



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Máster

Título:

**EFFECTO DE LA ÉPOCA DE SACRIFICIO EN LA COMPOSICIÓN DE LA
CARNE DE VACUNO PRODUCIDA EN SISTEMAS DE MONTAÑA**

***EFFECT OF THE SLAUGHTER SEASON IN THE COMPOSITION OF BEEF MEAT PRODUCED IN
MOUNTAIN SYSTEMS***

Autor

Mohamed Dhia Eddine Bouzaida

Director/es

***María del Mar Campo Arribas
Virginia Celia Resconi Briggiler***

Facultad de Veterinaria

Año: 2018/2019

AGRADECIMIENTOS

A través de estas líneas quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que con su soporte científico y humano han colaborado en la realización de este trabajo de investigación.

Quiero agradecer en primer lugar al Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza y al Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos de la Facultad Veterinaria de la Universidad de Zaragoza que han hecho posible la realización del trabajo presentado en esta memoria del Máster por la ayuda económica brindada, y por el apoyo académico y técnico.

Muy especialmente a mis tutores *María del Mar Campo* y *Virginia Celia Resconi*, por la acertada orientación, el soporte, los consejos, enseñanzas y correcciones tan valiosas del manuscrito.

A mis compañeros y mis amigos del Departamento por el ambiente de trabajo y colaboración durante mi estancia y muy especialmente a *Pablo G., Ana G., Ana de P., Laura X., Genaro M., Marta B., Jakeline R., Ana F.*, y a mis mejores amigas del IAMZ, *Suha* y *Nouha*.

Un agradecimiento especial a *Carlos Sañudo* y *José Luis Olleta* por su continuo apoyo y alegría.

Finalmente, agradezco a mi familia por su comprensión, comunicación constante y apoyo desde Túnez. De manera muy especial a mi padre *Radhouane* y mi madre *Zmorda*, mi hermano *Abdelkader* y mis hermanas *Fatima* y *Marah*.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	I
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE TABLAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT	XI
RÉSUMÉ.....	XIV
ABREVIATURAS	XVII
1. INTRODUCCIÓN.....	19
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. Principales sistemas de producción de vacuno de carne en zonas de montaña.....	9
2.1.1. Suplementación en pastoreo	10
2.1.2. Alimentación en cebaderos	10
2.2. Composición y estructura del músculo.....	11
2.2.1. La grasa	13
2.2.2. Las vitaminas	16
2.2.3. Los minerales	17
2.3. Maduración de la carne.....	19
2.4. Calidad de la carne de vacuno	20
2.4.1. pH.....	21
2.4.2. Capacidad de retención de agua (CRA).....	22
2.4.3. Color	24
2.4.4. Textura	26
2.5. Evaluación sensorial en un panel de consumidores de la calidad de carne.....	29
2.5.1. Efecto del músculo sobre la calidad sensorial de la carne	30
2.5.2. Efecto de la alimentación sobre la calidad sensorial de la carne	31
3. OBJETIVOS	33
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	37
4.1. Animales y sistema de alimentación	39

4.2. Sacrificio.....	42
4.3. Muestreo	42
4.4. Cocinado.....	44
4.5. Análisis laboratorial.....	45
4.5.1. Determinación del pH	45
4.5.2. Análisis bromatológico	45
4.5.3. Análisis de los ácidos grasos.....	46
4.5.4. Análisis de los minerales	47
4.6. Análisis sensorial con consumidores	48
4.7. Análisis estadístico	49
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
5.1. Resultados productivos y de calidad de canal	53
5.2. pH 48h	53
5.3. Análisis bromatológico.....	54
5.4. Composición de minerales.....	58
5.5. Análisis de los ácidos grasos	61
5.6. Análisis de consumidores	72
6. CONCLUSIONES	77
7. BIBLIOGRAFÍA	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los tipos de fibras musculares	12
Tabla 2. Ingredientes de los piensos de acabado de los animales sacrificados en Junio/Julio y en Enero.....	40
Tabla 3. Composición química y perfil de ácidos grasos (% relativo) de los piensos y forrajes de acabado utilizados en cada granja y época de sacrificio	41
Tabla 4. Características de la población de consumidores (n=90).....	48
Tabla 5. Efecto de la época de sacrificio sobre los parámetros productivos y de la canal de terneros de raza Pirenaica:Media ± (desviación estándar).	53
Tabla 6. Efecto de la época de sacrificio sobre el pH 48h de terneros de raza Pirenaica:Media ± (desviación estándar).....	54
Tabla 7. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica en la composición química (%) de la carne cruda: Media ± (desviación estándar).	57
Tabla 8. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica en la composición química (%) de la carne cocinada: Media ± (desviación estándar).....	57
Tabla 9. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica en la composición de minerales (mg/100g) de la carne fresca: Media ± (desviación estándar).....	59
Tabla 10. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica en la composición de minerales (mg/100 g) en carne cocinada: Media ± (desviación estándar).	60
Tabla 11. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica sobre la composición de grupos de ácidos grasos (en % de ácidos grasos totales) en la carne fresca: Media ± (desviación estándar).....	66
Tabla 12. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica sobre la composición de grupos de ácidos grasos (mg/100g de carne) en la carne fresca: Media ± (desviación estándar).	66
Tabla 13. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica en la composición de los ácidos grasos (% ácidos grasos totales) en carne fresca: Media ± (desviación estándar).....	67
Tabla 14. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica sobre la composición de los ácidos grasos (mg/100g de carne) en carne fresca: Media ± (desviación estándar).....	68
Tabla 15. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica sobre la composición de grupos de ácidos grasos (en %) en la carne cocida: Media ± (desviación estándar).....	69

Tabla 16. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica sobre la composición de grupos de ácidos grasos (mg/100g de carne) en carne cocinada: Media \pm (desviación estándar).	69
Tabla 17. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica sobre la composición de los ácidos grasos (% ácidos grasos totales) en carne cocinada: Media \pm (desviación estándar). ..	70
Tabla 18. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica sobre la composición de los ácidos grasos (mg/100g de músculo) en carne cocinada: Media \pm (desviación estándar).	71
Tabla 19. Efecto de la época de sacrificio, de la pieza cárnica y de la maduración sobre la aceptabilidad de la carne de terneros.....	72
Tabla 20. Efecto de la época de sacrificio (Enero vs Jun/Jul) y la pieza cárnica (Lomo vs contra) sobre la aceptabilidad global, de la terneza y del sabor de la carne madurada 7 días .	74
Tabla 21. Efecto de la época de sacrificio (Enero vs Jun/Jul) y la pieza cárnica (Lomo vs Contra) sobre la aceptabilidad global, de la terneza y del sabor de la carne madurada durante 21 días.	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de las piezas comerciales estudiadas en la canal de vacuno (Carballo <i>et al.</i> , 2005) (16: Contra; 11: Falda, 8: Pecho; 9: Lomo)	43
Figura 2. Muestras de las piezas extraídas: Lomo, Pecho-Falda y Contra	43
Figura 3. Diseño del muestreo según el destino analítico de la pieza cárnica a analizar	44
Figura 4. Muestras de filetes de carne envasados para los distintos análisis	44
Figura 5. Medición del pH en el Lomo	45
Figura 6. Extracción de los ácidos grasos y evaporación de las muestras con nitrógeno sobre un baño de arena	46
Figura 7. Análisis de los ésteres metílicos de los ácidos grasos (cromatógrafo de gases HP 6890)	47
Figura 8. Procedimiento de la extracción de minerales	48
Figura 9. Cocinado, manejo de las muestras y evaluación sensorial con consumidores	49

RESUMEN

Este estudio pretende aportar información sobre la composición nutricional de la carne de vacuno del Pirineo, basada en el uso de una raza autóctona como la raza Pirenaica y el aprovechamiento de recursos forrajeros locales, evaluando la posibilidad de que la misma pueda ser comercializada como “más saludable” frente a otro tipo de carne procedente de otros sistemas productivos.

Para ello, se estudió el efecto de la pieza cárnica comercial (Lomo, Contra y Pecho-Falda) y de la época de sacrificio (junio-julio y enero) en la composición química, los minerales y el perfil de ácidos grasos tanto de la carne cruda como de la carne cocinada. Además, se evaluó la calidad sensorial de la carne del Lomo y de la Contra, proveniente de las dos épocas de sacrificio y en dos tiempos de maduración al vacío (7 vs 21 días), con un panel de 90 consumidores españoles.

Se utilizaron muestras de carne de 17 terneros machos enteros de raza Pirenaica, de 13 meses de edad al sacrificio, criados con distintos sistemas de alimentación según la época de sacrificio: Junio-Julio, con una dieta de acabado basada en concentrado convencional y paja, y Enero, donde se utilizó una dieta de acabado basada en concentrado ecológico y mayor proporción de pasto y forrajes verdes.

Los resultados mostraron que la época de sacrificio tuvo un efecto significativo sobre el peso de la canal y el pH medido a las 48 horas tras el sacrificio en el Lomo, siendo ambos superiores en los terneros sacrificados en Junio/Julio, aunque con valores dentro de la normalidad. Por otra parte, la conformación y el engrasamiento se mantuvieron sin cambios ($P>0.05$) respecto a la época de sacrificio.

Tanto en carne cruda como cocinada, no se observaron diferencias en el porcentaje de grasa entre las dos épocas de sacrificio. Sin embargo, la época Junio/Julio presentó un mayor porcentaje de proteína, y menor porcentaje de humedad y cenizas, respecto al sacrificio de invierno. El Pecho-Falda (PE) presentó los valores más altos en humedad, significativamente diferentes de los obtenidos para el Lomo (LO) y la Contra (CT) en la carne cruda, y superando sólo al LO en la carne cocinada. En contraste, la CT y el LO presentaron valores más altos en grasa en la carne cruda y sólo el LO presentó los valores más altos en la carne cocinada. Respecto al porcentaje de proteína, hubo diferencias significativas en la carne cruda

según la pieza cárnica comercial, pero no en la carne cocinada. Los valores más altos se encontraron en el LO y los más bajos en el PE.

Los resultados obtenidos de la composición de minerales tanto en la carne fresca como cocinada mostraron que los terneros sacrificados en Junio/Julio tuvieron un mayor contenido de Ca, K, P y Se, además del Na en la carne cocinada, y menor de Zn en la carne cruda, en comparación con los terneros sacrificados en Enero ($P < 0,05$). Otros minerales (Fe, Mg y Na) se mantuvieron sin cambios ($P > 0,05$) respecto a la época de sacrificio. El PE y la CT tuvieron los mayores contenidos de todos los minerales evaluados, mientras que los menores se obtuvieron en el LO tanto en la carne cruda como cocinada, exceptuando el contenido en Zn en la carne cocinada que fue superior en el LO.

En la composición de ácidos grasos, los terneros procedentes de la época de sacrificio de Enero mantuvieron, en cierta medida, un perfil de ácidos grasos con características propias de animales de pasto. Presentaron el mayor porcentaje y contenido de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) $n-3$, de los cuales el ácido graso eicosapentaenoico, el ácido graso docosapentaenoico, y el docosahexaenoico fueron mayores tanto en porcentaje como en cantidad en la carne cruda. Estos animales de Enero también mostraron la mayor cantidad de AGPI (en mg/100g), y el ratio $n-6/n-3$ más favorable frente a la época de sacrificio de Junio/Julio. Sin embargo, presentaron la mayor cantidad y el mayor porcentaje de ácidos grasos saturados (AGS), y mayor cantidad de AGPI $n-6$. La carne cocinada de los terneros procedentes de Enero mantuvo en parte estas características frente a la de los terneros procedente de la época de sacrificio de Junio/Julio.

En cuanto a las diferencias entre piezas cárnicas, el LO presentó los valores más altos de AGS (tanto en porcentaje como en cantidad) en la carne cruda y en la carne cocinada, frente a la CT y al PE. Estos últimos, a su vez, presentaron los valores más altos en AGPI, AGPI $n-6$, $n-3$, y las relaciones más favorables de $n-6/n-3$ y AGPI/AGS. Estos resultados se relacionan con el tipo metabólico de los músculos.

En relación al estudio de consumidores, la CT fue la pieza cárnica mejor evaluada frente al LO, tanto en el sabor, terneza, como en la apreciación global en la época de Junio/Julio a 7 y 21 días de maduración. La época de Enero presentó una terneza más aceptable en el LO a los 7 días de maduración, aunque a 21 días de maduración ha mostrado un efecto positivo sobre el LO en todos los atributos estudiados (aceptabilidad general, terneza, y sabor). La carne de Junio/Julio tuvo una menor aceptación posiblemente derivada de una peor conservación por la

mayor insaturación y menor ingesta de antioxidantes procedentes de forrajes. La maduración ejerce un claro efecto sobre la ternera, siendo la carne mejor valorada en ternera a los 21 que a los 7 días.

Se concluye que el efecto de los forrajes asociado a la época de Enero permite producir una carne "más saludable" en relación al perfil de ácidos grasos, tanto cuando se comparan los valores de la carne cruda como de la carne cocinada. La Contra y el Pecho-Falda pueden ser un alternativa de mejor calidad nutricional al consumo de una pieza más cara, como el Lomo.

ABSTRACT

This study aims to provide information on the nutritional composition of Pyrenean beef, based on the use of a native breed such as the Pirenaica breed and the use of local fodder resources, assessing the possibility to be sold as 'healthier' compared to other meat from other production systems.

For that purpose, the effects of the commercial cut (Striploin, Outside Flat and Brisket-thin flank) and the slaughter season (June/July and January) on the chemical composition, minerals and fatty acid profile in both raw and cooked meat were studied. In addition, the sensory quality of Striploin and Outside Flat meat was evaluated, coming from the two slaughter seasons and in two vacuum ageing times (7 vs. 21 days), with a panel of 90 Spanish consumers.

Meat samples were used from 17 entire male Pirenaica yearlings, of 13 months of age at slaughter reared with different feeding systems according to the time of slaughter: June-July, with a finishing diet based on conventional concentrate and straw, and January, with a finishing diet based on ecologic concentrate and a higher proportion of grass and green fodder.

The results showed that the slaughter season had a significant effect on the carcass weight and the pH measured 48 hours after slaughter in the Striploin, both being higher in animals slaughtered in June/July, although the values fitted within normal range. On the other hand, conformation and fattening scores remained unchanged ($P>0.05$) with season of slaughter.

In both raw and cooked meat, no differences in fat percentage were observed between the two slaughter seasons. However, the June/July season presented a higher percentage of protein, and lower percentage of moisture and ashes, compared to the winter slaughter. The Brisket-thin flank had the highest moisture values, significantly different from those obtained for the Striploin and the Outside Flat in raw meat, and only exceeding the Striploin in cooked meat. By contrast, the Outside Flat and the Striploin had the highest fat values in raw meat and only the Striploin had the highest values in cooked meat. Regarding the percentage of protein, there were significant differences in raw meat according to the commercial cut, but not in cooked meat. The highest values were found in Striploin and the lowest in the Brisket-thin flank.

Results obtained from mineral composition in both raw and cooked meat showed that animals slaughtered in June/July had a higher content of Ca, K, P and Se, in addition to Na in cooked meat, and lower Zn in raw meat compared to animals slaughtered in January ($P < 0.05$). Other minerals (Fe, Mg and Na) remained unchanged ($P > 0.05$) in relation with the slaughter season. The Brisket-thin flank and the Outside Flat had the highest content of all minerals evaluated, while the lowest were obtained in the Striploin in both raw and cooked meat, except for the Zn content in cooked meat which was higher in the Striploin.

In the fatty acid composition, animals from the January slaughter maintained, to a certain extent, a fatty acid profile with characteristics of pasture animals. They had the highest percentage and amount of *n-3* fatty acids, of which eicosapentaenoic fatty acid, docosapentaenoic fatty acid and docosahexaenoic fatty acid were higher both in percentage and amount in raw meat.

These January animals also showed the highest amount of Polyunsaturated Fatty Acids (PUFA) (in mg/100g), and the most favorable *n-6/n-3* ratio compared to the June/July slaughter animals. However, they presented the highest amount and percentage of Saturated Fatty Acids (SFA), and the highest amount of *n-6* PUFA. The cooked meat of animals from the January slaughter partially maintained these characteristics compared to those of animals from the June/July slaughter.

As for the differences between meats cuts, the Striploin presented the highest values of SFA (both in percentage and quantity) in raw and cooked meat, compared to the Outside Flat and the Brisket-thin flank. The latter, however, had the highest values for PUFA, *n-6* PUFA, *n-3* PUFA, and the most favorable ratios of *n-6/n-3* and PUFA/SFA. These results are related to the metabolic type of muscles.

In relation to the study of consumers, the Outside Flat was the best evaluated cut in comparison with the Striploin, all in flavour, tenderness and global acceptabilities in the season slaughter of June/July at 7 and 21 days of ageing. The January season presented a more acceptable tenderness in the Striploin at 7 days of ageing, although 21 days of ageing it has shown a positive effect on the Striploin in all the attributes studied (global, tenderness, and flavor acceptabilities). The June/July meat had a lower acceptance possibly derived from a worse conservation due to the higher unsaturation and lower intake of antioxidants from fodder. Ageing time has a clear effect on tenderness, the meat being better accepted at 21 than at 7 days.

It is concluded that the fodder effect associated with the January season makes it possible to produce "healthier" meat in relation to the fatty acid profile, both when comparing the values of raw and cooked meat. The Outside Flat and the Brisket-thin flank can be a better nutritional quality alternative to the consumption of a more expensive piece, such as the Striploin.

RÉSUMÉ

Cette étude vise à fournir des informations sur la composition nutritionnelle de la viande bovine pyrénéenne, basée sur l'utilisation d'une race autochtone telle que la race Pirenaica et l'utilisation des ressources fourragères locales, en évaluant la possibilité qu'elle puisse être commercialisée comme "plus saine" que les autres viandes issues d'autres systèmes de production.

Pour cela, l'effet du morceau commercial de la viande (milieu de train de côte, Gîte à la noix et Caparaçon) et de la saison d'abattage (Juin-Juillet et Janvier) sur la composition chimique, les minéraux et le profil des acides gras de la viande crue comme de la viande cuite, a été étudié. En outre, la qualité sensorielle de la viande de milieu de train de côte et Gîte à la noix, provenant des deux saisons d'abattage et dans deux temps de maturation sous vide (7 vs 21 jours), a été évalué avec un panel de 90 consommateurs espagnols.

Des échantillons de viande ont été utilisés provenant de 17 veaux mâles entiers de race Pirenaica, âgés de 13 mois à l'abattage, élevés avec différents systèmes d'alimentation selon l'époque de l'abattage : juin-juillet , avec une alimentation de finition à base de concentré conventionnel et de paille, et janvier , avec une alimentation de finition à base de concentré écologique et une proportion plus élevée d'herbe et de fourrage vert.

Les résultats ont montré que l'époque d'abattage avait un effet significatif sur le poids de la carcasse et le pH mesuré 48 heures après l'abattage sur le milieu de train de côte, les deux étant supérieurs chez les veaux abattus en juin/juillet, bien que les valeurs soient dans les normes. En revanche, la conformation et l'engraissement sont restés inchangés ($P > 0,05$) avec l'époque de l'abattage.

Tant pour la viande crue que pour la viande cuite, on n'a observé aucune différence dans le pourcentage de gras entre les deux époques d'abattage. Cependant, la saison de juin/juillet présentait un pourcentage plus élevé de protéines et un pourcentage plus faible d'humidité et de cendres que l'abattage d'hiver. Le Caparaçon présentait les valeurs d'humidité les plus élevées, significativement différentes de celles obtenues pour le milieu de train de côte et le Gîte à la noix dans la viande crue, et surpassant seulement le milieu de train de côte, dans la viande cuite. En revanche, le milieu de train de côte et le Gîte à la noix avaient des valeurs plus élevées de matières grasses dans la viande crue et seul le milieu de train de côte avait des valeurs plus élevées dans la viande cuite. En ce qui concerne le pourcentage de protéines, il y

avait des différences significatives dans la viande crue selon le morceau commercial, mais pas dans la viande cuite. Les valeurs les plus élevées ont été trouvées dans le milieu de train de côte et les plus basses dans le Caparaçon.

Les résultats obtenus à partir de la composition minérale de la viande crue et cuite ont montré que les veaux abattus en juin/juillet avaient une teneur plus élevée en Ca, K, P et Se, en plus du Na dans la viande cuite, et une teneur en Zn inférieure dans la viande crue, par rapport aux veaux abattus en janvier ($P < 0,05$). Les autres minéraux (Fe, Mg et Na) sont restés inchangés ($P > 0,05$) avec l'époque d'abattage. Le Caparaçon et le Gîte à la noix avaient la teneur la plus élevée de tous les minéraux évalués, tandis que les plus faibles ont été obtenus dans le milieu de train de côte dans la viande crue et cuite, sauf pour la teneur en Zn dans la viande cuite qui était plus élevée dans le milieu de train de côte.

Dans la composition des acides gras, les veaux de l'époque d'abattage de janvier ont maintenu, dans une certaine mesure, un profil en acides gras avec les caractéristiques des animaux de pâturage. Ils ont présenté, le grand pourcentage et quantité en acides gras polyinsaturés (AGPI) *n-3*, dont l'acide gras eicosapentaénoïque, l'acide gras docosapentaénoïque et l'acide docosahexaénoïque étaient plus élevés tant en pourcentage comme en quantité dans la viande crue. Ces animaux de janvier présentaient également la plus grande quantité d'AGPI (en mg/100 g), et le rapport *n-6/n-3* le plus favorable par rapport à l'époque d'abattage de juin/juillet. Cependant, ils ont présenté la plus grande quantité et pourcentage des acides gras saturés (AGS), et la plus grande quantité de AGPI *n-6*. La viande cuite des veaux provenant de l'époque d'abattage de janvier a partiellement maintenu ces caractéristiques par rapport à celle des veaux de l'abattage de juin/juillet.

En ce qui concerne les différences entre les morceaux de viande, le milieu de train de côte a présenté les valeurs les plus élevées des AGS (à la fois en pourcentage et en quantité) dans la viande crue et la viande cuite, par rapport à le Gîte à la noix et le Caparaçon. Ces derniers, à leur tour, ont présenté les valeurs les plus élevées pour les AGPI, les AGPI *n-6*, *n-3* et les ratios les plus favorables de *n-6/n-3* et d'AGPI/AGS. Ces résultats sont liés au type métabolique des muscles.

En ce qui concerne l'étude des consommateurs, le Gîte à la noix était le morceau de viande le mieux évalué par rapport au milieu de train de côte., tant en ce qui concerne la saveur, la tendreté que l'appréciation globale à l'époque de juin/juillet à 7 et 21 jours de maturation. L'époque de janvier a présenté une tendreté plus acceptable dans le milieu de train de côte. à 7

jours de maturation, bien qu'à 21 jours de maturation, elle ait montré un effet positif sur le milieu de train de côte dans tous les attributs étudiés (acceptabilité globale, tendreté et saveur). La viande de juin/juillet avait le minimum d'acceptabilité, peut-être en raison d'une mauvaise conservation due à une insaturation plus élevée et d'un apport plus faible d'antioxydants provenant des fourrages. La maturation a exercé un effet clair sur la tendreté, la viande étant plus tendre à 21 qu'à 7 jours de maturation.

Il est conclu que l'effet du fourrage associé à l'époque de janvier peut produire une viande " plus saine " par rapport au profil des acides gras, à la fois lorsqu'on compare les valeurs de la viande crue que de la viande cuite. Le Gîte à la noix et el Caparaçon peuvent être une alternative de meilleure qualité nutritionnelle à la consommation d'une pièce plus chère, telle que le milieu de train de côte.

ABREVIATURAS

Ac.	Ácido
Accept	Aceptabilidad
AG	Ácidos grasos
AGMI	Ácidos grasos monoinsaturados
AGPI	Ácidos grasos poliinsaturados
AGS	Ácidos grasos saturados
CLA	Ácido linoleico conjugado
CRA	Capacidad de retención de agua
CT	Contra
DHA	Ácido graso docosahexaenoico
DPA	Ácido graso docosapentaenoico
EPA	Ácido graso eicosapentaenoico
GLM	Modelo lineal general
Jun/jul	junio/julio
KOH	Hidróxido potásico
LD	Longissimus dorsi
LO	lomo
<i>n</i> -3	Ácidos grasos de la familia ω -3
<i>n</i> -6	Ácidos grasos de la familia ω -6
PE	pecho-falda

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería en general y la producción de ganado vacuno de carne, en particular, tienen una gran importancia a nivel mundial y la ingente cantidad de datos que existe sobre ello (en ocasiones, con notables diferencias según la fuente bibliográfica) hacen complejo definir el panorama actual. La producción mundial de carne de bovino en el año 2016 (FAO, 2018), fue de 69,7 millones de toneladas, siendo el mayor productor EE.UU con 11,5 Mt. Brasil ocupa el segundo lugar con 9,3 Mt, seguido por la Unión Europea (UE) (7,9 Mt) y China (7,4 Mt).

La exportación mundial de carne bovina fue de 9,7Mt en el 2016, y se prevé que en 2017 aumentará a una tasa de 5,4% para alcanzar 10,2Mt. Los principales exportadores de carne de bovino en el año 2016 (FAO, 2018) fueron Brasil (1,7Mt), India (1,6Mt), EE.UU (1,3Mt), Australia (1,4 Mt), Nueva Zelanda (0,54 Mt) y la UE (0,46 Mt).

En la última década, el censo de ganado vacuno de carne en España ha experimentado un crecimiento continuado, situando el número de cabezas en 6.609.991 efectivos en 2017. Por comunidades Autónomas, el primer lugar en número de vacas nodrizas, lo ocupa Castilla y León (27%), seguida de Extremadura (22%), Andalucía (10%) y Galicia (10%). Aragón representa el 2% del censo (Mapama, 2017). Se observa que de los 6.317.640 de animales que constituyen la cabaña bovina en España en 2016, el 49,9% son animales mayores de 24 meses, el 36,9% son menores de 12 meses y el 13,2% tienen entre 12 y 24 meses (Mapama, 2017). Ello se debe principalmente a los gustos del mercado español que demanda principalmente animales de corta edad. En el año 2016 (Mapama, 2017), fueron sacrificados 2.376.88 animales en España para el aprovechamiento cárnico, lo que supuso una producción de 637.737 t, de las cuales 440.00 fueron bovinos jóvenes (de 8-12 meses).

Aragón cuenta con un censo ganadero de 343.752 cabezas de bovino, de las cuales la mayoría se encuentra en Huesca con 233.601 cabezas, siendo solo 26.260 vacas nodrizas (Mapama, 2017). Mantiene en sus zonas de montaña de Huesca y de Teruel explotaciones ganaderas de vacuno en sistema extensivo que se caracterizan por su pequeña dimensión. Estas explotaciones utilizan varias razas autóctonas: la Parda de Montaña y la Pirenaica en los Pirineos, y la Avileña-Negra Ibérica y la Serrana Negra en las sierras turolenses. Sin embargo, este tipo de producción no está reñida con el incremento de productividad y la adaptación a los nuevos tiempos, cuando se exige competitividad de precios y calidad en el producto. Por ello, este tipo de carnes pueden encontrarse comercializadas en el mercado bajo el nombre de “Pirinera”, “Ternera del Valle de Broto” (Casasús *et al.*, 2002a). El resto del censo está compuesto, fundamentalmente, por terneros jóvenes que están con las madres en sistemas de

pastoreo o suplementados con concentrado o ensilado hasta el destete, o por terneros jóvenes ya destetados en periodo de cebo en diversos sistemas con sustitución total o parcial del pastoreo con concentrado. En este grupo se encuentra la mayoría de los animales, lo que hace que el censo relativo de animales aumente al 5% del censo total en España (Mapama, 2017), puesto que la mayoría de estos terneros vienen de otras regiones o de otros países para realizar el acabado final antes de su sacrificio.

