.7, $p < 0.0001$), mientras que aumentaron la intensidad de olor a rancio (de 1.3 a 1.7, $p < 0.05$), flavor a rancio (de 1.1 a 3.6, $p < 0.0001$) y también del flavor ácido (de 2.7 a 3.1, $p < 0.01$), y por ello la apreciación global de la carne disminuyó

Resultados y Discusión

(de 4.3 a 3.7 y a 2.9, $p < 0.0001$) a lo largo de los 8 días de permanecer en bandeja (tabla 37). La intensidad del olor a lácteo mostró una tendencia decreciente, mientras que la intensidad del flavor a hígado y metálico permanecieron estables a lo largo del tiempo de exposición. Tampoco la terneza, la fibrosidad y la jugosidad de la carne variaron de forma significativa durante los ocho días de exposición.

Tabla 36. Nivel de significación de los atributos del panel sensorial de la carne de 4 mm de engrasamiento envasada en atmósfera protectora (MAP) a lo largo de la exposición.

	Concentrado (C)	Tiempo exposición (T)	CxT
Int. Olor vacuno	NS	***	NS
Int Olor lácteo	NS	NS	NS
Int. Olor rancio	NS	*	NS
Terneza	NS	NS	NS
Fibrosidad	NS	NS	NS
Jugosidad	NS	NS	NS
Int. Flavor vacuno	NS	***	NS
Int. Flavor hígado	NS	NS	NS
Int. Flavor ácido	NS	**	NS
Int. Flavor metálico	*	NS	NS
Int. Flavor rancio	NS	***	NS
Apreciación global	NS	***	NS

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

No se halló ninguna interacción entre la composición de la dieta y el tiempo de exposición de la carne en la vitrina.

Así pues, la inclusión de semilla de lino en la dieta de cebo no tuvo ningún efecto en los olores o sabores negativos ligados al enranciamiento en la valoración sensorial. No obstante, el aumento de la intensidad de olor y flavor a rancio a lo largo del tiempo de exposición se vio acelerado por la atmósfera de alta concentración de oxígeno del envasado (Kim *et al.*, 2010), y en su conjunto el consumidor los valora como olores y sabores desagradables. El aumento del tiempo de exposición de la carne de los terneros sacrificados a 3 mm y 4 mm de espesor de grasa provocó, en ambas, una disminución de la intensidad del olor y del flavor a vacuno y un aumento de la intensidad de flavor ácido y de la intensidad del olor y flavor a rancio, que fue la causa de una disminución de la apreciación global de la carne.

Tabla 37. Medias y error estándar de los atributos del panel sensorial de la carne de 4 mm de engrasamiento envasada en atmósfera protectora (MAP) a lo largo de la exposición.

	Concentrado (C)			SEM	Tiempo exposición (T)			SEM
	Control	Lino	Lino+ Vit. E		0 d	4 d	8 d	
Int. Olor vacuno	4.2	4.3	4.3	0.08	4.6a	4.3b	3.8c	0.08
Int. Olor lácteo	1.3	1.3	1.5	0.10	1.5	1.4	1.2	0.10
Int. Olor rancio	1.7	1.4	1.5	0.10	1.3b	1.6ab	1.7a	0.10
Terneza	4.2	4.2	4.3	0.18	4.1	4.3	4.3	0.18
Fibrosidad	5.7	5.7	5.6	0.14	5.7	5.7	5.6	0.14
Jugosidad	3.5	3.6	3.8	0.13	3.8	3.6	3.6	0.14
Int. Favor vacuno	4.9	5.0	5.1	0.09	5.3a	5.0a	4.7b	0.09
Int. Flavor hígado	1.6	1.7	1.7	0.07	1.7	1.7	1.7	0.07
Int. Flavor ácido	2.9	2.7	2.9	0.09	2.7b	2.7b	3.1a	0.09
Int. Flavor metálico	2.7a	2.4b	2.5ab	0.08	2.5	2.4	2.5	0.08
Int. Flavor rancio	2.5	2.2	2.4	0.14	1.1c	2.4b	3.6a	0.15
Apreciación global	3.6	3.6	3.8	0.12	4.3a	3.7b	2.9c	0.13

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

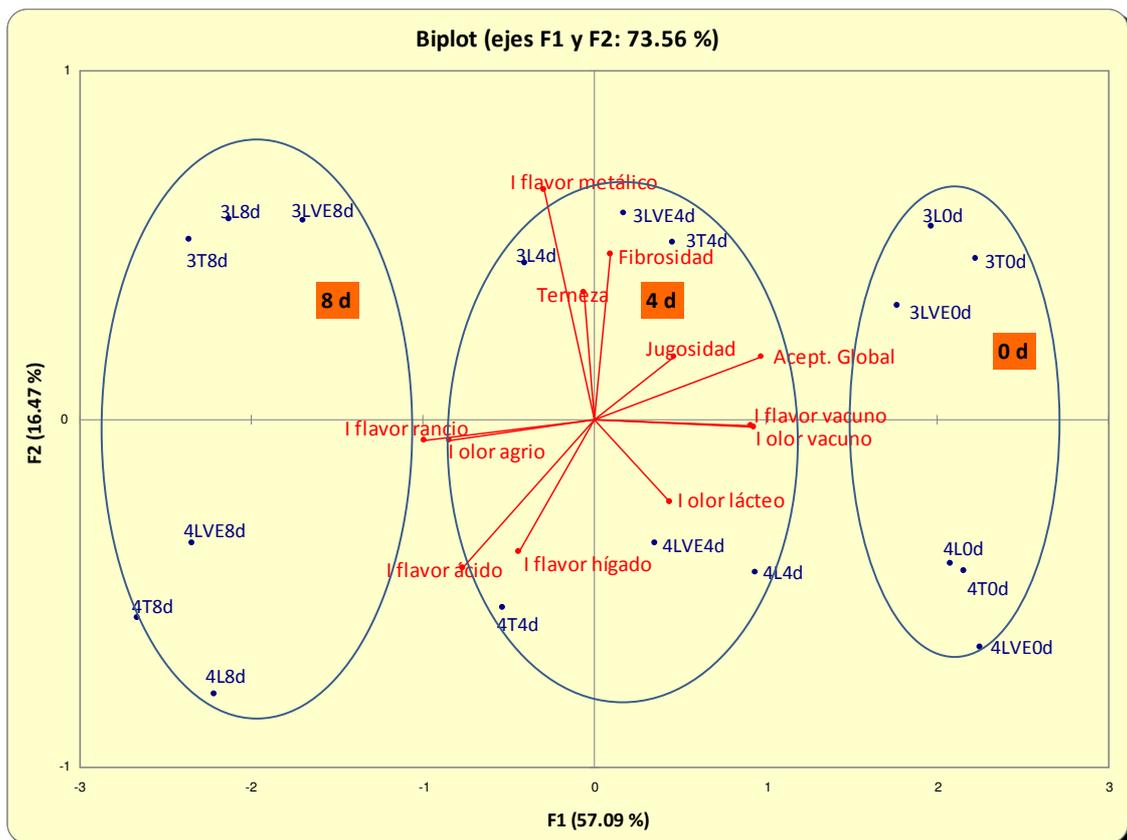
Con el tiempo de exposición en MAP los atributos positivos de la evaluación sensorial de la carne como intensidad de olor y flavor a vacuno y apreciación global disminuyeron mientras que los atributos negativos tales como intensidad de olor y flavor rancio y metálico aumentaron, lo cual coincide con resultados de la percepción del flavor por oxidación de la carne de vacuno envasada en ambientes ricos en oxígeno (Campo *et al.*, 2006).

Con el aumento del tiempo de exposición la valoración de la terneza no fue en aumento, ni la fibrosidad en disminución lo que implica que esta carne, que previamente había sido madurada durante 7 días, ya había alcanzado su máximo ablandamiento debido al proceso enzimático, lo cual está de acuerdo con otros trabajos realizados con esta raza (Campo *et al.*, 2000) y con resultados más generales de canales comerciales de categoría Choice de EEUU (Gruber *et al.*, 2006). La nota de jugosidad presentó una ligera tendencia a disminuir y la de flavor a hígado tendió a aumentar, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Análisis multivariante de la calidad sensorial de carne de las tres dietas y los dos engrasamientos envasada en MAP

Los resultados del análisis multivariante Procrusteano Generalizado del panel de cata de la carne envasada en MAP a distintos tiempo de exposición aparece en la figura 12. En dicha figura se representa en dos dimensiones la valoración sensorial de la carne envasada en MAP y con tres tiempos de exposición agrupando los animales de las tres dietas de cebo sacrificados a los dos espesores de grasa.

Figura 12. Representación multivariante de los atributos del panel sensorial de la carne de las tres dietas y los dos niveles de engrasamiento envasada en MAP sometida a tres tiempos de exposición (catas 2 y 3).



T= lote control; L= lote lino; LVE= lote lino+ vit E; 0 d= 0 días de exposición; 4 d = 4 días de exposición; 8 d= 8 días de exposición 3= 3 mm de espeso grasa; 4= 4 mm espesor de grasa.

Resultados y Discusión

En principio no se deberían analizar datos de evaluaciones sensoriales de pruebas de cata distintas (Meilgaard *et al.*, 2007), pero ya que el análisis multivariante Procrusteano Generalizado minimiza las diferencias entre panelistas, quizás podría dar resultados coherentes.

El primer factor representado en el eje de abscisas explica el 57.1% de la variabilidad del modelo y los atributos principales que lo componen según su correlación son la intensidad flavor a rancio (-0.99), la apreciación global (0.97), intensidad olor a vacuno (0.93), intensidad flavor a vacuno (0.91), la intensidad olor rancio (-0.84) y la intensidad flavor ácido (-0.77).

El segundo factor en el eje de ordenadas explica el 16.5% de la variabilidad del modelo y la intensidad flavor metálico (0.66) es el principal atributo que lo caracteriza. Se aprecia que los vectores de ternesa y fibrosidad aparecen en el mismo sentido, lo cual demuestra que al ser carne madurada ya 7 días estos dos atributos no explican nada de la variabilidad de la evaluación sensorial, confirmando tal como se había visto en el análisis estadístico GLM que no eran significativos.

Las dos dimensiones explican casi las tres cuartas partes de la variabilidad del modelo y quedaría otro cuarto de la variabilidad que se explicaría por los demás atributos. Según esta representación bidimensional el tiempo de exposición (0, 4 y 8 días) es la principal variable que separa la carne por sus atributos sensoriales y su distribución homogénea y ordenada da coherencia al análisis multivariante en que se han agrupando dos pruebas de cata distintas. Conforme la carne envasada en MAP lleva más tiempo de exposición aumentan los atributos negativos como olores y sabores a rancio y ácido y disminuyen los atributos positivos como olores y sabores a vacuno disminuyendo su aceptación global. El segundo factor separa los animales de 3 mm de engrasamiento de los de 4 mm pero también la cata 2 de la cata 3 por lo cual es un efecto que está confundido y no se puede separar. No obstante, la representación de los distintos lotes también fue homogénea y ordenada. El nivel de engrasamiento de los animales al sacrificio separa la carne por su intensidad de flavor metálico, los animales con menor engrasamiento de 3 mm obtuvieron mayores notas de flavor metálico (2.8 puntos) que los de mayor engrasamiento (2.4 a 2.7 puntos). Por ello la carne mejor

Resultados y Discusión

valorada sensorialmente (3.8 puntos) fue la de los animales sacrificados con menor espesor de grasa y que no fue envasada en MAP (0 días). Ya que este tipo de ambiente rico en oxígeno va en detrimento de la valoración sensorial, al favorecer los olores y sabores a rancio. En otros estudios han concluido que cuando la terneza de la carne se mantiene constante el flavor es el factor más importante para los consumidores (Sitz *et al.*, 2005). La composición de la dieta, ya sea la inclusión de semilla de lino o la suplementación con vitamina E no tuvieron efecto en la valoración sensorial del tiempo de exposición de carne envasada en MAP, ya que dentro de cada subconjunto aparecen distribuidos de forma desordenada.

