

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
Departamento de Ciencias Agroforestales



TESIS DOCTORAL

VALORACIÓN SENSORIAL E INSTRUMENTAL DE LA CARNE DE CABRITO LECHAL

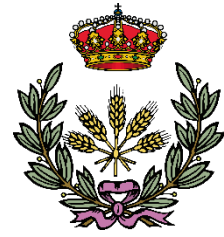


Guillermo Ripoll García

Sevilla, mayo de 2020



**Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Agronómica**
Departamento de Ciencias Agroforestales



TESIS DOCTORAL

**VALORACIÓN SENSORIAL E INSTRUMENTAL DE LA
CARNE DE CABRITO LECHAL**

Autor:
Guillermo Ripoll García

Directoras:
Dra. Begoña Panea Doblado
Dra. María Jesús Alcalde Aldea

Memoria presentada por D. Guillermo Ripoll García para optar al título de Doctor en
Ingeniería Agraria, Alimentaria, Forestal y del Desarrollo Rural Sostenible por la
Universidad de Sevilla.

Sevilla, 2020

A mis padres y a todas las chicas de mi casa.

“El problema de la humanidad es que los estúpidos están seguros de todo y los inteligentes están llenos de dudas.” Bertrand Russell.

“De las personas muy inteligentes comenzamos a desconfiar cuando se quedan perplejas.” Friedrich Nietzsche.

AGRADECIMIENTOS

Uno de los problemas de hacer la tesis doctoral con más edad de lo usual, es que la lista de personas a las que les debo un agradecimiento es muy larga. Así que vayan por delante mis disculpas a las personas que deberían estar aquí y no aparecen por falta de memoria, que no de aprecio.

Quería agradecer al INIA la financiación del proyecto RTA2012-23-C3 del que se deriva la presente tesis, así como a las asociaciones de criadores de razas caprinas, a los ganaderos y a los técnicos y responsables, con mención especial de Paloma y Juanma Micheo. También quería agradecer a las otras “patas” del proyecto por su ayuda y colaboración en la consecución de los objetivos. Concretamente, a María de Guía Córdoba, Anastasio Argüello, Ángeles Camacho y Juan Capote. A Noemí Castro por su indispensable ayuda y a Aridany Suarez por traer las muestras de grasa y leche.

Por supuesto, tengo que agradecer a mis Directoras su doble función de Directoras y amigas. Por todo lo que me habéis enseñado, pero sobre todo, por los ratos no laborales.

También quiero agradecer al Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, por ser mi casa durante todos estos años, también cuando se llamaba Servicio de Investigación Agraria. Como un Centro sin personas no es nada, quiero agradecer a mis compañeros de unidad por lo que me han aportado personal y científicamente, que es mucho (y por aguantarme cuando ha tocado). Empezamos con las chicas de la Casa amarilla: Marga Joy, Mireia Blanco, Isabel Casasús, Albina Sanz y Sandra Lobón. A los chicos de la Casa Amarilla, que son un género en extinción: Alberto Bernués y Daniel Martín. A los de más lejos en el I+D: José Luis Alabart, Jorge Calvo, Carlos Calvete, Clara Marín, Belén Lahoz, Pilar Muñoz, Chus, Piluca y Mapi. A José Folch por su acogida cuando iba buscando donde hacer mi trabajo de fin de carrera. A los que ya no están físicamente en el CITA (Fernando Muñoz, Fidel Lahoz, Joaquín Uriarte, Chema Blasco, Ignacio Delgado, Juan Pérez Revuelto, Miguel Ángel Céspedes, Ricardo Revilla y Enrique Morago). A los que, simplemente ya no están, Rafa y Tere. Por supuesto, a Angelines Legua por su indispensable ayuda en los laboratorios, y a Juanra Bertolín y su ayuda con todo lo relacionado con ácidos grasos y muchas más cosas. A

Ramiro Tena y Pepe Jaime por enseñarme a manejar a los terneros y a saltar una valla cuando es justo y necesario. Y a todo el personal de campo porque sin ellos, no se puede. Dentro del CITA, tengo que agradecer a todo el personal de administración por su ayuda cuando lo he necesitado, y sobre todo, al personal de biblioteca por su eficiencia y eficacia. Mucho más lejos, en el norte, también quiero agradecer a todo el personal de la Garcipollera por su dedicación, y especialmente a Javier Ferrer, también conocido como Tote. Por supuesto, a Pere Albertí, por ser mi mentor y referente todo este tiempo en lo personal y laboral, y por tu amistad.