En la actualidad el consumidor demanda alimentos naturales, sanos, nutritivos, beneficiosos para la salud y con excelentes calidades sensoriales. Además, le preocupa cada día más que procedan de un sistema de producción sostenible, respetando la conservación del medio y cuidando el bienestar de los animales. De ahí la importancia que cobran día a día las diferentes marcas de calidad, como las que están dentro del marco europeo de denominaciones de origen protegidas (DOP) e Indicaciones Geográficas Protegidas (IGP), que constituyen un sistema utilizado para el reconocimiento de una calidad diferenciada, consecuencia de características únicas, debidas al medio geográfico en el que se producen las materias primas, se elaboran los productos, y a la influencia del factor humano que participa en las mismas (Bispo, 2010). Según la OMS, hay que reducir el consumo de carnes rojas basada en su posible influencia en el desarrollo de enfermedad cardiovascular por la composición grasa, pero también se sabe que la carne de vacuno producida en base a pasto tiene mejores índices de salud que la producida en sistemas intensivos. El pasto produce un aumento en la incorporación de ácidos grasos $n-3$ a nivel intramuscular, lo cual es beneficioso desde el punto de vista de la relación $n-6/n-3$ al reducirla por debajo de 4 (Wood *et al.*, 2004), pero lleva asociado una mayor edad del animal por la menor densidad energética de la dieta, lo cual provoca un engrasamiento diferente al de los animales más jóvenes alimentados con cereales, típicos en España (Campo *et al.*, 2016). La carne roja en general, y la de vacuno en particular, es además una fuente muy rica de micronutrientes necesarios para el correcto funcionamiento de nuestro organismo (Campo *et al.*, 2008).

En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo determinar la composición de la carne cruda y cocinada de animales provenientes de dos épocas de sacrificios, las cuales están asociadas a diferentes sistemas de alimentación, analizando el efecto de la pieza comercial (Lomo, Contra, Pecho-falda) en la composición nutricional de la carne. Además se pretende evaluar la calidad sensorial de la carne del Lomo y de la Contra, proveniente de las dos épocas de sacrificio y de dos tiempos distintos de maduración (7 días vs 21 días) mediante un panel de consumidores españoles. Este trabajo se encuadra dentro del proyecto Dieta-PYR2

del programa europeo POCTEFA. El proyecto Dieta-PYR2 promueve un sistema de producción de carne, típicamente pirenaico, basado en el aprovechamiento de pastos con razas autóctonas de la región POCTEFA (España, Francia y Andorra), proporcionando nuevas herramientas que permitan mejorar la producción de carne de vacuno en los Pirineos y comercializarla con este elemento diferenciador.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Principales sistemas de producción de vacuno de carne en zonas de montaña

En las condiciones tradicionales de producción de las zonas de montaña, los recursos forrajeros de la explotación constituyen el principal alimento para satisfacer, mediante el pastoreo y la posterior siega, las necesidades nutricionales de los animales; en consecuencia, de la estructura y dimensión de las explotaciones va a depender su disponibilidad forrajera (Olaizola, 1991), entre otros factores. Sin embargo, la suplementación con concentrados supone una estrategia por parte de los ganaderos para compensar los desequilibrios estacionales que pueden darse, y para satisfacer unas necesidades nutricionales incrementadas a consecuencia de la utilización de genotipos altamente productivos (Revilla, 2002).

El manejo de la alimentación en estos sistemas es muy diverso, pero en general se distinguen dos periodos: estival e invernal. En el periodo estival se aprovechan los pastos de montaña, que son en su mayoría pastos de propiedad comunal, y los animales en general no se suplementan, a excepción de correctores y las vacas gestantes. En el periodo invernal, el ganado se alimenta con heno almacenado, paja de cereales y concentrado (Casasús, 1998). Por su parte la primavera y el otoño se pueden definir como un periodo de transición en el que los animales reciben forrajes conservados y pastorean o bien en las praderas próximas a la explotación o en zonas intermedias, volviendo a sus establos por la noche, según las condiciones climáticas de la zona.

En estos sistemas, la alimentación de los terneros hasta el destete se basa en la leche materna, nacidos en cualquier periodo del año (Villalba *et al.*, 2000); sin embargo, los terneros nacidos en primavera pueden salir a pastar con sus madres, y los terneros nacidos en invierno pueden consumir paja y pequeñas cantidades de concentrado hasta el destete, realizado a unos 7-8 meses de edad, cuando ya son transportados a los cebaderos (Casasús *et al.*, 2002b; Revilla 1997).

Los sistemas de producción de vacuno se caracterizaban desde el punto de vista del manejo reproductivo por la existencia de una marcada estacionalidad de los partos (febrero-mayo). Esta estacionalidad condiciona el esquema productivo al hacer coincidir la época de partos con el inicio del periodo vegetativo, para así concentrar las máximas necesidades energéticas (lactación, reproducción y recuperación de reservas corporales) en el periodo de máxima producción vegetal. Desde el punto de vista de la alimentación, optar por una u otra época de partos consiste en adoptar estrategias alimenticias diferentes, teniendo en cuenta el

período máximo de vegetación y el período de altas necesidades de los animales, como la fase final de la gestación o el período de lactancia y la recuperación de reservas energéticas. Por ejemplo, en los partos de otoño la estrategia disocia las necesidades, centrando la lactación y la recuperación durante la invernada y destinando el periodo de pastoreo a la recuperación de las reservas corporales para asegurar un adecuado estado corporal en el momento del parto (Revilla, 1997).

2.1.1. Suplementación en pastoreo

Para un mayor rendimiento económico, el objetivo es aprovechar al máximo del pastoreo. Sin embargo, la suplementación es importante en el caso de las vacas gestantes, y la suplementación de terneros con concentrados puede ser útil en momentos de escasez o baja calidad de la hierba con el fin de evitar una reducción en la ganancia de peso de los animales, así como en la preparación de los terneros para su cebo inmediato en el post-destete (Casasús 1998; Revilla, 2002).

Como consecuencia de la suplementación, en unos casos se reduce la ingesta de hierba, en otros el tiempo dedicado a pastar. En experimentos previos, en que los animales disponían de abundante hierba, se producía un efecto de sustitución de hierba por concentrado, dando como resultado una ganancia similar en animales suplementados y sin suplementar (Bispo, 2010).

Debido a la importancia económica de la suplementación se estima que, si el forraje es abundante y de buena calidad, su efecto sobre los terneros es inapreciable y su uso antieconómico (Simpson *et al.*, 1985). Por el contrario, si el forraje es escaso o de mala calidad, el efecto de la suplementación es significativo, pudiendo ser económica su utilización (Stricker *et al.*, 1979).

2.1.2. Alimentación en cebaderos

En general, los animales entran en la explotación de cebo intensivo (cebadero) con un peso que oscila entre 180 y 200 kg y una edad aproximada de seis meses. De todas formas, el rango de peso y edad es muy variable y depende de diferentes factores (la disponibilidad del pasto según la pluviometría y la explotación, de la utilización de comedores-tolva específicos para los terneros en el campo, de la raza y/o sus cruces). Por ejemplo, en un año de sequía

podemos encontrar terneros con tres o cuatro meses de vida y pesos alrededor de 120-150 kg. Por norma general, el ternero pastero llega con rumen adaptado para digerir gran cantidad de forraje y poco concentrado, y la alimentación que va recibir en el cebadero va a ser la inversa, 80-90% de concentrado y el resto en forma de forraje, habitualmente paja de cereal (trigo, cebada) (Sañudo *et al.*, 2008).

Los piensos concentrados son más caros con respecto a los forrajes, pero reducen el periodo de cebo, además de favorecer el engasamiento necesario para una mejor comercialización, como en el caso de razas de maduración tardía como la Pirenaica (Brea *et al.*, 1998). El pienso incluye cereales como cebada, maíz, trigo y harina de soja como fuente proteica (Albertí, 2012).

El nivel de aportes alimenticios debe asegurar un crecimiento rápido que permita obtener canales de peso elevado y engasamiento óptimo. Para un peso inicial dado, los periodos de cebo más largos, de forma general, incrementan el peso al sacrificio, el peso de la canal y el rendimiento (Humada *et al.*, 2012). Con la mayor duración del acabado aumentan el espesor de la grasa subcutánea la grasa infiltrada de la carne y el porcentaje de canales clasificadas en las categorías superiores (May *et al.*, 1992; Vestergaard *et al.*, 2007); e igualmente se incrementa la terneza (Vestergaard *et al.*, 2007).

2.2. Composición y estructura del músculo

El músculo está compuesto de agua, proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales, entre ellos el hierro, el zinc y el selenio (Clinquart *et al.*, 1999, Volatier y Dufour 2006, Bauchart *et al.*, 2008). Las proteínas y las grasas son los principales nutrientes en la carne, con un bajo contenido de carbohidratos, con proporciones promedio de 18,5%, 3% y 1%, respectivamente (Coibion, 2008).

El músculo contiene fibras musculares capaces de contraerse y así transformar la energía de los nutrientes en fuerza motriz. Las fibras musculares están formadas por largas células multinucleadas que contienen el elemento contráctil: la miofibrilla. Con un diámetro de 1 a 2 micrones, las miofibrillas están formadas por un conjunto repetitivo de sarcómeros que constan de dos tipos de miofilamentos: grueso (miosina) y delgado (actina, troponina, tropomiosina). Las fibras están rodeadas por tejido conectivo que permite la transmisión de fuerzas a los huesos. Se observan tres tipos de tejido conjuntivo en los músculos: endomisio, perimisio y epimisio (Touraille, 1994).

Las fibras musculares estriadas se distinguen por tres tipos de fibras puras: tipo I, IIA y IIB, según la isoforma de miosina que contienen y sus características morfo funcionales (Picard *et al.*, 2003). Las fibras tipo I, conocidas como "fibras rojas con metabolismo oxidativo", porque son ricas en mioglobina, colágeno y lípidos, de pequeño calibre y de contracción lenta, tienen una buena resistencia a la fatiga y bajos niveles de glucógeno. Las fibras tipo IIB, llamadas "fibras blancas con metabolismo glucolítico", son pobres en mioglobina, lípidos y colágeno, de mayor diámetro de sección y rápida contracción, de baja resistencia a la fatiga y alto nivel de glucógeno. Por último, las denominadas fibras de tipo IIA, "intermedias", que tienen ciertas características de las fibras de tipo I y del tipo IIB. Estas últimas son fibras de contracción rápida con metabolismo oxidativo y glucolítico, tienen una menor resistencia a la fatiga frente al Tipo I y un alto nivel de glucógeno, es un tipo de fibras rico en lípidos y bajo en colágeno (Touraille, 1994; Bacou y Vigneron, 1988).

En la Tabla 1 vemos de forma más detallada las características principales de los distintos tipos de fibras musculares.

Tabla 1. Características de los tipos de fibras musculares

	Tipo I	Tipo IIA	Tipo IIB
Color	Rojo	Rojo	Blanco
Velocidad de contracción	Lenta	Rápido	Rápido
Resistencia a la fatiga	Fuerte	Intermedio	Débil
Metabolismo energético	Oxidativo	Oxidativo-glicolítico	Glicolítico
Vascularización	Importante	Importante	Débil
Contenido en mioglobina	Alto	Alto	Bajo
Disco Z	Grueso	Intermedio	Fino
Sección	Pequeña	Pequeña	Grande
Contenido lipídico	Elevado	Elevado	Bajo
Contenido en glucógeno	Bajo	Elevado	Elevado

Fuente: Bacou y Vigneron (1988)

Talmant *et al.* (1986) han señalado que en el bovino, el tipo I puede estar representado por el *Masseter* y el *Supraespinosus*, el tipo IIA por el *Longissimus dorsi* o el *Psoas major* y el tipo IIB por el *Tensor fasciae latae* o el *Gluteus medius*.

La carne de vacuno es la que representa la mayor proporción de fibras de tipo I, lo que indica que sus músculos son más ricos en fibras oxidativas de contracción lenta que los de

otras especies, aunque las fibras mayoritarias en la especie bovina son las de tipo II, que se reparten entre IIA y IIB, con un ligero predominio de las glicolíticas (Ashmore y Doerr, 1971).

La canal de un bovino está formada por 105 músculos diferentes. La composición del músculo varía de un animal a otro y de un músculo a otro en el mismo animal. Es variable, además, dentro de un mismo músculo. Estas variaciones se deben a diferencias en contenido y solubilidad del colágeno, la cantidad de grasa intramuscular y el tipo de fibras musculares (Coibion, 2008; Salifou *et al.*, 2013).

Transformación del músculo en carne

Después del sacrificio de los animales tiene lugar la transformación del músculo en carne. El músculo es un tejido vivo cuya actividad contráctil es regulada por el sistema nervioso. La contracción por el deslizamiento de filamentos ya no se produce cuando el músculo deja de recibir oxígeno y carece de fuente energética (Swatland, 1991).

El proceso de conversión del músculo en carne se divide en tres fases, que van afectar sus propiedades, sobre todo la textura. En la primera, aún está funcionando el sistema nervioso y dura 20 a 30 minutos. La segunda fase es el *rigor mortis*. En esta fase, el músculo está contraído por el descenso en la disponibilidad de ATP, pierde su elasticidad y por eso se denomina canal rígida (Serrano *et al.*, 2012). En la tercera fase el músculo, que ya se puede llamar carne, comienza a madurar o tenderizarse (Koochmaraie, 1994a).

2.2.1. La grasa

El tejido lipídico es el componente mayoritario de lo que comúnmente se denomina grasa. Está formado por C, H y O, no siendo infrecuente que se unan a estos elementos P, N y S. El carácter químico más generalizado es su contenido en ácidos grasos, aunque las características principales son que es más o menos untuoso al tacto, insoluble en agua y soluble en disolventes orgánicos como cloroformo o éter. Este tejido desempeña diferentes funciones: reserva energética, estructural, catalizadora y transportadora (Sañudo *et al.*, 2008).

El contenido de grasa es el parámetro más variable de la composición de la carne. La grasa contenida en la carne roja generalmente varía según el tipo de músculo, la dieta, la especie o la raza (Clinquart *et al.*, 2000; Williamson *et al.*, 2005; Bauchart *et al.*, 2008) y su contenido puede variar de 2 a 15% (Sadaka, 2014).

2.2.1.1. Tipo de músculo

La ubicación anatómica, el tipo metabólico y las características ligadas a las fibras musculares condicionan el contenido de lípidos de los músculos y las características de calidad como el perfil de ácidos grasos y la oxidación. Dentro de la misma canal, las variaciones en el contenido de lípidos son muy importantes. Del mismo modo, dentro de la misma especie, la variabilidad animal es muy importante pero menor en comparación con la variabilidad dentro de la misma canal (Evrat-Goergel, 2005; Panea *et al.*, 2011).

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).

Según Wood *et al.* (2004), las fibras rojas tienen un mayor contenido en fosfolípidos que las fibras blancas, y por lo tanto un mayor contenido en ácidos grasos poli-insaturados que son más susceptibles a la oxidación al tener mayor número de dobles enlaces.

Panea *et al.* (2011) estudiaron el efecto de la pieza comercial sobre el contenido lipídico y la oxidación lipídica en bovinos de raza Blonde d'Aquitaine y cruces de Pirenaica. La falda tiene más porcentaje de grasa intramuscular que la contra, el morcillo y el pez, y la oxidación lipídica del morcillo es superior para cualquier tiempo de maduración que estas tres piezas estudiadas, mientras que el pez fue la pieza que presentó la menor oxidación lipídica. En el mismo sentido, Barge *et al.* (2004) encontraron que el músculo *Longissimus Dorsi* contiene más lípidos que el músculo semitendinoso y supraespinoso para canales comerciales de terneros entre 12 y 19 meses de varias razas, y que el músculo *Longissimus Dorsi* contenía casi el doble de lípidos que el *Semitendinosus*. Cuvelier *et al.* (2006) han descrito valores de grasa intramuscular en el lomo (g/100g de carne) de 0,65; 1,64; 2,4 en toros de tres razas diferentes: Blanca Azul Belga; Limousin y Aberdeen Angus, respectivamente. Los análisis realizados en trozos de músculo y despojos de vacas de descarte, de raza Charolés y Holstein, revelaron que de los trozos más pobres en grasa es la tapa (2,3 g/ 100 g), y los más ricos son el *longissimus dorsi*, el filete de rellenar y los músculos *Intercostales externi e interni* (8,7, 8,6 y 7,6 g / 100 g, respectivamente). El contenido promedio de lípidos de todas las piezas fue de 6 g / 100 g (Bauchart *et al.*, 2008).

En el citado trabajo de Barge *et al.* (2001), se calculó que el porcentaje de grasa intramuscular del *Biceps femoris* (contra) es aproximadamente el 92,5% del presentado por el

lomo; esta relación sería de un 13% para el pez, un 72% para la falda y entre el 13% y el 14% para los flexores digitales. Esto supondría valores aproximados de 1,9% para la contra, 2,4% para el pez, 3,6% para la falda y entre 2,4% y 4,3% para el morcillo. Sin embargo, Keith *et al.* (1985) describen valores mucho más altos en la raza Aberdeen Angus, de 5,6% para el bíceps formal y de 3,0% para el supraespinoso, considerando como valor medio para el *longissimus dorsi* de animales de raza Pirenaica el 2,1% que ofrecen Sañudo *et al.* (1999), lo que pone de manifiesto la importancia de la raza, al ser un factor de variación importante en el engrasamiento por las diferencias en precocidad entre otros factores.

2.2.1.2 Alimentación

El contenido en grasa intramuscular está positivamente correlacionado con el consumo de concentrado (Alfaia *et al.*, 2009), el contenido en grasa intramuscular tiende a ser mayor en animales alimentados con concentrados frente a los que recibieron forrajes + concentrados (Duckett *et al.*, 2013) o ensilados (Warren *et al.*, 2008).

La carne de lomo de los terneros cebados intensivamente en España presenta un porcentaje de grasa intramuscular variable entre el 0,9 y el 3,2% del peso, según la raza, la dieta y principalmente el peso de sacrificio (Blanco *et al.*, 2010; Campo *et al.*, 2000).

La carne de vacuno de animales criados en pasto, por lo general, tiene bajos niveles de grasa, presenta una grasa más rica en ácidos grasos poli-insaturados y una relación de ácidos grasos poli-insaturados/saturados mayor que la de animales cebados con pienso (Nuernberg *et al.*, 2005; Realini *et al.*, 2004; Resconi *et al.*, 2010), en contraposición a la carne de terneros cebados intensivamente con piensos que presenta un porcentaje más bajo en ácidos grasos poli-insaturados y una relación $n-6/n-3$ alta, superior a 16 (Insausti *et al.*, 2004), mientras que las recomendaciones de esta relación en la dieta humana debería estar por debajo de 4 (Wood *et al.*, 2004).

Las dietas basadas en cereales usados de manera tradicional tienen mayor proporción de ácidos grasos $n-6$, mientras que en las dietas basadas en pastoreo, linaza o con aceites de pescado en su composición, hay una proporción más elevada de ácidos grasos de tipo $n-3$. A pesar de que el vacuno es un rumiante y se produce una biohidrogenación a nivel ruminal, la composición de la dieta puede afectar en el perfil de ácidos grasos a nivel intramuscular, de tal forma que animales con hierba en su ración tienen niveles más elevados de ácidos grasos $n-3$ y aquellos alimentados con concentrado tradicional lo tienen de $n-6$ (Sañudo *et al.*, 2008).

En las dietas de cebo de terneros en las que se introducían alimentos ricos en ácidos poli-insaturados, tales como la semilla de lino, se aumentó el total de ácidos grasos poli-insaturados $n-3$ y la proporción y contenido de C18:3 $n-3$ de la grasa intramuscular, así como el contenido en C20:5 $n-3$ y C22:5 $n-3$ y el porcentaje de ácidos grasos *trans*. Asimismo, las relaciones $n-6/n-3$ y C18:2 $n-6$ /C18:3 $n-3$ resultan significativamente menores comparados con la dieta control sin semilla de lino (Scollan *et al.*, 2001), con lo cual la relación $n-6/n-3$ fue significativamente menor y más próxima a las recomendaciones nutricionales de la EFSA.

Por otro lado, Albertí (2012) ha demostrado que el sacrificio de los terneros a un mayor nivel de engrasamiento aumenta el porcentaje total de grasa mono-insaturada, debido al aumento del ácido oleico, sin que se viesen afectados los porcentajes de grasa saturada o poli-insaturada de tipo omega 3 u omega 6.

2.2.2. Las vitaminas

La carne es una excelente fuente de vitaminas, especialmente vitaminas B6 (piridoxina), B3 (niacina) y B12 (cobalamina). La carne también puede contener vitamina E, un antioxidante natural que limita la oxidación de los lípidos y pigmentos, responsables de la alteración del sabor y el color de la carne durante su conservación (Cliquart *et al.*, 2000). Las vitaminas se encuentran en coenzimas o constituyentes del tejido muscular, variando sus niveles según el tipo de músculo, la dieta o el animal (Bauchart *et al.*, 2008; Rock, 2002).

2.2.2.1. Tipo de músculo

Según la pieza considerada, por porción de 100g, la carne de vacuno proporciona de 3,7 a 5,8 mg de vitamina B3, de 0,15 a 0,51 mg de B6 y de 1,2 a 7,2 μ g de B12, en un estudio realizado sobre los siguientes músculos: lomo, costillar, tapa, pez, espalda, falda, mejilla, solomillo. La mejilla es la pieza con el contenido más bajo de vitamina B6 (0,15 mg / 100 g) y la tapa, con el más alto (0,51 g / 100 g); la espalda es el músculo con el menor contenido de vitamina B3 y el lomo con el mayor contenido de vitamina B3. Estas variaciones se deben a los tipos metabólicos de las fibras y la ubicación anatómica del músculo (Sadaka, 2014; Bauchart *et al.*, 2008). Los músculos glucolíticos tienden a presentar niveles más bajos en vitaminas B6 y B12, pero más altos en vitamina B3, mientras que los músculos oxidativos son más ricos en vitaminas B6 y B12 y más bajos en vitamina B3. Por otro lado, las vitaminas liposolubles, como la A y la D, se encuentran en cantidades significativas sólo en unos pocos despojos, especialmente el hígado (Demeyer *et al.*, 1999).

2.2.2.2. Alimentación

Una dieta rica en hierba aumenta naturalmente el contenido de vitamina E, permitiendo un color estable y un bajo deterioro del olor y flavor de la carne cruda y cocinada (Dufey, 2010). Durand *et al.* (2001) observaron niveles de vitamina E cerca de 6,5-7 µg/g en la cadera de bovinos alimentados con pasto.

Humada *et al.* (2014) observaron que la producción semi-extensiva aumentó el contenido de vitamina E (4,1 µg/g) en comparación con la producción intensiva (1,8 µg/g) en terneros de raza Tudaanca de 12 y 14 meses de edad y que permanecieron en el pasto con sus madres hasta la edad de 5 meses. En otro trabajo, Yang *et al.* (2002) señalaron un contenido similar de vitamina E de *Longissimus dorsi* en novillos de raza Hereford alimentados con pasto (4,5 µg/g de carne) frente aquellos alimentados con concentrado (1,8 µg/g de carne).

Los tejidos de las plantas verdes son ricos en vitamina E y contienen concentraciones más altas que los concentrados tradicionales (Nuernberg *et al.*, 2005). Para alcanzar un nivel similar y una determinada deposición de α -tocopherol en músculo se puede suplementar con vitamina E en la dieta durante un período de acabado determinado y con un nivel definido (Liu *et al.*, 1996). Schwarz *et al.* (1998) han concluido que la duración del tiempo de suplementación con vitamina E tuvo más efecto que el nivel de suplementación en la estabilidad oxidativa de la carne y en el color, mientras que la cantidad depositada en músculo si dependió del nivel de suplementación. En este sentido, un estudio realizado por Arnold *et al.* (1992) consiguió un 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 300UI/día durante 270 días.

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 en atmósfera protectora, y que cuando son cebados con concentrado, la suplementación con vitamina E aumenta 6 días la vida útil por su menor oxidación lipídica y 2 días por su mayor estabilidad de color.

2.2.3. Los minerales

La carne es una excelente fuente de minerales, especialmente en hierro y zinc. Es baja en manganeso, cromo y selenio (presentes por debajo de 1 ppm). La contribución de ciertos minerales en la dieta humana no es despreciable: por ejemplo, 100 g de carne cruda de las

vacas de descarte de razas Charolais y Holstein proporcionan en promedio 2,2 mg de hierro, 4,1 mg de zinc y 8,9 µg de selenio que, corresponden a 24,4% y 13,75%; 29,3% y 34,2%; y 17,8% de las recomendaciones para hombre y mujer y para estos tres minerales, respectivamente (Sadaka, 2014). Los minerales contenidos en la carne roja especialmente, varían mucho según el tipo de músculo y la raza (Bauchart *et al.*, 2008; Evrat-Goergel, 2005; Rock, 2002).

2.2.3.1. Tipo de músculo

Los análisis realizados en la carne de razas bovinas en Francia revelaron que el filete del rellenar (músculo muy oxidativo) es el músculo con más contenido en hierro (3,7 mg / 100 g), seguido de la falda (3,3 mg), y de la espalda (*triceps brachii*) y la tapa (promedio de 2,7 mg / 100 g de carne). Los músculos glucolíticos (el *Longissimus dorsi* y los *intercostales externi e interni*) contienen menos hierro (2,3 mg / 100 g) (Bauchart *et al.*, 2008). Las fibras oxidativas son ricas en mitocondrias y mioglobina necesaria para el transporte de oxígeno utilizado para la beta oxidación de ácidos grasos. Por lo tanto, son más ricos en hierro hemo, que constituye el hemo de la mioglobina. Las fibras glicolíticas utilizan carbohidratos para cubrir sus necesidades energéticas y son pobres en mitocondrias y mioglobina, por lo que son más bajas en hierro hemo (Cassens y Cooper, 1971).

La carne de vacuno es rica en zinc (2,7 mg / 100 g) y su contenido varía según el músculo, más abundante en la falda (6,8 mg / 100 g) y menos en el masetero de la carrillera (2,7 mg). La carne proporciona 9,8 a 14,6 µg de selenio / 100 g, el contenido de este último depende tanto de la pieza como del individuo, y es más alto en los músculos altamente oxidativos, como la mejilla y el solomillo, lo que podría explicarse por el hecho de que el selenio, localizado en las selenoproteínas, desempeña un papel en la oxidación y, por lo tanto, sería más abundante en los músculos con metabolismo oxidativo (Sadaka, 2014).