Valoración de la carne por consumidores

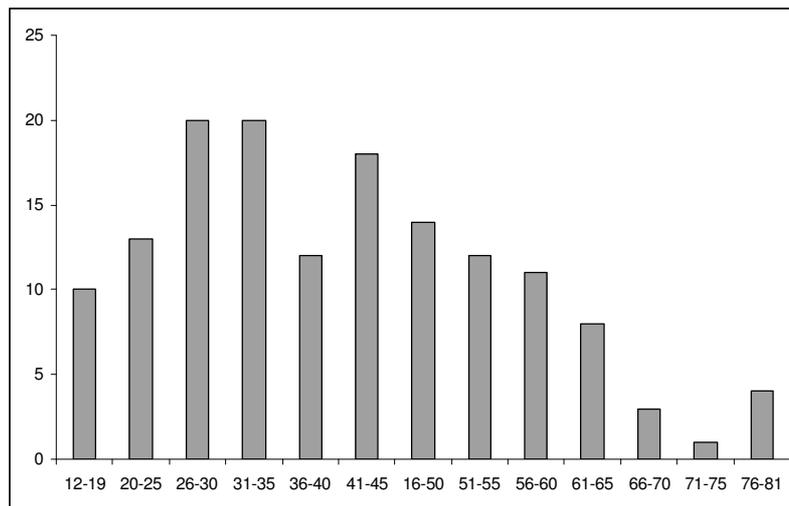
Los paneles de consumidores realizan evaluaciones sensoriales de la carne que presentan mayor varianza que las realizadas por paneles entrenados, aunque estos últimos a veces pueden sesgar los resultados (Thompson, 2002), por lo que algunos trabajos de clasificación, como el Meat Standard Australia (MSA), se realizan mediante pruebas con paneles de consumidores ya que les ofrecen más confianza. No obstante, la información que se obtienen con ambos tipos de paneles suele ser complementaria y junto con las pruebas instrumentales mejoran la interpretación de los resultados y la obtención de conclusiones para el sector de la carne.

Es muy interesante poder identificar las características socio económicas de los consumidores en relación a sus preferencias en los atributos sensoriales de la carne, ya que los consumidores que aprecian la calidad al hacer la evaluación son los que están más dispuestos a pagar por carne de mayor calidad (Beriaín *et al.*, 2009) y para ello se plantean estudios de mercado. Los estudios de mercado con consumidores exigen una gran cantidad de muestra, lo cual no era posible en este diseño experimental del presente estudio y por lo tanto no se planteó. El objetivo de este estudio era más concreto: poder determinar si la utilización de semilla de lino podría alterar negativamente la evaluación sensorial por parte de los

Resultados y Discusión

consumidores y así complementar los resultados del panel de consumidores entrenados.

Figura 13. Histograma de la distribución de edades del panel de consumidores



El panel de consumidores probó primero la carne de los terneros sacrificados al alcanzar los 3 mm de espesor de grasa y sesenta días después la carne de los terneros sacrificados con 4 mm de espesor. Los resultados de las dos evaluaciones aparecen en las tablas 38 y 39 respectivamente.

En las dos evaluaciones participaron 154 personas, de ellos un 53% mujeres y un 47% hombres, la edad media y desviación estándar fue de 40.6 ± 15.48 años (figura 13).

El panel de consumidores no halló ninguna diferencia en los cinco atributos que valoraron de la carne de los terneros sacrificados con un engrasamiento de 3 mm, mientras que en los terneros sacrificados con 4 mm los consumidores dieron una nota significativamente más alta (6.8 puntos sobre 10) en la terneza de la carne de los terneros cebados con un 5% de semilla de lino y enriquecido con vitamina E, que la carne de los terneros cebados con el pienso control (6.0) o con 5% de lino (6.1). Sin embargo, la carne de los terneros cebados con pienso que contenía

Resultados y Discusión

semilla de lino y enriquecido con vitamina E tuvo una valoración dispar en relación a los otras dos dietas de cebo, ya que fue la que alcanzó la mayor nota de terneza en los terneros de 4 mm de engrasamiento y la menor nota en los de 3 mm. La valoración de la terneza influyó en el mismo sentido en la nota de apreciación global de los dos grupos de engrasamiento.

Tabla 38. Medias y error estándar de los atributos del panel de consumidores de la carne fresca madurada 7 días según el tipo de concentrado consumido por terneros con un estado de engrasamiento de 3 mm espesor de grasa dorsal.

	Concentrado (C)			SEM	Sig. C
	Control	Lino	Lino+ Vit. E		
N	65	66	66		
Olor	6.6	6.9	6.6	0.18	NS
Sabor	7.1	7.3	6.9	0.19	NS
Terneza	7.1	7.2	6.5	0.20	NS
Jugosidad	7.3	7.3	7.0	0.20	NS
Apreciación global	7.3	7.4	6.8	0.18	NS

NS: no significativo.

Este resultado diverso podría relacionarse con el resultado singular, de menor terneza, que tuvo el lote 3LVE14d en el análisis sensorial del panel entrenado y que se manifestó en el análisis multivariante de la carne envasada al vacío (Figura 11), mientras que el lote 4LVE14d se situó en la zona de mayor terneza. Este resultado heterogéneo tanto de la valoración de los consumidores y del panel sensorial de la carne de los dos lotes que consumieron el pienso con lino enriquecidos con vitamina E probablemente esté relacionado con su mayor porcentaje de grasa intramuscular que fue de 1.69 en los lotes de lino más vitamina E de 4 mm de mientras que el lote de la misma dieta de 3 mm tendió a ser menor de lo esperado (Tabla 16).

Comparando la valoración de la carne de los dos engrasamientos por los consumidores se aprecia que en general la carne de los animales sacrificados con 4 mm de engrasamiento obtuvo menores notas que la carne de los sacrificados con

Resultados y Discusión

menor engrasamiento, excepto las notas de terneza y apreciación global de los terneros del lote de lino y vitamina E. Esta apreciación parece que no está sustentada por los resultados de la valoración sensorial realizada por el panel entrenado con la carne madurada al vacío, ya que la carne de los animales sacrificados con mayor engrasamiento fue más tierna y jugosa.

Salvo la valoración heterogénea de la terneza en los terneros del lote cebados con el concentrado con lino y vitamina E, el panel entrenado y los consumidores han coincidido en que la composición del concentrado no ha causado una distinta valoración sensorial o hedónica entre dietas. La diferencia en terneza entre los consumidores y el panel quizás podría atribuirse también a que ambos actúan de forma distinta, unos están entrenados y los otros no, y en segundo lugar a que la carne consumida por los consumidores se maduró y a continuación se consumió directamente, mientras que la carne del panel sensorial tuvo que congelarse durante unos días antes de realizar la prueba sensorial.

Tabla 39. Medias y error estándar de los atributos del panel de consumidores de la carne fresca madurada 7 días según el tipo de concentrado consumido por terneros con un estado de engrasamiento de 4 mm espesor de grasa dorsal.

	Concentrado (C)			SEM	Sig. C
	Control	Lino	Lino+ Vit. E		
N	88	88	88		
Olor	5.8	5.6	6.0	0.22	NS
Sabor	6.5	6.3	6.8	0.20	NS
Terneza	6.0b	6.1b	6.8a	0.21	**
Jugosidad	6.5	6.5	6.8	0.21	NS
Apreciación global	6.6	6.3	6.9	0.20	NS

NS: no significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

En cada línea las medias de tratamiento con diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

CONCLUSIONES

Conclusiones

CONCLUSIONES

En las condiciones de este estudio, con el material y métodos utilizados, se pueden llegar a las siguientes conclusiones:

1. La incorporación de un 5% de semilla lino al pienso de cebo no tuvo efectos negativos sobre la ganancia media diaria de peso vivo de los terneros ya que estos tuvieron una ganancia media diaria igual o superior a los terneros cebados con el pienso control. Por ello, se podría recomendar un aumento del límite publicado por FEDNA en terneros con un peso vivo superior a 150 kg. El enriquecimiento del pienso con 200 UI de vitamina E no tuvo ningún efecto significativo en la ganancia media diaria de los terneros.
2. La inclusión de un 5% de semilla de lino redujo ligeramente el rendimiento canal, sin modificar las notas de conformación y engrasamiento de las canales, y aumentó el porcentaje de grasa de recorte, pero sin afectar las proporciones de carne de distinta categoría comercial.
3. La suplementación con 200 UI de vitamina E aumentó en un 88% la concentración de vitamina E en músculo respecto a la dieta control.
4. La incorporación de semilla o el enriquecimiento con vitamina E en el pienso de cebo no afectó el pH final del músculo, lo que garantiza procesos de maduración considerados normales en la carne.
5. La incorporación de un 5% de semilla de lino o de 200 UI de vitamina E no modificó los porcentajes totales de ácidos grasos saturados, monoinsaturados o poliinsaturados. Aunque sí aumentaron significativamente los porcentajes de algunos ácidos, destacando por su función fisiológica el α -linolénico y varios isómeros del linoleico.
6. La proporción de ácidos grasos n-3, en la grasa intramuscular de los terneros que consumieron pienso con lino, aumentó de forma significativa y a la

Conclusiones

vez tendió a disminuir la proporción de ácido linoleico n-6 con lo cual la relación n-6/n-3 fue significativamente menor, más próxima a las recomendaciones nutricionales de la EFSA.

7. El porcentaje de ácidos grasos trans de la grasa de los terneros que consumieron el pienso con lino fue mayor que el de los terneros que consumieron la dieta control, aunque este aumento se debió principalmente a los ácidos vaccénico, ruménico e isómeros del linoleico.

8. El sacrificio de los terneros a un mayor nivel de engrasamiento hizo aumentar el porcentaje total de grasa monoinsaturada, debido al aumento del ácido oleico, sin que se viesen afectados los porcentajes de grasa saturada o poliinsaturada, o de ácidos grasos importantes desde el punto de vista de la nutrición humana.

9. La inclusión de un 5% de semilla de lino o el enriquecimiento con 200 UI de vitamina E al pienso de cebo no modificó el color de la grasa subcutánea de las canales.

10. La evolución del color de la carne fresca envasada en film durante el tiempo de exposición no varió en función de la composición de la dieta de cebo de los terneros.

11. La composición del pienso, no tuvo ninguna influencia sobre la evolución del color de la carne descongelada y envasada en film o en MAP, ni tampoco influyó en el olor en la envasada en film o en la oxidación lipídica en la envasada en MAP.

12. La composición del pienso con inclusión de semilla de lino o suplementación con vitamina E no influyó en ninguno de los atributos sensoriales evaluados por el panel entrenado, en carne envasada al vacío a dos tiempos de maduración ni en carne envasada en MAP a tres tiempos de exposición. Asimismo, el panel de consumidores tampoco detectó ninguna diferencia en la apreciación global de la carne debida a la composición de la dieta.

Conclusiones

13. El aumento del tiempo de maduración de la carne al vacío mejoró la ternera sin subir las notas de atributos negativos ligados a olor o flavor. Mientras que en carne madurada, el aumento del tiempo de exposición en MAP, fue en detrimento de la valoración sensorial por la variación de olores y sabores, disminuyendo los positivos a vacuno y aumentando los negativos a rancio.

Conclusiones

IMPLICACIONES

IMPLICACIONES

Los resultados de este trabajo sugieren que es posible utilizar ingredientes, como la semilla de lino, en los piensos de cebo de terneros para obtener una carne con un perfil de ácidos grasos más acorde con las recomendaciones nutricionales, sin alterar la calidad sensorial ni la vida útil de esa carne.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografia

BIBLIOGRAFÍA

- Abdallah, M. B., Marchello, J. A. y Ahmad, H. A. 1999. Effect of freezing and microbial growth on myoglobin derivatives of beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), 4093-4099.
- Abril, M., Campo, M. M., Önenç, A., Sañudo, C., Albertí, P. y Negueruela, A. I. 2001. Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat Science*, 58(1), 69-78.
- Ahmed, A. M. y Muguruma, M. 2010. A review of meat protein hydrolysates and hypertension. *Meat Science*, 86(1), 110-118.
- Albertí, P. 2002. Informe final del Proyecto INIA SC-97019. Efecto del peso de sacrificio en la composición de la canal y en la calidad de la carne de terneros Asturianos, Avileños, Moruchos, Pardos, Pirenaicos, Retintos y Rubio Gallegos. 64 pág.
- Albertí, P., Casasús, I., Ripoll, G., Panea, B. y Blanco, M. 2010a. Mejora del engrasamiento de canales de raza Pirenaica mediante la elección de la categoría comercial. *Libro de actas del II Congreso Nacional de Zootecnia.*, 112-115.
- Albertí, P., Lahoz, F., Sañudo, C., Olleta, J. L., Campo, M. M. y Panea, B. 1999. Características productivas y despiece comercial de siete razas bovinas españolas. *Feagas*, 16, 26-34.
- Albertí, P., Panea, B., Sañudo, C., Olleta, J. L., Ripoll, G., Ertbjerg, P., Christensen, M., Gigli, S., Failla, S., Concetti, S., Hocquette, J. F., Jailler, R., Rudel, S., Renand, G., Nute, G. R., Richardson, R. I. y Williams, J. L. 2008. Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds. *Livestock Science*, 114(1), 19-30.
- Albertí, P., Ripoll, G., Casasús, I., Blanco, M., Chapullé, J. L. G. y Santamaría, J. 2005a. Efecto de la inclusión de antioxidantes en dietas de acabado sobre la calidad de carne de terneros. *ITEA*, 101(2), 91-100.
- Albertí, P., Ripoll, G., Casasús, I., Panea, B. y Blanco, M. 2011a. Calidad de la carne de tres categorías comerciales de raza Pirenaica. *Libro de actas de XIV Jornadas sobre Producción Animal, Tomo II*, 751-753.
- Albertí, P., Ripoll, G., Goyache, F., Lahoz, F., Olleta, J. L., Panea, B. y Sañudo, C. 2005b. Carcass characterisation of seven Spanish beef breeds slaughtered at two commercial weights. *Meat Science*, 71(3), 514-521.
- Albertí, P., Ripoll, G., Panea, B., Campo, M. M., Kara Uzun, S. y Sanz, A. 2011b. Calidad de la carne de terneros, añojos y cebones de raza Serrana de Teruel. *AIDA, XIV Jornadas sobre Producción Animal, Tomo II*, 748-750.
- Albertí, P., Ripoll, G., Panea, B., Casasús, I., Joy, M., Congost, S. y Vallés, M. 2010b. Utilización de sistemas de cebo basados en ensilados y forrajes unifeed como alternativa al sistema de cebo a pienso; efecto en los parámetros productivos y en la calidad de la carne. *Informaciones Técnicas.*, 215, 1-16.
- Albertí, P., Ripoll, G., Sañudo, C., Olleta, J. L., Panea, B. y Lahoz, F. 2003. Color del músculo y de la grasa subcutánea de canales bovinas de siete razas faenadas a tres pesos diferentes. *ITEA, vol. Extra*, 24(I), 73-75.
- Albertí, P. y Sañudo, C. 1997. Informe de resultados del proyecto INIA SC93-053. 49 pág.

Bibliografía

- Albertí, P., Sañudo, C., Campo, M. M., Franco, J., Lahoz, F. y Olleta, J. L. 1997. Características productivas de terneros de siete razas bovinas españolas. *ITEA, extra 18*, 745-747.
- Albertí, P., Sañudo, C., Olleta, J. L., Campo, M. M., Panea, B., Lahoz, F., Tena, R., Jaime, S. y Pardos, J. J. 2001a. Producción y rendimiento carnicero de siete razas bovinas españolas faenadas a distintos pesos. *Informaciones Técnicas.*, 101, 1-16.
- Albertí, P., Sañudo, C., Olleta, J. L., Panea, B. y Lahoz, F. 2001b. Efecto del peso de sacrificio en el rendimiento cárnico de terneros de siete razas bovinas españolas. *ITEA, vol. Extra, 22(II)*, 511-513.
- Albertí, P., Sañudo, C., Panea, B., Ripoll, G., J.L., O., Campo, M. M., Joy, M., Casasús, I., Sanz, A. y Blanco, M. 2010c. Tipificación de las principales denominaciones de venta de carne de vacuno del mercado español. *Eurocarne, 184*, 83-96.
- Albertí, P., Sañudo, C. y Santolaria, P. 1995a. El cebo de terneros con pienso. *BOVIS, 63*, 43-51.
- Albertí, P., Sañudo, C. y Santolaria, P. 1995b. Sistemas intensivos de cebo de terneros en España. El cebo de terneros con heno de alfalfa complementado con pienso y El cebo de terneros con silo de maíz complementado con pienso. *BOVIS, 63*, 53-74.
- Albertí, P., Sañudo, C., Santolaria, P., Negueruela, I., Olleta, J. L., Mamaqi, E., Campo, M. M. y Álvarez, F. 1995c. Calidad de la carne de terneros de raza Parda Alpina y Pirenaica cebados con pienso rico en gluten feed y mandioca. *ITEA extra 16*, 630-632.
- Albrecht, E., Teuscher, F., Ender, K. y Wegner, J. 2006. Growth- and breed-related changes of marbling characteristics in cattle. *J. Anim Sci.*, 84(5), 1067-1075.
- Aldai, N., Murray, B. E., Nájera, A. I., Troy, D. J. y Osoro, K. 2005. Derivatization of fatty acids and its application for conjugated linoleic acid studies in ruminant meat lipids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(7), 1073-1083.
- Alomar, D., Gallo, C., Castaneda, M. y Fuchslocher, R. 2003. Chemical and discriminant analysis of bovine meat by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Meat Science*, 63(4), 441-450.
- Altarriba, J., Varona, L., Moreno, C., Yagüe, G. y Sañudo, C. 2005. Consequences of selection for growth on carcass and meat quality in Pirenaica cattle. *Livestock Production Science*, 95(1-2), 103-114.
- Alvarez-Rodríguez, J., Palacio, J., Casasús, I., Revilla, R. y Sanz, A. 2009. Performance and nursing behaviour of beef cows with different types of calf management. *Animal*, 3, 871-878.
- Alzón, M., Mendizabal, J. A., Arana, A., Albertí, P. y Purroy, A. 2007. Adipocyte cellularity in different adipose depots in bulls of seven Spanish breeds slaughtered at two body weights. *Animal*, 1(2), 261-267.
- Allen, K. y Cornforth, D. 2010. Comparison of spice-derived antioxidants and metal chelators on fresh beef color stability. *Meat Science*, 85(4), 613-619.
- Andrés, S., Murray, I., E.A., N., Fisher, A. V., Lambe, N. R. y Bünger, L. 2007. Prediction of sensory characteristics of lamb meat samples by near infrared reflectance spectroscopy. *Meat Science*, 76, 509-516.
- Andrés, S., Silva, A., Soares-Pereira, A. L., Martins, C., Bruno-Soares, A. M. y Murray, I. 2008. The use of visible and near infrared reflectance

Bibliografía

- spectroscopy to predict beef *M. longissimus thoracis et lumborum* quality attributes. *Meat Science*, 78(3), 217-224.
- Angulo, A. M. y Gil, J. M. 2007. Risk perception and consumer willingness to pay for certified beef in Spain. *Food Quality and Preference*, 18, 1106-1117.
- Anónimo. 1988. Blackmore Wagyu beef. *Japan meat grading association, Tokyo, Japan*. 7 pág.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist (17th rev. ed.) Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Arnold, R. N., Arp, S. C., Scheller, K. K., Williams, S. N. y Schaefer, D. M. 1993. Tissue equilibration and subcellular distribution of vitamin E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef. *Journal of Animal Science*, 71(1), 105-118.
- Arnold, R. N., Scheller, K. K., Arp, S. C., Williams, S. N., Buege, D. R. y Schaefer, D. M. 1992. Effect of long- or short-term feeding of alpha-tocopheryl acetate to Holstein and crossbred beef steers on performance, carcass characteristics, and beef color stability. *Journal of Animal Science*, 70(10), 3055-3065.
- Barton, L., Marounek, M., Kudrna, V., Bures, D. y Zahrádková, R. 2007. Growth performance and fatty acid profiles of intramuscular and subcutaneous fat from Limousin and Charolais heifers fed extruded linseed. *Meat Science*, 76(3), 517-523.
- Bas, P., Berthelot, V., Pottier, E. y Normand, J. 2007. Effect of level of linseed on fatty acid composition of muscles and adipose tissues of lambs with emphasis on trans fatty acids. *Meat Science*, 77(4), 678-688.
- Bauman, D. E. y Lock, A. L. 2006. Animal products and human health: perceptions, opportunities and challenges. *Proc. Cornell Nutr. Conf.*, 45-57.
- Behrends, J. M., Mikel, W. B., Armstrong, C. L. y Newman, M. C. 2003. Color stability of semitendinosus, semimembranosus, and biceps femoris steaks packaged in a high-oxygen modified atmosphere. *J. Anim Sci.*, 81(9), 2230-2238.
- Bekhit, A. E. D. y Faustman, C. 2005. Metmyoglobin reducing activity. *Meat Science*, 71(3), 407-439.
- Belew, J. B., Brooks, J. C., McKenna, D. R. y Savell, J. W. 2003. Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science*, 64(4), 507-512.
- Beltrán, J. A., Jaime, I., Santolaria, P., Sañudo, C., Albertí, P. y Roncalés, P. 1997. Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science*, 45(2), 201-207.
- Berg, R. T. y Walters, L. E. 1983. The Meat Animal: Changes and Challenges. *Journal of Animal Science*, 57(Supplement 2), 133-146.
- Beriaín, M. J., Sánchez, M. y Carr, T. R. 2009. A comparison of consumer sensory acceptance, purchase intention, and willingness to pay for high quality United States and Spanish beef under different information scenarios. *Journal of Animal Science*, 87(10), 3392-3402.
- Bernués, A., Olaizola, A. y Corcoran, K. 2003a. Extrinsic attributes of red meat as indicators of quality in Europe: an application for market segmentation. *Food Quality and Preference*, 14(4), 265-276.

Bibliografía

- Bernués, A., Olaizola, A. y Corcoran, K. 2003b. Labelling information demanded by European consumers and relationships with purchasing motives, quality and safety of meat. *Meat Science*, 65(3), 1095-1106.
- Blanco, M., Casasús, I., Ripoll, G., Panea, B., Albertí, P. y Joy, M. 2010. Lucerne grazing compared with concentrate-feeding slightly modifies carcass and meat quality of young bulls. *Meat Science*, 84(3), 545-552.
- Blanco, M., Joy, M., Ripoll, G., Sauerwein, H. y Casasús, I. 2011. Grazing lucerne as fattening management for young bulls: technical and economic performance and diet authentication. *Animal*, 5(1), 113-122.
- Blanco, M., Ripoll, G., Albertí, P., Sanz, A., Revilla, R., Villalba, D. y Casasús, I. 2008. Effect of early weaning on performance, carcass and meat quality of spring-born bull calves raised in dry mountain areas. *Livestock Science*, 115(2-3), 226-234.
- Blanco, M., Ripoll, G., Margalef, J., Albertí, P., Casasús, I. y Joy, M. 2005. Cebo de terneros en praderas de alfalfa: efecto de distintas alternativas de manejo sobre la calidad de la canal y de la carne. *ITEA, Extra*, 26, 771-773.
- Blanco, M., Villalba, D., Ripoll, G., Sauerwein, H. y Casasús, I. 2009. Effects of early weaning and breed on calf performance and carcass and meat quality in autumn-born bull calves. *Livestock Science*, 120(1-2), 103-115.
- Boccard, R., Buchter, L., Casteels, E., Cosentino, E., Dransfield, E., Hood, D. E., Joseph, R. L., MacDougall, D. B., Rhodes, D. N., Schön, I., Tinbergen, B. J. y Touraille, C. 1981. Procedures for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. Report of a working group in the commission of the European communities' (CEC) beef production research programme. *Livestock Production Science*, 8(5), 385-397.
- BOE. 1975. Resolución de la Dirección General de Comercio Alimentario sobre márgenes comerciales máximos a aplicar por detallistas carniceros en la venta al público de las distintas clases de carne. BOE nº 165, de 11 de julio 1975. pág. 15021-15022.
- BOE. 1998. Real Decreto 229/1998, de 16 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1047/1994, de 20 de mayo, sobre normas mínimas para la protección de terneros. BOE nº 41, de 17 febrero 1998. pág. 5571-5572.
- BOE. 2002. Real Decreto 142/2002, de 1 de febrero, por el que se aprueba la lista positiva de aditivos distintos de colorantes y edulcorantes para su uso en la elaboración de productos alimenticios, así como sus condiciones de utilización. BOE nº. 44, 20 de febrero 2002. pág. 6756-6799.
- BOE. 2003. Real Decreto 1698/2003, de 12 de diciembre, por el que se establecen disposiciones de aplicación de los Reglamentos comunitarios sobre el sistema de etiquetado de la carne de vacuno. BOE nº 304, de 20 diciembre 2003. pág. 45345-45350.
- BOE. 2009. Real Decreto 75/2009, de 30 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 1698/2003, de 12 de diciembre, por el que se establecen las disposiciones de aplicación de los Reglamentos comunitarios sobre el sistema de etiquetado de la carne de vacuno. BOE nº 27, de 31 enero 2009. pág. 10433-10440.
- Botsoglou, N. A., Fletouris, D. J., Papageorgiou, G. E., Vassilopoulos, V. N., Mantis, A. J. y Trakatellis, A. G. 1994. Rapid, sensitive, and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal

Bibliografía

- tissue, food, and feedstuff samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(9), 1931-1937.
- Bouton, P. E., Carrol, F. D., Harris, P. V. y Shorthose, W. R. 1973. Influence of pH and fiber contraction state upon factors affecting the tenderness of bovine muscle. *Journal of Food Science*, 38(3), 404-407.
- Boyle, P., Boffetta, P. y Autier, P. 2008. Diet, nutrition and cancer: Public, media and scientific confusion. *Annals of Oncology*, 19(10), 1665-1667.
- Brouwer, I. A., Katan, M. B. y Zock, P. L. 2004. Dietary α -Linolenic Acid Is Associated with Reduced Risk of Fatal Coronary Heart Disease, but Increased Prostate Cancer Risk: A Meta-Analysis. *Journal of Nutrition*, 134(4), 919-922.
- Bruns, K. W., Pritchard, R. H. y Boggs, D. L. 2004. The relationships among body weight, body composition, and intramuscular fat content in steers. *Journal of Animal Science*, 82(5), 1315-1322.
- Buckley, D. J., Morrissey, P. A. y Gray, J. I. 1995. Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *J. Anim Sci.*, 73(10), 3122-3130.
- Calvo, M. 2011. Ácidos grasos. <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/lipidos/acidosgrasos.html>.
- Camfield, P. K., Brown Jr, A. H., Lewis, P. K., Rakes, L. Y. y Johnson, Z. B. 1997. Effects of frame size and time-on-feed on carcass characteristics, sensory attributes, and fatty acid profiles of steers. *Journal of Animal Science*, 75(7), 1837-1844.
- Camo, J., Beltrán, J. A. y Roncalés, P. 2008. Extension of the display life of lamb with an antioxidant active packaging. *Meat Science*, 80(4), 1086-1091.
- Camo, J., Lorés, A., Djenane, D., Beltrán, J. A. y Roncalés, P. 2011. Display life of beef packaged with an antioxidant active film as a function of the concentration of oregano extract. *Meat Science*, 88(1), 174-178.
- 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.
- Campo, M. M., Santolaria, P., Sañudo, C., Lepetit, J., Olleta, J. L., Panea, B. y Albertí, P. 2000. Assessment of breed type and ageing time effects on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Science*, 55(4), 371-378.
- Campo, M. M., Sañudo, C., Panea, B., Albertí, P. y Santolaria, P. 1999. Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Science*, 51(4), 383-390.
- Carayol, M., Grosclaude, P. y Delpierre, C. 2010. Prospective studies of dietary alpha-linolenic acid intake and prostate cancer risk: A meta-analysis. *Cancer Causes and Control*, 21(3), 347-355.
- Carlucci, A., Girolami, A., Napolitano, F. y Monteleone, E. 1998. Sensory evaluation of young goat meat. *Meat Science*, 50(1), 131-136.
- Carpenter, C. E., Cornforth, D. P. y Whittier, D. 2001. Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. *Meat Science*, 57(4), 359-363.
- Casasús, I., Sanz, A., Villalba, D., Ferrer, R. y Revilla, R. 2002. Factors affecting animal performance during the grazing season in a mountain cattle production system. *Journal of Animal Science*, 80(6), 1638-1651.

Bibliografía

- Castillo, C., Benedito, J. L., Méndez, J., Pereira, V., López-Alonso, M., Miranda, M. y Hernández, J. 2004. Organic acids as a substitute for monensin in diets for beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 115(1-2), 101-116.
- Catalán, O. 2006. Alimentación sin monensina en los cebaderos de terneros. *Libro de ponencias ANEMBE, XI Congreso*, 63-76.
- Catalán, O. 2011. Estrategias para mejorar la rentabilidad de las explotaciones de cebo. *Tesis Doctoral Universidad de Zaragoza, Facultad de Veterinaria*. 217 pág.
- Cerdeño, A., Vieira, C., Serrano, E., Lavín, P. y Mantecón, A. R. 2006. Effects of feeding strategy during a short finishing period on performance, carcass and meat quality in previously-grazed young bulls. *Meat Science*, 72(4), 719-726.
- CIE. 1978. Recommendations on uniform color spaces-color differences equations psychometric color terms. Commission International de l'Eclairage. Paris. Supplement n° 2 CIE publication n° 15.
- Consigli, R. I. 1994. Influencia de la mandioca y otros subproductos agroindustriales en el cebo de terneros: parámetros productivos y calidad de la canal y de la carne. *Master of Science CIHEAM-IAMZ*. 271 pág.
- Cooper, S. L., Sinclair, L. A., Wilkinson, R. G., Hallett, K. G., Enser, M. y Wood, J. D. 2004. Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acid content of muscle and adipose tissue in lambs. *Journal of Animal Science*, 82(5), 1461-1470.
- Cornforth, D. P., Hecker, A. L., Cramer, D. A., Spindler, A. A. y Mathias, M. M. 1980. Maturity and its relationship to muscle characteristics of cattle. *Journal of Animal Science*, 50(1), 75-80.
- Cornforth, D. P. y Hunt, M. C. 2008. Low-oxygen packaging of fresh meat with carbon monoxide: meat quality, microbiology and safety. *AMSA, White Paper Series, n° 2*, 11 pág.
- Cuvelier, C., Clinquart, A., Hocquette, J. F., Cabaraux, J. F., Dufrasne, I., Istasse, L. y Hornick, J. L. 2006. Comparison of composition and quality traits of meat from young finishing bulls from Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus breeds. *Meat Science*, 74(3), 522-531.
- Chambaz, A., Scheeder, M. R. L., Kreuzer, M. y Dufey, P. A. 2003. Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat Science*, 63(4), 491-500.
- Chan, W. K. M., Hakkarainen, K., Faustman, C., Schaefer, D. M., Scheller, K. K. y Liu, Q. 1996. Dietary vitamin E effect on color stability and sensory assessment of spoilage in three beef muscles. *Meat Science*, 42(4), 387-399.
- Chin, S. F., Liu, W., Storkson, J. M., Ha, Y. L. y Pariza, M. W. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5(3), 185-197.
- Cho, H. P., Nakamura, M. y Clarke, S. D. 1999. Cloning, Expression, and Fatty Acid Regulation of the Human Δ -5 Desaturase. *Journal of Biological Chemistry*, 274(52), 37335-37339.
- Christensen, M., Ertbjerg, P., Failla, S., Sañudo, C., Richardson, R. I., Nute, G. R., Olleta, J. L., Panea, B., Albertí, P., Juárez, M., Hocquette, J.-F. y Williams, J. L. 2011. Relationship between collagen characteristics, lipid

Bibliografía

- content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds. *Meat Science*, 87(1), 61-65.
- D'Hour, P., Revilla, R. y Wright, I. A. 1998. Possible adjustments of suckler herd management to extensive situations. *Annales de Zootechnie*, 47, 453-463.
- de Blas, C., García Rodellar, P. y Cambra-López, M. T., A.G. 2008. El cebo de terneros en España, una actividad respetuosa con el medio ambiente. 38 pág.
- de Blas, C., Mateos, G. G. y Rebollar, P. G. 2003. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (2ª edición). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 423 pág. [http://www1.etsia.upm.es/fedna/ARCHIVOS%20TABLAS/TABLAS%20FEDNA%20\(2ª%20ed.\).xls](http://www1.etsia.upm.es/fedna/ARCHIVOS%20TABLAS/TABLAS%20FEDNA%20(2ª%20ed.).xls).
- de la Fuente, J., Álvarez, I., Díaz, M. T., Pérez, C. y Cañeque, V. 2005. Determinación de los pigmentos de la carne por espectrofotometría. En "Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiante. Monografías INIA, Série Ganadera nº 3 226-236.
- de la Fuente, J., Díaz, M. T., Álvarez, I., Oliver, M. A., Font i Furnols, M., Sañudo, C., Campo, M. M., Montossi, F., Nute, G. R. y Cañeque, V. 2009. Fatty acid and vitamin E composition of intramuscular fat in cattle reared in different production systems. *Meat Science*, 82(3), 331-337.
- De Smet, S., Raes, K. y Demeyer, D. 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: A review. *Animal Research*, 53(2), 81-98.
- Descalzo, A. M., Insani, E. M., Biolatto, A., Sancho, A. M., García, P. T., Pensel, N. A. y Josifovich, J. A. 2005. Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef. *Meat Science*, 70(1), 35-44.
- 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.
- Díez, J., Albertí, P., Ripoll, G., Lahoz, F., Fernández, I., Olleta, J. L., Panea, B., Sañudo, C., Bahamonde, A. y Goyache, F. 2006a. Using machine learning procedures to ascertain the influence of beef carcass profiles on carcass conformation scores. *Meat Science*, 73(1), 109-115.
- Díez, J., del Coz, J. J., Bahamonde, A., Sañudo, C., Olleta, J. L., Macie, S., Campo, M. M., Panea, B. y Albertí, P. 2006b. Identifying market segments in beef: Breed, slaughter weight and ageing time implications. *Meat Science*, 74(4), 667-675.
- Dikeman, M. E. 2007. Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. *Meat Science*, 77(1), 121-135.
- Dikeman, M. E., Pollak, E. J., Zhang, Z., Moser, D. W., Gill, C. A. y Dressler, E. A. 2005. Phenotypic ranges and relationships among carcass and meat palatability traits for fourteen cattle breeds, and heritabilities and expected progeny differences for Warner-Bratzler shear force in three beef cattle breeds. *Journal of Animal Science*, 83(10), 2461-2467.
- Djenane, D., Sánchez-Escalante, A., Beltrán, J. A. y Roncalés, P. 2001. Extension of the Retail Display Life of Fresh Beef Packaged in Modified

Bibliografía

- Atmosphere by Varying Lighting Conditions. *Journal of Food Science*, 66(1), 181-186.
- Djenane, D., Sánchez-Escalante, A., Beltrán, J. A. y Roncalés, P. 2002. Ability of α -tocopherol, taurine and rosemary, in combination with vitamin C, to increase the oxidative stability of beef steaks packaged in modified atmosphere. *Food Chemistry*, 76(4), 407-415.
- Djenane, D., Sánchez-Escalante, A., Beltrán, J. A. y Roncalés, P. 2003. Extension of the shelf life of beef steaks packaged in a modified atmosphere by treatment with rosemary and displayed under UV-free lighting. *Meat Science*, 64(4), 417-426.
- DoHaSS. 1984. Department of health and Social Security. Report on health and Social Subjects nº 28. Diet and Cardiovascular Disease. HMSO, London.
- Dolezal, H. G., Smith, G. C. y Savell, J. W. 1985. Effects of USDA feeder grade and time-on-feed on carcass characteristics and cooked beef palatability. *Meat Science*, 15(3), 125-135.
- DOUE. 1991. Reglamento (CEE) Nº 1026/91 del Consejo de 22 de abril de 1991 que modifica el Reglamento (CEE) 1208/81 del Consejo por el que se establece el Modelo comunitario de clasificación de canales de vacuno pesado. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. L106/2 -L106/3.
- DOUE. 1995. Directiva 95/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de febrero de 1995, relativa a aditivos distintos de los colorantes y edulcorantes. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. L61/1, 18.3.95.
- DOUE. 2000a. Reglamento (CE) No 1760/2000, de 17 de julio de 2000 que establece un sistema de identificación y registro de los animales de la especie bovina y relativo al etiquetado de la carne de vacuno y de los productos a base de carne de vacuno y por el que se deroga el Reglamento (CE) No 827/97 del Consejo. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. L 204/1 - L 204/10.
- DOUE. 2000b. Reglamento (CE) Nº 1825/2000 de 25 de agosto de 2000 *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. L 216/8-L 216/12.
- DOUE. 2003. Reglamento (CE) No 1831/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de septiembre de 2003, sobre los aditivos en la alimentación animal. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. L 268/29- L 268/43.
- DOUE. 2005. Reglamento (CE) Nº 1/2005 del Consejo de 22 de diciembre de 2004 relativo a la protección de los animales durante el transporte y las operaciones conexas. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. L 3/1 - L 3/43.
- DOUE. 2006. Reglamento (CE) Nº 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. L 404/9 - L 404/25.
- DOUE. 2007. Reglamento (CE) no 1234/2007 del Consejo de 22 de octubre de 2007, por el que se crea una organización común de mercados agrícolas y se establecen disposiciones específicas para determinados productos agrícolas (Reglamento único para las OCM). *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. L 299/1 - L 299/49.
- DOUE. 2008a. Directiva 2008/119/CE del Consejo de 18 de diciembre de 2008 relativa a las normas mínimas para la protección de terneros. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. L 10/7 - L10/13, L10/17-L10/13.