Gracias a todos los compañeros de la Facultad de Veterinaria, Carlos Sañudo, José Luis Olleta, Marimar Campo, Virginia Resconi, Erica Muela, José Antonio Beltrán y Pedro Roncales por todas sus enseñanzas y por haberme permitido pulular por ahí. También a María Ángeles Latorre por hacerlo todo siempre tan fácil y agradable, y a Leticia, por ir siempre a tope. También quiero agradecer a los compañeros de la Universidad Pública de Navarra, Josean, María José Beriaín, Vicky Sarriés, Kizkitza Insausti, Ana Arana y Antonio Purroy por los años de excelente relación, y lo que queda. También quiero agradecerle a Alfredo Teixeira, su amistad y cariño. A Daniel Villaba y a Roberto Ruiz por muchas cosas, pero también por dejarme adentrarme en el mundo de Nodriz. A Javier Álvarez, que no sabría si ponerlo en el CITA o en la Universitat de Lleida, por sacarme de la zona de confort y hacerme pensar más de una vez. A Melvin Hunt, que, aunque no se acordará de mí, me ayudó y animó a no tenerle miedo al color de la carne.

Quiero agradecer, por su ayuda en ciertos aspectos de esta tesis, a Francisco Miguel Martínez Verdú por su ayuda con la diferencia de color, y a Sergio Hidalgo, de Carrier Refrigeración Ibérica, S.A., por su colaboración con las especificaciones técnicas de la isla refrigerada.

Finalmente, a mis padres que con su esfuerzo han conseguido que lea esta tesis. Todos tenéis parte de culpa de que haya escrito esta tesis, así que espero que os guste.

ÍNDICES

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Índices	1
Introducción.....	25
1. Situación del sector caprino. Censos y producciones.....	27
2. Importancia del sector caprino en España	32
3. Breve descripción de las razas utilizadas.....	35
3.1. Florida.....	36
3.2. Guadarrama.....	37
3.3. Majorera.....	39
3.4. Palmera.....	40
3.5. Payoya	42
3.6. Retinta	43
3.7. Tinerfeña	44
3.8. Verata	46
Antecedentes	49
1. Importancia de las marcas de calidad	51
2. Calidad de la carne de cabrito lechal	55
2.1. Peso vivo y peso canal caliente	59
2.2. Composición proximal.....	60
2.3. pH y glucólisis	61
2.4. Color y capacidad de retención de agua	62
2.5. Textura instrumental.....	67
2.6. Ácidos grasos y compuestos aromáticos.....	70
2.7. Análisis sensorial	73
3. Apreciación visual del consumidor	74
4. Encuestas <i>online</i>	76
4.1. Definición.....	76

4.2. Implantación del uso de internet	76
4.3. Ventajas y desventajas	77
Objetivos.....	81
Material y métodos	85
1. Animales y diseño experimental.....	87
2. Sacrificio y toma de muestras.....	88
2.1. <i>Longissimus thoracis et lumborum</i> izquierdo	89
2.2. <i>Longissimus thoracis et lumborum</i> derecho	90
2.3. Pierna derecha.....	91
Fotografía cenital de las chuletas	91
3. Análisis instrumental	92
3.1. Composición química	92
3.2. Color instrumental.....	92
3.3. Textura instrumental.....	93
Método Warner-Bratzler.....	93
Análisis de perfil de textura (TPA)	93
3.4. Ácidos grasos de la grasa intramuscular	94
3.5. Compuestos volátiles	95
4. Análisis sensorial.....	96
4.1. Cata con consumidores	96
4.2. Apreciación visual en vitrina refrigerada	97
4.3. Valoración visual mediante encuestas <i>online</i>	98
Efecto del sistema de lactancia y tiempo de exposición	99
Efecto del sistema de lactancia	99
4.4. Análisis estadístico	100
Resultados y discusión.....	101
1. Influence of the use of milk replacers and pH on the texture profiles of raw and cooked meat of suckling kids.....	103