2.2.3.2. Alimentación

El contenido de minerales trazas de la carne de vacuno está vinculado al tipo de alimentación ofrecido, además el contenido en las materias primas vegetales está determinado en gran medida por las concentraciones de minerales en el suelo (Leheska *et al.*, 2008). El acabado con pasto frente al acabado con concentrado puede aumentar y mejorar la composición de minerales en algunos componentes como Ca, Mg y K (Duckett *et al.* 2009); o

Zn P, Mg y K (Williams *et al.*, 1983). La composición de minerales depende en gran medida del origen geográfico de los alimentos animales. En un estudio realizado en Francia animales de pasto presentaron un menor contenido en selenio que en dietas mixtas (Gatellier *et al.*, 2004), mientras que en Uruguay la carne de pastos presentó niveles más altos que la de concentrados (Cabrera y Saadoun, 2014), probablemente debido a que los cereales del estudio francés provenían de regiones con suelos más ricos en selenio. En un estudio que abarcaba 20 explotaciones de 5 regiones diferentes se concluye que la suplementación mineral de selenio no implica una mayor concentración de este elemento en los tejidos animales y que es la región geográfica, más que el manejo y los factores productivos, el mayor responsable del contenido de selenio en el músculo en vacas (Hintze *et al.*, 2001). Según (Yoshihara *et al.*, 2013), una mayor diversidad de botánica ofrecida en pastoreo reduce las deficiencias minerales.

2.3. Maduración de la carne

En el proceso de maduración *post-mortem*, juegan un papel básico la degradación de las proteínas miofibrilares por acción enzimática. Los estudios se centran en dos grupos de proteasas endógenas: las catepsinas y las calpaínas (Shackelford *et al.*, 1991; Koohmaraine, 1994). También existe un complejo multicatalítico (Rivett, 1989) que no parece ser el responsable directo de la tenderización de la carne (Koohmaraie, 1996) aunque participa en ella.

Las calpaínas son cisteín proteasas dependientes de Ca_2^+ . Este sistema consta de tres componentes: μ -calpaína o calpaína I, m-calpaína o calpaína II y calpastatina. Dado que la μ -calpaína se activa rápidamente después del sacrificio, antes del caída del pH, muchos autores la implican directamente con la maduración (Koohmaraie *et al.*, 1987), las catepsinas son proteinasas que forman parte de retículo sarcoplasmático lisosomal contribuyendo a la degradación miofibrilar durante la instauración del *rigor mortis*, liberándose de los lisosomas por el fallo de las bombas de iones de las membranas y ejerciendo así su acción.

Kim *et al.* (1995) han reportado que las calpaínas son responsables de los cambios producidos en las primeras 48 h tras el sacrificio y las catepsinas de los producidos a lo largo de la maduración.

La magnitud de la proteólisis *post-mortem* depende de: la temperatura de almacenamiento, la susceptibilidad de las proteínas miofibrilares a la hidrólisis, del tipo de

músculo, del contenido de las proteasas y su actividad. Es por ello que los músculos glicolíticos de contracción rápida maduran más rápidamente que los rojos oxidativos de contracción lenta (Ouali, 1990).

Importancia de la maduración de la carne sobre la textura

Serrano *et al.* (2012) han reportado que la carne consumida en el momento del *rigor mortis* o poco después presenta la máxima dureza. Aunque la contracción que sufren los músculos por el *rigor mortis* no es reversible, a medida que va pasando el tiempo, la carne va madurando, es decir, la carne se vuelve más tierna gracias a la acción de enzimas proteolíticas (Dransfield, 1994; Koohmarie, 1996; Serrano *et al.*, 2012).

La velocidad de ablandamiento varía con la especie. La carne de vacuno es de las más lentas en madurar, y es un proceso exponencial, de manera que la mayor parte de la mejora ocurre al principio y va disminuyendo con el tiempo.

El tiempo de maduración necesario para obtener una carne con valores óptimos de ternura y flavor varía en función de la edad, genética, producción en pastoreo o en estabulación, engrasamiento, etc. En animales muy jóvenes un periodo de maduración de 4-5 días puede ser suficiente, mientras que animales de más edad y producidos en sistemas extensivos pueden ser necesarios periodos de maduración superiores a los 21 días. La maduración se realiza en condiciones de refrigeración y es independiente del tamaño de las piezas de carne. A temperaturas muy bajas el proceso se ralentiza (Serrano *et al.*, 2012).

2.4. Calidad de la carne de vacuno

El objetivo genérico de la calidad de un producto es la satisfacción del cliente y del consumidor, lo que significa cubrir sus necesidades y exigencias. Sin embargo, es difícil definir la calidad de la carne porque los atributos que se consideran importantes (color, textura, jugosidad y flavor) se encuentran estrechamente vinculados a la subjetividad humana y muy condicionados por factores geográficos, sociales, comerciales y psicológicos. Por ello, es más apropiado hablar de calidad que percibe el consumidor. El concepto de calidad de carne puede variar en el espacio y ser diferente de unos países a otros, y en el tiempo, en función de modas o compañías publicitarias, que puedan condicionar la demanda del consumidor (Beriaín y Lizasu 1997).

2.4.1. pH

Es una medida objetiva muy utilizada para estudiar la calidad de la carne fresca ya que la velocidad de caída y el valor del pH último (medido a las 24 horas post-sacrificio) afectan de forma directa al resto de factores físicos de calidad de la carne: color (Zhang *et al.*, 2005), capacidad de retención de agua (Honikel, 1991), dureza, sabor y vida útil (Schackelford *et al.*, 1994).

Tras la muerte del animal, cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes, por lo que el músculo utiliza sus propias reservas de energía para sintetizar ATP y se estimula la glucólisis anaeróbica, degradándose el glucógeno hacia ácido láctico. La formación de principalmente de éste ácido láctico provoca un descenso del pH, que continúa hasta que se agota las reservas de glucógeno, o hasta que se inactiva los enzimas que rigen el metabolismo muscular (Lawrie y Ledward, 2006). En el caso de los bóvidos el pH inicial en el músculo LD es de 7,08, alcanzando valores de 5,5-5,7 a las 48 horas *post-mortem*. Un metabolismo *post-mortem* anormal, debido a trastornos fisiológicos o factores exógenos, provoca la aparición de carnes con pH anormales (PSE y DFD), cuya incidencia se estima en un 5% (Garrido *et al.*, 2005).

El pH muscular va a depender de factores intrínsecos y extrínsecos. Se analizan a continuación algunos de ellos.

2.4.1.1. Tipo de músculo

La pieza comercial y las características ligadas a los músculos que las componen influirán en las características de calidad como el pH de la carne (Panea *et al.*, 2011). El pH último varía inversamente con el nivel de glucógeno presente en el músculo en el momento del sacrificio. Los músculos predominantemente rojos y lentos, que tienden a ser más bajos en glucógeno, muestran el pH último más alto y se encuentran principalmente en los cuartos delanteros (Talmant *et al.*, 1986). El pH último también depende del poder amortiguador del músculo, este último aumenta con la intensidad del metabolismo glucolítico.

Se han encontrado diferencias entre piezas para el valor de pH. Torrescano *et al.* (2003) describen valores de 5,52 para el bíceps femoral (contra) y de 5,67 para el flexor digital

(morcillo) en terneros de raza Parda y McKenna *et al.* (2005) presentan valores de 5,7 para el bíceps femoral y de 5,8 para el supraespinoso (pez), dentro del mismo animal.

El pH también puede variar dentro del mismo músculo, especialmente en los músculos más voluminosos, debido a las proporciones de los tipos de fibra en diferentes puntos de un músculo (Hunt y Hedrick 1977).

2.4.1.2. Sistemas de alimentación y manejo

Algunos autores concluyen que el tipo de alimentación no tiene excesiva importancia sobre el pH de la carne (Blanco *et al.*, 2008, 2009). Aunque varios estudios muestran que los animales procedentes de sistemas extensivos presentan pHs superiores a los de sistemas intensivos (Vestergaard *et al.*, 2000a, b), en parte debido a diferencias que se producen en el tipo de fibras asociado a los distintos sistemas de producción. Este hecho también fue encontrado por otros autores como Morris *et al.* (1997), donde los animales alimentados con pasto presentaron pHs superiores a los que recibieron suplemento de concentrado o permanecieron en régimen intensivo, y Del Campo *et al.* (2008), donde los menores pHs se encontraron también en los alimentados con concentrado a voluntad frente a los alimentados con pasto y grano de maíz. Que no es el caso en algunos trabajos que comparan modos de acabado (concentrado *vs* pasto) y encontraron pH superiores en los animales del intensivo (Serra *et al.*, 2004; 2008), un pH superior en este caso se asocia a los terneros procedentes de intensivo que son más nerviosos y reactivos.

2.4.2. Capacidad de retención de agua (CRA)

El tejido muscular contiene aproximadamente un 75% de agua (Lawrie, 1998), aunque varía según la especie y el músculo que se considere.

El agua del músculo se puede clasificar en tres grupos, dependiendo del tipo de unión a las proteínas musculares: de constitución, ligada y libre (Hönikel y Hamm, 1994), encontrándose en esta última modalidad el 95% del contenido acuoso de la carne, repartiéndose entre los espacios capilares, microcapilares, retículo sarcoplásmico y agua extracelular. Estando fundamentalmente asociada a las proteínas miofibrilares (Wismer-Pedersen, 1986).

La capacidad de retención de agua (CRA) es la propiedad que tiene la carne de retener el agua libre durante la aplicación de fuerzas extrañas (compresión, impacto, fuerza, cizalla) y durante un determinado proceso (maduración, cocinado, congelación) (Hamm, 1960; Zhang *et al.*, 2005).

La CRA tiene una fuerte repercusión sobre el color, textura, firmeza y jugosidad, afectando al valor nutritivo, composición química, valor comercial y aptitud tecnológicade la carne.

Según Clinquart *et al.* (2000) es importante tener en cuenta este parámetro porque influye en la rentabilidad del sector de procesamiento y, lo que es más importante, en la calidad organoléptica de la carne. Además, este parámetro a menudo es considerado por el consumidor como un criterio de calidad, o incluso, erróneamente a veces, como una indicación del uso de promotores del crecimiento en los animales. Por lo tanto, es necesario determinar la capacidad de retención de agua durante el almacenamiento (o pérdida de fluido), y también durante la cocción (pérdidas de cocción).

Según los protocolos propuestos por Hamm (1986), recopilados por Pla (2005), existen varias técnicas para calcular la CRA en una muestra de carne, podemos citar: pérdidas por goteo (*drip loss*), pérdidas por compresión (*expressible juice*), perdidas por cocción (*cooking loss*) y pérdidas por descongelación.

2.4.2.1. Tipo de músculo

La carne cruda difiere en la capacidad de retención de agua según los músculos que la componen. Esto se relacionan con las diferencias en el pH, pero se ha demostrado que a la misma tasa de caída del pH y al mismo pH último, permanecen variaciones importantes entre los músculos. El agua es retenida en la carne principalmente por proteínas miofibrilares por capilaridad, de modo que los cambios en la capacidad de retención de agua a menudo se explican por cambios en las proteínas miofibrilares del músculo (Salifou *et al.*, 2013). Sin embargo, otras variables todavía desconocidas pueden estar implicadas (Monin, 1991).

2.4.2.2. Sistemas de alimentación y manejo

Existen diversos factores que pueden influenciar la CRA en la carne de vacuno y que pueden variar por el sistema de alimentación y manejo, como la edad, así este valor disminuye

con la edad (Wismer-Pederson, 1986); y el pH, conforme desciende el pH durante la evolución del rigor, el poder de retención de agua por parte del músculo desciende (Campo *et al.*, 1999b).

Albertí *et al.* (1988) señalaron que las canales procedentes de los terneros de raza Frisona sometidos a un periodo largo de acabado presentaron un estado de engrasamiento superior a los otros terneros estudiados con corto periodo de acabado, y que esta superioridad de engrasamiento está bien correlacionada con la terneza de la carne y con el aumento de la capacidad de retención del agua, así el acabado prolongado con pienso concentrado de terneros frisonos incrementaba la CRA, mientras que el tipo de pasto no influía sobre ella.

Se puede explicar que con la edad y peso aumenta el tamaño de las fibras musculares (Guenther *et al.*, 1981), así como el porcentaje de grasa intramuscular de los animales, actuando como película protectora que minimiza la salida de jugo de la carne (Hornstein *et al.*, 1960) y de acuerdo con el estudio de Ouali *et al.* (1988) que señalaron que las pérdidas de agua de la carne es inversamente proporcional al contenido adiposo, y a la vez aumentaría con la velocidad de contracción del músculo.

En otro estudio, Cerdeño *et al.* (2006) han señalado que los animales acabados en pasto con concentrado a voluntad o restringido a 4 kg, no se producían diferencias significativas en las pérdidas por cocinado, pero sí en las de goteo, que aumentaron al restringir la cantidad de concentrado. Al comparar animales acabados con forraje o diferentes proporciones de concentrado, Del Campo *et al.* (2008) tampoco encontraron diferencias en las pérdidas por cocinado.

2.4.3. Color

El color, tanto de la carne como de la grasa, es un factor determinante en la elección y compra de productos cárnicos, ya que es uno de los atributos que el consumidor más valora, juzga y asocia con calidad al realizar la compra o antes del consumo (Roche, 2001; Viljoen *et al.*, 2002; Albertí y Ripoll, 2010).

El color de la carne está determinado fundamentalmente por la concentración del pigmento mioglobina y su estado químico. Pero también depende de la estructura de la carne, condicionada por el pH, las características de las proteínas musculares, la cantidad de agua y de grasa, y la velocidad de instauración del *rigor mortis*, así como de factores *ante* y *post-mortem* (Albertí *et al.*, 2005).

La *Comission International de l'Eclairage* (CIE) propuso el sistema CIELAB para describir el color, definiendo los parámetros: L* (luminosidad o claridad), cuyos valores van del blanco (100) al negro (0); a* (índice de rojo/oposición visual rojo-verde) y b* (índice de amarillo/oposición visual amarillo-azul), con valores que oscilan entre -60 y +60.

El color puede variar según el tipo de músculo y el sistema de alimentación y manejo, entre otros factores.

2.4.3.1. Tipo de músculo

Beriain y Lizasu (1997) han mostrado que existe gran variabilidad en el contenido de pigmentos hemínicos (presente en la mioglobina y hemoglobina, y utilizado para transportar oxígeno y que representa del 50 al 80% del hierro total en el ganado bovino) entre los distintos músculos de un animal, en función de la composición en fibras rojas, ricas en mioglobina, o fibras blancas, pobres en mioglobina. Además, los diferentes músculos presenten distinta estabilidad del color siendo el *Longissimus dorsi* (lomo) uno de los más estables y el *Psoas major* (solomillo) de los que menos vida útil presentan.

McKenna *et al.* (2005) realizaron un estudio con 19 músculos y los clasificaron en 4 grupos en función de la estabilidad del color a lo largo de la maduración. Según este estudio, el *Biceps femoris* (contra) tiene baja estabilidad, por lo que presenta una elevada decoloración tras los 5 días de exposición; por su parte, el *supraespinosus* (pez) se clasificó como de estabilidad muy baja, los músculos de la pierna entraban en la categoría de estabilidad media y sólo el *Longissimus dorsi* y el *Semitendinosus* presentaban una alta estabilidad del color a lo largo del tiempo. En este sentido Renerre (1997) y Renerre (2006) mostraron que entre los muchos factores biológicos y bioquímicos que influyen en la estabilidad del color, el efecto de la naturaleza del músculo es predominante. De hecho, el porcentaje de mioglobina oxidada puede variar de simple a doble entre los músculos estables como *Longissimus dorsi* y los músculos inestables como el *Psoas major*.

2.4.3.2. Sistemas de alimentación y manejo

Por lo general, la carne de los animales criados en sistemas de explotación intensivos presenta un color más claro, mientras que la carne producida a pasto es más oscura. Priolo *et al* (2001) en una extensa revisión mostró que los animales engordados a pasto tenían un 5%

menos de L* que animales de concentrado. Numerosos factores pueden estar implicados y es difícil separarlos, por la interacción que existe entre ellos y la literatura a veces es contradictoria. Las diferencias pueden estar relacionadas con la actividad física y el bajo nivel energético de la dieta (Vestergaard *et al.*, 2000a), que a su vez, pueden estar relacionadas a variaciones en la cantidad de especies reactivas al oxígeno y pigmentos, pueden modificar el pH, afectar la humedad y el marmoreo de la carne, el engrasamiento y peso de las canales, o generar diferencias de edad al sacrificio.

Parece ser que hay un mayor contenido de mioglobina en animales de pasto (Geay *et al.*, 2002), que puede estar relacionado con la actividad física (Baublits *et al.*, 2004) y/o al menor nivel alimentario que puede ocasionar una mayor proporción de fibras oxidativas (Geay *et al.*, 2002). Sin embargo, Priolo *et al.* (2001) reportó que generalmente el contenido de mioglobina no varía mucho entre los animales según la dieta. Dunne *et al.* (2005) no encontraron diferencias significativas entre animales con largo tiempo de ejercicio diario en el color de la carne.

2.4.4. Textura

La textura es una de los indicadores de la calidad de la carne, y una propiedad que engloba el atributo de ternura o su inverso, la dureza (Chrystall, 1999).

La textura de la carne es el resultado de características mecánicas, geométricas y relacionadas con la cantidad de humedad y de grasa de carne y el modo en que cada una de ellas se detecta en la masticación (Beriaín y Lizasu, 1997). La ternura es la propiedad textural más importante de la carne y se ha mostrado como uno de los factores fundamentales de los que contribuyen a la aceptabilidad de la misma por el consumidor (Koochmaraie *et al.*, 2005). Se relaciona con la maduración y las características y estructura de los componentes de la carne como el colágeno (Campo *et al.*, 1999a).

2.4.4.1. Tipo de músculo

El colágeno es una proteína fibrosa extracelular contenida en el tejido conectivo que rodea las fibras musculares. La cantidad y la insolubilidad del colágeno de un músculo determinan su destino culinario, por lo que el precio de la carne se correlaciona inversamente con su contenido de colágeno y / o insolubilidad. Según la tasa y la insolubilidad del colágeno

de un músculo, se pueden distinguir los llamados músculos de cocción rápida y de cocción lenta (Dransfield, 1994). El colágeno total es un parámetro que influye directamente en la ternura y por lo tanto, puede considerarse como un método para explicar las diferencias observadas en la ternura (Picard *et al.*, 2012).

Como es bien sabido, la ternura de la carne de bovino aumenta durante el proceso de maduración, ya que la carne experimenta, tras la aparición del *rigor mortis*, un endurecimiento que desaparece gradualmente a medida que avanza el tiempo de conservación (Lawrie, 1998). Roncalés *et al.* (1995) describieron la tenderización de la carne como el resultado de la acción degradativa de varios sistemas enzimáticos sobre su estructura. Esta se produce en dos fases: en la primera tiene lugar un ablandamiento rápido debido fundamentalmente al debilitamiento de las miofibrillas; la segunda etapa, más lenta, está relacionada con el debilitamiento de la estructura conectiva (Takahashi, 1996).

La pieza comercial y las características ligadas a los músculos que la componen influirán en las características de calidad como la textura de la carne (Panea *et al.*, 2011). Tres tipos de parámetros fundamentales caracterizan la ternura de la carne: el parámetro estructural (los componentes de la ternura: el tejido conectivo y las fibras musculares), el parámetro temporal (evolución de la ternura a lo largo del tiempo) y el parámetro enzimático o físico-químico (proteína intramuscular, así como la actividad de los diferentes sistemas proteolíticos involucrados en la maduración *post-mortem* de la carne) (Evrat-Georgel, 2008).

Los músculos difieren en su nivel de grasa intramuscular, su tipo de fibras (rojas, blancas o mixtas) y su contenido en colágeno, lo que determinará que la carne de distintas piezas comerciales tengan unas propiedades específicas de textura (Belew *et al.*, 2003; Panea *et al.*, 2011; Torrescano *et al.*, 2003) y por lo tanto de ternura. Además, ningún músculo de la canal puede ser un predictor de todos los otros músculos de la canal (Picard *et al.*, 2007). En función de las características de textura las piezas comerciales se clasifican en cuatro categorías: Extra, primera, segunda y tercera (Jeremiah *et al.*, 2003).

En los animales de mayor edad aumenta el número de fibras rojas que experimentan una mayor maduración más lenta que las fibras blancas, y aumenta también el contenido del colágeno y su insolubilidad lo que podría contribuir a explicar la mayor dureza (Berian y Lizasu, 1997). Además en las canales menos conformadas, los músculos se asocian con más colágeno, más pigmentos, fibras de sección más grande y un pH más alto (Renand *et al.*,

2002). Por otro lado, la hipertrofia muscular está asociada con un menor contenido de colágeno total o insoluble en los músculos y una mayor proporción de fibras glucolíticas rápidas. Estas características se asocian con una buena terneza (Hocquette *et al.*, 2005). Por lo tanto, se puede considerar que las carnes tiernas tienden a tener fibras finas, un bajo contenido de colágeno total o insoluble y un pequeño porcentaje de fibras de tipo oxidativo glucolítico rápido (Dransfield *et al.*, 2002). Así los distintos músculos de la canal presentan distinto grado de dureza, siendo El *Psoas major* (solomillo) y el *Longissimus dorsi* (lomo) de los más tiernos y el *Biceps femoris* (contra) y el diafragma de los más duros (Beriaín y Lizasu 1997).

En otro estudio Panea *et al.* (2011) han encontrado diferencias en los valores de esfuerzo máximo para diferentes piezas estudiadas (4 piezas de diferentes categorías morcillo: 2ª, pez 1B, contra 1A; falda 3ª) y para el tiempo de maduración, y que las diferencias entre piezas se detectaron únicamente a los 7 y 14 días de maduración, pero no el día 1. A los 7 días, la pieza más dura fue el morcillo, que es diferente de las demás, entre las que no hubo diferencias. A los 14 días de maduración, la contra y el morcillo fueron las piezas más duras, y la menos dura fue la falda, menor que las dos anteriores. El pez ocupó una posición intermedia, no diferenciándose ni de las primeras ni de la última. Aunque está demostrado que la maduración provoca un ablandamiento paulatino de la carne (Campo *et al.*, 1999a), que es el caso de la falda en el estudio de Panea *et al.* (2011).

2.4.4.2. Sistemas de alimentación y manejo

La alimentación puede afectar la tasa de crecimiento del animal y el nivel de engrasamiento y por lo tanto, la edad al sacrificio. Una canal con bajo espesor de grasa subcutánea (mayor susceptibilidad al acortamiento por frío) y escaso nivel de grasa intramuscular, puede influir negativamente sobre la textura de la carne. La supresión alimenticia 24 a 36 horas previo al sacrificio, puede inducir un bajo contenido de glucógeno en el músculo que dificulta la normal disminución *post-mortem* del pH de la carne (Geay *et al.*, 2002). En sistemas de producción extensivos, con dietas menos energéticas y donde el animal camina más, Vestergaard *et al.* (2000a) obtuvieron menor contenido de glucógeno muscular que en animales de sistemas intensivos. El incremento del pH último en la carne se relaciona lineal y positivamente con la terneza de la carne debido a una más alta capacidad de retención de agua y mayor proteólisis *post-mortem*.

Los terneros que reciben dietas forrajeras por lo general, deben suplementarse con concentrado, o realizar un acabado a pienso, con el fin de tener mayores velocidades de crecimiento (Bowling *et al.*, 1977), favorecer el engrasamiento de las canales, aumentar la insolubilidad del colágeno (Campo *et al.*, 2000) y aumentar la terneza de la carne (Larick *et al.*, 1987; Dikeman *et al.*, 1985). En un experimento con bueyes acabados en 147 o 175 días, se demostró que el aumento del tiempo de acabado que resulta en un aumento de los lípidos intramusculares puede llevar a una disminución de más del 26% en la fuerza de corte de la carne (Burson *et al.*, 1980).

2.5. Evaluación sensorial en un panel de consumidores de la calidad de carne

El principal objetivo de la evaluación sensorial es cuantificar las sensaciones percibidas por los consumidores al probar un alimento. El análisis sensorial genera una serie de opiniones divergentes en cuanto a los medios y las maneras de realizarlo. La evaluación sensorial se realiza con fines muy precisos, se basan en valorar el nivel de satisfacción de los consumidores antes de introducir al mercado un producto alimenticio, a verificar la diferencia o la similitud entre alimentos, y a medir del mismo modo que un instrumento, la intensidad de los atributos de los alimentos (Stone y Sidel, 1993). Según Anzaldúa-Morales *et al.* (1983) el horario de la evaluación sensorial es un factor que hay que tener en cuenta porque puede afectar a los resultados de las pruebas. Los horarios recomendados son entre las 11 de la mañana y la 1 de la tarde, así como de 17 a 18 horas de la tarde, aunque el primer horario es más adecuado. El número de jueces “consumidores” es importante en un panel de consumidores y suelen ser al menos 80, pero se recomiendan más de 112 en los tests de aceptabilidad, aunque este número es variable en función de los parámetros estadísticos que se requieran (Hough *et al.*, 2006). Los jueces en un panel de consumidores son personas que no son entrenados en las descripciones objetivas, y sus evaluaciones se basan en gustos y opiniones personal sobre el producto y es deseable que no tengan información sobre los productos a catar (Noble *et al.*, 1997; Owens, 2002). Según Campo (2005) en un estudio de consumidores un punto muy importante que se deber tener en cuenta, es la selección de los participantes en el test, a partir de los cuales se va a extrapolar los resultados de la población. La muestra población debe de equilibrarse de acuerdo a varios factores: sexo, edad, localización geográfica, estudios, ingresos y religión.

Los métodos que se emplean pueden ser cualitativos y cuantitativos, dependiendo del objetivo que se persiga, así al utilizar métodos cualitativos se persigue captar la respuesta subjetiva del consumidor a un producto nuevo. El método cualitativo se puede realizar en grupo (Bruseberg y McDonald-Philp, 2002) o en entrevista individual. Sin embargo, los métodos cuantitativos se emplean para conocer la aceptabilidad global del consumidor a un producto y para realizarlos se utilizan test de preferencia y test de aceptabilidad. Los test de preferencia indican qué muestra prefiere el consumidor, pero no indican si le gusta o no le gusta; las muestras se presentan por parejas, en ranking y por parejas múltiples, bien sean todas o una selección. Los test de aceptabilidad indican una aceptación gradual de la muestra mediante una escala hedónica (Campo, 2005).

En relación con la preparación de las muestras de carne, Guerrero (2005) ha propuesto una metodología que consiste en la cocción de la carne en un horno de convección a 200°C o placa eléctrica de doble parrilla calefactora hasta alcanzar una temperatura en el centro de la muestra de 70°C, cortar los filetes de 2 cm de grosor perpendicularmente a la dirección longitudinal del músculo (LD en este caso) y envolver por completo en papel de aluminio las muestras y codificar cada muestra con un número aleatorio de tres cifras. En los test de consumidores es conveniente que una persona pueda estar en la sala de catas solucionando las dudas que se presenten, es conveniente empezar con una muestra de aprendizaje con el código “000” y el orden de presentación de las muestras debe de estar equilibrado pero diferente para cada consumidor (MacFie *et al.*, 1989). Es recomendable ser muy claro en las instrucciones y realizar modelos de estadillos muy sencillos. El consumidor debe conocer la duración aproximada del test, el número de muestras no debe de superar las doce y se le debe de ofrecer algún tipo de gratificación.