Bibliografía

- DOUE. 2008b. Reglamento (CE) N° 361/2008 del Consejo de 14 de abril de 2008 que modifica el Reglamento (CE) n° 1234/2007. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. L 121/1 - L 121/31.
- DOUE. 2008c. Reglamento (CE) n° 1165/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 relativo a las estadísticas ganaderas y de producción de carne y por el que se derogan las Directivas 92/23/CEE, 93/24/CEE y 93/25/CEE. *Diario Oficial de la Unión Europea*. L321/1 - L321/13.
- DOUE. 2008d. Reglamento (CE) N° 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre aditivos alimentarios. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. L 354/16 - L354/33. .
- Drouillard, J. S., Seyfert, M. A., Good, E. J., Loe, E. R., Depenbusch, B. y R., D. 2004. Flaxseed for finishing beef cattle: Effects on animal performance, carcass quality, and meat composition. Pages 108–117 in Proc. 60th Flax Inst., Fargo, ND. Flax Inst., Dep. Plant Sci., Fargo, ND.
- Duckett, S. K. y Gillis, M. H. 2010. Effects of oil source and fish oil addition on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. *J. Anim Sci.*, 88(8), 2684-2691.
- Duckett, S. K., Wagner, D. G., Yates, L. D., Dolezal, H. G. y May, S. G. 1993. Effects of time on feed on beef nutrient composition. *Journal of Animal Science*, 71(8), 2079-2088.
- Dunne, P. G., Keane, M. G., O'Mara, F. P., Monahan, F. J. y Moloney, A. P. 2004. Colour of subcutaneous adipose tissue and M. longissimus dorsi of high index dairy and beef × dairy cattle slaughtered at two liveweights as bulls and steers. *Meat Science*, 68(1), 97-106.
- Dunne, P. G., Monahan, F. J., O'Mara, F. P. y Moloney, A. P. 2009. Colour of bovine subcutaneous adipose tissue: A review of contributory factors, associations with carcass and meat quality and its potential utility in authentication of dietary history. *Meat Science*, 81(1), 28-45.
- Dunne, P. G., O'Mara, F. P., Monahan, F. J. y Moloney, A. P. 2006. Changes in colour characteristics and pigmentation of subcutaneous adipose tissue and M. longissimus dorsi of heifers fed grass, grass silage or concentrate-based diets. *Meat Science*, 74(2), 231-241.
- Dunsha, F. R., D'Souza, D. N., Pethick, D. W., Harper, G. S. y Warner, R. D. 2005. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. *Meat Science*, 71(1), 8-38.
- Eastridge, J. S. y Bowker, B. C. 2011. Effect of rapid thawing on the meat quality attributes of USDA select beef strip loin steaks. *Journal of Food Science*, 76(2), 156-162.
- EFSA. 2007. (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria). Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to cyanogenic compounds as undesirable substances in animal feed Question N° EFSA-Q-2003-064. *The EFSA Journal*, 434, 1-67.
- EFSA. 2009. (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria). Scientific Opinion on Labelling reference intake values for n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids Scientific Opinion of the Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the ommission related to labelling reference intake values for n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids. *The EFSA Journal*, 1176, 1-11.

Bibliografía

- EFSA. 2010a. (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *The EFSA Journal* 8(3), 1461.
- EFSA. 2010b. (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria). Scientific report of EFSA. Outcome of the Public consultation on the Draft Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA) on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *The EFSA Journal*, 8(5): 1507, 1-232.
- Enser, M., Hallett, K., Hewitt, B., Fursey, G. A. J. y Wood, J. D. 1996. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science*, 42(4), 443-456.
- Eurostat. 2011. Production of meat: cattle carcass weight of bovine animals. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugi=1&language=en&pcode=tag00044>.
- Ewing, W. N. 1998. The Feeds Directory Commodity Products Guide. Context, Ashby de la Zouch, UK.
- FAPRI. 2010. World Meat: FRAPI 2010 Agricultural Outlook 2010-2019. In: Food and Agricultural Policy Research Institute, Iowa State University. 418 pág. <http://www.fapri.org/outlook/2010/>.
- Farouk, M. M. y Swan, J. E. 1998. Effect of rigor temperature and frozen storage on functional properties of hot-boned manufacturing beef. *Meat Science*, 49(2), 233-247.
- Faustman, C., Cassens, R. G., Schaefer, D. M., Buege, D. R., Williams, S. N. y Scheller, K. K. 1989. Improvement of Pigment and Lipid Stability in Holstein Steer Beef by Dietary Supplementation with Vitamin E. *Journal of Food Science*, 54(4), 858-862.
- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R. y Suman, S. P. 2010. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*, 86(1), 86-94.
- Ferret, A., Calsamiglia, S., Bach, A., Devant, M., Fernández, C. y García-Rebollar, P. 2008. Necesidades nutricionales ara rumiantes de cebo. Normas FEDNA. 54 pp.
- Font i Furnols, M. y Guerrero, L. 2005. Estadística aplicada al análisis sensorial. En "Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Coord. V. Cañequé y C. Sañudo. Edit. INIA y MEC. Madrid. 429-445 pág.
- Franco, J. 1997. Características productivas, calidad de la canal y calidad instrumental de la carne de 7 razas bovinas españolas. *Master of Science CIHEAM-IAMZ*. 262 pág.
- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O'Riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J. y Moloney, A. P. 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science*, 78(11), 2849-2855.
- García Regueiro, J. A. y Maraschiello, C. 2005. Oxidación lipídica de la carne. En "Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes" INIA Coordinadores V. Cañequé y C. Sañudo. pág. 300-312.

Bibliografía

- Gatellier, P., Mercier, Y., Juin, H. y Renerre, M. 2005. Effect of finishing mode (pasture- or mixed-diet) on lipid composition, colour stability and lipid oxidation in meat from Charolais cattle. *Meat Science*, 69(1), 175-186.
- Gil, M., Oliver, A. y Panea, B. 2005. Fibras musculares y longitud del sarcómero: métodos de análisis. En: *'Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en rumiantes. INIA Coodinadores V. Cañeque y C. Sañudo. pág-353-365.*
- Gil, M., Serra, X., Gispert, M., Oliver, M. A., Sañudo, C., Panea, B., Olleta, J. L., Campo, M. M., Oliván, M., Osoro, K., García-Cachan, M. D., Cruz-Sagredo, R., Izquierdo, M., Espejo, M. I., Martín, M. y Piedrafita, J. 2001. The effect of breed-production systems on the myosin heavy chain 1, the biochemical characteristics and the colour variables of Longissimus thoracis from seven Spanish beef cattle breeds. *Meat Science*, 58(2), 181-188.
- Gower, J. C. 1975. Generalized procrustes analysis. *Psychometrika*, 40, 33-51.
- Gray, J. I., Gomaa, E. A. y Buckley, D. J. 1996. Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Science*, 43(Supplement 1), 111-123.
- Greene, B. E. y Cumuze, T. H. 1982. Relationship Between TBA Numbers and Inexperienced Panelists' Assessments of Oxidized Flavor in Cooked Beef. *Journal of Food Science*, 47(1), 52-54.
- Griffin, B. A. 2008. How relevant is the ratio of dietary n-6 to n-3 polyunsaturated fatty acids to cardiovascular disease risk? Evidence from the OPTILIP study. *Current Opinion in Lipidology*, 19(1), 57-62.
- Griinari, J. M., Corl, B. A., Lacy, S. H., Chouinard, P. Y., Nurmela, K. V. V. y Bauman, D. E. 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by $\Delta 9$ -desaturase. *Journal of Nutrition*, 130(9), 2285-2291.
- Grobbel, J. P., Hunt, M. C., Seyfert, M. y Drouillard, J. S. 2006. Effects of dietary ground flaxseed on colour and lipid stability in beef Longissimus dorsi. *52nd International Congress of Meat Science and Technology. Hardness and exploiting global opportunities. Edited by D. Troy, R. Pearce, B. Byrne and J. Kerry*, 167-168.
- Gruber, S. L., Tatum, J. D., Scanga, J. A., Chapman, P. L., Smith, G. C. y Belk, K. E. 2006. Effects of postmortem aging and USDA quality grade on Warner-Bratzler shear force values of seventeen individual beef muscles. *Journal of Animal Science*, 84(12), 3387-3396.
- Grunert, K. G. 2006. Future trends and consumer lifestyles with regard to meat consumption. *Meat Science*, 74(1), 149-160.
- Grunert, K. G., Bredahl, L. y Brunso, K. 2004. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector-a review. *Meat Science*, 66(2), 259-272.
- Guerrero, L. 2000. Determinación sensorial de la calidad de la carne. En: *Estandarización de las metodología para la evaluación de la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. (pp. 205-220). Edt. V. Cañeque y C. Sañudo. INIA Madrid*
- Harper, C. R. y Jacobson, A. J. 2001. The Fats of Life. The Role of Omega-3 Fatty Acids in the Prevention of Coronary Heart Disease. *Arch. Inter. Med.*, 161, 2185-2192.
- HEA. 1996. Health Education Authority. Nutritional aspects of cardiovascular disease, London. 43 pág.

Bibliografía

- Herdmann, A., Martin, J., Nuernberg, G., Wegner, J., Dannenberger, D. y Nuernberg, K. 2010. How do n-3 fatty acid (short-time restricted vs unrestricted) and n-6 fatty acid enriched diets affect the fatty acid profile in different tissues of German Simmental bulls? *Meat Science*, 86(3), 712-719.
- Hess, B. W., Moss, G. E. y Rule, D. C. 2008. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. *Journal of Animal Science*, 86(14 suppl), E188-E204.
- Hoffman, M. P. y Self, H. L. 1973. Behavioral Traits of Feedlot Steers in Iowa. *J. Anim Sci.*, 37(6), 1438-1445.
- Honikel, K. O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49(4), 447-457.
- Hughes, P. E., Hunter, W. J. y Tove, S. B. 1982. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. Purification and properties of cis-9,trans-11-octadecadienoate reductase. *Journal of Biological Chemistry*, 257(7), 3643-3649.
- Hunt, M. C., Acton, J. C., Benedict, R. C., Calkins, C. R., Cornforth, D. P., Jeremiah, L. E., Olson, D. G., Salm, C. P., Savell, J. W. y Shivas, S. D. 1991. Guidelines for meat color evaluation (pág. 1-17). American Meat Science Association (AMSA).
- Hunt, M. C. y Hedrick, H. B. 1977. Profile of fiber types and related properties of five bovine muscles. *Journal of Food Science*, 42(2), 513-517.
- Hunt, M. C., Kropf, D. H. y Morgan, B. 1993. Color measurement of meat and meat products. In AMSA (Ed.), *Science and Education Reciprocity Fair* (Vol. 46, pp. 59-60).
- Immonen, K., Ruusunen, M., Hissa, K. y Puolanne, E. 2000. Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. *Meat Science*, 55(1), 25-31.
- Indurain, G., Beriain, M. J., Goñi, M. V., Arana, A. y Purroy, A. 2006. Composition and estimation of intramuscular and subcutaneous fatty acid composition in Spanish young bulls. *Meat Science*, 73(2), 326-334.
- INRA. 1988. Tables de l'alimentation des bovins, ovins & caprins. Institut National de la Recherche Agronomique. Paris. 192 pág.
- Insausti, K., Beriain, M. J., Alzueta, M. J., Carr, T. R. y Purroy, A. 2004. Lipid composition of the intramuscular fat of beef from Spanish cattle breeds stored under modified atmosphere. *Meat Science*, 66(3), 639-646.
- Insausti, K., Beriain, M. J., Lizaso, G., Carr, T. R. y Purroy, A. 2008. Multivariate study of different beef quality traits from local Spanish cattle breeds. *Animal*, 2(3), 447-458.
- Insausti, K., Beriain, M. J., Purroy, A., Albertí, P., Lizaso, L. y Hernández, B. 1999. Colour stability of beef from different Spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere. *Meat Science*, 53(4), 241-249.
- Insausti, K., Goñi, V., Petri, E., Gorraiz, C. y Beriain, M. J. 2005. Effect of weight at slaughter on the volatile compounds of cooked beef from Spanish cattle breeds. *Meat Science*, 70(1), 83-90.
- ISO. 1993. International Organization for Standardization. Sensory analysis - General guidance for the selection, training and monitoring of assessors Part 1: Selected assessors. ISO 8786-1. Ginebra. Suiza.