1.1. Resumen	103
1.2. Introduction.....	103
1.3. Materials and Methods	105
Animals.....	105
Carcass sampling.....	106
Meat chemical composition	107
Meat texture.....	107
Statistical Analysis.....	108
1.4. Results	110
Chemical composition of natural milk and <i>longissimus thoracis</i> muscle	110
Meat texture.....	111
Principal component analysis and correlations	113
Effect of pH on kids meat quality	116
1.5. Discussion	116
1.6. Conclusions.....	119
2. Effect of the rearing system on the color of four muscles of suckling kids.....	121
2.1. Resumen	121
2.2. Introduction.....	122
2.3. Material and methods.....	123
Animals.....	123
Carcass sampling.....	124
Instrumental color	124
Statistical analysis	124
2.4. Results	125
pH of the <i>longissimus thoracis</i>	125
Instrumental color of the muscles	125
Effect of pH on muscle color.	129
2.5. Discussion	131

pH of the <i>longissimus thoracis</i>	131
Instrumental color of the muscles	133
Effect of pH on muscle color.	134
2.6. Conclusions.....	135
3. Effect of rearing system on the straight and branched fatty acids of goat milk and meat of suckling kids	137
3.1. Resumen.....	137
3.2. 1. Introduction.....	138
3.3. Materials and methods	140
Animals.....	140
Milk sampling.....	140
Carcass sampling.....	141
Fatty acid analyses	141
Statistical analysis	142
3.4. Results	143
Milk	143
Meat.....	151
3.5. Discussion	158
Milk	158
Meat.....	160
3.6. Conclusions.....	162
4. Volatile organic compounds and consumer preference for meat from suckling goat kids raised with natural or replacers milk	165
4.1. Resumen	165
4.2. Introduction.....	166
4.3. Material and methods.....	167
Animals and sampling	167
Extraction and analysis of volatile compounds.....	169
Consumer sensory test	169

Statistical analysis	170
4.4. Results	171
Volatile compounds	171
Preference of consumers for meat from different rearing systems	177
Relationship between VOCs and sensory analysis	179
4.5. Discussion	180
Volatile compounds	180
Consumer preference for meat from different rearing systems	182
4.6. Conclusions.....	183
5. Consumer visual appraisal and shelf life of leg chops from suckling kids raised with natural milk or milk replacer	185
5.1. Resumen.....	185
5.2. Introduction.....	185
5.3. Material and methods.....	187
Carcass sampling.....	187
Color measurement of the chops	188
Evaluation of the appearance of the chops	189
Statistical analysis	190
5.4. Results	190
5.5. Discussion	196
5.6. Conclusions.....	198
6. Web-based survey of consumer preferences for the visual appearance of meat from suckling kids.....	199
6.1. Resumen.....	199
6.2. Introduction.....	199
6.3. Materials and methods	201
Carcass sampling.....	201
Instrumental color measurement of the chops	202

Capture of the images of the chops	202
Survey design and dissemination	203
Statistical analysis	204
6.4. Results	205
Sample characterization and the choice criteria used by consumers	205
Consumer preference and the instrumental color of the chops displayed for 8 d.....	207
Consumer preference and the instrumental color of the chops from the 4 breeds	208
6.5. Discussion	210
6.6. Conclusions.....	213
Discusión general	219
1. Composición proximal y ácidos grasos del calostro y la leche	221
2. Calidad instrumental de la carne	223
2.1. Composición química y textura	223
2.2. Color instrumental.....	226
Evolución del color durante el tiempo de exposición al oxígeno.....	228
Color de los músculos	229
2.3. Perfil de ácidos grasos	229
2.4. Compuestos volátiles	230
2.5. Sistema de lactancia y pH de la carne	233
3. Calidad sensorial de la carne	235
3.1. Cata con consumidores	235
3.2. Valoración visual.....	236
Relación entre el color instrumental y la valoración visual de los consumidores	237
Conclusiones	239
Bibliografía.....	245
Congresos	291
Publicaciones	295

ÍNDICE DE TABLAS

ANTECEDENTES

Tabla 1. Categoría oficial y censo de las 22 razas autóctonas españolas (Año 2018). ...	30
Tabla 2. Principales países de destino de las exportaciones de carne de caprino en el año 2017.	32
Tabla 3. Factores que influyen en la calidad de la carne de cabrito (1).	55
Tabla 4. Factores que influyen en la calidad de la carne de cabrito (2).	56
Tabla 5. Referencias utilizadas en la revisión bibliográfica.	58
Tabla 6. Composición proximal de la carne de cabrito lechal en función del peso de la canal caliente.	60
Tabla 7. Número de cabritos sacrificados por cada raza y sistema de lactancia.	87
Tabla 8. Días de descongelación y exposición al oxígeno de las chuletas utilizadas en la valoración visual.	91
Tabla 9. Diseño de presentación de chuletas en la encuesta <i>online</i>	99