2.5.1. Efecto del músculo sobre la calidad sensorial de la carne

Según el músculo, muchos autores encontraron diferencias para las características sensoriales como Powell *et al.* (2011) quienes encontraron que el *M. longissimus lumborum* presentó la mejor terneza entre los 7 músculos estudiados, incluidos el *gluteobiceps* (contra), y Barahona *et al.* (2015) quienes encontraron que el *Longissimus dorsi*, fue el mejor evaluado por los consumidores en aceptabilidad global, de terneza y del sabor, que los dos otros músculos estudiados, el *Semitendinosus* y *Pectoralis profundus*. Estas diferencias pueden ser

debidos a las características de los músculos y sobre todo el tipo de fibra muscular influye en las características sensoriales de la carne (Touraille, 1994) o varios otros factores como la cantidad de grasa en cada músculo.

2.5.2. Efecto de la alimentación sobre la calidad sensorial de la carne

Respecto al flavor, según Koutsidis *et al.* (2008) la dieta que ha consumido el ternero influye la calidad sensorial de la carne ya que se alteran los precursores del flavor en la carne; los animales alimentados con ensilaje de hierba tuvieron niveles más altos de aminoácidos libres en la carne, mientras que los animales alimentados con concentrados tuvieron un mayor contenido de azúcar reductor total. Melton (1990) concluyó que las mayores diferencias se encuentran al comparar alimentos basados exclusivamente a pastos con dietas de alta proporción de concentrados. En general, los alimentos de pastos causan un intenso flavor a la especie en consideración y una mayor presencia de flvares indeseados (Melton, 1990), aunque quizás se deba a que los estudios fueron realizados en países donde el consumo mayoritario deriva de animales alimentados con concentrados y por lo tanto, olores y flvares derivados del pasto les resultan extraños y desagradables (Sañudo *et al.*, 1998b). Larick y Turner (1990) mostraron el efecto de una dieta basada en maíz tras una alimentación en pastos, lo que reduce la intensidad de flavor dulce y a salvaje, y aumentó la intensidad de flavor amargo, a sangre y a grasa.

Resconi *et al.* (2010) han encontrado que el efecto de la dieta de acabado en la calidad sensorial de la carne es consistente con los efectos de estas dietas en el rendimiento de los animales, las características de las canales y las variables instrumentales y químicas de la carne. También han encontrado que el contenido de energía en las dietas está asociado negativamente con el olor y la intensidad del sabor de la carne de vacuno. La intensidad del sabor de la grasa era mayor en la carne de los bueyes alimentados con concentrados que en los bueyes alimentados con pasto, a pesar de que los contenidos de grasa eran similares, y las diferencias pueden deberse al efecto de la dieta en la composición de ácidos grasos de la carne (por ejemplo, C18:1, C18:3 n -3).

En este sentido, en relación al tipo de ácidos grasos de la dieta de cebo hay que considerar que en general el ácido oleico se relaciona con flvares deseables, mientras que los ácidos grasos poliinsaturados se han relacionado con flvares desagradables (Duckett *et al.*,

1993), quizás se deba a la oxidación de ácidos grasos poliinsaturados que son más susceptibles a la oxidación al tener mayor número de dobles enlaces (Wood *et al.*, 2004).

3. OBJETIVOS

El presente trabajo se enmarca dentro de un proyecto europeo POCTEFA que tiene como uno de sus principales objetivos el actualizar las tablas de composición de alimentos que actualmente se utilizan en España.

Por ello, esta Tesis de Máster tiene como objetivo determinar la calidad de la carne de vacuno:

- Analizando la influencia que tienen sobre la composición nutricional (composición química, composición mineral y perfil de ácidos grasos) en carne cruda y cocinada:
 - La época de sacrificio (Junio/Julio vs Enero) asociada a diferentes sistemas de alimentación.
 - La pieza comercial (Lomo vs Contra vs Pecho-Falda).
- Estudiando la influencia que tienen los factores anteriores y la maduración (7 días vs 21 días) sobre la aceptabilidad sensorial.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Animales y sistema de alimentación

Para la realización de este trabajo se utilizaron 17 terneros machos enteros de raza Pirenaica, de 13 meses de edad al sacrificio, criados en la Comarca del Sobrarbe, en las granjas de origen con distintos sistemas de alimentación según la época de sacrificio: Junio/Julio (primavera-verano) y Enero (invierno).

En el sacrificio Junio/Julio ($n=9$), seis animales, nacidos del 20 de marzo al 1 de mayo de 2017, provenían de la Granja 1, mientras que los tres terneros restantes, nacidos el 4 y 5 de septiembre de 2017, provenían de la Granja 2. En la Granja 1, los animales se destetaron entre los 5,1 y 6,5 meses, en el mes de octubre, y a continuación se cebaron con pienso comercial. En los corrales se ofrecieron principalmente dos tipos de raciones: los primeros 15 días un pienso de iniciación y heno para la adaptación de los animales; desde los 15 días hasta al sacrificio, recibieron un pienso de acabado más paja, ofrecido durante 8 meses (Tabla 2). Los terneros de la Granja 1, fueron sacrificados el 5 de junio de 2018, entre los 13,3 y 14,7 meses de edad. En la Granja 2, los terneros permanecieron con sus madres en pastos de alfalfa y *raygrass* hasta octubre, momento del destete (a una edad de 1,5 meses), entrando a continuación al cebadero. En el cebadero de la Granja 2 se ofrecieron también dos tipos de raciones: el primer mes de adaptación con pienso de iniciación y heno, y luego acabado con el pienso de acabado más paja (tabla 2), ofrecido durante 8 meses. Los terneros de la Granja 2 fueron sacrificados el 9 de julio de 2018, a los 10,3 meses de edad.

Los sacrificios de Enero comprenden un total de ocho terneros: cuatro de la Granja 3, nacidos entre el 14 de noviembre y el 19 de diciembre de 2017; y cuatro de la Granja 4, nacidos entre el 20 de noviembre de 2017 y el 06 de febrero de 2018. En la Granja 3, los terneros permanecieron en pastos con las madres hasta final de junio (entre 6,2 y 7,3 meses), momento que comenzaron el cebo, sacrificándose el 14 de Enero de 2019, entre los 13,1 y 14,2 meses de edad.

En la Granja 4, los terneros también permanecieron en pastos con sus madres y se destetaron el 01 de abril, entre los 1,8 y 4,4 meses de edad. Estos animales se sacrificaron el 26 de Enero de 2019. En el grupo ENERO, la alimentación en el cebadero fue una misma base de pienso ecológico (Tabla 3) y un forraje según la granja: paja, heno de pradera, hierba, forrajes varios, forrajes de pradera en octubre.

En la Tabla 3 se detalla la composición de los piensos y los forrajes utilizados en la fase de acabado, incluyendo el perfil de ácidos grasos. El análisis se realizó en el Laboratorio de

Análisis Físico-Químico e Instrumental del centro de investigación y tecnología agroalimentaria de Aragón, en Zaragoza.

Tabla 2. *Ingredientes de los piensos de acabado de los animales sacrificados en JUNIO-JULIO y en ENERO*

JUNIO-JULIO		ENERO	
Maiz	49%	Guisantes, Maiz, Trigo, Torta de Soja, Torta de Girasol, Carbonato de calcio, fosfato monocálcico, cloruro de sodio	
Cebada	13%		
Soja 47%	10%		
Tercerilla	10%	Hierro	89 mg/kg
Gluten feed	9%	Selenio	0,48 mg/kg
Melaza	3,50%	Manganeso	40 mg/kg
Aceite de soja	2,10%	Cobalto	0,21 mg/kg
Carbonato	1,29%	Zinc	106 mg/kg
Harina girasol 28-30%	0,81%	Yodo	0,52 mg/kg
Bicarbonato sódico	0,80%	Ácido ascórbico	75 mg/kg
Sal	0,30%	Ácido propiónico	11,25 mg/kg
Terneros cto cebo 0,2 %	0,20%	Ácido fórmico	18,75 mg/kg
Vitamina A	10000 UI/Kg	Vitamina A	10000 UI/Kg
Vitamina D3	1000 UI/Kg	Vitamina D3	2000 UI/Kg
Vitamina E	25 mg/Kg		
Cobre	5 mg/Kg	Cobre	16,98 mg/Kg

Tabla 3. Composición química y perfil de ácidos grasos (% relativo) de los piensos y forrajes de acabado utilizados en cada granja y época de sacrificio

	Junio/Julio	Enero	
	Conc (G1+G2)	Conc (G3+G4)	Forraje (G3+G4)
Valor calórico (Kcal)	363	355	344,5
Humedad %	10,71	11,81	9,02
Grasa %	4,83	5,5	1,99
Proteína %	12,81	11,69	8,26
Cenizas %	4,68	6,37	7,37
Hidratos de carbono %	66,97	64,64	73,38
Ac. Caproico (C6:0)	0,26	0,07	0,10
Ac. Caprílico (C8:0)	-	-	0,03
Ac. Cáprico (10:0)	0,32	0,15	0,04
Ac. Láurico (C12:0)	-	0,07	0,79
Ac. Mirístico (C14:0)	0,09	0,14	0,9
Ac. Palmítico (C16:0)	13,31	13,87	26,97
Ac. Palmitoleico (C16:1)	0,31	0,11	-
Ac. Margárico (C17:0)	-	-	1,43
Ac. Esteárico (C18:0)	2,00	2,64	2,30
Ac. Oleico (C18:1)	27,83	26,14	6,56
Ac. Linoleico (C18:2 <i>n</i> -6)	52,19	51,41	17,2
Ac. α -Linolénico (C18:3 <i>n</i> -3)	2,87	4,18	30,29
Ac. Araquídico (C20:0)	0,35	0,48	20,56
Ac. Gadoleico (C20:1)	0,26	0,4	-

4.2. Sacrificio

El sacrificio se realizó en las instalaciones de MercaZaragoza, matadero homologado por la Unión Europea y de acuerdo con la legislación vigente. Tras ser suspendidos por una de las extremidades posteriores, se procedió al desangrado, al desollado, eviscerado, corte longitudinal por zona vertebral de la canal y posterior pesado de las medias canales. Una vez faenadas, se clasificaron por conformación y engrasamiento según normativa SEUROP (Rglto.1249/2008), se introdujeron en la cámara de refrigeración a una temperatura comprendida entre 0 y 4° C, donde se conservaron durante 24 horas.

4.3. Muestreo

A las 48 horas del sacrificio, las canales se trasladaron a las instalaciones de Profesionales de la Carne, S.L. (San Juan de Mozarrifar, Zaragoza), donde se procedió al muestreo. Por razones de estandarización entre las diferentes canales, el trabajo se realiza con la parte izquierda de la canal. De cada media canal izquierda se obtuvieron deshuesadas las siguientes piezas de carnicería: Contra (CO), Lomo (LO) y Pecho-Falda (PE), como se muestra en la Figura (1 y 2). Las piezas se pesaron y se llevaron al laboratorio de carne del Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, de la Facultad de Veterinaria (Universidad de Zaragoza).

En ese momento, una porción inicial fue obtenida con las características que se mencionan a continuación (Figura 3), envasándose a vacío, y manteniéndose en congelación (-18°C) hasta su análisis:

- 100g para realizar el estudio de ácidos grasos (AG)
- 100g para la realización del análisis químico (AQ)
- 50g para realizar el estudio de minerales (Min)

Figura 1. Distribución de las piezas comerciales estudiadas en la canal de vacuno (Carballo et al., 2005) (16: Contra; 11: Falda, 8: Pecho; 9: Lomo)

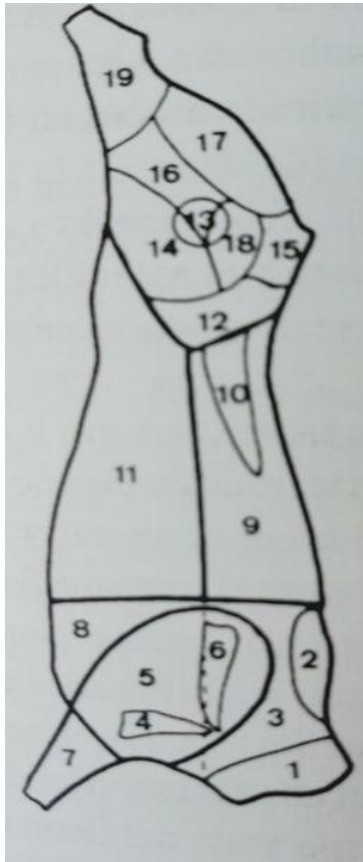


Figura 2. Muestras de las piezas extraídas: Lomo, Pecho-Falda y Contra



Otra porción de cada pieza comercial se congeló envasada entera al vacío para su posterior cocinado, con el fin de analizar la composición en ácidos grasos (AG), análisis químico (AQ) y Minerales (Min) en carne cocinada.

El resto de la contra y del Lomo se envasaron intactos al vacío hasta alcanzar 7 días de maduración, manteniéndose en refrigeración a 4°C. En ese momento, se obtuvieron filetes de 2cm de grosor que se envasaron al vacío, manteniéndolo en refrigeración hasta alcanzar los 21 días de maduración tras los que se congelaron a -18°C, o congelándose en ese momento con 7 días de maduración. Estos filetes se utilizaron para realizar un test de consumidores.

Figura 3. *Diseño del muestreo según el destino analítico de la pieza cárnica a analizar*

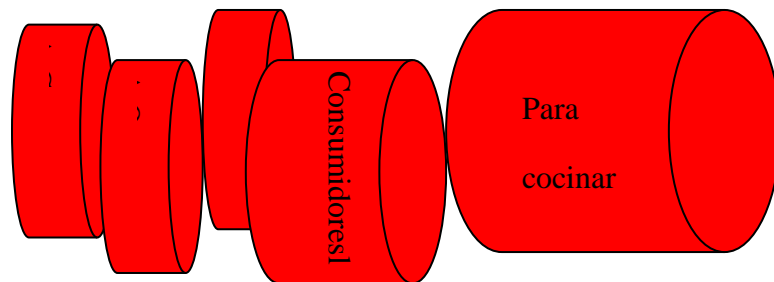


Figura 4. *Muestras de filetes de carne envasados para los distintos análisis*



4.4. Cocinado

Tras su descongelación a 4°C durante 24h, las muestras de PE troceadas se cocinaron en un el horno. Los trozos de CO y LO se filetearon a 0,9 cm con una fileteadora (SAMMIC GE-30CD-SC), y se cocinaron al grill (SAMMIC GRS-5 de doble placa). En ambos casos, grill y horno se calentaron a 200°C, y la carne se cocinó hasta alcanzar una temperatura interna de 70°C medida con una sonda interna de temperatura en un termómetro (Jenway 2000). La

carne se picó con una picadora Moulinex, se envasó al vacío y se congeló a -18°C hasta el momento de cada análisis AG, AQ y Min.

4.5. Análisis laboratorial

4.5.1. Determinación del pH

A las 48 horas post-sacrificio se midió el pH en el músculo *Longissimusdorsis* mediante un pH-metro portátil XSPH7+DHS provisto de una sonda de penetración (Figura 5). Cada medida se tomó por duplicado, siendo el valor final una media de las dos. Para el calibrado se utilizó una solución buffer de pH 4 y 7.

Figura 5. *Medición del pH en el Lomo*



4.5.2. Análisis bromatológico

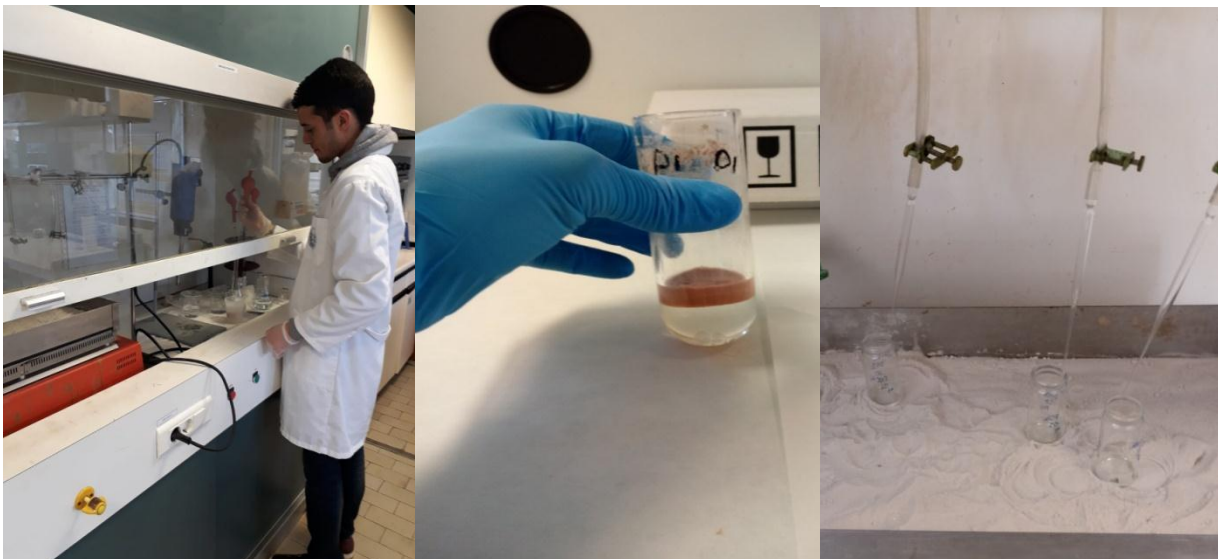
La composición bromatológica de la carne se realizó en las instalaciones de INTA en Teruel, valorándose humedad (ISO, 1997), grasa total (ISO, 1973), proteína (ISO, 1978) con un factor de conversión de 6.25 y cenizas (ISO, 1998).

4.5.3. Análisis de los ácidos grasos

Se realizó la extracción de lípidos de las 102 muestras de carne cruda y cocinada de los animales (17 animales x 3 piezas cárnicas x 2 tipos de carne: cruda y cocinada).

Para determinar la composición de los ácidos grasos intramuscular primero se extrajola grasa mediante la técnica de Bligh y Dyer (1959), basada en una extracción con cloroformo-metanol. El procedimiento se realizó en dos fases: la primera se hizo tras el descongelado de la muestra, la cual se picó y se mezclaron 10 g de músculo con 10 mL de cloroformo y 20 mL de metanol utilizando un ultra-turrax (IKA, T25basic) durante 2 minutos. Después se añadieron 10 mL de cloroformo, 10 ml de KCL al 0,88% y 4 mL de agua, los cuales se volvieron a homogeneizar durante 2 minutos más en el ultra-turrax. Se centrifugó a 4000 r.p.m. durante 10 minutos, extrayéndose el sobrenadante y añadiéndole 10 μ L BHT (1 mg/10 mL NaOH) y evaporándolo con nitrógeno, sobre un baño de arena a 55°C. En la Figura 6 se muestran imágenes de los distintos pasos de la fase de extracción de los ácidos grasos.

Figura 6. *Extracción de los ácidos grasos y evaporación de las muestras con nitrógeno sobre un baño de arena*



La segunda fase abarca la posterior metilación, la cual se realizó con un peso promedio de $0.025 \pm 0,005$ g de grasa, con la adición de hexano (2 mL) y de una solución saturada de KOH en metanol, utilizando 100 μ L del ácido tricosanoico (C23:0) como patrón interno, para calcular la composición de los ácidos grasos existentes en la muestra. El análisis de los ésteres metílicos de los ácidos grasos se llevó a cabo mediante cromatografía de

gases, utilizando un cromatógrafo de gases HP 6890 (Figura 7), utilizando nitrógeno como gas portador en una columna SP 2560 (100m x 0.25 mm x 0.20 μ m) (Carrilho *et al.*, 2009).

Figura 7. *Análisis de los ésteres metílicos de los ácidos grasos (cromatógrafo de gases HP 6890)*



4.5.4. Análisis de los minerales

El método se basa en la digestión de una muestra de 3g en un vaso de teflón con ácido nítrico sobre una placa caliente a 200°C para eliminar la materia orgánica de la muestra.

El procedimiento sobre la placa se realizó en dos pasos: el primer paso consiste en añadir 10ml de ácido nítrico puro hasta su evaporación total sobre la placa. Este paso dura aproximadamente una hora y es necesario prestar mucha atención para que no se quemen las muestras.

Después se agregan 2 mL de ácido nítrico 1N (HNO_3) al residuo, se evapora la muestra nuevamente en la placa y se deja enfriar hasta que el vaso esté a temperatura ambiente (Türkmen y Ciminli, 2007). Después, con un volumen total de 25 mL de agua MilliQ, se va haciendo poco a poco, lavado tras lavado del vaso de precipitado. Cada lavado se recoge con una jeringuilla con un filtro (filtro de jeringa, 0,45 μ m de membrana de nitrocelulosa) que se introduce en un tubo de plástico tipo falcon NALGENE de 50 mL. Las muestras se guardaron a -18°C hasta su análisis. En la Figura 8 se muestran imágenes de distintos pasos del procedimiento de la extracción de minerales.

La detección y cuantificación se realizó en el Servicio de Análisis Químico del Servicio de Apoyo a la Investigación de la Universidad de Zaragoza, en un equipo Perkin-Elmer

ELAN 6000 ICP-MS para Se, y en un equipo Perkin-Elmer ELAN 6000 ICP-OES para el Fe, Ca, P, Mg, K, Na, Zn.

Figura 8. Procedimiento de la extracción de minerales



4.6. Análisis sensorial con consumidores

El estudio de consumidores se realizó en el Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, de la Facultad de Veterinaria (UNIZAR) con 90 personas (Tabla 4).

Tabla 4. Características de la población de consumidores (n=90)

Edad (años)	%
18-25	25,6
26-40	18,9
41-55	24,4
>56	31,1
Sexo	%
Hombres	51,1
Mujeres	48,9

El diseño experimental se planteó en 9 sesiones de una hora de duración con 10 consumidores en cada una. Cada consumidor valoró las 8 muestras de los diferentes tratamientos, en un diseño 2 x 2 x 2: dos periodos de sacrificio, dos maduraciones, y dos tipos de músculo (Lomo y Contra). En dicha valoración se consideraron tres atributos: aceptabilidad general, aceptabilidad de la ternura y aceptabilidad del sabor, mediante escalas

hedónicas estructurales de 8 puntos desde me agrada extremadamente a me desagrada extremadamente), traducidas a una puntuación de 9 puntos por eliminación del punto neutral.

Las muestras de carne destinadas a este análisis se descongelaron mediante conservación en refrigeración (4°C) durante las 24 horas previas a la cata. Una vez descongeladas y atemperadas a temperatura ambiente entre 16-18°C fueron secadas y colocadas en papel de aluminio, codificado con un código aleatorio de tres dígitos. El cocinado de la carne se realizó en un grill SAMMICGRS-5 de doble placa de 200°C hasta alcanzar una temperatura interna en la muestra de 70°C, medida con una sonda de temperatura en un termómetro (Jenway 2000). Seguidamente se pasó al corte homogéneo de los filetes en 10 piezas (cubos de 2x2x2 cm), excluyendo la presencia de grasa y tejido conjuntivo en las muestras a probar. Estas se envolvieron en papeles de aluminio previamente codificados con tres dígitos y se colocaron en un calentador provisto de termostato a 50°C hasta su posterior evaluación, pasados unos minutos.

En la Figura 9 se muestran imágenes de distintos momentos de la evaluación sensorial con consumidores.

Figura 9. *Cocinado, manejo de las muestras y evaluación sensorial con consumidores*



4.7. Análisis estadístico

Se obtuvo la media y la desviación estándar para cada parámetro y para analizar las diferencias significativas, se utilizó un modelo lineal general multivariante con el programa estadístico SPSS (22.0), analizando los resultados separados según el tipo de carne (carne cocinada y carne fresca), considerando como efectos fijos la época de sacrificio y la pieza cárnica.

Para analizar los datos procedentes del panel de consumidores se utilizó también un análisis de varianza a través de un GLM (Modelo lineal general), con la época de sacrificio, la pieza cárnica y la maduración como efectos fijos, y el consumidor como aleatorio. Ya que se encontraron interacciones, se realizó un segundo análisis dentro de cada maduración (7 y 21 días), considerando la época de sacrificio y la pieza cárnica como efectos fijos y el consumidor como efecto aleatorio. Para valorar las diferencias entre medias se utilizó un test Duncan dentro de cada interacción.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados productivos y de calidad de canal

La Tabla 5 presenta la media y desviación estándar de parámetros productivos (edad de destete y edad de sacrificio) y de la canal (peso canal, conformación y engrasamiento) de terneros de raza Pirenaica sacrificados en dos épocas diferentes (Jun/Jul vs Enero). De estos parámetros, únicamente el peso de la canal varió significativamente ($P < 0,001$), siendo mayor para las canales de terneros sacrificados en Junio/Julio. Estas diferencias pueden ser debidas a la cantidad de concentrado ingerida en cada época. En el trabajo de Realini *et al.* (2004), a una misma edad de sacrificio las canales de terneros acabados con concentrado eran más pesadas que las acabadas en pasto.

Tabla 5. Efecto de la época de sacrificio sobre los parámetros productivos y de la canal de terneros de raza Pirenaica: Media \pm (desviación estándar).

	Jun/jul	Enero	Significación
Edad de destete (meses)	4,36 (2,24)	4,66 (2,44)	0,798
Edad de sacrificio (meses)	12,8 (2,0)	13,1 (1,1)	0,648
Peso canal (kg)	390 (19,5)	315 (24,0)	<0,001
Conformación ^a	7,67 (1,00)	8,00(0,00)	0,362
Engrasamiento ^b	6,44 (0,88)	6,00 (0,93)	0,327

Jun/Jul: Junio/Julio; ^aTransformación de la escala SEUROP (P = mediocre a S = superior) del Reglamento (CE) 1182/2017 en una escala de 18 puntos; ^bTransformación de la escala de 1 (no engrasada) a 5 (muy engrasada) del Reglamento (CE) 1182/2017 a una escala de 15 puntos

5.2. pH 48h

El pH del músculo LD evaluado a las 48 horas del sacrificio resultó ser significativamente diferente entre ambas épocas (Tabla 6), siendo ligeramente más elevado en la carne de animales sacrificados en Junio/Julio, aunque en ninguna muestra se ha superado el pH de 5,8, valor a partir del cual se suele considerar una carne con problemas de calidad, por alteración del color (Montserrat *et al.*, 1997) y de las propiedades físicas, microbiológicas y sensoriales. Los resultados obtenidos son diferentes a los trabajos en los que comparan modos de acabado (concentrado vs pasto) en los que es frecuente encontrar pH superiores en los animales de extensivo (French *et al.*, 2001; Del Campo *et al.*, 2008). Nuestros resultados coinciden a los resultados encontrados por Guerrero *et al.* (2013), quienes encontraron valores

de pH significativamente alto en los animales de raza Gascona que recibieron concentrados previo al acabado frente a los que recibieron distinta cantidad de pastos y forrajes previo al acabado. Un pH superior se asocia, en algunos casos, a un carácter más nervioso (Serra *et al.*, 2008), debido a las pérdidas de glucógeno por el estrés durante el transporte y espera pre sacrificio, que suele estar más asociado a animales procedentes de extensivo (Del Campo *et al.*, 2008) ya que están menos acostumbrados al manejo. Como en este trabajo en ambos tratamientos los animales presentaron un manejo similar, nuestros resultados pueden ser debidos al mayor estrés causado por el calor en la época de sacrificio del verano.