Bibliografía

- ISO. 1997. International Organization for Standardization. Determination of moisture content. ISO 1442:1997 Standard. In: International Standards Meat and Meat Products. Ginebra. Suiza.
- ISO. 1998. International Organization for Standardization. Determination of ash content. ISO 936:1998 Standard. In: International Standards Meat and Meat Products. Ginebra. Suiza.
- Jakobsen, M. y Bertelsen, G. 2000. Colour stability and lipid oxidation of fresh beef. Development of a response surface model for predicting the effects of temperature, storage time, and modified atmosphere composition. *Meat Science*, 54(1), 49-57.
- Jakobsson, A., Westerberg, R. y Jacobsson, A. 2006. Fatty acid elongases in mammals: Their regulation and roles in metabolism. *Progress in Lipid Research*, 45(3), 237-249.
- Jenkins, T. C., Wallace, R. J., Moate, P. J. y Mosley, E. E. 2008. BOARD-INVITED REVIEW: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of Animal Science*, 86(2), 397-412.
- Jeremiah, L. E. 2001. Packaging alternatives to deliver fresh meats using short- or long-term distribution. *Food Research International*, 34(9), 749-772.
- Jeremiah, L. E. y Gibson, L. L. 2003. The effects of postmortem product handling and aging time on beef palatability. *Food Research International*, 36(9-10), 929-941.
- Jeremiah, L. E., Gibson, L. L., Aalhus, J. L. y Dugan, M. E. R. 2003. Assessment of palatability attributes of the major beef muscles. *Meat Science*, 65(3), 949-958.
- Jones, S. D. M., Schaefer, A. L., Robertson, W. M. y Vincent, B. C. 1990. The effects of withholding feed and water on carcass shrinkage and meat quality in beef cattle. *Meat Science*, 28(2), 131-139.
- Juárez, M., Dugan, M. E. R., Aalhus, J. L., Aldai, N., Basarab, J. A., Baron, V. S. y McAllister, T. A. 2011. Effects of vitamin E and flaxseed on rumen-derived fatty acid intermediates in beef intramuscular fat. *Meat Science*, 88(3), 434-440.
- Jurie, C., Cassar-Malek, I., Bonnet, M., Leroux, C., Bauchart, D., Boulesteix, P., Pethick, D. W. y Hocquette, J. F. 2007. Adipocyte fatty acid-binding protein and mitochondrial enzyme activities in muscles as relevant indicators of marbling in cattle. *Journal of Animal Science*, 85(10), 2660-2669.
- Jurie, C., Robelin, J., Picard, B., Renand, G. y Geay, Y. 1995. Inter-animal variation in the biological characteristics of muscle tissue in male Limousin cattle. *Meat Science*, 39(3), 415-425.
- Kalscheur, K. F., Teter, B. B., Piperova, L. S. y Erdman, R. A. 1997. Effect of dietary forage concentration and buffer addition on duodenal flow of trans-C18:1 fatty acids and milk fat production in dairy cows. *Journal of dairy science*, 80(9), 2104-2114.
- Kempster, T., Cuthbertson, A. y Harrington, G. 1982. *Carcass evaluation in livestock breeding, production and marketing*: Granada Publishing Limited, 306 pág.
- Kepler, C. R., Hirons, K. P., McNeill, J. J. y Tove, S. B. 1966. Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. *Journal of Biological Chemistry*, 241(6), 1350-1354.

Bibliografía

- Kerry, J. P., O'Grady, M. N. y Hogan, S. A. 2006. Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat Science*, 74(1), 113-130.
- Kerth, C. R., Braden, K. W., Cox, R., Kerth, L. K. y Rankins, J. D. L. 2007. Carcass, sensory, fat color, and consumer acceptance characteristics of Angus-cross steers finished on ryegrass (*Lolium multiflorum*) forage or on a high-concentrate diet. *Meat Science*, 75(2), 324-331.
- Kim, Y. H., Huff-Lonergan, E., Sebranek, J. G. y Lonergan, S. M. 2010. High-oxygen modified atmosphere packaging system induces lipid and myoglobin oxidation and protein polymerization. *Meat Science*, 85(4), 759-767.
- King, D. A., Shackelford, S. D., Rodriguez, A. B. y Wheeler, T. L. 2011. Effect of time of measurement on the relationship between metmyoglobin reducing activity and oxygen consumption to instrumental measures of beef longissimus color stability. *Meat Science*, 87(1), 26-32.
- Kirchofer, K. S., Calkins, C. R. y Gwartney, B. L. 2002. Fiber-type composition of muscles of the beef chuck and round. *Journal of Animal Science*, 80(11), 2872-2878.
- Koknaroglu, H., Otles, Z., Mader, T. y Hoffman, M. P. 2008. Environmental factors affecting feed intake of steers in different housing systems in the summer. *International Journal of Biometeorology*, 52(6), 419-429.
- Koutsidis, G., Elmore, J. S., Oruna-Concha, M. J., Campo, M. M., Wood, J. D. y Mottram, D. S. 2008. Water-soluble precursors of beef flavour: I. Effect of diet and breed. *Meat Science*, 79(1), 124-130.
- Krzywicki, K. 1979. Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of beef. *Meat Science*, 3, 1-9.
- Lagerstedt, Å., Ahnström, M. L. y Lundström, K. 2011a. Vacuum skin pack of beef - A consumer friendly alternative. *Meat Science*, 88(3), 391-396.
- Lagerstedt, Å., Lundström, K. y Lindahl, G. 2011b. Influence of vacuum or high-oxygen modified atmosphere packaging on quality of beef *M. longissimus dorsi* steaks after different ageing times. *Meat Science*, 87(2), 101-106.
- Lanari, M. C., Cassens, R. G., Schaefer, D. M. y Scheller, K. K. 1993. Dietary vitamin E enhances color and display life of frozen beef from Holstein steers. *Journal of Food Science*, 58(4), 701-704.
- Lanari, M. C., Schaefer, D. M., Cassens, R. G. y Scheller, K. K. 1995. Atmosphere and blooming time affect color and lipid stability of frozen beef from steers supplemented with Vitamin E. *Meat Science*, 40(1), 33-44.
- Lee, M. R. F., Tweed, J. K. S., Molone, A. P. y Scollan, N. D. 2005. The effects of fish oil supplementation on rumen metabolism and the biohydrogenation of unsaturated fatty acids in beef steers given diets containing sun flower oil. *Animal Science*, 80, 361-367.
- Lee, S. H., Joo, S. T. y Ryu, Y. C. 2010. Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. *Meat Science*, 86(1), 166-170.
- Lee, Y.-J. y Jenkins, T. C. 2011. Biohydrogenation of linolenic acid to stearic acid by the rumen microbial population yields multiple intermediate conjugated diene isomers. *The Journal of Nutrition*, 141(8), 1445-1450.

Bibliografía

- Lengyel, Z., Husv eth, F., Polg ar, P., Szab o, F. y Magyar, L. 2003. Fatty acid composition of intramuscular lipids in various muscles of Holstein-Friesian bulls slaughtered at different ages. *Meat Science*, 65(1), 593-598.
- Lindhahl, G. 2011. Colour stability of steaks from large beef cuts aged under vacuum or high oxygen modified atmosphere. *Meat Science*, 87(4), 428-435.
- Liu, Q., Lanari, M. C. y Schaefer, D. M. 1995. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. *Journal of Animal Science*, 73(10), 3131-3140.
- Liu, Q., Scheller, K. K., Arp, S. C., Schaefer, D. M. y Frigg, M. 1996a. Color coordinates for assessment of dietary vitamin E effects on beef color stability. *Journal of Animal Science*, 74(1), 106-116.
- Liu, Q., Scheller, K. K., Arp, S. C., Schaefer, D. M. y Williams, S. N. 1996b. Titration of fresh meat color stability and malondialdehyde development with Holstein steers fed vitamin E-supplemented diets. *J. Anim Sci.*, 74(1), 117-126.
- Lorenzen, C. L., Miller, R. K., Taylor, J. F., Neely, T. R., Tatum, J. D., Wise, J. W., Buyck, M. J., Reagan, J. O. y Savell, J. W. 2003. Beef Customer Satisfaction: Trained sensory panel ratings and Warner-Bratzler shear force values. *Journal of Animal Science*, 81(1), 143-149.
- Lu o, M., Beltrán, J. A. y Roncalés, P. 1998. Shelf-life extension and colour stabilisation of beef packaged in a low O₂ atmosphere containing CO: Loin steaks and ground meat. *Meat Science*, 48(1-2), 75-84.
- Lu o, M., Roncalés, P., Djenane, D. y Beltrán, J. A. 2000. Beef shelf life in low O₂ and high CO₂ atmospheres containing different low CO concentrations. *Meat Science*, 55(4), 413-419.
- MacDougall, D. B. 1982. Changes in the colour and opacity of meat. *Food Chemistry*, 9(1-2), 75-88.
- MacDougall, D. B. 1986. The chemistry of colour and appearance. *Food Chemistry*, 21(4), 283-299.
- MacDougall, D. B. y Jones, S. J. 1981. Translucency and colour defects of dark-cutting meat and their detection. En: D. E. Hood y P. V. Tarrant (Eds.), *The problem of dark-cutting in beef* (pp. 328-343): Martinus Nijhoff Publishers.
- Mac e, E. S. A. 2002. Influencia de la raza y del peso vivo al sacrificio sobre la evolución de la calidad de la carne a lo largo de la maduración. *Tesis Doctoral Universidad de Zaragoza, Facultad de Veterinaria*. 289 pág.
- Mach, N., Devant, M., Diaz, I., Font-Furnols, M., Oliver, M. A., Garcia, J. A. y Bach, A. 2006. Increasing the amount of n-3 fatty acid in meat from young Holstein bulls through nutrition. *J. Anim Sci.*, 84(11), 3039-3048.
- Maddock, T. D., Bauer, M. L., Koch, K. B., Anderson, V. L., Maddock, R. J., Barcelo-Coblijn, G., Murphy, E. J. y Lardy, G. P. 2006. Effect of processing flax in beef feedlot diets on performance, carcass characteristics, and trained sensory panel ratings. *Journal of Animal Science*, 84(6), 1544-1551.
- Mader, T. L., Holt, S. M., Hahn, G. L., Davis, M. S. y Spiers, D. E. 2002. Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle. *J. Anim Sci.*, 80(9), 2373-2382.
- MAFF. 1975. Energy allowances and feeding systems for ruminants. Technical bulletin 33. HMSO. London. 79 p g.

Bibliografía

- Mancini, R. A. y Hunt, M. C. 2005. Current research in meat color. *Meat Science*, 71(1), 100-121.
- Mancini, R. A., Hunt, M. C. y Kropf, D. H. 2003. Reflectance at 610 nanometers estimates oxymyoglobin content on the surface of ground beef. *Meat Science*, 64(2), 157-162.
- MAPA. 1986. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Anuario de Estadística Agraria, 404 pág. Madrid.
- MAPA. 2007a. Guías de prácticas correctas de higiene Vacuno de cebo.
- MAPA. 2007b. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. La alimentación en España, 2006. Madrid, 518 pág.
- MARM. 2007. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Las piezas de la carne de vacuno. Madrid. Poster y folleto 52 pág.
- MARM. 2010a. Encuesta de sacrificio de ganado. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente <http://www.marm.es/es/estadistica/temas/encuesta-de-sacrificio-de-ganado/default.aspx>.
- MARM. 2010b. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Análisis del sector vacuno de carne español: Evaluación de posibles escenarios de desacoplamiento. Madrid. 39 pág.
- MARM. 2010c. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino de España. Anuario de estadística 2010. Madrid. 1219 pág. http://www.marm.es/estadistica/pags/anuario/2010/AE_2010_Avance.pdf.
- MARM. 2010d. Sistema de trazabilidad animal. Subdirección General de Productos Ganaderos. Estudio del sector español de vacas nodrizas. 17 pág.
- Martínez Marin, A. L. 2007. Influencia de la nutrición sobre el contenido y tipo de ácidos grasos en la carne de los rumiantes. *Archivos de Zootecnia*, 56, 45-66.
- Martino, M. N. y Zaritzky, N. E. 1988. Ice Crystal Size Modifications during Frozen Beef Storage. *Journal of Food Science*, 53(6), 1631-1637.
- May, M. L., Dikeman, M. E. y Schalles, R. 1977. Longissimus Muscle Histological Characteristics of Simmental x Angus, Hereford x Angus and Limousin x Angus Crossbred Steers as Related to Carcass Composition and Meat Palatability Traits. *Journal of Animal Science*, 44(4), 571-580.
- Mc Geough, E. J., O'Kiely, P., Foley, P. A., Hart, K. J., Boland, T. M. y Kenny, D. A. 2010. Methane emissions, feed intake, and performance of finishing beef cattle offered maize silages harvested at 4 different stages of maturity. *Journal of Animal Science*, 88(4), 1479-1491.
- McAfee, A. J., McSorley, E. M., Cuskelly, G. J., Moss, B. W., Wallace, J. M. W., Bonham, M. P. y Fearon, A. M. 2010. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Science*, 84(1), 1-13.
- McCarthy, M., de Boer, M., O'Reilly, S. y Cotter, L. 2003. Factors influencing intention to purchase beef in the Irish market. *Meat Science*, 65(3), 1071-1083.
- McDougall, D. B. 1982. Changes in the colour and opacity of meat. *Food Chemistry*, 9, 74-88.
- McKenna, D. R., Mies, P. D., Baird, B. E., Pfeiffer, K. D., Ellebracht, J. W. y Savell, J. W. 2005. Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. *Meat Science*, 70(4), 665-682.