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Table 1. Means, standard error and p-value for breed effect on proximal composition of natural milk 30 d post birth in eight goat breeds.	106
Table 2. Value of pH at 24 h and chemical composition of <i>longissimus thoracis</i> muscle of kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).	109
Table 3. Texture profile of raw <i>longissimus lumborum</i> muscle of suckling kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).	110
Table 4. Texture profile of cooked <i>longissimus lumborum</i> muscle of suckling kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).	111
Table 5. Comparison of meat pH on chemical composition and texture of meat of the three pH clusters identified by the k-means algorithm.	115
Table 6. Color and pH of the <i>longissimus thoracis</i> muscle of kids reared with a milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).	126
Table 7. Color of the <i>biceps femoris</i> muscle from kids reared with a milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).	127

Table 8. Color of the <i>semimembranosus</i> muscle from kids reared with a milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).	128
Table 9. Color of the <i>semitendinosus</i> muscle from kids reared with a milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).	129
Table 10. Individual straight saturated fatty acids of goat milk at 1 and 30 days of lactation (g/100 g of FAMES).	145
Table 11. Individual monounsaturated fatty acids of goat milk at 1 and 30 days of lactation (g/100 g of FAMES).	147
Table 12. Individual polyunsaturated fatty acids of goat milk at 1 and 30 days of lactation (g/100 g of FAMES).	149
Table 13. Main groups of straight and branched fatty acids of goat milk at 1 and 30 days of lactation (g/100 g of FAMES).	150
Table 14. Individual straight saturated fatty acids of suckling kid meat (g/100 g of FAMES).	153
Table 15. Individual monounsaturated fatty acids of suckling kid meat (g/100 g of FAMES).	154
Table 16. Individual polyunsaturated fatty acids of suckling kid meat (g/100 g of FAMES).	155
Table 17. Main groups of straight and branched fatty acids of suckling kid meat (g/100 g of FAMES).	156
Table 18. Volatile compounds (aldehydes) of kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).	172
Table 19. Volatile compounds (aliphatic and aromatic hydrocarbons) of kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).	173
Table 20. Volatile compounds (ketones and alcohols) of kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).	175
Table 21. Volatile compounds (others) of kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).	176
Table 22. Significance of the representability test for selected chops.	191
Table 23. Instrumental color of leg chops from kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).	191

Table 24. Shelf life of leg chops according to the purchase intention of consumers estimated by survival analysis.	193
Table 25. Pearson correlations of the residuals of visual appraisal and instrumental color for each muscle and illuminant.	194
Table 26. Statistics for the tested machine learning models.	194
Table 27. Instrumental color of the leg chops from the Cabra del Guadarrama kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM). Pictures of these leg chops were used on survey RS+TD (rearing system and time of display).	207
Table 28. Percentages of the preference for the rearing systems in the general sample ($\chi^2=84.1$; $P<0.0001$) and the consumers that used meat color ($\chi^2 = 80.4$; $P < 0.0001$) and fat color ($\chi^2 = 13.0$; $P=0.005$) as decision criteria.	209
Table 29. Instrumental color of the leg chops from the kids of the 4 breeds reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM) at 1 d of display. Pictures of these leg chops were used on survey RS (rearing system).	210