Tabla 6. Efecto de la época de sacrificio sobre el pH 48h de terneros de raza Pirenaica: Media \pm (desviación estándar).

	Jun/jul	Enero	Significación
ph	5,63 (0,12)	5,50 (0,06)	0,009

Jun/Jul: Junio/Julio

5.3. Análisis bromatológico

Los valores obtenidos en el presente estudio de la composición bromatológica de la carne cruda (Tabla 7) son similares respecto a los valores obtenidos por otros autores en LD de raza Pirenaica utilizando machos enteros y finalizando los animales en sistemas intensivos. Los mismos fueron 75,9 y 74,9% de humedad, 22,3 y 22,4% de proteína y 1,9 y 1,7% de grasa intramuscular, respectivamente para los trabajos de Sañudo *et al.* (2000) y Albertí (2012). Sin embargo, muchos autores han observado valores mucho más altos, especialmente en términos de contenido de grasa, como Keith *et al.* (1985) quienes describieron 6,45% en el LD de terneros de raza Aberdeen Angus de 14 meses de edad, lo que pone de manifiesto la importancia de la raza (Sañudo *et al.*, 1998) y la edad, ya que los animales de más edad acumulan más grasa (Rotta *et al.*, 2009). El cocinado de la carne reduce su humedad y por consecuencia se concentran las proteínas, grasa y cenizas (Tabla 8) al aumentar el contenido en materia seca, como se observa también en el trabajo de Oliveira *et al.* (2015).

Efecto época de sacrificio

Tras el análisis estadístico de las distintas variables de composición química de la carne, tanto cruda como cocinada, se observó que en el porcentaje de grasa no hubo diferencias significativas entre las dos épocas de sacrificio, mientras que sí las hubo para la humedad, las proteínas y las cenizas (Tablas 7 y 8).

La ausencia de diferencias significativas en la grasa de ambas épocas de sacrificio coincide con los resultados de Guerrero *et al.* (2013) quienes tampoco encontraron diferencias significativas en la grasa de dos lotes de ternero de raza Gascona que recibieron distinta cantidad de pastos y forrajes y concentrados previo al acabado. En el trabajo de Blanco *et al.* (2008) tampoco se encontraron diferencias en el contenido de grasa entre los lotes de animales de raza Parda de Montaña criados en el Pirineo de destete precoz y destete tardío (con 3 meses más con aprovechamiento al pasto hasta el cebo tradicional) y sacrificados a 362 días de edad.

La humedad se vio afectada significativamente por la época de sacrificio, encontrándose un menor contenido de humedad en el grupo de animales sacrificados en Junio/Julio. En otro estudio, los animales alimentados con una alta proporción de forraje, presentaron mayor proporción de humedad en la carne en comparación con los animales alimentados con mayor proporción de concentrados (French *et al.*, 2001).

El contenido de proteína fue significativamente superior en los terneros del grupo de sacrificio de Junio/Julio en comparación con las del grupo de Enero. Estos resultados están de acuerdo con Horcada *et al.* (2016), donde encontraron que los animales que reciben concentrado tienen un mayor contenido de proteínas frente a los animales alimentados exclusivamente en pasto. Esto puede ser debido a la diferencia de la concentración proteica y la cantidad de proteínas ingerida para los terneros en diferentes épocas.

Efecto de la pieza cárnica

Se encontraron diferencias significativas en la composición química para la humedad, la proteína y la grasa en la carne cruda (Tabla 7) y sólo para la humedad y la grasa en la carne cocinada (Tabla 8), según la pieza comercial.

Respecto a la humedad, el Pecho-Falda presentó los valores más altos, significativamente diferentes de los obtenidos para el Lomo y la Contra en la carne cruda y

superando sólo al Lomo en la carne cocinada. Los valores más altos de humedad se corresponden a los valores más bajos de grasa, tal como se demostró en otros estudios (Ouali *et al.*, 1988). Estos resultados concuerdan con Keith *et al.* (1985) quienes encontraron valores de humedad de 73,3%, 72,6%, 71,8%, en los músculos crudos: *Pectoral* (pecho), *Biceps femoris* (Contra) y *Longissimus Dorsi* (Lomo), respectivamente, en novillos Angus de 14 meses de edad. Barge *et al.* (2004) también encontraron valores más bajos en el *Longissimus Dorsi* en comparación con otros músculos (*Semitendinosus* y *Supraspinatus*) en terneros jóvenes de 12 a 19 meses. En otro trabajo con novillas Charolais de 33 meses de edad, Oury *et al.* (2009) obtuvieron valores de humedad entre el 64,4% y el 75,2% y un promedio de 72,8% para el músculo *recto abdominal* (falda).

El contenido de grasa fue diferente para los músculos evaluados, siendo los valores más altos en la contra y el Lomo en la carne cruda y en el Lomo en la carne cocinada. El porcentaje de grasa intramuscular fue 1,94% del *Longissimus dorsi* de animales de raza Pirenaica según Sañudo *et al.* (2000), valor que se corresponde con nuestros resultados. En el trabajo de Oliveira *et al.* (2015) se mostraron valores superiores en el *Longissimus thoracis* frente a los obtenidos en el *Biceps femoris* en terneros entre 18 y 20 meses de edad de raza Nellore. Sadaka (2014) mostró también que el Lomo es más rico en grasa en frente a la falda y la tapa (Contra incluida). Keith *et al.* (1985) han mostrado que el *Longissimus dorsi* tiene más grasa que el bíceps femoral (Contra) y el *Pectoral* (Pecho).

Respecto al porcentaje de proteína, hubo diferencias significativas en la carne cruda según la pieza comercial, pero no en la carne cocinada, siendo los valores más altos en Lomo y los más bajos en el PE. Estos resultados concuerdan con los resultados de Barge *et al.* (2001), quienes encontraron que el LO es más rico en proteínas en comparación con la CT y el PE. Panea *et al.* (2011) obtuvieron valores similares para el contenido de proteína en la Contra y la falda en terneros Blonde d'Aquitaine y cruces de pirenaica. En el trabajo de Sadaka (2014), la falda fue la pieza que obtuvo los menores valores de proteínas mientras que la tapa (Contra incluida) fue la pieza con más proteína, seguida para el Lomo. Sadaka (2014) explica esta variación por la localización anatómica de los músculos.

Tabla 7. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica en la composición química (%) de la carne cruda:Media \pm (desviación estándar).

	Época		Pieza			Significación		
	Jun/jul	Enero	CT	LO	PE	E	P	E*P
Humedad	72,7 (1,1)	73,8 (1,0)	73,0b (0,9)	72,6b (1,2)	74,2a (0,9)	<0,001	<0,001	0,084
Proteínas	24,3 (0,9)	22,9 (0,8)	23,6ab (1,1)	24,1a (1,1)	23,1b (0,8)	<0,001	0,002	0,858
Grasas	1,87 (0,62)	1,75 (0,84)	2,09a (0,90)	1,96a (0,67)	1,40b (0,34)	0,503	0,010	0,088
Cenizas	1,12 (0,06)	1,52 (0,28)	1,31 (0,28)	1,29 (0,24)	1,31 (0,33)	<0,001	0,955	0,929

Jun/jul: Junio/Julio; CT: Contra; LO: Lomo; PE: Pecho-Falda E: Época de sacrificio; P: pieza cárnica; E*P: Interacción época y pieza; Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P<0,05$)

Tabla 8. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica en la composición química (%) de la carne cocinada:Media \pm (desviación estándar).

	Época		Pieza			Significación		
	Jun/jul	Enero	CT	LO	PE	E	P	E*P
Humedad	63,7 (1,2)	64,5 (1,1)	64,2a (1,1)	63,6b (1,0)	64,5a (1,4)	0,010	0,017	0,307
Proteínas	32,6 (1,1)	31,4 (1,0)	32,0 (0,9)	32,0 (1,3)	32,0 (1,5)	<0,001	0,968	0,176
Grasa	2,37 (0,86)	2,84 (0,97)	2,40b (0,98)	3,29a (1,14)	2,09b (0,77)	0,088	0,002	0,960
Cenizas	1,33 (0,10)	1,28 (0,06)	1,32 (0,09)	1,28 (0,065)	1,31 (0,10)	0,041	0,351	0,228

Jun/jul: Junio/Julio; CT: Contra; LO: Lomo; PE: Pecho-Falda E: Época de sacrificio; P: pieza cárnica; E*P: Interacción época y pieza; Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P<0,05$)

5.4. Composición de minerales

La Tabla 9 presenta la composición de minerales en la carne fresca según la época de sacrificio y la pieza cárnica, mientras que la Tabla 10 muestra los valores en carne cocinada. La carne cocinada mostró valores mayores en el contenido de minerales en comparación con las muestras crudas, debido a la pérdida de humedad al cocinar, excepto el potasio y el sodio que es probablemente debido a la lixiviación de minerales en jugo expelido durante la cocción (Campo *et al.*, 2013; Lopes *et al.*, 2015).

Los valores encontrados en los filetes de Lomo crudos de la carne de vacuno por Leheska *et al.* (2008) en EE.UU, son más altos que los valores encontrados en el presente estudio (8,7 mg Ca; 1,9 mg Fe; 342,4 mg K; 23,1 mg Mg; 55 mg Na; 211,9 mg P; 3,6 mg Zn; 21,2 ng Se; por 100 g de carne fresca).

Efecto de la época de sacrificio

Los terneros sacrificados en Junio/Julio tuvieron un mayor contenido de Ca, K, P y Se y menor de Zn ($P < 0,05$), en comparación con los terneros sacrificados en Enero. Otros minerales (Fe, Mg y Na) se mantuvieron sin cambios ($P > 0,05$) con la época de sacrificio. Duckett *et al.* (2009) encontraron mayores concentraciones de Ca, Mg y K en la carne de terneros acabados con pasto en comparación con la carne de terneros acabados con concentrado, sin diferencias significativas en los contenidos de Fe, Na y Zn. En otro estudio, Williams *et al.* (1983) encontraron mayores concentraciones de Zn, P, Mg y K en la carne de terneros acabados con pasto en comparación con la carne de terneros acabados con grano y sin diferencias significativas en los contenidos de Fe, Na y Ca. El contenido de minerales traza de la carne de vacuno está vinculado a la ingesta de los mismos, y en los animales de pastoreo está determinado en gran medida por las concentraciones de minerales en el suelo (Leheska *et al.*, 2008). Duckett *et al.* (2009) encontraron también valores diferentes en la carne de terneros cruces de Angus (por 100g de carne fresca 7,17 mg y 5,35 mg Ca; 306,56 y 293,12 mg K; 21,08 y 20,74 mg Mg; respectivamente en carne de terneros acabados en pasto y con concentrado. La edad, el sitio de crianza, las prácticas de alimentación (Pannier *et al.*, 2014) y el grupo genético (Freitas *et al.*, 2014) se proponen como factores responsables de las diferencias en la composición de minerales.

Efecto de la pieza cárnica

En la carne fresca se encontraron diferencias significativas en la composición de minerales para el contenido de Fe, Mg, Na y P entre las piezas cárnicas comerciales. Aunque no hubo diferencias para el contenido de Ca, K, Zn y Se (Tabla 9). En la carne, cocinada se encontraron diferencias significativas en Fe, Na y Zn (Tabla 10). El PE y la CT tuvieron los mayores contenidos de todos los minerales que han variado, mientras que los menores se obtuvieron en el LO tanto en la carne cruda como cocinada, exceptuando el contenido en Zn en la carne cocinada que fue superior en el LO.

Tabla 9. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica en la composición de minerales (mg/100g) de la carne fresca: Media \pm (desviación estándar).

	Época		Pieza			Significación		
	Jun/Jul	Enero	CT	LO	PE	E	P	E*P
Ca	4,88 (0,65)	4,30 (1,00)	4,82 (0,72)	4,4 (0,92)	4,60 (0,98)	0,015	0,297	0,181
Fe	1,49 (0,38)	1,37 (0,36)	1,50ab (0,26)	1,26b (0,32)	1,55a (0,42)	0,231	0,037	0,740
K	384 (28,5)	350 (56,5)	370 (26,4)	359 (51,6)	376 (57,5)	0,008	0,551	0,265
Mg	23,05 (1,76)	22,80 (4,74)	23,86a (1,89)	21,1b (3,12)	23,83a (4,33)	0,790	0,024	0,423
Na	48,02 (7,57)	44,24 (9,41)	48,61a (6,63)	39,79b (5,95)	50,33a (9,19)	0,073	<0,001	0,861
P	178 (13,1)	162 (28,2)	175a (9,72)	159b (22,6)	177a (28,8)	0,006	0,026	0,616
Zn	3,83 (1,0)	5,22 (2,75)	4,14 (1,64)	5,23 (2,37)	4,07 (2,22)	0,019	0,191	0,990
Se [#]	13,0 (1,58)	10,9 (2,28)	12,5 (1,82)	12,0 (2,30)	11,6 (2,45)	<0,001	0,389	0,722

*Jun/jul: Junio/Julio; CT: Contra; LO: Lomo; PE: Pecho-Falda E: Época de sacrificio; P: pieza cárnica; E*P: Interacción época y pieza; Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (P<0,05); #ng/100g*

Respecto al contenido de hierro, estos resultados concuerdan con el trabajo de Sadaka (2014) quien encontró valores más bajos en el LD en comparación con la tapa (Contra incluida) y la falda (valor más alto que los dos músculos anteriores) en la carne de vacas de descarte, y muestra que existe una estrecha relación entre el tipo metabólico de las fibras y los contenidos de hierro. Los músculos más oxidativos son los más ricos en hierro hemo y los

músculos más glicolíticos son los menos ricos (LO). De hecho, las fibras oxidativas son ricas en mitocondrias y mioglobina necesaria para el transporte de oxígeno utilizado para la oxidación beta de ácidos grasos.

Varios autores, como Leheska *et al.* (2008) o Freitas *et al.* (2014) han señalado correlaciones negativas entre algunos minerales (Fe, P, Na y K) y el contenido de grasa de la carne. El PE fue el músculo con el más bajo contenido de grasa en comparación con el LO y la CT en la carne fresca, y el que muestra los contenidos más altos en todos los componentes de la composición mineral que han sido afectados por el músculo. Lo mismo ocurre para la carne cocinada, excepto para el zinc, que parece tener una variación significativa entre los músculos, con el mayor contenido en el LO comparado con el PE y la CT pero sin ninguna explicación consistente. Sadaka (2014) también en su trabajo sobre carne fresca encontró que el contenido de zinc varía mucho entre los músculos sin que haya encontrado una explicación adecuada para la variabilidad de este contenido de zinc en los diferentes músculos.

Tabla 10. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica en la composición de minerales (mg/100 g) en carne cocinada: Media \pm (desviación estándar).

	Época		Pieza			Significación		
	Jun/jul	Enero	CT	LO	PE	E	P	E*P
Ca	5,47 (0,69)	4,55 (0,40)	5,09 (0,50)	5,14 (0,90)	4,87 (0,75)	<0,001	0,315	0,106
Fe	1,75 (0,33)	1,81 (0,35)	1,86a (0,30)	1,57b (0,27)	1,92a (0,35)	0,486	0,003	0,180
K	378 (24,8)	334 (30,5)	355 (25,7)	357 (49,1)	361 (29,4)	<0,001	0,729	0,041
Mg	25,4 (2,38)	25,3 (2,42)	26,2 (1,56)	24,6 (3,50)	25,2 (1,26)	0,849	0,122	0,174
Na	44,2 (5,17)	40,7 (6,08)	44,1a (4,59)	38,1b (6,41)	45,4a (3,39)	0,007	<0,001	0,042
P	198 (14,1)	174 (14,6)	192a (12,9)	181b (26,4)	187ab (12,8)	<0,001	0,074	0,173
Zn	4,94 (1,13)	4,89 (0,78)	4,46b (0,76)	5,77a (0,81)	4,53b (0,76)	0,842	<0,001	0,171
Se [#]	18,9 (2,08)	16,3 (1,40)	18,0 (1,75)	17,8 (2,68)	17,2 (2,19)	<0,001	0,441	0,986

Jun/jul: Junio/Julio; CT: Contra; LO: Lomo; PE: Pecho-Falda E: Época de sacrificio; P: pieza cárnica; E*P: Interacción época y pieza; Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$); [#] ng/100g

5.5. Análisis de los ácidos grasos

La composición de los ácidos grasos de la grasa intramuscular de terneros de raza Pirenaica según la época sacrificio (Junio/Julio vs Enero) y la pieza cárnica (Contra vs Lomo vs Pecho-Falda) se puede observar en las Tablas 11 y 13, expresados en porcentajes del total de ésteres metílicos de ácidos grasos y en las Tablas 12 y 14, expresados en mg de ácidos grasos por 100 g de carne, siendo todas las muestras de carne cruda. Por otra parte, en las Tablas 15 y 17 y en las Tablas 16 y 18, se presentan los datos de la carne cocinada, expresados en porcentaje y cantidad, respectivamente.

Nuestros valores obtenidos para los AGS, AGMI y AGPI (Tabla 11) en carne fresca varían entre 38,4-40,0%, 39,1-37,6% y 18,4-18,1 %, respectivamente. La grasa es menos saturada que la obtenida por otros autores como Alberti (2012), quien presentó valores de 50,1%, 30,6% y 19,5% respectivamente para los AGS, AGMI y AGPI en LD de terneros de raza Pirenaica, y Guerrero *et al.* (2013) quienes presentaron valores de entre 46,44% y 45,2%; 39,6% y 11,9% respectivamente para los AGS, AGMI y AGPI en LD de terneros de raza Gascona. También sucede lo mismo al comparar con los resultados obtenidos por Horcada *et al.* (2016), quienes mostraron valores entre 50,1% y 46,0; 42,8% y 40,1 y 7,1% y 13,9% respectivamente para los AGS, AGMI y AGPI en LD de terneros castrados de raza Pajuna.

La relación AGPI/AGS registrada en nuestro estudio en la carne fresca para las dos épocas (0,48), es similar a la encontrada por Albertí (2012), $AGPI/AGS = 0,40$, en terneros de la misma raza Pirenaica, pero superior a los valores encontrados por otros autores utilizando diferentes razas como Guerrero *et al.* (2013) quienes señalaron una relación AGPI/AGS de 0,26 en la raza Gascona. Esto es lógico al haber obtenido un menor porcentaje de AGS, lo que aumenta la importancia relativa del resto de ácidos grasos. Nuestro valor medio en las dos épocas (0,48) de la carne fresca, incluso los valores obtenidos en la carne cocinada de las dos épocas (Tabla 15) coincide con el valor nutritivo recomendado ($> 0,45$) para una dieta global, aspecto difícil de conseguir en rumiantes.

Tras el proceso de cocción, se han incrementado los niveles de ácidos grasos saturados y monoinsaturados. Se ha observado por ejemplo, 671 mg de AGS y 596 mg de AGMI por 100g de carne en Lomo crudo, mientras que 1067mg de AGS y 956mg de AGMI por 100g de carne, después de cocinarse. Del mismo modo, la cocción de la carne afectó negativamente las cantidades y los porcentajes de ácidos grasos poliinsaturados *n*-6 y *n*-3. Estos resultados pueden estar relacionados con la pérdida de humedad y la saturación de ácidos grasos

insaturados y una mayor susceptibilidad a la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados (Alfaia *et al.*, 2010), así como a pérdidas de parte de AGPI durante el cocinado debido a su menor punto de fusión por el mayor número de dobles enlaces. Sin embargo, los AGPI forman parte de las membranas de las células, y la pérdida que pueden sufrir durante el tratamiento térmico es menor que la pérdida de humedad que se produce, por lo que aumenta la cantidad final presente en la carne tras su cocinado (Tablas 12 y 16), sin que haya una variación significativa en la relación de AGPI *n*-3 y *n*-6 (Tablas 11 y 15).

Efecto de la época de sacrificio

A pesar de no haberse observado diferencias significativas en el porcentaje de grasa intramuscular entre ambas épocas, sí que se han observado diferencias significativas respecto al perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular de cada época. El sacrificio de Enero presentó en la carne cruda el mayor porcentaje y cantidad de AGS y el mayor contenido en AGPI; si bien la relación AGPI/AGS no fue afectada (Tablas 11 y 12). En la carne cocinada, las diferencias en cantidades totales de AGS y AGPI entre las épocas de sacrificio desaparecieron, pero se acentuaron las diferencias en el porcentaje de ácidos grasos saturados y por ello la relación AGPI/AGS sí fue afectada, siendo menor en Enero (Tablas 15 y 16). En dicha época también se obtuvo el mayor porcentaje y contenido de ácidos grasos *n*-3 y el ratio más favorable en *n*-6/*n*-3 frente al sacrificio de Junio/Julio tanto en carne cruda como cocinada (Tablas 11 y 12 para la carne cruda, 15 y 16 para la carne cocinada). Sin embargo, el contenido en ácidos grasos *n*-6 (en mg/100g) fue mayor en Enero para la carne cruda, pero menor en la misma época en la carne cocinada. Hay que recordar el mayor consumo de forraje henificado por parte de los animales de Enero respecto a los de Junio. En relación a los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI), la época de sacrificio no afectó los resultados, coincidiendo con el estudio de French *et al.* (2000) en los que el sistema de alimentación en el acabado (Concentrado + Ensilado *vs* Concentrado + Heno *vs* Concentrado + Pasto en diferentes cantidades *vs* Pasto) no influyó en la proporción de ácidos grasos monoinsaturados. Esto puede ser debido a la hidrogenación en el rumen, y por consecuencia desaparición de las diferencias significativas.

Si bien los resultados de otros estudios donde se comparan dietas de concentrado frente a pasto/forraje (y sus combinaciones) son variados, en general coinciden (al igual que nuestro estudio) que los pastos y forrajes verdes aportan ácidos grasos *n*-3 y por lo tanto la ratio *n*-6/*n*-3 es menor comparado a concentrado en base a cereales como el maíz, la cebada o la avena.

El ratio $n-6/n-3$ es uno de los índices utilizados para la valoración nutritiva de las grasas, que debería estar idealmente por debajo de 4 en una dieta global (Warran *et al.*, 2008). Por ejemplo, los resultados obtenidos por Realini *et al.* (2004); Nuernberg *et al.* (2005), Duckett *et al.* (2009), Alfaia *et al.* (2009), Humada *et al.* (2012), Freitas *et al.* (2014) y Horcada *et al.* (2016), en los que animales finalizados con pastos o con concentrado + pasto, comparado con animales acabados únicamente con concentrados y paja o con concentrados + cantidades menores de forrajes, presentaron una mayor proporción de AGPI $n-3$ y por tanto más baja relación $n-6/n-3$. Por otra parte, la cantidad en ácidos grasos $n-6$ en nuestro trabajo fue superior en la época de Enero para la carne cruda, en contraposición a lo encontrado por Warren *et al.* (2008), quienes encontraron cantidades superiores de estos ácidos grasos $n-6$ en los animales alimentados con concentrado *vs* animales alimentados con ensilado.

Respecto a los AGS nuestros resultados pueden ser debidos al alto porcentaje de C16:0 en los forrajes de la época de Enero comparado con la dieta utilizada en la época de Junio/Julio. De hecho, en Enero se encontró la mayor cantidad y porcentaje de los ácidos palmítico (C16:0) en la carne cruda (Tablas 13 y 14), así como de ácido margárico (C17:0) y mayor cantidad de C15:0; si bien los porcentajes de C19:0 y C22:0 fueran superiores para la época de Junio/Julio. El porcentaje (aunque no la cantidad) de C16:0 permaneció más alta en Enero tras el cocinado, siendo superior además en otros ácidos grasos saturados minoritarios de cadena \leq a 17 carbonos, mientras que el C22:0 presentó los porcentajes más bajos (Tabla 17). En cuanto a cantidades por 100 g de carne cocinada, sólo este último ácido graso fue afectado por la época de sacrificio (Tabla 18).

Las diferencias encontradas en relación a los ácidos grasos $n-3$ en la época de Enero son debidas a las diferencias en carne cruda ($P < 0,05$) en los ácidos C20:2 $n-3$, C20:5 $n-3$, C22:5 $n-3$, C22:6 $n-3$ (en porcentajes y cantidad) y al mayor contenido de ácido α -linolénico (C18:3 $n-3$), resultados similares a los dados por Nuernberg *et al.* (2005), Duckett *et al.* (2009), Humada *et al.* (2012) y Horcada *et al.* (2016). Todo ello es debido a que el ácido α -linolénico, que predomina en los forrajes verdes, es precursor del EPA (C20:5 $n-3$), DHA (C22:6 $n-3$) y DPA (C22:5 $n-3$) (Warren, 2008). En la carne cocinada, el ácido α -linolénico fue constante para ambos sacrificios, pero ciertos ácidos grasos de cadena larga, incluidos EPA y DPA, fueron más altos en los animales sacrificados en Enero.

Respecto a los AGMI, tanto en carne cruda como cocinada, el ácido graso C17:1 fue superior en cantidad y en porcentaje en la época de Enero, mientras que presenta menores ácidos grasos tC18:1 $n-7$, tC18:1 $n-9$ (en porcentajes y cantidades) y tC18:1 $n-11$ (en porcentaje

en carne cruda y en ambos en carne cocinada) frente a la época de Junio/Julio. Estos resultados concuerdan parcialmente a los obtenidos por Chail *et al.* (2017) en novillos de raza Angus, donde fue el porcentaje de los C18:1 n -9 y C18:1 n -7 superior en los animales acabados con dieta basada en concentrado enfrente a los acabados con forrajes. Estos resultados son probablemente debidos al mayor contenido del ácido graso C18:1 en el concentrado de la época de Junio/Julio y del menor contenido de nuestros forrajes en C18:1.

En relación con el ácido conjugado linoleico (CLA) total, el porcentaje fue superior en los terneros de la época de sacrificio de Junio/Julio en la carne cruda (Tabla 13), hecho que se mantiene una vez cocinada la carne (Tabla 17), donde además es más alto su contenido (Tabla 18). Sin embargo, Realini *et al.* (2004) han demostrado que la inclusión de pastos en el ganado de carne aumenta el CLA en la carne de vacuno, que no es el caso de nuestros resultados. La ruta de la síntesis del CLA a partir del ácido linoleico (C18:2 n -6) en el rumen implica una etapa de isomerización inicial, que resulta en la formación de ácido cis-9, trans-11-octadecanoico conjugado. Este se somete a la hidrogenación del ácido trans-11-octadecanoico y la hidrogenación adicional al ácido esteárico (Kepler *et al.*, 1966). Esta reacción es catalizada por la isomerasa del ácido linoleico producida por la bacteria *Butyrivibrio fibrisolvens* del rumen (Kepler *et al.*, 1966). Los factores que determinan la cantidad de CLA disponible para la absorción por parte del tracto gastrointestinal son la ingesta dietética de C18:2 n -6 y las condiciones del rumen que pueden afectar el crecimiento y la actividad de *Butyrivibrio fibrisolvens*. En el presente estudio, la ingesta dietética de ácido linoleico fue alta en la época de sacrificio de Junio/Julio en comparación con el período de sacrificio de Enero, que puede explicar la alta proporción de CLA en la época de Junio/Julio.