Bibliografía

- McMillin, K. W. 2008. Where is MAP Going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. *Meat Science*, 80(1), 43-65.
- Meilgaard, M., Civille, G. V. y Carr, B. T. 2007. Sensory evaluation techniques. 3rd edition. CRC. Press, Boca Raton, Florida.
- MERCASA. 2011. La Alimentación en España http://www.munimerca.es/mercasa/alimentacion_2011/index2.html.
- Miltenburg, G. A., Wensing, T., Smulders, F. J. M. y Breukink, H. J. 1992. Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. *Journal of Animal Science*, 70(9), 2766-2772.
- Monsón, F., Sañudo, C. y Sierra, I. 2004. Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Science*, 68(4), 595-602.
- Monsón, F., Sañudo, C. y Sierra, I. 2005. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*, 71, 471-479.
- Monteiro, A. C. G., Santos-Silva, J., Bessa, R. J. B., Navas, D. R. y Lemos, J. P. C. 2006. Fatty acid composition of intramuscular fat of bulls and steers. *Livestock Science*, 99(1), 13-19.
- Moreno, T., Bispo, E., Franco, D., Pérez, N. y Montserrat, L. 2006a. Influence of grazing systems on veal fatty acid profile. In *52nd International Congress of Meat Science and Technology*. Dublin, Ireland.
- Moreno, T., Keane, M. G., Noci, F. y Moloney, A. P. 2008. Fatty acid composition of M. Longissimus dorsi from Holstein-Friesian steers of New Zealand and European/American descent and from Belgian Blue × Holstein-Friesian steers, slaughtered at two weights/ages. *Meat Science*, 78(3), 157-169.
- Moreno, T., Varela, A., Oliete, B., Carballo, J. A., Sánchez, L. y Montserrat, L. 2006b. Nutritional characteristics of veal from weaned and unweaned calves: Discriminatory ability of the fat profile. *Meat Science*, 73(2), 209-217.
- Muela, E., Sañudo, C., Campo, M. M., Medel, I. y Beltrán, J. A. 2010. Effect of freezing method and frozen storage duration on instrumental quality of lamb throughout display. *Meat Science*, 84(4), 662-669.
- Nakamura, M. T. y Nara, T. Y. 2004. Structure, function, and dietary regulation of $\Delta 6$, $\Delta 5$, and $\Delta 9$ desaturases. *Annual Review of Nutrition*, 24, 345-376.
- Noci, F., French, P., Monahan, F. J. y Moloney, A. P. 2007a. The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of grazing heifers supplemented with plant oil-enriched concentrates. *Journal of Animal Science*, 85(4), 1062-1073.
- Noci, F., Monahan, F. J., Scollan, N. D. y Moloney, A. P. 2007b. The fatty acid composition of muscle and adipose tissue of steers offered unwilted or wilted grass silage supplemented with sunflower oil and fishoil. *British Journal of Nutrition*, 97, 502-513.
- Noci, F., O'Kiely, P., Monahan, F. J., Stanton, C. y Moloney, A. P. 2005. Conjugated linoleic acid concentration in M. Longissimus dorsi from heifers offered sunflower oil-based concentrates and conserved forages. *Meat Science*, 69(3), 509-518.
- Nuernberg, K., Dannenberger, D., Nuernberg, G., Ender, K., Voigt, J., Scollan, N. D., Wood, J. D., Nute, G. R. y Richardson, R. I. 2005. Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and

Bibliografía

- fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livestock Production Science*, 94(1-2), 137-147.
- Nürnberg, K., Wegner, J. y Ender, K. 1998. Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livestock Production Science*, 56(2), 145-156.
- O'Sullivan, A., O'Sullivan, K., Galvin, K., Moloney, A. P., Troy, D. J. y Kerry, J. P. 2004. Influence of concentrate composition and forage type on retail packaged beef quality. *Journal of Animal Science*, 82(8), 2384-2391.
- Oliván, M., de la Roza, B., Mocha, M. y Martínez, M. J. 2002. Prediction of physico-chemical and texture characteristics of beef by near infrared transmittance spectroscopy. In *10th International Conference on Near Infrared Spectroscopy* (pp. 197-202). Kyongju, Korea.
- Oliván, M., Martínez, A., García, P., Noval, G. y Osoro, K. 2001. Estimation of the carcass composition of yearling bulls of "Asturiana de los Valles" breed from the dissection of a rib joint. *Meat Science*, 57(2), 185-190.
- Palmquist, D. L. y Jenkins, T. C. 1980. Fat in lactation rations: review. *Journal of dairy science*, 63(1), 1-14.
- Panea, B., Alberti, P., Olleta, J. L., Campo, M. M., Ripoll, G., Altarriba, J. y Sañudo, C. 2008. Intra-breed variability and relationships for 41 carcass and meat traits in Pirenaica cattle. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(4), 546-558.
- Panea, B., Catalán, A. y Olleta, J. L. 2010a. Efecto de la raza y temperatura interna de cocinado sobre algunas características de la textura de la carne bovina. *ITEA*, 106, 77-88.
- Panea, B., Joy, M., Ripoll, G., Boscolo, J. y Albertí, P. 2010b. Carcass and meat characteristics of suckling lambs from Ansontana breed: sex effect. *ITEA*, 106(4), 229-244.
- Panea, B., Olleta, J. L., Sañudo, C., Campo, M. M. y Piedrafita, J. 1999. Aspectos productivos y calidad de la canal en la raza-sistema Pirenaica. Efecto del peso al sacrificio. *ITEA, extra*, 20, 86-88.
- Panea, B., Ripoll, G., Albertí, P., Chapullé, J. L. y Pina, J. L. 2011. Caracterización de la materia prima para la elaboración de productos cárnicos transformados y precocinados. *Eurocarne*, 195, 49-60.
- Pariza, M. W., Park, Y. y Cook, M. E. 1999. Conjugated linoleic acid and the control of cancer and obesity. *Toxicological Sciences*, 52(2), 107-110.
- Pariza, M. W., Park, Y. y Cook, M. E. 2001. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress in Lipid Research*, 40(4), 283-298.
- Partida, J. A., Olleta, J. L., Campo, M. M., Sañudo, C. y María, G. A. 2007a. Effect of social dominance on the meat quality of young Friesian bulls. *Meat Science*, 76(2), 266-273.
- Partida, J. A., Olleta, J. L., Sañudo, C., Albertí, P. y Campo, M. M. 2007b. Fatty acid composition and sensory traits of beef fed palm oil supplements. *Meat Science*, 76(3), 444-454.
- Pérez-Juan, M., Vitale, M., Loret, E., Arnau, J. y Realini, C. 2011. Efecto de la maduración en la vida útil de la carne de vacuno envasada en atmósfera modificada. *Eurocarne*, 198, 74-78.
- Peter, J. B., Barnard, R. J., Edgerton, V. R., Gillespie, C. A. y Stempel, K. E. 1972. Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. *Biochemistry*, 11(14), 2627-2633.

Bibliografía

- Picard, B., Jurie, C., Cassar-Malek, I. y Hocquette, J.-F. 2003. Typologie et ontogenèse des fibres musculaires chez le bovin. *Productions Animales*, 16, 125-131.
- Piedrafita, J., Quintanilla, R., Sañudo, C., Olleta, J. L., Campo, M. M., Panea, B., Renand, G., Turin, F., Jabet, S., Osoro, K., Oliván, M. C., Noval, G., García, P., García, M. D., Oliver, M. A., Gispert, M., Serra, X., Espejo, M., García, S., López, M. y Izquierdo, M. 2003. Carcass quality of 10 beef cattle breeds of the Southwest of Europe in their typical production systems. *Livestock Production Science*, 82(1), 1-13.
- Pineda Bosch, J. 2008. Manejo del ternero pastero. En "Producción de ganado vacuno de carne y tipos comerciales en España. Editado por Schering-Plough. Coordinadores C. Sañudo, V. Jimeno y M. Cerviño. pág. 130-146.
- Piperova, L. S., Sampugna, J., Teter, B. B., Kalscheur, K. F., Yurawecz, M. P., Ku, Y., Morehouse, K. M. y Erdman, R. A. 2002. Duodenal and Milk Trans Octadecenoic Acid and Conjugated Linoleic Acid (CLA) Isomers Indicate that Postabsorptive Synthesis Is the Predominant Source of cis-9-Containing CLA in Lactating Dairy Cows. *The Journal of Nutrition*, 132(6), 1235-1241.
- Prieto, N., Andres, S., Giraldez, F. J., Mantecon, A. R. y Lavin, P. 2006. Potential use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for the estimation of chemical composition of oxen meat samples. *Meat Science*, 74(3), 487-496.
- Priolo, A., Prache, S., Micol, D. y Agabriel, J. 2002. Reflectance spectrum of adipose tissue to trace grass feeding in sheep: Influence of measurement site and shrinkage time after slaughter. *Journal of Animal Science*, 80(4), 886-891.
- Purchas, R. W., Burnham, D. L. y Morris, S. T. 2002. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. *Journal Animal Science*, 80(12), 3211-3221.
- Raes, K., De Smet, S. y Demeyer, D. 2004a. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 113(1-4), 199-221.
- Raes, K., Haak, L., Balcaen, A., Claeys, E., Demeyer, D. y De Smet, S. 2004b. Effect of linseed feeding at similar linoleic acid levels on the fatty acid composition of double-muscle Belgian Blue young bulls. *Meat Science*, 66(2), 307-315.
- Razminowicz, R. H., Kreuzer, M., Leuenberger, H. y Scheeder, M. R. L. 2008. Efficiency of extruded linseed for the finishing of grass-fed steers to counteract a decline of omega-3 fatty acids in the beef. *Livestock Science*, 114(2-3), 150-163.
- Realini, C. E., Duckett, S. K., Brito, G. W., Dalla Rizza, M. y De Mattos, D. 2004. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*, 66(3), 567-577.
- Renerre, M. 1982. La couleur de la viande et sa mesure. *Bull. Techn. C.R.Z.V.*(47), 47-54.
- Renerre, M. y Labas, R. 1987. Biochemical factors influencing metmyoglobin formation in beef muscles. *Meat Science*, 19(2), 151-165.

Bibliografía

- Resconi, V. C. 2007. *The effect of diet on vitamin E concentration, colour shelf life and lipid oxidation during simulated retail display in beef steaks from different production systems*. Unpublished Tesis master, CIHEAM, Zaragoza, Spain.
- Resconi, V. C., Campo, M. M., Font i Furnols, M., Montossi, F. y Sañudo, C. 2010. Sensory quality of beef from different finishing diets. *Meat Science*, 86(3), 865-869.
- Ripoll, G., Albertí, P., Panea, B., Olleta, J. L. y Sañudo, C. 2008a. Near-infrared reflectance spectroscopy for predicting chemical, instrumental and sensory quality of beef. *Meat Science*, 80(3), 697-702.
- Ripoll, G., Joy, M., Muñoz, F. y Albertí, P. 2008b. Meat and fat colour as a tool to trace grass-feeding systems in light lamb production. *Meat Science*, 80(2), 239-248.
- Robbins, K., Jensen, J., Ryan, K. J., Homco-Ryan, C., McKeith, F. K. y Brewer, M. S. 2003. Consumer attitudes towards beef and acceptability of enhanced beef. *Meat Science*, 65(2), 721-729.
- Rødbotten, M., Kubberød, E., Lea, P. y Ueland, Ø. 2004. A sensory map of the meat universe. Sensory profile of meat from 15 species. *Meat Science*, 68(1), 137-144.
- Röhrle, F. T., Moloney, A. P., Osorio, M. T., Luciano, G., Priolo, A., Caplan, P. y Monahan, F. J. 2011. Carotenoid, colour and reflectance measurements in bovine adipose tissue to discriminate between beef from different feeding systems. *Meat Science*, 88(3), 347-353.
- Russo, G. L. 2009. Dietary n - 6 and n - 3 polyunsaturated fatty acids: From biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. *Biochemical Pharmacology*, 77(6), 937-946.
- Sami, A. S., Augustini, C. y Schwarz, F. J. 2004. Effects of feeding intensity and time on feed on performance, carcass characteristics and meat quality of Simmental bulls. *Meat Science*, 67(2), 195-201.
- Sanz, A., Albertí, P., Blasco, I., Ripoll, G., Bernués, A., Zaragoza, P., Rodellar, C., Sanz, A., Martín-Burriel, I., Olaizola, A., Álvarez-Rodríguez, J., Fuentes, S., Picot, A., Congost, S., Quintín, F. J., Abril, F. y Vijil, E. In Press. Beef quality differentiation in the framework of Serrana de Teruel endangered breed conservation programme *Animal Genetic Resources*.
- Sanz, A., Bernués, A., Villalba, D., Casasús, I. y Revilla, R. 2004. Influence of management and nutrition on postpartum interval in Brown Swiss and Pirenaica cows. *Livestock Production Science*, 86, 179-191.
- Sañudo, C. 2008. *Manual de diferenciación racial*. Ed. Servet. Zaragoza. 558 pág. Zaragoza.
- Sañudo, C. 2011. Atlas Mundial de Etnología Zootécnica. Ed. Servet. Zaragoza. 818 pág.
- Sañudo, C., Albertí, P., Campo, M. M., Olleta, J. L. y Panea, B. 1998a. Calidad instrumental de la carne de bovino de siete razas españolas. *Archivos de Zootecnia*, 48, 397-402.
- Sañudo, C., Alfonso, M., San Julián, R., Thorkelsson, G., Valdimarsdottir, T., Zygoyiannis, D., Stamataris, C., Piasentier, E., Mills, C., Berge, P., Dransfield, E., Nute, G. R., Enser, M. y Fisher, A. V. 2007. Regional variation in the hedonic evaluation of lamb meat from diverse production systems by consumers in six European countries. *Meat Science*, 75(4), 610-621.