Efecto de la pieza cárnica

Hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) para la composición de ácidos grasos entre las tres piezas cárnica (Lomo, Contra y Pecho-Falda). Tanto en carne cruda como cocinada se encontraron valores más altos de ácidos grasos saturados AGS (tanto en porcentaje como en cantidad) en Lomo frente a la Contra y al Pecho-Falda (Tablas 11 y 12 para la carne cruda; y Tablas 15 y 16 para la carne cocinada). Las cantidades y los porcentajes de los principales ácidos grasos saturados fueron mayores en Lomo en comparación con la Contra y el Pecho-Falda (C14:0, C15:0, C16:0, C18:0). Sin embargo, la Contra mostró valores similares al Lomo en el C15:0 (en porcentajes y cantidades en ambos tipos de carne excepto a la cantidad en la carne cruda que fue inferior) y C17:0 (en porcentajes en ambos tipos de carne), aunque

son minoritarios (Tablas 13 y 14). Estos resultados coinciden en parte con Oliveira *et al.* (2015) que mostraron que el Lomo contiene más ácidos grasos saturados que la Contra y con Sadaka (2014) que demostraron que el Lomo contiene más ácidos grasos saturados que la tapa (Contra incluida) y la falda.

Se encontraron también proporciones más altas tanto en carne cruda como en carne cocinada en AGPI, AGPI *n*-3, AGPI/AGS además de AGPII *n*-6 en la carne cruda, en la Contra y el Pecho-Falda comparado con el Lomo. Estos resultados coinciden con los resultados de Sadaka (2014) por la carne cruda. Por consecuencia, el Lomo fue la pieza que mostró la relación AGPI/AGS más baja tanto en carne cruda como en carne cocinada (Tabla 11 para la carne cruda y 15 para la carne cocinada) y la única pieza donde su valor en carne cruda (0,35) y cocinada (0,30) fue inferior al valor nutritivo recomendado (0,45) para esa relación.

Respecto a los ácidos grasos mayoritarios de la familia *n*-3, en carne cruda los porcentajes de EPA y DHA fueron mayores en la CT y el PE frente al LO, mientras que las cantidades fueron mayores en la CT seguido por el PE y el LO. En carne cocinada, los porcentajes de EPA y DPA y la cantidad de EPA fueron mayores en la CT y el PE frente al LO, mientras que la cantidad de DPA fue mayor en la CT seguida por el PE que fue superior al LO.

En general las diferencias se deben a las cantidades y proporciones de triglicéridos y fosfolípidos que se encuentran en los músculos, ya que los fosfolípidos contienen altas proporciones de ácidos grasos poliinsaturados, mientras que los triglicéridos consisten principalmente en ácidos grasos saturados y monoinsaturados (Oliveira *et al.*, 2015). En este sentido, los músculos glucolíticos tienen niveles más bajos de mitocondrias y, por lo tanto, cantidades más bajas de fosfolípidos, que están restringidos a las membranas (Picard *et al.*, 1998). Las cantidades más bajas de fosfolípidos dan como resultado cantidades más bajas de ácidos grasos poliinsaturados y, en consecuencia, cantidades más altas de ácidos grasos saturados y monoinsaturados. Por lo tanto, las diferencias en este estudio pueden ser comparadas.

Tabla 11. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica sobre la composición de grupos de ácidos grasos (en % de ácidos grasos totales) en la carne fresca: Media \pm (desviación estándar).

	Época		Pieza			Significación		
	Jun/jul	Enero	CT	LO	PE	E	P	E*P
AGS	38,4 (3,60)	40,0 (3,88)	37,9b (1,86)	43,1a (2,62)	36,5b (2,91)	0,017	<0,001	0,633
AGMI	39,1 (4,01)	37,6 (4,09)	38,1 (4,08)	38,0 (3,19)	39,1 (4,92)	0,210	0,669	0,906
AGPI	18,4 (4,64)	18,1 (5,74)	19,6a (4,30)	14,9b (3,77)	20,3a (5,56)	0,789	0,003	0,594
<i>n-6</i>	16,8 (4,38)	16,2 (5,23)	17,7a (3,95)	13,4b (3,48)	18,5a (5,26)	0,631	0,003	0,613
<i>n-3</i>	1,11 (0,32)	1,53 (0,67)	1,48a (0,55)	1,02b (0,50)	1,41a (0,51)	0,004	0,017	0,712
AGPI/AGS	0,49 (0,16)	0,46 (0,18)	0,52a (0,12)	0,35b (0,10)	0,57a (0,18)	0,521	<0,001	0,563
<i>n-6/n-3</i>	15,3 (1,76)	11,3 (2,50)	12,7 (2,87)	14,1 (3,18)	13,5 (2,77)	<0,001	0,182	0,961

AGS (saturados), AGMI (monoinsaturados), AGPI (poliinsaturados), Jun/jul: Junio/Julio; CT: Contra, LO: Lomo, PE: Pecho-Falda, E: Época de sacrificio, P: Pieza cárnica, E*P: Interacción Época y Pieza, Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Tabla 12. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica sobre la composición de grupos de ácidos grasos (mg/100g de carne) en la carne fresca: Media \pm (desviación estándar).

	Época		Pieza			Significación		
	Jun/jul	Enero	CT	LO	PE	E	P	E*P
AGS	433 (167)	564 (323)	424b (140)	671a (340)	388b (153)	0,040	0,001	0,280
AGMI	448 (191)	528 (276)	434b (176)	596a (297)	424b (187)	0,231	0,051	0,591
AGPI	191 (32,0)	217 (38,3)	206 (33,5)	207 (49,0)	195 (26,2)	0,011	0,504	0,263
<i>n-6</i>	174 (28,2)	195 (35,1)	187 (30,7)	188 (43,6)	177 (22,1)	0,026	0,537	0,263
<i>n-3</i>	11,5 (2,44)	18,0 (4,45)	15,6 (4,73)	14,4 (5,72)	13,8 (3,81)	<0,001	0,317	0,386

AGS (saturados), AGMI (monoinsaturados), AGPI (poliinsaturados), Jun/jul: Junio/Julio; CT: Contra, LO: Lomo, PE: Pecho-Falda, E: Época de sacrificio, P: Pieza cárnica, E*P: Interacción Época y Pieza, Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Tabla 13. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica en la composición de los ácidos grasos (% ácidos grasos totales) en carne fresca: Media \pm (desviación estándar).

	Época			Pieza			Significación		
	Jun/jul	Enero	CT	LO	PE	E	P	E*P	
AGS									
C10:0	0,03 (0,01)	0,03 (0,02)	0,02b (0,01)	0,03a (0,01)	0,03b (0,01)	0,812	0,024	0,480	
C12:0	0,04 (0,01)	0,05 (0,01)	0,04ab (0,01)	0,05a (0,01)	0,04b (0,01)	0,253	0,059	0,967	
C14:0	1,84 (0,36)	1,96 (0,39)	1,86b (0,3)	2,12a (0,31)	1,71b (0,39)	0,221	0,004	0,917	
C15:0	0,33 (0,11)	0,35 (0,06)	0,35a (0,05)	0,38a (0,12)	0,29b (0,05)	0,296	0,006	0,458	
C16:0	20,6 (1,62)	22,0 (1,60)	21,2b (1,30)	22,3a (1,50)	20,3b (1,87)	0,001	0,001	0,919	
C17:0	0,81 (0,12)	0,99 (0,17)	0,91a (0,17)	0,97a (0,16)	0,81b (0,15)	<0,001	0,003	0,949	
C18:0	14,6 (2,32)	14,5 (2,35)	13,4b (1,26)	17,1a (1,74)	13,2b (1,26)	0,837	<0,001	0,535	
C19:0	0,20 (0,04)	0,17 (0,07)	0,18ab (0,04)	0,21a (0,07)	0,16b (0,04)	0,032	0,031	0,444	
C20:0	0,10 (0,02)	0,10 (0,02)	0,10b (0,02)	0,11a (0,02)	0,09b (0,02)	0,338	<0,001	0,360	
C22:0	0,03 (0,01)	0,02 (0,01)	0,03 (0,01)	0,02 (0,01)	0,02 (0,01)	0,005	0,610	0,400	
AGMI									
C14:1	0,40 (0,15)	0,35 (0,11)	0,42a (0,14)	0,3b (0,11)	0,41a (0,12)	0,143	0,011	0,839	
C16:1	2,49 (0,76)	2,81 (0,62)	2,76a (0,68)	2,25b (0,48)	2,92a (0,78)	0,087	0,013	0,92	
C17:1	0,51 (0,13)	0,73 (0,2)	0,65a (0,23)	0,52b (0,15)	0,66a (0,19)	<0,001	0,023	0,556	
tC18:1n-7	0,59 (0,21)	0,36 (0,08)	0,50 (0,21)	0,50 (0,21)	0,45 (0,18)	<0,001	0,611	0,891	
tC18:1n-9	4,53 (1,80)	2,52 (0,93)	3,59ab (1,93)	4,14a (1,81)	3,03b (1,42)	<0,001	0,097	0,726	
C18:1n-9	30,0 (3,70)	30,4 (3,50)	29,7 (3,19)	29,8 (3,03)	31,2 (4,35)	0,698	0,382	0,925	
tC18:1n-11	0,44 (0,16)	0,31 (0,10)	0,38ab (0,15)	0,45a (0,15)	0,31b (0,13)	<0,001	0,016	0,980	
C20:1	0,13 (0,06)	0,11 (0,04)	0,11ab (0,04)	0,10b (0,03)	0,14a (0,07)	0,082	0,105	0,819	
AGPI									
tC18:2n-6	0,02 (0,01)	0,02 (0,01)	0,02 (0,01)	0,02 (0,01)	0,03 (0,01)	0,896	0,200	0,478	
C18:2n-6	13,3 (3,25)	12,5 (3,71)	13,4a (2,72)	11,1b (2,77)	14,3a (4,08)	0,358	0,020	0,685	
CLA total	0,52 (0,18)	0,34 (0,07)	0,45 (0,15)	0,4 (0,13)	0,46 (0,21)	<0,001	0,384	0,737	
C18:3n-6	0,04 (0,02)	0,05 (0,02)	0,05 (0,02)	0,04 (0,01)	0,05 (0,02)	0,096	0,114	0,682	
C18:3n-3	0,43 (0,06)	0,48 (0,14)	0,47 (0,11)	0,43 (0,08)	0,46 (0,12)	0,080	0,481	0,744	
C20:2n-6	0,08 (0,02)	0,09 (0,03)	0,09a (0,02)	0,07b (0,01)	0,09a (0,03)	0,165	<0,001	0,547	
C20:2n-3	0,04 (0,02)	0,06 (0,04)	0,04ab (0,02)	0,03b (0,02)	0,06a (0,05)	0,022	0,029	0,291	
C20:3n-6	0,48 (0,2)	0,56 (0,26)	0,60a (0,24)	0,34b (0,11)	0,61a (0,23)	0,167	<0,001	0,596	
C20:4n-6	2,86 (1,08)	3,02 (1,35)	3,53a (1,12)	1,89b (0,66)	3,38a (1,06)	0,565	<0,001	0,417	
C20:5n-3	0,16 (0,08)	0,26 (0,19)	0,28a (0,17)	0,11b (0,04)	0,24a (0,15)	0,005	<0,001	0,160	
C22:2n-6	0,01 (0,01)	0,02 (0,02)	0,01 (0,02)	0,01 (0,01)	0,01 (0,02)	0,006	0,702	0,795	
C22:5n-3	0,45 (0,18)	0,67 (0,43)	0,63 (0,26)	0,43 (0,45)	0,61 (0,24)	0,019	0,144	0,768	
C22:6n-3	0,03 (0,02)	0,05 (0,03)	0,06a (0,03)	0,02b (0,01)	0,05a (0,02)	0,001	<0,001	0,120	

AGS (saturados), AGMI (monoinsaturados), AGPI (poliinsaturados), Jun/jul: Junio/Julio; CT: Contra, LO: Lomo, PE: Pecho-Falda, E: Época de sacrificio, P: Pieza cárnica, E*P: Interacción Época y Pieza, Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Tabla 14. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica sobre la composición de los ácidos grasos (mg/100g de carne) en carne fresca: Media \pm (desviación estándar)

	Época		Pieza			Significación		
	Jun/jul	Enero	CT	LO	PE	E	P	E*P
AGS								
C10:0	0,33 (0,17)	0,41 (0,37)	0,26b (0,19)	0,53a (0,36)	0,31b (0,2)	0,259	0,009	0,462
C12:0	0,50 (0,23)	0,66 (0,42)	0,49b (0,21)	0,77a (0,44)	0,46b (0,25)	0,078	0,009	0,534
C14:0	21,4 (10,3)	28,6 (19,1)	21,4b (9,4)	34,1a (20,2)	19,0b (10,1)	0,070	0,005	0,446
C15:0	3,66 (1,72)	4,93 (2,98)	3,87b (1,29)	5,82a (3,31)	3,08b (1,44)	0,042	0,002	0,594
C16:0	232 (88,9)	308 (170)	237b (81,3)	350a (184)	216b (85,5)	0,031	0,004	0,338
C17:0	9,13 (3,69)	13,8 (7,69)	10,2b (3,71)	15,2a (8,30)	8,63b (4,09)	0,002	0,001	0,228
C18:0	164 (65,1)	206 (125)	149b (46,8)	263a (126)	139b (53,2)	0,070	<0,001	0,199
C19:0	2,27 (1,07)	2,38 (1,91)	2,01b (0,79)	3,23a (2,08)	1,72b (0,90)	0,783	0,008	0,867
C20:0	1,16 (0,49)	1,36 (0,81)	1,08b (0,35)	1,73a (0,85)	0,95b (0,38)	0,217	<0,001	0,247
C22:0	0,3 (0,14)	0,3 (0,21)	0,29 (0,15)	0,36 (0,24)	0,25 (0,07)	0,977	0,131	0,242
AGMI								
C14:1	4,66 (2,6)	4,96 (3,04)	4,99 (2,89)	4,87 (3,04)	4,55 (2,57)	0,722	0,891	0,842
C16:1	28,8 (15,9)	39,3 (21,7)	31,9 (17,1)	36,6 (22,1)	32,8 (19,5)	0,062	0,745	0,813
C17:1	5,78 (2,87)	9,94 (5,21)	7,49 (4,35)	8,44 (5,46)	7,28 (4,07)	0,001	0,674	0,774
tC18:1n-7	6,57 (3,52)	4,78 (2,21)	5,6ab (3,43)	7,11a (3,3,0)	4,46b (1,84)	0,030	0,032	0,473
tC18:1n-9	52,4 (33,0)	35,6 (24,4)	41,0b (31,0)	61,2a (33,3)	31,3b (17,0)	0,032	0,008	0,502
C18:1n-9	343 (149)	425 (223)	338 (138)	469 (243)	338 (151)	0,115	0,055	0,561
tC18:1n-11	5,10 (2,94)	4,48 (3,43)	4,33b (2,66)	6,79a (3,76)	3,32b (1,81)	0,450	0,003	0,546
C20:1	1,49 (0,90)	1,48 (0,88)	1,29 (0,71)	1,64 (0,99)	1,54 (0,95)	0,956	0,497	0,733
AGPI								
tC18:2n-6	0,27 (0,12)	0,3 (0,13)	0,27 (0,13)	0,32 (0,13)	0,26 (0,1)	0,418	0,359	0,715
C18:2n-6	139 (24,9)	151 (32,0)	142 (23,3)	155 (39,0)	137 (18,78)	0,118	0,124	0,211
CLA total	5,96 (3,53)	4,67 (2,25)	4,99 (2,03)	6,06 (3,30)	5,01 (3,61)	0,143	0,502	0,900
C18:3n-6	0,43 (0,12)	0,62 (0,18)	0,50 (0,14)	0,56 (0,23)	0,49 (0,15)	<0,001	0,276	0,511
C18:3n-3	4,64 (1,31)	6,24 (2,78)	5,05b (1,51)	6,48a (3,11)	4,64b (1,42)	0,007	0,024	0,409
C20:2n-6	0,85 (0,23)	1,06 (0,22)	0,94 (0,17)	0,96 (0,3)	0,95 (0,26)	0,003	0,962	0,812
C20:2n-3	0,39 (0,21)	0,71 (0,59)	0,45 (0,2)	0,50 (0,23)	0,67 (0,74)	0,011	0,301	0,495
C20:3n-6	4,84 (1,38)	6,45 (1,49)	6,24a (2,01)	4,76b (1,21)	5,80a (1,26)	<0,001	0,006	0,451
C20:4n-6	28,8 (6,71)	34,8 (8,76)	37,0a (9,28)	25,5c (5,41)	32,3b (5,14)	0,001	<0,001	0,358
C20:5n-3	1,59 (0,54)	2,91 (1,26)	2,87a (1,40)	1,55c (0,63)	2,22b (0,92)	<0,001	<0,001	0,08
C22:2n-6	0,05 (0,10)	0,23 (0,19)	0,13 (0,18)	0,16 (0,18)	0,12 (0,17)	<0,001	0,724	0,737
C22:5n-3	4,58 (1,35)	7,55 (3,08)	6,61 (2,14)	5,54 (4,01)	5,79 (1,50)	<0,001	0,393	0,319
C22:6n-3	0,34 (0,15)	0,58 (0,26)	0,60a (0,29)	0,32c (0,17)	0,45b (0,17)	<0,001	<0,001	0,058

AGS (saturados), AGMI (monoinsaturados), AGPI (poliinsaturados), Jun/jul: Junio/Julio; CT: Contra, LO: Lomo, PE: Pecho-Falda, E: Época de sacrificio, P: Pieza cárnica, E*P: Interacción Época y Pieza, Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Tabla 15. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica sobre la composición de grupos de ácidos grasos (en % ácidos grasos totales) en la carne cocinada: Media \pm (desviación estándar).

	Época		Pieza			Significación		
	Jun/jul	Enero	CT	LO	PE	E	P	E*P
AGS	39,0 (3,84)	41,3 (3,10)	38,5b (2,65)	44,2a (2,05)	37,7b (2,18)	<0,001	<0,001	0,564
AGMI	39,6 (3,58)	39,1 (3,10)	38,9 (3,53)	38,8 (3,00)	40,3 (3,46)	0,637	0,382	0,308
AGPI	17,4 (4,83)	15,7 (3,19)	18,5a (4,24)	13,2b (2,35)	18,1a (3,60)	0,095	<0,001	0,055
<i>n-6</i>	15,8 (4,54)	14,1 (2,79)	16,7a (4,01)	11,9b (2,22)	16,3a (3,38)	0,053	<0,001	0,049
<i>n-3</i>	1,06 (0,32)	1,35 (0,57)	1,35a (0,36)	0,86b (0,23)	1,35a (0,57)	0,009	<0,001	0,201
AGPI/AGS	0,46 (0,16)	0,38 (0,09)	0,49a (0,14)	0,30b (0,06)	0,48a (0,11)	0,013	<0,001	0,044
<i>n-6/n-3</i>	15,1 (1,94)	11,2 (2,52)	12,7 (2,80)	14,3 (2,55)	13,1 (3,35)	<0,001	0,085	0,527

AGS (saturados), AGMI (monoinsaturados), AGPI (poliinsaturados), Jun/jul: Junio/Julio; CT: Contra, LO: Lomo, PE: Pecho-Falda, E: Época de sacrificio, P: Pieza cárnica, E*P: Interacción Época y Pieza, Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Tabla 16. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica sobre la composición de grupos de ácidos grasos (mg/100g de carne) en carne cocinada: Media \pm (desviación estándar).

	Época		Pieza			Significación		
	Jun-jul	Enero	CT	LO	PE	E	P	E*P
AGS	801 (353)	817 (205)	698b (213)	1067a (263)	668b (217)	0,864	<0,001	0,068
AGMI	820 (386)	778 (213)	715b (256)	956a (318)	734b (326)	0,597	0,051	0,127
AGPI	316 (46,3)	298 (37,7)	313 (44,5)	307 (47,9)	303 (38,8)	0,122	0,828	0,233
<i>n-6</i>	288 (40,1)	267 (32,5)	283 (41,1)	279 (42,7)	273 (31,2)	0,041	0,767	0,319
<i>n-3</i>	19,3 (3,40)	25,2 (8,32)	23,1 (4,61)	19,9 (3,14)	23,1 (10,1)	0,001	0,142	0,089

AGS (saturados), AGMI (monoinsaturados), AGPI (poliinsaturados), Jun/jul: Junio/Julio; CT: Contra, LO: Lomo, PE: Pecho-Falda, E: Época de sacrificio, P: Pieza cárnica, E*P: Interacción Época y Pieza, Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Tabla 17. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica sobre la composición de los ácidos grasos (% ácidos grasos totales) en carne cocinada: Media \pm (desviación estándar).

	Época		Pieza			Significación		
	Jun/jul	Enero	CT	LO	PE	E	P	E*P
AGS								
C10:0	0,02 (0,01)	0,03 (0,01)	0,02a (0,01)	0,03b (0,01)	0,03ab(0,01)	0,017	0,014	0,827
C12:0	0,04 (0,01)	0,05 (0,01)	0,04b (0,01)	0,05a (0,01)	0,04b (0,01)	0,037	0,035	0,048
C14:0	1,87 (0,36)	2,08 (0,20)	1,88b (0,31)	2,13a (0,24)	1,90b (0,32)	0,007	0,021	0,134
C15:0	0,32 (0,05)	0,37 (0,05)	0,35a (0,06)	0,37a (0,05)	0,32b (0,04)	<0,001	0,005	0,305
C16:0	20,7 (1,26)	22,3 (0,89)	21,2b (1,20)	22,1a (1,35)	21,0b (1,36)	<0,001	0,013	0,940
C17:0	0,84 (0,14)	1,04 (0,17)	0,92ab (0,20)	1,00a (0,16)	0,88b (0,17)	<0,001	0,059	0,648
C18:0	15,1 (3,01)	15,4 (2,50)	14,0b (1,91)	18,4a (1,90)	13,4b (1,00)	0,643	<0,001	0,524
C19:0	0,21 (0,05)	0,19 (0,06)	0,19b (0,05)	0,25a (0,06)	0,17b (0,04)	0,12	<0,001	0,406
C20:0	0,11 (0,02)	0,11 (0,02)	0,11b (0,02)	0,12a (0,02)	0,09c (0,01)	0,794	<0,001	0,628
C22:0	0,03 (0,03)	0,02 (0,01)	0,03 (0,04)	0,02 (0,01)	0,02 (0,01)	0,041	0,181	0,337
AGMI								
C14:1	0,40 (0,14)	0,37 (0,12)	0,42a (0,13)	0,28b (0,09)	0,45a (0,11)	0,411	<0,001	0,816
C16:1	2,49 (0,67)	2,94 (0,63)	2,81a (0,68)	2,20b (0,45)	3,06a (0,61)	0,004	<0,001	0,607
C17:1	0,53 (0,14)	0,74 (0,19)	0,67a (0,22)	0,50b (0,13)	0,69a (0,18)	<0,001	<0,001	0,569
tC18:1n-7	0,60 (0,21)	0,37 (0,10)	0,50 (0,20)	0,53 (0,23)	0,45 (0,18)	<0,001	0,306	0,807
tC18:1n-9	4,81 (1,76)	2,94 (1,30)	3,71b (1,51)	4,80a (2,2)	3,37b (1,42)	<0,001	0,017	0,525
C18:1n-9	30,2 (3,56)	31,3 (2,96)	30,3 (3,54)	29,9 (3,02)	31,8 (3,24)	0,191	0,212	0,538
tC18:1n-11	0,48 (0,15)	0,33 (0,15)	0,38b (0,14)	0,50a (0,20)	0,35b (0,13)	<0,001	0,008	0,818
C20:1	0,13 (0,05)	0,11 (0,04)	0,12 (0,04)	0,11 (0,03)	0,13 (0,06)	0,100	0,692	0,474
AGPI								
tC18:2n-6	0,02 (0,01)	0,02 (0,01)	0,02 (0,01)	0,02 (0,01)	0,02 (0,01)	0,481	0,668	0,362
C18:2n-6	12,5 (3,27)	10,9 (2,04)	12,7a (3,16)	9,90b (1,72)	12,8a (2,64)	0,023	0,002	0,063
CLA total	0,50 (0,13)	0,34 (0,08)	0,44 (0,15)	0,41 (0,13)	0,44 (0,13)	<0,001	0,800	0,995
C18:3n-6	0,04 (0,01)	0,04 (0,01)	0,04 (0,01)	0,04 (0,01)	0,04 (0,01)	0,039	0,134	0,763
C18:3n-3	0,41 (0,05)	0,46 (0,12)	0,44 (0,09)	0,42 (0,09)	0,44 (0,10)	0,063	0,793	0,514
C20:2n-6	0,08 (0,02)	0,08 (0,02)	0,09a (0,02)	0,07b (0,01)	0,08a (0,01)	0,379	<0,001	0,574
C20:2n-3	0,03 (0,02)	0,04 (0,01)	0,04ab(0,02)	0,03b (0,01)	0,04a (0,01)	0,067	0,083	0,774
C20:3n-6	0,44 (0,19)	0,46 (0,14)	0,54a (0,15)	0,03b (0,11)	0,51a (0,14)	0,567	<0,001	0,263
C20:4n-6	2,67 (1,18)	2,49 (0,76)	3,28a (0,81)	1,56b (0,48)	2,90a (0,72)	0,363	<0,001	0,028
C20:5n-3	0,15 (0,07)	0,21 (0,11)	0,24a (0,11)	0,10b (0,04)	0,19a (0,07)	0,003	<0,001	0,903
C22:2n-6	0,00 (0,01)	0,01 (0,01)	0,01 (0,01)	0,00 (0,01)	0,00 (0,01)	0,160	0,305	0,885
C22:5n-3	0,43 (0,20)	0,50 (0,16)	0,58a (0,17)	0,29b (0,10)	0,52a (0,13)	0,053	<0,001	0,198
C22:6n-3	0,03 (0,02)	0,13 (0,41)	0,05 (0,02)	0,02 (0,01)	0,16 (0,48)	0,223	0,259	0,300

AGS (saturados), AGMI (monoinsaturados), AGPI (poliinsaturados), Jun/jul: Junio/Julio; CT: Contra, LO: Lomo, PE: Pecho-Falda, E: Época de sacrificio, P: Pieza cárnica, E*P: Interacción Época y Pieza, Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Tabla 18. Efecto de la época de sacrificio y de la pieza cárnica sobre la composición de los ácidos grasos (mg/100g de músculo) en carne cocinada: Media \pm (desviación estándar).

	Época			Pieza			Significación		
	Jun/jul	Enero	CT	LO	PE	E	P	E*P	
AGS									
C10:0	0,53 (0,27)	0,62 (0,23)	0,45b (0,23)	0,75a (0,24)	0,50b (0,19)	0,156	0,001	0,565	
C12:0	0,85 (0,44)	0,90 (0,25)	0,75b (0,28)	1,15a (0,38)	0,74b (0,29)	0,598	<0,001	0,022	
C14:0	39,7 (22,1)	41,4 (11)	34,4b (12,71)	52,4a (17,6)	35,0b (16,9)	0,741	0,002	0,081	
C15:0	6,53 (2,79)	7,32 (1,62)	6,40a (2,12)	8,74a (1,79)	5,62b (1,94)	0,159	<0,001	0,033	
C16:0	420 (175)	440 (103)	383b (115)	534a (141)	374b (125)	0,621	0,001	0,122	
C17:0	17,3 (7,83)	20,4 (5,68)	16,9b (6,93)	24,0a (5,85)	15,5b (5,39)	0,070	<0,001	0,134	
C18:0	313 (153)	304 (92,1)	254b (82,6)	442a (107)	235b (68,9)	0,621	<0,001	0,036	
C19:0	4,52 (2,48)	3,83 (1,47)	3,49b (1,3)	6,06a (2,19)	3,11b (1,33)	0,094	<0,001	0,042	
C20:0	2,20 (1,06)	2,13 (0,76)	1,96b (0,83)	3,01a (0,77)	1,57b (0,50)	0,634	<0,001	0,084	
C22:0	0,55 (0,28)	0,37 (0,08)	0,51 (0,34)	0,50 (0,13)	0,38 (0,15)	0,003	0,121	0,868	
AGMI									
C14:1	8,08 (4,41)	7,48 (3,38)	7,77 (3,65)	7,20 (4,02)	8,4 (4,25)	0,605	0,662	0,290	
C16:1	51,3 (28,2)	58,6 (20,9)	52,4 (24,6)	54,8 (23)	56,8 (28,5)	0,296	0,895	0,247	
C17:1	10,8 (6,07)	14,6 (5,31)	12,7 (6,79)	12,2 (4,48)	12,8 (6,72)	0,022	0,920	0,265	
tC18:1n-7	11,7 (5,60)	7,21 (2,28)	8,51b (3,10)	12,9a (6,39)	7,57b (2,84)	<0,001	<0,001	0,033	
tC18:1n-9	99,6 (58)	57,2 (27,2)	64,4b (30,6)	118a (63,7)	58,7b (29,0)	<0,001	<0,001	0,015	
C18:1n-9	625 (306)	624 (180)	560 (212)	736 (254)	582 (266)	0,970	0,102	0,209	
tC18:1n11	9,85 (5,65)	6,44 (3,36)	6,66b (3,21)	12,1a (5,87)	6,20b (3,34)	0,002	<0,001	0,131	
C20:1	2,77 (1,93)	2,2 (1)	2,29 (1,13)	2,77 (1,26)	2,46 (2,17)	0,210	0,697	0,454	
AGPI									
tC18:2n-6	0,49 (0,20)	0,43 (0,22)	0,45ab (0,26)	0,55a (0,20)	0,38b (0,12)	0,232	0,043	0,041	
C18:2n-6	231 (36,5)	208 (24,7)	215 (31,7)	233 (39,4)	214 (26,7)	0,009	0,168	0,323	
CLA total	10,3 (5,4)	6,85 (1,99)	7,85 (3,06)	10,5 (6,01)	7,86 (3,65)	0,003	0,110	0,156	
C18:3n-6	0,69 (0,17)	0,87 (0,20)	0,75b (0,26)	0,82a (0,17)	0,74b (0,18)	0,002	0,439	0,743	
C18:3n-3	7,99 (2,43)	8,73 (1,94)	7,56b (1,68)	9,91a (2,01)	7,57b (2,18)	0,203	0,001	0,129	
C20:2n-6	1,47 (0,37)	1,52 (0,19)	1,51 (0,31)	1,54 (0,27)	1,43 (0,30)	0,542	0,586	0,203	
C20:2n-3	0,62 (0,32)	0,78 (0,24)	0,69 (0,3)	0,68 (0,33)	0,71 (0,28)	0,064	0,952	0,950	
C20:3n-6	7,83 (2,06)	8,72 (1,85)	9,25a (2,13)	6,94b (1,63)	8,52a (1,55)	0,078	0,001	0,851	
C20:4n-6	46,5 (11,9)	47,1 (11,6)	56,0a (10,5)	35,9c (6,6)	48,4b (7,27)	0,795	<0,001	0,222	
C20:5n-3	2,60 (0,88)	3,87 (1,39)	4,07a (1,32)	2,21c (0,68)	3,26b (1,11)	<0,001	<0,001	0,336	
C22:2n-6	0,04 (0,10)	0,11 (0,21)	0,12 (0,22)	0,04 (0,13)	0,05 (0,13)	0,108	0,287	0,486	
C22:5n-3	7,48 (2,02)	9,39 (1,98)	9,79a (1,8)	6,48b (1,43)	8,79a (1,94)	<0,001	<0,001	0,455	
C22:6n-3	0,59 (0,23)	2,31 (7,18)	0,88 (0,29)	0,51 (0,16)	2,68 (8,32)	0,207	0,289	0,293	

AGS (saturados), AGMI (monoinsaturados), AGPI (poliinsaturados), Jun/jul: Junio/Julio; CT: Contra, LO: Lomo, PE: Pecho-Falda, E: Época de sacrificio, P: Pieza cárnica, E*P: Interacción Época y Pieza, Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

5.6. Análisis de consumidores

En la Tabla 19 se muestra el conjunto de tres efectos: época de sacrificio (Enero vs Jun/Jul), pieza cárnica (Lomo vs contra) y maduración en vacío (7 vs 21 d), y sus interacciones, para la aceptabilidad global, de terneza y del sabor valoradas por 90 consumidores españoles. Se destaca la influencia significativa de todos los efectos estudiados sobre la terneza, así como una interacción de la época de sacrificio y la pieza cárnica. Esto es importante, ya que según diversos autores, la dureza es el factor más importante en la percepción de la calidad de la carne por parte de los consumidores (Dransfield *et al.*, 1979; French *et al.*, 2001). Por otro lado, la maduración tuvo un efecto significativo sobre el sabor, y también las interacciones época x pieza; época x maduración, y pieza x maduración. Por último, para la aceptabilidad global, se encontraron diferencias significativas para la época y la pieza. Puesto que se han encontrado varias interacciones entre los factores analizados, los efectos época de sacrificio y pieza cárnica se han analizado para cada maduración, mostrándose los resultados en las Tablas 20 y 21.

Tabla 19. Efecto de la época de sacrificio, de la pieza cárnica y de la maduración sobre la aceptabilidad de la carne de terneros.

	Época	Pieza	Maduración	E*P	E*M	P*M	E*P*M
Acep. Global	0,019	0,001	0,091	0,003	0,122	0,035	0,782
Acep. Terneza	0,001	<0,001	0,022	<0,001	0,174	0,478	0,887
Acept. Sabor	0,147	0,078	0,003	0,015	0,014	0,030	0,758

E: Época de sacrificio; P: Pieza cárnica; M: Maduración;

Tal y como muestra la Tabla 20, a 7 días de maduración, la época de sacrificio no afectó de manera significativa a la calidad sensorial de la carne, mientras que la pieza y la interacción entre la época y la pieza han sido significativas sobre los atributos estudiados, excepto al sabor ($P=0,083$) en el caso del efecto de la interacción entre la época y la pieza cárnica.

A 21 d de maduración, la época de sacrificio afectó de manera significativa a todos los atributos sensoriales evaluados por los consumidores, la pieza afectó significativamente solo a la aceptabilidad de la terneza, mientras que la interacción entre la época y la pieza afectó

significativamente a la aceptabilidad global y de terneza. El Lomo de la época de sacrificio de Junio/Julio fue valorado como de menor calidad en estos atributos a 7 y 21 días de maduración, lo que está relacionado con una época basada a dieta de acabado con concentrado y paja en frente al Lomo de la época de sacrificio de Enero que está vinculado a una dieta de acabado con concentrado ecológico y aprovechamiento del pasto y de los forrajes verdes. Estos resultados se asemejan a los de Resconi *et al.* (2010) sobre el LD, quienes mostraron que los animales acabados solo con concentrado más heno produjeron carne menos tierna y de características aromáticas más desfavorables, en comparación con la carne de los terneros acabados únicamente en pasto o en pasto más suplementación con maíz, según la valoración de un panel sensorial experto. Respecto a la terneza, varios autores han observado que la textura de la carne del LD de los animales criados en un sistema de pastoreo puede ser más tierna que la de la carne de los animales alimentados con concentrado (Bruce *et al.*, 2004; Realini *et al.*, 2004), mientras que otros autores no han encontrado diferencias (French *et al.*, 2001; Horcada *et al.*, 2016). Según Moloney *et al.* (2011) las variaciones de la calidad sensorial de la carne de animales alimentados con pasto o concentrado están influenciadas por varios factores, como la edad del animal, la tasa de crecimiento, el peso (Dikeman *et al.* 1986) y el engrasamiento canal, o el pH último. En nuestro trabajo se observaron diferencias en el peso de las canales y el pH a las 48 h, la carne con el pH más bajo (5,5 en carne de los terneros de la época de sacrificio de Enero) fue la carne más tierna en comparación con la carne de los terneros sacrificados en Jun/jul, que alcanzó 5,63 del pH (Tabla 6). Varios estudios han demostrado una correlación positiva entre la dureza de carne de vacuno y el pH - último (hasta 6,00) debido a una más alta capacidad de retención de agua y mayor proteólisis post-mortem (Beltrán *et al.*, 1997), de modo que esto quizás explica en parte los resultados encontrados.

A 7 y 21 d de maduración, la Contra fue la pieza cárnica mejor valorada en la época de Junio/Julio en comparación al Lomo, mientras que no hubo diferencias en la época de Enero entre las dos piezas cárnicas (Tablas 20 y 21). Sin embargo, Powell *et al.* (2011) encontraron que el *M. longissimus lumborum* presentó la mejor aceptabilidad global y de la terneza entre los 7 músculos estudiados, incluidos el *gluteobiceps* (Contra). Estas diferencias con nuestros resultados pueden ser debidos al efecto de la maduración, que provoca un ablandamiento paulatino de la carne (Campo *et al.*, 1999b), superior en la Contra en nuestro caso, lo que aumentó su aceptabilidad.

En relación a la maduración, ejerce un claro efecto sobre la terneza siendo la carne mejor valorada a los 21 que a los 7 días. Este mismo efecto se ha encontrado en el trabajo de Vieira *et al.*(2006) y Guerrero *et al.* (2013) donde el tiempo de maduración afecta a la terneza, incrementándose significativamente a lo largo tiempo. La maduración de la carne no sólo altera su estructura repercutiendo en la textura, sino que los sabores y olores se ven igualmente afectados, ya que la degradación proteica también libera aminoácidos y péptidos que reaccionan dando sabores acaramelados o ácidos durante el cocinado. Por otra parte, la fracción lipídica poliinsaturada asociada al músculo sufre, a su vez, alteraciones enzimáticas y químicas que contribuyen a la formación de determinados aromas y sabores no siempre deseables (Campo *et al.*, 1999b), repercutiendo, como los demás atributos, en la aceptación de la muestra. Referente al sabor, la maduración es un factor importante en el desarrollo de precursores. En general, la carne de bovino a un día de maduración no tiene un aroma específico. A mayores maduraciones, los sabores aumentan hasta llegar a un óptimo, aunque a largos periodos se pueden desarrollar sabores extraños (Monsón *et al.*, 2005). En nuestro caso, la aceptabilidad del sabor fue significativamente mayor en la carne de 7 días de maduración que a 21 días. Campo *et al.* (2003) indicaron que esos sabores extraños derivan de la acumulación de compuestos que resultan de la proteólisis y lipólisis muscular que tiene lugar tras largos periodos de maduración.

Tabla 20. Efecto de la época de sacrificio (Enero vs Jun/Jul) y la pieza cárnica (Lomo vs Contra) sobre la aceptabilidad global, de la terneza y del sabor de la carne madurada 7 días

	Jun/Jul		Enero		Significación		
	CT	LO	CT	LO	E	P	E*P
Acep. Global	6,73a (1,55)	5,65b (1,96)	6,45a (1,90)	6,17ab (1,7)	0,489	<0,001	0,047
Acep. Terneza	6,33a (1,94)	4,93b (2,31)	6,02a (2,23)	5,91a (2,02)	0,094	0,001	0,009
Acep. Sabor	6,99a (1,25)	6,24b (1,59)	6,57ab (1,71)	6,40b (1,43)	0,361	<0,001	0,083

LO:Lomo;CT:Contra;E: época de sacrificio;P: Pieza cárnica; *: interacción;

Escala: 1, poco aceptado – 9, muy aceptado;

Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Tabla 21. Efecto de la época de sacrificio (Enero vs Jun/Jul) y la pieza cárnica (Lomo vs contra) sobre la aceptabilidad global, de la terneza y del sabor de la carne madurada durante 21 días.

	Jun/Jul		Enero		Significación		
	CT	LO	CT	LO	E	P	E*P
Acep. Global	6,09a (1,97)	5,44b (2,07)	6,15a (1,82)	6,47a (1,80)	0,011	0,375	0,023
Acep. Terneza	6,36a (2,12)	5,13b (2,15)	6,42a (1,97)	6,56a (2,02)	0,002	0,006	0,002
Acep. Sabor	6,12ab (2,04)	5,74b (2,03)	6,22ab (1,70)	6,60a (1,61)	0,013	0,952	0,079

LO:Lomo;CT:Contra;E: época de sacrificio;P: Pieza cárnica; *: interacción;

Escala: 1, poco aceptado – 9, muy aceptado

Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

6. CONCLUSIONES

Con la metodología utilizada en este estudio y a partir de los resultados obtenidos se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. Los terneros provenientes de las dos épocas de sacrificio no presentaron diferencias en el porcentaje de grasa tanto en carne cruda como cocinada. Por lo tanto se podría considerar que a edades de sacrificio similares, se puede producir una carne homogénea en contenido lipídico para una raza determinada, la Pirenaica en este caso, tanto si el acabado se realiza con pienso con paja, como si se aprovechan forrajes.
2. Respecto a las piezas cárnicas, el porcentaje de grasa no es homogéneo a lo largo de la canal, y varía inversamente con el porcentaje de humedad, ya que el Pecho-Falda presentó los valores más altos en humedad y los valores más bajos en grasa frente a los obtenidos en Contra y Lomo. Con el cocinado, el contenido graso aumenta debido a las pérdidas de agua que se producen en el mismo.
3. Existe variabilidad dependiendo de la época de sacrificio en la composición en minerales, aspecto muy relacionado con la composición de los alimentos que ingiere el animal. Los animales sacrificados en Junio/Julio presentan un mayor contenido en Ca, K, P y Se, con lo que se debería complementar con estos minerales el corrector vitamínico-mineral que se administra a los animales sacrificados en Enero para obtener un producto homogéneo en su composición a lo largo del año.
4. También existe variabilidad en la composición mineral entre las piezas comerciales, ya que el Lomo presenta un menor contenido en Fe, Mg, Na y P, pero un mayor en Zn tras el cocinado. La composición en carne cruda es un buen indicador del contenido tras el cocinado, a pesar de que el tratamiento térmico aumenta el contenido en minerales por el aumento de la materia seca condicionado a la pérdida de humedad tras el proceso.
5. Debido a las diferencias en alimentación, la carne de animales sacrificados en Junio/Julio presenta un menor porcentaje de ácidos grasos saturados y de ácidos grasos poliinsaturados $n-3$, con un mayor cociente AGPI/AGS y $n-6/n-3$. El consumo de forraje henificado en los animales sacrificados en Enero hace que los ratios que se utilizan entre los distintos ácidos grasos reflejen un mayor contenido en AGPI $n-3$ en estos animales que en los de Junio/Julio. Éste es un ingrediente que se

podría incluir en la ración de dichos animales de Junio/Julio para mejorar el perfil de ácidos grasos.

6. También hay diferencias en las distintas piezas. Independientemente de la aplicación de tratamiento térmico, el Lomo presenta el peor perfil de ácidos grasos con un mayor porcentaje de ácidos grasos saturados y menor de ácidos grasos poliinsaturados, tanto $n-3$ como $n-6$, lo que disminuye el ratio AGPI/AGS. Se pueden consumir piezas más económicas, como son el Pecho-Falda o la Contra, sin reducir la calidad nutricional del alimento.
7. La aceptabilidad del Lomo de los animales de Junio/Julio ha sido muy inferior a la de los animales de Enero, especialmente a maduraciones largas. La mayor insaturación de esta carne ha podido condicionar una peor conservación y la aparición de sabores extraños que han podido reducir la aceptabilidad por parte del consumidor, por lo que sería recomendable la inclusión de antioxidantes en la dieta que igualaran la composición que de manera natural existe en los forrajes que consumieron los animales de Enero.
8. En relación a la maduración, la última ejerce un claro efecto sobre la ternura, siendo la carne más aceptable a los 21 que a los 7 días, especialmente en el Lomo, que obtiene mejor aceptabilidad a tiempos de maduración más largos. La Contra no necesita 21 días de maduración para alcanzar valores óptimos de aceptabilidad.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Albertí P., Sanudo C., Lahoz F., Jaime J., Tena T. (1988). Características de la canal y calidad de la carne de terneros cebados con dietas forrajes y suplementados con distinta cantidad de pienso. ITEA, 76, 3-14.
- Albertí P., Panea B., Ripoll G., Sañudo C., Olleta J.L., Hegueruela I., Campo M.M., Serra X. (2005). Medición del color. En: estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Coordinadores: Sañudo C., Cañeque V. Monografía INIA: Serie Ganadera N° 3, 216-225.
- Albertí P., Ripoll G. (2010). Los pigmentos de la carne y los factores que afectan su color. En: Introducción a la ciencia de la carne. Coordinadores Bianchi G., Feed O.D. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, 115-128.
- Albertí P. (2012). 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, linoleico, alpha linolenico. Tesis Doctoral. Producción Animal y Ciencia de los Alimentos. Universidad de Zaragoza.
- Alfaia C.P.M., Alves S.P., Martins S.I.V., Costa A.S.H., Fontes C.M.G.A., Lemos J.P.C., Bessa R.J.B., Prates J.A.M. (2009). Effect of the feeding system on intramuscular fatty acids and conjugated linoleic acid isomers of beef cattle, with emphasis on their nutritional value and discriminatory ability. Food Chemistry, 114, 939-946.
- Alfaia, C.M.M., Alves S.P., Lopes A.F., Fernandes M.J.E., Costa A.S.H., Fontes C.M.G.A., Prates J.A.M. (2010). Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. Meat Science, 84, 769-777.
- Anzaldúa-Morales A. (1983). Nuevos métodos de evaluación sensorial y su aplicación en reología y textura. Tecno. Aliment, 18, 4-15.
- Arnold R.N., Scheller K.K., Arp S.C., Williams S.N., Buege D.R., Schaefer D.M. (1992). Effect of long- or short-term feeding of alphatocopheryl acetate to Holstein and crossbred beef steers on performance, carcass characteristics, and beef color stability. Journal of Animal Science, 70, 3055-3065.
- Ashmore C.R., Doerr L. (1971). Comparative aspects of muscle fiber types in different species. Experimental neurology, 31, 408-418.

- Bacou, F., Vigneron, P. (1988). Propriétés des fibres musculaires squelettiques. 1. Influence de l'innervation motrice. *Reprod.Nutr.Dévelop*, 28, 1378-1453.
- Barahona M., Olleta J. L., Hachemi M.A., Sañudo, C., González M.M., Campo MM. (2015). Efecto del tipo de alimentación, músculo y envasado sobre la oxidación y la evolución del color de la carne en la raza avileña negra ibérica. XVI Jornadas sobre Producción Animal, Tomo II. AIDA, 708-710.
- Barge M.T., Destefanis G., Brugiapaglia A., Barge P. (2001). Chemical composition of beef muscles in relation to the composition of longissimus. 47th ICoMST, 178-179.
- Barge M.T., Destefanis G., Barge P., Brugiapaglia A. (2004). Beef characteristics of three muscles from cow and young bulls. 50th International Congress of Meat Science and Technology, Helsinki, Finland, 342-345.
- Baublits R.T., Brown A.H.Jr., Pohlman F. W., Johnson Z.B., Onks D.O., Loveday H. D., Morrow R.E., Sandelin B.A., Coblenz W.K., Richards C.J., Pugh R.B. (2004). Carcass and beef color characteristics of three biological types of cattle grazing cool-season forages supplemented with soy hulls. *Meat Science*, 68, 297-303.
- Bauchart D., Chantelot F., Gandemer G. (2008). Qualités nutritionnelles de la viande et des abats chez le bovin: données récentes sur les principaux constituants d'intérêt nutritionnel. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 43, 29-39.
- Belew J.B., Brooks J.C., McKenna D.R., Savell J.W. (2003). Warner-Bratzler shear evaluation of 40 bovine muscles. *Meat Science*, 64, 507-512
- Beltrán J.A., Jaime I., Santolaria P., Sañudo C., Albertí P., Roncalés P. (1997). Effect of stress induced high *post-mortem* pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science*, 45, 201-207.
- Beriain M.J., Lizasu T.G., (1997). Calidad de la carne de vacuno. En: Vacuno de carne: Aspectos claves. Coordinador: Buxadé C. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España. 493-511.
- Bispo E.V. (2010). Influencia de la lactancia materna y del sistema de producción en la carne de terneros Rubia Gallega: calidad organoléptica y contenido de isómeros 18:1 cis/tran en el perfil lipídico. Tesis doctoral. Universidad de Santiago compostela, Galicia, España.

- Blanco M., Ripoll G., Albertí P., Sanz A., Revilla R., Villalba D., Casasús I. (2008). Effects of early weaning on performance, carcass and meat quality of spring born bull calves raised in dry mountain areas. *Livestock Science*, 115, 226-234.
- Blanco M., Villalba D., Ripoll G., Sauerwein H., Casasús I. (2009). Effects of early weaning and breed on calf performance and carcass and meat quality in autumn bull calves. *Livestock Science*, 120, 103-115.
- Blanco M., Casasús I., Ripoll, G., Panea B., Albertí P., Joy, M. (2010). Lucerne grazing compared with concentrate-feeding slightly modifies carcass and meat quality of young bulls. *Meat Science*, 84, 545-552.
- Bligh E.G., Dyer W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911-917.
- Bowling R.A, Smith C., Carpenter L., Dutson T.R., Oliver W.M., (1977). Comparison of forage- finished and grain finished beef carcasses. *Journal of Animal Science*, 45, 209
- Brea T., García J., Monserrat L., Sánchez L., Carballo J.A. (1998). Modelización, crecimiento y rendimiento potencial de machos y hembras de raza Rubia Gallega. Edit. Xunta de Galicia. Consellería de Agricultura, Gandería e Política Agroalimentaria. Memoria CIAM 94-96.
- Brusenbergh A., McDonald-Philp D. (2002). Focus groups to support the industrial product designer: a review based on current literature and designers' feedback. *Applied Ergonomics*, 33, 27-38.
- Cabrera M.C., Saadoun A. (2014). An overview of the nutritional value of beef and lamb meat from South America. *Meat Science*, 98, 435-444.
- Campo M.M., Sañudo C., Panea B., Albertí P., Santolaria P. (1999a). Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Science*, 51, 383-390.
- Campo M.M., Sañudo C., Alberti P. (1999b). Evolución de la calidad sensorial de la carne de ternera a lo largo de la maduración en distintas razas autóctonas españolas. *FEAGAS N° 15*, 39-45.

- Campo M.M., Santolaria P., Sañudo C., Lepetit J., Olleta J.L., Panea B., Albertí P. (2000). Assessment of breed type and ageing time effects on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Science*, 55, 371-378.
- Campo M.M., Nute G.R., Wood J.D., Elmore S.J., Mottram D.S., Enser M. (2003). Modelling the effect of fatty acids in odour development of cooked meat in Vitro: part I-sensory perception. *Meat Science*, 63, 367-375.
- Campo M.M. (2005). Consumidores. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Coordinadores: Sañudo C., Cañeque V. Monografía INIA: Serie Ganadera Nº 3, 409-422.
- Campo M.M., Santaliestra Pasías A.M., Guisado P.L., Zaragoza J.F., Sañudo C., Moreno L.A. (2008). El cordero en la dieta española. *Alimentación, Nutrición y Salud* 15, 54-59.
- Campo M.M., Muela E., Olleta J.L., Moreno L.A., Mesana, M.I., San C. (2013). Influence of cooking method on the nutrient composition of Spanish light lamb. *Journal of Food Composition and Analysis*, 31, 185-190.
- Campo M.M., Mur L., Fugita C. A., Sañudo C. (2016). Current strategies in lamb production in Mediterranean areas. *Animal Frontiers*, 6, 31-36.
- Carballo J.A., Monserrat L., Sánchez L. (2005). Composición regional y tisular de la canal bovina. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Coordinadores: Sañudo C., Cañeque V. Monografía INIA: Serie Ganadera Nº 3, 120-140.
- Carrilho M.C., Lopez M., Campo M.M. (2009). Effect of the fattening diet in the development of the fatty acid profile in rabbits from weaning. *Meat Science*, 83, 85-95.
- Casasús I. (1998). Contribución al estudio de los sistemas de producción de ganado vacuno en zonas de montaña. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, España.
- Casasús I., Sanz A., Bernués A., Revilla R. (2002a). Sistemas extensivos de producción en el vacuno de carne. *Europa Agraria*. 11-14.
- Casasús I., Sanz A., Villalba D., Ferrer R., Revilla R., (2002b). Factors affecting animal performance during the grazing season in a mountain cattle production system. *Journal of Animal Science*, 80, 1638-1651

- Cassens R.G., Cooper C.C., (1971). Red and white muscle. *Adv Food Res*, 19, 1-74.
- Cerdeño A., Vieira C., Serrano E., Lavín P., Mantecón A.R. (2006). Effects of feeding strategy during a short finishing period on performance, carcass and meat quality in previously- grazed young bull. *Meat Science* 72, 719- 726.
- Chail A., Legako J.F., Pitcher L.R., Ward R.E., Martini S., Macadam J.W. (2017). Consumer sensory evaluation and chemical composition of beef gluteus medius and triceps brachii steaks from cattle finished on forage or concentrate diets.1, 1553-1564.
- Chrystall, B. (1999). Meat texture measurement. *Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products. Advances in Meat Research Series* (Editores Pearson A.M., Dutson, T.R.). Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, Maryland, USA, 316-336.
- Clinquart A., Demeyer D.I., Casteels M. (1999). La qualité de la viande : du muscle à la viande. En: Clinquart A., Fabry J., Casteels M., Belgian Association for Meat Science and Technology, *La viande? Presses de la Faculté de Médecine vétérinaire de l'Université de Liège*, 75-96.
- Clinquart A., Leroy B., Dottreppe O., Hornick J.L., Dufrasne I.L., Istasse L. (2000). Les facteurs de production qui influencent la qualité de la viande des bovins Blanc Bleu belge. En : *L'élevage du Blanc Bleu Belge, Journée du Centre d'Excellence du Secteur agricole et son Management (CESAM), Mons*, 19p.
- Coibion L. (2008). Acquisition des qualites organoleptiques de va viande bovine : adaptation a la demande du consommateur, Thèse de grade de docteur veterinaire, Ecole Nationale Veterinaire, Toulouse, Francia.
- Cuvelier C., Clinquart A., Hocquette J.F., Cabaraux J.F., Dufrasne I., Istasse L., 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, 522-531.
- Del Campo M., Brito G., Soares de Lima J.M., Vaz Martins D., Sañudo C., San JuliánR., Hernández P., Montossi F. (2008). Effects of feeding strategies including different proportion of pasture and concentrate, on carcass and meat quality traits in Uruguayan steers. *Meat Science*, 80, 753-760.