Bibliografía

- Sañudo, C., Campo, M. M., Albertí, P., Cilla, I., Muela, E., Olleta, J. L., Resconi, V. C. y Catalán, O. 2008. Effect of bioflavonoids and other antioxidant agents on colour acceptability of beef packaged with oxygen permeable film or modified atmosphere. *Proceedings 54th International Congress on Meat Science and Technology 10-15th August Cape Town, South Africa*.
- Sañudo, C., Nute, G. R., Campo, M. M., María, G., Baker, A., Sierra, I., Enser, M. E. y Wood, J. D. 1998b. Assessment of commercial lamb meat quality by British and Spanish taste panels. *Meat Science*, 48(1-2), 91-100.
- Sañudo, C., Olleta, J. L., Campo, M. M., Panea, B. y Rota, E. 2005. Propuesta de muestreo. *En: 'Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en rumiantes. INIA Coodinadores V. Cañeque y C. Sañudo. pág. 201-205.*
- Sarriés, M. V., Murray, B. E., Moloney, A. P., Troy, D. y Beriain, M. J. 2009. The effect of cooking on the fatty acid composition of longissimus muscle from beef heifers fed rations designed to increase the concentration of conjugated linoleic acid in tissue. *Meat Science*, 81(2), 307-312.
- SAS. 2002-2003. 9.1. T.S. 3. SAS for Windows. Copyright (c) by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Scollan, N., Hocquette, J. F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I. y Moloney, A. 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74(1), 17-33.
- Scollan, N. D., Choi, N. J., Kurt, E., Fisher, A. V., Enser, M. y Wood, J. D. 2001a. Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. *British Journal of Nutrition*, 85(1), 115-124.
- Scollan, N. D., Dhanoa, M. S., Choi, N. J., Maeng, W. J., Enser, M. y Wood, J. D. 2001b. Biohydrogenation and digestion of long chain fatty acids in steers fed on different source of lipid. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 136, 345-355.
- Scollan, N. D., Enser, M., Gulati, S. K., Richardson, I. y Wood, J. D. 2003. Effects of including a ruminally protected lipid supplement in the diet on the fatty acid composition of beef muscle. *British Journal of Nutrition*, 90(3), 709-716.
- Schwarz, F. J., Augustini, C., Timm, M., Kirchgeßner, M. y Steinhart, H. 1998. Effect of vitamin E on α -tocopherol concentration in different tissues and oxidative stability of bull beef. *Livestock Production Science*, 56(2), 165-171.
- Sepúlveda, W., Maza, M. T. y Mantecón, A. R. 2008. Factors that affect and motivate the purchase of quality-labelled beef in Spain. *Meat Science*, 80, 1282-1289.
- Short, R. E., Grings, E. E., MacNeil, M. D., Heitschmidt, R. K., Williams, C. B. y Bennett, G. L. 1999. Effects of sire growth potential, growing-finishing strategy, and time on feed on performance, composition, and efficiency of steers. *Journal Animal Science*, 77(9), 2406-2417.
- Sierra, V., Guerrero, L., Fernández-Suárez, V., Martínez, A., Castro, P., Osoro, K., Rodríguez-Colunga, M. J., Coto-Montes, A. y Oliván, M. 2010. Eating quality of beef from biotypes included in the PGI "Ternera Asturiana" showing distinct physicochemical characteristics and tenderization pattern. *Meat Science*, 86(2), 343-351.

Bibliografía

- Simopoulos, A. P. 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56(8), 365-379.
- Sitz, B. M., Calkins, C. R., Feuz, D. M., Umberger, W. J. y Eskridge, K. M. 2005. Consumer sensory acceptance and value of domestic, Canadian, and Australian grass-fed beef steaks. *Journal of Animal Science*, 83(12), 2863-2868.
- Stan, K. 1992. Routes of formation and toxic consequences of lipid oxidation products in foods. *Free Radical Biology and Medicine*, 12(1), 63-81.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. y de Haan, C. 2006. *Livestock's long shadow, environmental issues and options*. Roma.
- Stewart, M. R., Zipser, M. W. y Watts, B. M. 1965. The Use of Reflectance Spectrophotometry for the Assay of Raw Meat Pigments. *Journal of Food Science*, 30(3), 464-469.
- Stock, R. A., Laudert, S. B., Stroup, W. W., Larson, E. M., Parrott, J. C. y Britton, R. A. 1995. Effect of monensin and monensin and tylosin combination on feed intake variation of feedlot steers. *Journal Animal Science*, 73(1), 39-44.
- Thompson, J. 2002. Managing meat tenderness. *Meat Science*, 62(3), 295-308.
- Torrescano, G., Sánchez-Escalante, A., Giménez, B., Roncalés, P. y Beltrán, J. A. 2003. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Science*, 64(1), 85-91.
- USDA. 2005. U.S. Department of Agriculture. Dietary Guidelines for Americans. U.S. Department of Agriculture, 84pp. www.healthier.us.gov/dietaryguidelines.
- Van Koeving, M. T., Gill, D. R., Owens, F. N., Dolezal, H. G. y Strasia, C. A. 1995. Effect of time on feed on performance of feedlot steers, carcass characteristics, and tenderness and composition of longissimus muscles. *Journal of Animal Science*, 73(1), 21-28.
- Varela, A., Oliete, B., Moreno, T., Portela, C., Monserrat, L., Carballo, J. A. y Sánchez, L. 2004. Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of steers of the Rubia Gallega breed. *Meat Science*, 67(3), 515-522.
- Vatansver, L., Kurt, E., Enser, M., Nute, G. R., Scollan, N. D., Wood, J. D. y Richardson, R. I. 2000. Shelf life and eating quality of beef from cattle of different breeds given diets differing in n-3 polyunsaturated fatty acid composition. *Animal Science*, 71, 471-482.
- Verbeke, W., Van Wezemael, L., de Barcellos, M. D., Kügler, J. O., Hocquette, J.-F., Ueland, Ø. y Grunert, K. G. 2010. European beef consumers' interest in a beef eating-quality guarantee: Insights from a qualitative study in four EU countries. *Appetite*, 54(2), 289-296.
- Verbeke, W. y Ward, R. W. 2006. Consumer interest in information cues denoting quality, traceability and origin: An application of ordered probit models to beef labels. *Food Quality and Preference*, 17, 453-467.
- Vercruysse, L., Van Camp, J. y Smagghe, G. 2005. ACE Inhibitory Peptides Derived from Enzymatic Hydrolysates of Animal Muscle Protein: A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(21), 8106-8115.
- Wahle, K. W. J., Heys, S. D. y Rotondo, D. 2004. Conjugated linoleic acids: are they beneficial or detrimental to health? *Progress in Lipid Research*, 43(6), 553-587.

Bibliografía

- Warren, H. E., Scollan, N. D., Enser, M., Hughes, S. I., Richardson, R. I. y Wood, J. D. 2008a. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Science*, 78(3), 256-269.
- Warren, H. E., Scollan, N. D., Nute, G. R., Hughes, S. I., Wood, J. D. y Richardson, R. I. 2008b. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. II: Meat stability and flavour. *Meat Science*, 78(3), 270-278.
- Webb, E. C. y O'Neill, H. A. 2008. The animal fat paradox and meat quality. *Meat Science*, 80(1), 28-36.
- Wegner, J., Albrecht, E., Fiedler, I., Teuscher, F., Papstein, H. J. y Ender, K. 2000. Growth- and breed-related changes of muscle fiber characteristics in cattle. *Journal of Animal Science*, 78(6), 1485-1496.
- Wheeler, T. L., Cundiff, L. V. y Koch, R. M. 1994. Effect of marbling degree on beef palatability in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, 72(12), 3145-3151.
- Whittington, F. M., Prescott, N. J., Wood, J. D. y Enser, M. 1986. The effect of dietary linoleic acid on the firmness of backfat in pigs of 85 kg live weight. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 37(8), 753-761.
- WHO/FAO. 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. *Technical Report Series*, n° 916, 150 pág. <http://www.fao.org/DOCREP/005/AC911E/AC911E00.HTM>.
- Wikipedia. 2011a. Eicosanoids. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/58/EFA_to_Eicosanoids.svg/440px-EFA_to_Eicosanoids.svg.png.
- Wikipedia. 2011b. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:DHAnumbering.png>.
- Williams, D. R. y Bergström, P. L. 1980. Anatomical jointing, tissue separation and weight recording. *E.E.C. standard method for beef. Commission of the European Communities. EUR 6878 EN. 27 pág.*
- Williams, J. L. 2006. Final Report of GemQual Project QLK5-CT2000-0147. 107 pág.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hughes, S. I. y Whittington, F. M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78(4), 343-358.
- Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E., Sheard, P. R. y Enser, M. 2004. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66(1), 21-32.
- Wyszecki, G. y Stiles, W. S. 1982. Color Science: Concepts and methods, quantitative data and formulae, 2nd edition. Editado por J. Wiley & Sons. New York. 950 pág.
- Yang, A., Larsen, T. W., Powell, V. H. y Tume, R. K. 1999. A comparison of fat composition of Japanese and long-term grain-fed Australian steers. *Meat Science*, 51(1), 1-9.
- Zea Salgueiro, J., Díaz Díaz, M. D. y Carballo Santolalla, J. A. 2007. El efecto del sistema de producción y del sexo en la calidad de la carne de vacuno joven. *Archivos de zootecnia*, 56, 817-828.

ANEXOS

Anexo 1

Fecha

--	--	--	--

Sesión

Plato

Deq

Intensidad de olor a vacuno



Intensidad de olor lácteo



Intensidad de olor agrio



Terneza



Jugosidad



Fibrosidad



Intensidad de flavor a vacuno



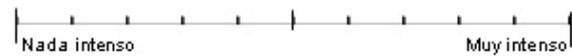
Intensidad de flavor hígado



Intensidad de flavor ácido



Intensidad de flavor metálico



Intensidad de flavor rancio



Aceptación global



OBSERVACIONES:

Anexo 2

FICHA DE VALORACIÓN INDIVIDUAL

Edad: 36
 Sexo: H (M: mujer, H:hombre)

Instrucciones:

Tiene Ud. tres tipos de carne (A, B y C). Cocínelos en el mismo día a la plancha, sin perder de vista la identificación. **Valore de 1 a 10** el olor, sabor, dureza, jugosidad y la apreciación global como en el ejemplo.

Cada persona de su familia debe rellenar una única ficha. Por favor, rellénela individualmente.

	A	B	C
Ejemplo	6	4	2
OLOR (1 poco...10 mucho)	8	6	7
SABOR (1 poco...10 mucho)	6	10	8
TERNEZA (1 poco...10 mucho)	6	8	7
JUGOSIDAD (1 poco...10 mucho)	8	7	6
APRECIACIÓN GLOBAL 1 ☹,... 10 ☺	6	10	8

GRACIAS POR RELLENAR ESTA FICHA