- Demeyer D.I., Van Belle M., Van Camp J. (1999). La viande et les produits de viande dans notre alimentation. En: Clinquart A., Fabry J., Casteels M., Belgian Association for Meat Science and Technology, La viande? Presses de la Faculté de Médecine vétérinaire de l'Université de Liège, 141-161
- Dikeman M.E., Dayton A.D., Hunt M.C., Kastner C.L., Axe J.B., Ilg H.J. (1985). Conventional versus accelerated beef production with carcass electrical stimulation. *Journal of Animal Science*, 61, 573-583.
- Dikeman M.E., Reddy G.B., Arthaud V.H., Tuma H.J., Koch R.M., Mandigo R.W., Axe J.B. (1986). Longissimus muscle quality, palatability and connective tissue histological characteristics of bulls and steers fed different energy levels and slaughtered at four ages. *Journal Animal Science*, 63, 92-101.
- Dransfield E., Geoffrey R., Nute G.R., McDougall D.B., Rhodes D.N. (1979). The effect of breed on eating quality of cross breed lambs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 30, 805-808.
- Dransfield E., (1994). Tenderness of meat, poultry and fish. En: *Quality attributes and their measurements in meat, poultry and fish products* (Pearson A.M. y Dutson. Eds.). Blackie Academic and Professional (Chapman and Hall), London, 289-315.
- Dransfield E., Abouelkaram A., Bauchart D., Culioli J., Jurie C., Lepetit J., Listrat A., Martin J.F., Picard B (2002). Qualité sensorielle de la viande provenant de trois muscles de taurillons de réforme de quatre races allaitantes du massif central. *Renc. Rech. Ruminants*, 9, 255-258.
- Duckett S.K., Wagner D.G., Yates L.D., Dolezal H.G., May S.G. (1993). Effects of time on feed on beef nutrient composition. *Journal of Animal Science*, 71, 2079-2088.
- Duckett S.K., Neel J.P.S., Fontenot J.P., Clapham W.M. (2009). Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: III. Tissue proximate, fatty acid, vitamin, and cholesterol content. *Journal of Animal Science*, 87, 2961-2970.
- Duckett S.K., Neel J.P.S., Lewis R.M., Fontenot J.P., Clapham W.M. (2013). Effects of forage species or concentrate finishing on animal performance, carcass and meat quality. *Journal of Animal Science*, 91, 1454-1467

- Dufey P.A (2010). Qualité de la viande bovine produite à partir de l'herbe. Agroscope Suisse, 23-25.
- Dunne P.G., O'Mara F.P., Monahan F.J., French P., Moloney A.P. (2005). Colour of muscle from 18-month-old steers given long-term daily exercise. *Meat Science*, 71, 219-229.
- Durand D., Gruffat-Mouty D., Hocquette J.F., Micol D., Dubroeuq H., Jailler R., Jadhao S.B., Scislowski V., Bauchart D. (2001). Relations entre caractéristiques biochimiques et métaboliques des muscles et qualités organoleptiques et nutritionnelles de la viande chez le bouvillon recevant des rations supplémentées en huile de tournesol riche en AGPI n-6. *Renc. Rech. Ruminants*, 8, 75-78.
- Evrat-Goergel C., 2005. Etude préalable sur la construction d'une table de composition nutritionnelle des produits carnés (viande et abats de ruminants). Etude CIV OFIVAL, Institut de l'élevage, Compte-rendu 170532016, 153 p.
- FAO. (2018). Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). World meat market overview 2017. *Meat Market Review*, 1-11.
- Freitas A.K.d., Lobato J.F.P., Cardoso L.L., Tarouco J.U., Vieira R.M., Dillenburg D.R., Castro I. (2014). Nutritional composition of the meat of Hereford and Braford steers finished on pastures or in a feedlot in southern Brazil. *Meat Science*, 96(1), 353-360.
- French P., Stanton C., Lawless F., O'Riordan E.G., Monahan F.J., Caffrey P.J., 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, 2849-2855
- French P., O'Riordan E.G., Monahan F.J., Caffrey P.J., Troy T.D., Moloney A.P. (2001). The Eating quality of meat of stress feed grass and/or concentrates. *Meat Science*, 57, 379-386.
- Garrido M.D., Bañón S., Álvarez D. (2005). Medida del pH. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiante Coordinadores: Sañudo C., Cañeque V. Monografía INIA: Serie Ganadera N° 3, 206-215.

- Gatellier P., Mercier Y., Renerre M. (2004). Effect of diet finishing mode (pasture or mixed diet) on antioxidant status of Charolais bovine meat. *Meat Science*, 67, 385-394.
- Geay Y., Bauchart D., Hocquette J.F., Culioli J. (2002). Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes de ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux. *INRA Productions Animales*, 15, 37-52.
- Guenther J.J., Novotny K.K., Hintz R.L. (1981). The growth of three fibre types inbred longissimus muscle as influenced by breed and age. *Animal Science Research Report*, Agricultural Experiment Station Oklahoma State University, 108, 51-53
- Guerrero A., Sañudo C., Albertí P., Ripoll G., Campo M.M., Olleta J.L., Panea B., Khliji, S., Santolaria P. (2013). Effect of production system before the finishing period on carcass, meat and fat qualities of beef. *Animal*, 7, 2063-2072
- Guerrero L. (2005). Panel entrenado. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Coordinadores: Sañudo C., Cañeque V. Monografía INIA: Serie Ganadera N° 3. 397-408
- Hamm R. (1960). Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research*, 10, 355-463
- Hamm R. (1986). Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. En: "Muscle as food. (Bechtel, P.J.)". Academic Press, Orlando, 135-199.
- Hintze K.J., Lardy G.P., Marchello M.J., Finley J.W. (2001). Areas with high concentrations of selenium in the soil and forage produce beef with enhanced concentrations of selenium. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 1062-1067.
- Hough G., Wakeling I., Mucci A., Chambers E., Gallardo I.M., Alves L.R. (2006). Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. *Food Quality and Preference*, 17, 522-526.
- Hönikel K.O. (1991). Assessment of meat quality. En *Animal biotechnology and the quality of meat production*. Ed Fiems L.O., Cottyn, B.G. Elsevier, Amsterdam, 107-125.
- Hönikel K.O., Hamm R. (1994). Measurement of water-holding capacity and juiciness. En: *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish productiveness in meat research series*, 9, Ed. Pearson A.M., Dutson T.R. Blackie Academics & Professional. London.

- Horcada I.H., Polo O.P., García A.L., Redondo P.G., Alcalá A.M., Moya A.L. (2016). Calidad de la carne de terneros de la raza autóctona pajuna en dos sistemas de producción. *Agrociencia*, 50, 167-182.
- Hornstein I., Crowe P.F., Sulzbacher W.L. (1960). Constituents of meat flavor: Beef. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 8, 65.
- Humada, M.J., Serrano E., Sañudo C., Rolland D.C., M.E.R. Dugan. (2012). Production system and slaughter age effects on intramuscular fatty acid from young Tudanca bulls. *Meat Science*, 90, 678-685
- Humada M. J., Sañudo C., Serrano E. (2014). Chemical composition, vitamin E content, lipid oxidation, colour and cooking losses in meat from Tudanca bulls finished on semi-extensive or intensive systems and slaughtered at 12 or 14 months. *Meat Science*, 96, 908-915.
- Hunt M.C., Hedrick H.B. (1977). Profile of fiber types and related properties of five bovine muscles. *Journal of Food. Science.*, 42, 513-517
- Insausti K., Beriain M., Alzueta M., Carr T., Purroy A. (2004). Lipid composition of the intramuscular fat of beef from Spanish cattle breeds stored under modified atmosphere. *Meat Science*, 66, 639-646
- ISO (1973). Meat and meat products-Determination of total fat content. ISO 1443:1973. Geneva, Switzerland:International Organizationfor Standardization.
- ISO (1978). Meat and meat products-Determination of nitrogen content. ISO 937:1978. Geneva, Switzerland:International Organizationfor Standardization.
- ISO (1997). Meat and meat products-Determination of moisture content. ISO 1442:1997. Geneva, Switzerland:International Organizationfor Standardization.
- ISO (1998). Meat and meat products-Determination of total ash. ISO 936:1998. Geneva, Switzerland:International Organizationfor Standardization.
- Keith F.K.M., Vol D.L.D., Miles R.S., Bechtel P. J., Carr T.R. (1985). Chemical and sensory properties of thirteen major beef muscles. *Journal of Food Science*, 50, 869-872.
- Kepler, C. R., Hiron, K. P., McNeill, J. J., Tove S.B. (1966). Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. *Journal of Biological*

Chemistry, 241, 1350-1354.

Kim K., Homma Y., Ikeuchi Y., Suzuki A. (1995). Cleavage of connectin by calpain and cathepsin D. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 59, 896-899.

Koohmaraie M., Seideman S.C., Schollmeyer J.E., Dutson T.R., Crouse J.D. (1987). Effect of post-mortem storage on calcium dependent proteases, their inhibitor and myofibril fragmentation. *Meat Science*, 19, 187-196.

Koohmaraie M. (1994). Muscle proteinases and meat aging. *Meat Science*, 36, 93-104.

Koohmaraie M. (1996). Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat Science* 43, 193-201.

Koohmaraie M., Shackelford S.D., Wheeler T.L. (2005). Biological bases that determine beef tenderness. *The Science of Beef Quality. 8th Annual Langford. Food Industry Conference. British Society of Animal Science, May 18th-19th. BSAS, Langford, Bristol, UK, 21-26.*

Koutsidis G., Elmore J.S., Oruna-Concha M.J., Campo M.M., Wood J.D., Mottram D.S. (2008). Water-soluble precursors of beef flavour: I. Effect of diet and breed. *Meat Science*, 79, 124-130.

Larick D.K., Hedrick H.B., Bailey M.E., Williams J.E., Hancock D.L., Garner G.B., Morrow M.E. (1987). Flavour constituents of beef as influenced by forage and grain feeding. *Journal of Food Science* 52,245-251.

Larick D.K., Turner B.E. (1990). Flavor characteristics of forage and grain-fed beef as influenced by phospholipid and fatty acid compositional differences. *Journal of Food Science*, 55, 312-317.

Lawrie R.A. (1998). *Ciencia de la carne. Tercera Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España*

Lawrie R.A., Ledward D.A., (2006). Chemical and biochemical constitution of muscle. En "Lawrie's meat science", 7^a edición. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, England, 75-127.

- Leheska J.M., Thompson L.D., Howe J.C., Hentges E., Boyce J., Brooks J.C., Shriver B., Hoover L., Miller M.F. (2008). Effects of conventional and grass-feeding systems on the nutrient composition of beef. *Journal of Animal Science*, 86, 3575–3585.
- Lengyel Z., Husvéth F., Polgár P., Szabó F., Magyar L. (2003). Fatty acid composition of intramuscular lipids in various muscles of Holstein Friesian bulls slaughtered at different ages. *Meat Science*, 65, 593-598.
- Liu Q., Scheller K.K., Arp S.C., Schaefer D.M., Frigg M. (1996). Color coordinates for assessment of dietary vitamin E effects on beef color stability. *Journal of Animal Science*, 74, 106-116
- Lopes A.F., Alfaia C.M.M., Partidário A.M.C.P.C., Lemos J.P.C., Prates J.A.M. (2015). Influence of household cooking methods on amino acids and minerals of. *MESC*, 99, 38-43.
- Mapama. (2017). España, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Subdirección General de Productos Ganaderos. Situación de Mercado Sector Vacuno de Carne.
- May S.G., Dolezal H.G., Gill D.R., Ray F.K., Buchanan D.S. (1992). Effect of days fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. *Journal of Animal Science*, 70, 444-453.
- McFie H.J., Bratchell N., Greenhoff H., Vallis V. (1989). Designs to balance the effect of order of presentation and first order carryover effects in hall test. *Journal of Sensory Studies*, 4, 129-149
- McKenna D.R., Mies P.D., Baird B.E., Pfaffner K.D., Ellebracht J.W., Savell, J.W. (2005). Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. *Meat Science*, 70, 665-682.
- Melton S.L. (1990). Effects of feeds on flavour of red meat: a review. *Journal of Animal Science*, 68, 4421-4435.
- Moloney A.P., Mooney M.T., Troy D.J., Keane M.G. (2011). Finishing cattle at pasture at 30 month of age or indoors at 25 months of age: Effects on selected carcass and meat quality characteristics. *Livestock Science*, 141, 17-23

- Monin G. (1991). Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. *INRA Prod.Animal*, 4, 151-160.
- Monserrat L., Sánchez L., Fernández A., Viana J.L., De La Calle B. (1997). Efecto del sistema de manejo en la producción de la clase de terneros de la Denominación Específica Ternera Gallega. I.-Ritmo de crecimiento. *ITEA*, 8, 209-211
- Monsón F., Sañudo C, 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.
- Noble A.C., Arnold R.A., Buechsenstein J., Leach E.J., Schmidt J.O., Stern P.M. (1997). Modification of a Standardized System of wine aroma terminology. *American Journal of Enology and Viticulture*, 38, 143-151
- Nuernberg K., Dannenberger D., Nuernberg G., Ender K., Voigt J., Scollan N.D., Wood J.D., Nute G.R., Richardson R.I. (2005). Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livestock Production Science*, 94, 137-147
- Olaizola A. (1991). Viabilidad económica de sistemas ganaderos de montaña en condiciones de competencia en el uso de factores productivos análisis de la ganadería en un valle pirenaico característico mediante técnicas multivariantes y optimización. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza, España
- Oliveira E.A. de., Sampaio A.A.M., Henrique W., Pivaro T.M., Rosa B.L., Fernandes A.R.M. (2015). Chemical and Fatty acid composition of different cuts cooked or uncooked from yearling bulls fed oil sources. *Animal Sciences*, 37, 187.
- Ouali A., Zabari M., Renou J.P., Touraille C., Koop J., Bonnet M., Valin C. (1988). Anabolic agents in beef production: effect on muscle traits and meat quality. *Meat Science*, 24, 151-161.
- Ouali A. (1990). Meat tenderization: possible causes and mechanisms. A review. *Journal of Muscle Foods*, 1, 129-165.

- Oury M.P., Picard B., Briand M., Blanquet J.P., Dumont R. (2009). Interrelationships between meat quality traits, texture measurements and physicochemical characteristics of M. rectus abdominis from Charolais heifers. *Meat Science*, 83, 293-301.
- Panea B., Ripoll G., Albertí P., Chapullé J.L., Pina J.L. (2011). Caracterización de la materia prima para la elaboración de productos cárnicos transformados y precocinados. *Eurocarne*, 195, 49-60.
- Pannier L., Pethick D.W., Boyce M.D., Ball A.J., Jacob R.H., Gardner G.E. (2014). Associations of genetic and non-genetic factors with concentrations of iron and zinc in the longissimus muscle of lamb. *Meat Science*, 96, 1111-1119.
- Picard B., Duris M.P., Jurie C. (1998). Classification of bovine muscle fibres by different histochemical techniques. *The Histochemical Journal*, 30, 473-477.
- Picard B., Jurie C., Cassar-Malek I., Hocquette J. F., Lefaucheur L., Berri C., Duclos M.J., Alami-Durante H., Rescan P.Y. (2003). Typologie et ontogenèse des fibres musculaires chez différentes espèces d'intérêt agronomique. *Productions Animales*, 16, 117-123.
- Picard B., Jurie C., Bauchart D., Dransfield E., Ouali A., Martin J.F., Jailler R., Lepetit J., Culioli J. (2007). Caractéristiques des muscles et de la viande des principales races bovines allaitantes du massif central. *Sci. Alim*, 27, 168-180
- Picard B., Berri C., Lebreton B., Lefevre F., Liaubet L., Damon M., Le Bihan-Duval E., Cassar-malek I., Hocquette J.F., Renand G. (2012). génomique et viande : quelles avancées, quelles applications. En : 14e Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes, Caen, 127-133.
- Pla Torres M. (2005). Capacidad de retención de agua. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Coordinadores: Sañudo C., Cañequé V. Monografía INIA: Serie Ganadera N° 3, 243-250.
- Powell L., Nicholson K.L., Huerta-Montauti D., Miller R.K., Savell J.W. (2011). Constraints on establishing threshold levels for Warner-Bratzler shear-force values based on consumer sensory ratings for seven beef muscles. *Animal Production Science*, 51, 959-966.

- Priolo A., Micol D., Agabriel J. (2001). Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research*, 50, 185-200.
- Realini C.E., Duckett S.K., Brito G.W., Dalla-Rizza M., 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, 567-577.
- Reglamento (CE) No 1249/2008 de la Comisión de 10 de diciembre de 2008 por el que se establecen disposiciones de aplicación relativas a los modelos comunitarios de clasificación de las canales de vacuno, porcino y ovino y a la comunicación de sus precios. *Diario Oficial de la Unión Europea* de 16 de diciembre.
- Renand G., Havy A., Turin F. (2002). Caractérisation des aptitudes bouchères et qualités de la viande de trois systèmes de production de viande bovine à partir des races rustiques françaises Salers, Aubrac et gasconne. *Productions Animales*, 3, 171-183.
- Renerre M. (2006). La mesure de la couleur de la viande. *Journées Science du Muscle et Technologie de la Viande*. 257p. <http://www.jsmtv.org>
- Renerre R. (1997). La couleur, facteur de qualité. *Mesure de la couleur de la viande*. *Renc. Rech. Ruminants*, 89-102.
- 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. Tesis de master, CIHEAM, Zaragoza, España.
- Resconi V.C., Campo M.M., Font i Furnols M., Montossi F., Sañudo C. (2010). Sensory quality of beef from different finishing diets. *Meat Science* 86, 865-869.
- Revilla R., (1997). Sistemas de explotaciones en zonas de montaña. En: *Vacuno de carne: Aspectos claves*. Coordinador: Buxadé C. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España. 229-251.
- Revilla R. (2002). Produccion ganadera sostenible. *ITEA produccion vegetal*, 23, 133-143.
- Rivett A.J. (1989). High molecular mass intracellular proteases. *Biochemical Journal*, 263, 625-633.

- Roche (2001). Estudio 2001: Calidad de los Alimentos de Origen Animal. Expectativas del consumidor español. Departamento de Marketing y Servicios. Roche Vitaminas S.A. Editorial Servet. Zaragoza. España.
- Rock E. (2002). Les apports en micronutriments par la viande. En : 9e Journées des Sciences du Muscle et Technologies de la Viande, Clermont Ferrand.
- Roncalés P., Geesink G.H., Van Laack R.L.J.M., Jaime I., Beltran J.A., Bernier, V.M.H., Smulders F.J.M., (1995). Meat tenderisation: enzymatic mechanisms. Expression of tissue and regulation of protein degradation as related to meat quality. (Ouali A., Demeyer D.I., Smulders F.J.M., Eccemst eds.). 311-332.
- Rotta P.P., Prado R.M., Prado I.N., Valero M.V., Visentainer J.V., Silva R.R. (2009). The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 22, 1718-1734.
- Sadaka C. (2014). Composition chimique et intérêt nutritionnel de la viande de bœuf à partir de l'analyse des données INRA 2007 pour le Centre d'Informations des Viandes. *Alimentation et Nutrition*. dumas-01076976.
- Salifou C.F.A., Youssao A.K.I., Ahounou G.S., Tougan P.U., Farougou S., Mensah G. A., Clinquart A. (2013). Critères d'appréciation et facteurs de variation des caractéristiques de la carcasse et de qualité de la viande bovine. *Annales de Medecine Veterinaire*, 157, 27-42.
- Sañudo C., Albertí P., Campo M.M., Olleta J.L., Panea B. (1998a). Calidad instrumental de la carne de bovino de siete razas españolas. *Archivos de Zootecnia*, 48, 397- 402.
- Sañudo C., Nute G.R., Campo M.M., María G., Baker A., Sierra I., Enser M.E., Wood J.D. (1998b). Assessment of commercial lamb meat quality by British and Spanish taste panels. *Meat Science*, 48, 91-100.
- Sañudo C., Albertí P., Franco J., Olleta J.L., Campo M.M., Panea B., Lahoz F., Jaime J., Pardos J.J., Tena, R. (1999). Calidad instrumental de la carne de siete razas bovinas españolas. *eurocarne*, 73, 37-54.

- Sañudo C., Olleta J.L., Campo M.M., Panea B., Renand G., Turin F., Jabet S., Osoro K., Olivan C., Noval G., García M.J., García D., Cruz-Sagredo R., Oliver M.A., Gil M., Gispert M., Serra X., Guerrero L., Espejo M., García S., López M., Izquierdo M., Quintanilla R., Martín M., Piedrafita J. (2000). Meat quality of ten cattle breeds of the southwest of Europe. En: "Final Report FAIR 1 CT95 0702 Characterisation and assessment of genetic aptitudes of European local beef cattle breeds for producing quality meat". 190-232.
- Sañudo C., Jimeno V., Cerviño M., (2008). Produccion de ganado vacuno de carne y tipos comerciales en España. Madrid: Schering-Plough. 306p.
- Schwarz F.J., Augustini C., Timm M., Kirchgebner, M., Steinhart H. (1998). Effect of vitamin E on α -tocopherol concentration in different tissues and oxidative stability of bull beef. *Livestock Production Science*, 56, 165-171.
- Scollan N.D., Choi, N.J., Kurt E., Fisher A.V., Enser M., Wood J.D. (2001). Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. *British Journal of Nutrition*, 85, 115-124.
- Serra X., Gil M., Gispert M., Guerrero L., Oliver M.A., Sañudo C., Campo M.M., Panea B., Olleta J.L., Quintanilla R., Piedrafita J. (2004). Characterisation of young Bulls of the Bruna dels Pirineus cattle breed (selected from old Brown Swiss) in relation to carcass, meat quality and biochemical traits. *Meat Science*, 66, 425- 436.
- Serra X., Guerrero L., Guàrdia M.D., Gil M., Sañudo C., Panea B., Campo M.M., Olleta J.L., García - Cachán M.D., Piedrafita J., Oliver M.A. (2008). Eating quality of young bulls from three Spanish beef breed-production systems and its relationships with chemical and instrumental meat quality. *Meat Science*, 79, 98-104.
- Serrano E., Humada, M., Maestro M. (2012). Manejo pre y post sacrificio: influencia sobre la calidad de la carne de vacuno. *Gobierno de Cantabria*, 1-28.
- Shackelford S.D., Koohmaraie M., Whipple G., Wheeler T.L., Miller M.F., Crouse J.D., Reagan J.O. (1991). Predictors of beef tenderness: Development and verification. *Journal of Food Science*, 56, 1130-1135.

- Simpson J.D., Brown A.H., Spears J.W. (1985). Supplemental feeding on the cow-calf unit, replacement heifers and yearling stocker cattle. *Bull Agr. Exp. Sta. University Arkansas Mo* 879, 17.
- Stone H., Sidel J.L. (1993). *Sensory Evaluation Practices*. 2nd Edition. Academic Press, Inc. San Diego, USA. 338p.
- Stricker J.A., Matches A.G., Thompson G.B., Jacobs V.E., Martz F.A., Wheaton H.N., Currence H.D., Krause G.F. (1979). Cow calf production on tall fescue ladino clover pastures with and without nitrogen fertilization on creep feeding: spring calves. *Journal of Animal Science*, 48, 13- 25.
- Swatland H.J. (1991). *Estructura y desarrollo de los animales de abasto*. Ed. Acribia S.A. Zaragoza. 433p.
- Takahashi (1996). Structural weakening of skeletal muscle tissue during post mortem ageing of meat: the non-enzymatic mechanism of meat tenderization. *Meat Science*, 43, 67-80.
- Talmant A., Monin G., Briand M., Dadet M., Briand Y. (1986). Activities of metabolic and contractile enzymes in 18 bovine muscles. *Meat Science*, 18, 23-40.
- Torrescano G., Sánchez-Escalante A., Giménez B., Roncalés P., Beltrán J.A. (2003). Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Science*, 64, 85-91.
- Touraille C. (1994). Incidence des caractéristiques musculaires sur les qualités organoleptiques des viandes. *Renc. Rech. Ruminant*, 169-176.
- Türkmen M., Ciminli C. (2007). Determination of metals in fish and mussel species by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. *Food Chemistry*, 103, 670-675.
- Vestergaard M., Oksbjerg N., Henckel P. (2000a). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscles of youngbulls. *Meat Science* 54, 177-185.
- Vestergaard M., Therkildsen M., Henckel P., Jensen L.R., Andersen H.R., Sejrsen K. (2000b). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of

- young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. *Meat Science*, 54, 187-195.
- Vestergaard M., Madsen N.T., Bligaard H.B., Bredahl L., Rasmussen P.T., Andersen H.R. (2007). Consequences of two or four months of finishing feeding of culled dry dairy cows on carcass characteristics and technological and sensory meat quality. *Meat Science*, 76, 635-643.
- Vieira C., García - Cachán M.D., Recio M.D., Domínguez M., Sañudo C. (2006). Effect of ageing time on beef quality of rustic type and rustic x Charolais crossbred slaughtered at the same finishing grade. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4, 225-234.
- Viljoen H.F., Kock H.L., Weeb E.C. (2002). Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. *Meat Science*, 61, 181-185.
- Villalba D., Casasús I., Sanz A., Estany J., Revilla R. (2000). Preweaning growth curves in Brown Swiss and Pirenaica calves with emphasis on individual variability. *Journal of Animal Science*, 78, 1132-1140.
- Volatier J.L., Dufour A. (2006). La place des viandes et des produits à base de viande comme aliments vecteurs dans les apports nutritionnels de la population française. *Viandes et produits carnés*, 11e JSMTV Clermont Fd, 55-60.
- Warren H.E., Scollan N.D., Enser M., Hughes S.I., Richardson, R.I., Wood J.D. (2008). 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, 256-269.
- Williams J.E., Wagner D.G., Walters L.E., Horn W.G., Waller G.R., Sims P.L., Guenther J.J. (1983). Effect of production systems on performance, body composition and lipid and mineral profiles of soft tissue in cattle. *Journal of Animal Science*, 57, 1020-1028.
- Williamson C.S., Foster R.K., Stanner S.A. (2005). Red meat in the diet. *British Nutrition Foundation, Nutrition Bulletin*, 30, 325-355.
- Wisner-Pedersen J. (1986). En: *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Cap 5, 2ªed. (1994) Ed. Price J.F. y Schweigert, B.S. Ed. Acribia. Zaragoza

- Wood J. D., Richardson R. I., Nute G. R., Fisher A. V., Campo M. M., Kasapidou E., Sheard P.R., Enser M. (2004). Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science*, 66, 21-32.
- Yang A., Lanari M.C., Brewster M., Tume R.K. (2002). Lipid stability and meat colour of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Science*, 60, 41-50.
- Yoshihara Y., Mizuno H., Ogura S., Sasaki T., S. Sato S. (2013). Increasing the number of plant species in a pasture improves the mineral balance of grazing beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 179, 138-143.
- Zhang S.X., Farouk M.M., Young O.A., Wieliczko K.J., Podmore (2005). Functional stability of frozen normal and high pH beef. *Meat Science*, 69, 765-772.