ÍNDICE DE FIGURAS

ANTECEDENTES

Figura 1. Censo caprino y número de explotaciones en España (años 2007-2018).....	27
Figura 2. Porcentaje de cabezas de ganado caprino por Comunidad Autónoma en 2018.	28
Figura 3. Porcentaje de cabezas de cabrito lechal sacrificadas por Comunidad Autónoma en 2018.	29
Figura 4. Peso medio de la canal de cabrito lechal por Comunidad Autónoma.	31
Figura 5. Consumo en kg per cápita de carne fresca de ovino y caprino en España.	33
Figura 6. Cabra de la raza Florida.	37
Figura 7. Cabra de la raza Del Guadarrama.	38
Figura 8. Cabra de la raza Majorera.	40
Figura 9. Cabra de la raza Palmera.	41
Figura 10. Cabra de la raza Payoya.	42
Figura 11. Cabra de la raza Retinta.	44
Figura 12. Cabra de la raza Tinerfeña.	45
Figura 13. Cabra de la raza Verata.	47
Figura 14. Símbolos de las figuras de calidad comunitarias.	52
Figura 15. Peso vivo al sacrificio y peso canal caliente de la bibliografía consultada.	59
Figura 16. Valores de pH en función del sistema de lactancia (izquierda) y del peso de la canal (derecha) de la bibliografía consultada.	62
Figura 17. Luminosidad (L^*) y saturación (Cab^*) de carne de diversas especies.	63
Figura 18. Índices de luminosidad (L^*), tono (h_{ab}) y saturación (Cab^*) de la carne de cabrito lechal según su peso de canal caliente y el sistema de lactancia.	64
Figura 19. Índices de rojo (a^*) y amarillo (b^*) de cabrito lechal según su peso de canal caliente y el sistema de lactancia.	66
Figura 20. Fuerza máxima de cizalla Warner-Bratzler (izquierda) y resistencia a la compresión (derecha) de carne de cabrito lechal.	68
Figura 21. Porcentaje de ácidos grasos saturados (SFA) e insaturados (UFA) de la grasa intramuscular en función del peso de canal caliente.	71
Figura 22. Ratio n-6/n-3 de los ácidos grasos de la grasa intramuscular.	72

Figura 23. Esquema de muestreo de la canal de cabrito. 89

Figura 24. Localización de los músculos en la cara distal de la sección de la pierna. 90

Figura 25. Diseño de la presentación de las chuletas en la vitrina refrigerada. 98

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figure 1. Warner-Bratzler maximum stress of *longissimus thoracis* muscle from kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM). 113

Figure 2. Bi-plot of the texture variables. 114

Figure 3. Bi-plot of Principal Component Analysis of the instrumental color of 4 muscles from kids reared with a milk replacer (MR) or natural milk (NM) from their dams. ... 130

Figure 4. Clusters of kids based on the pH and percentage of MR kids within each cluster. The percentage of kids per cluster is between brackets. 131

Figure 5. Influence of clusters based on the meat pH on the color of 4 muscles. LT, *longissimus thoracis*; BF, *biceps femoris*; SM, *semimembranosus*; ST, *semitendinosus*. 132

Figure 6. Chemical composition of natural milk at 1, 10 and 30 d of lactation. GU, Cabra del Guadarrama; PL, Palmera; RE, Retinta; TI, Tinerfeña. 144

Figure 7. Principal component analysis of the main groups and branched fatty acids of goat milk at 1 and 30 days of lactation. 151

Figure 8. Principal component analysis of the main groups and branched fatty acids of meat of kids reared with milk replacers (MR) or natural milk (NM). 158

Figure 9. Sensory analysis of meat from kids reared with milk replacers or natural milk. a) Juiciness acceptability per age of consumer. b) Overall acceptability per frequency of meat consumption. c) Juiciness acceptability and overall acceptability of consumers. 178

Figure 10. Biplot of the Principal Component Analysis of the volatile compounds of cooked meat of 8 breeds of kids fed natural milk (NM) or milk replacers (MR). 179

Figure 11. Visual appraisal of leg chops of kids from two rearing systems through 8 days of display. 192

Figure 12. Purchase intention for leg chops of kids from two rearing systems through 8 days of display. 193

Figure 13. Choice criteria used by the respondents within each survey. Survey RS+TD compared the rearing systems and time of display, and survey RS compared the rearing systems. 205

Figure 14. Percentage of the Cabra del Guadarrama chops preferred by consumers according to the time of display ($\chi^2=208.4$; $P<0.0001$) and rearing system ($\chi^2=144.6$; $P<0.0001$). 206

ABREVIATURAS

- a*: Índice de rojo
- AN: Nitrógeno aminoacídico
- ANCOVA: Análisis de covarianza
- b*: Índice de amarillo
- BF: Músculo *biceps femoris*
- CIE: Comité Internacional de L'Eclairage
- CITA: Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón
- C_{ab}^* : Saturación, croma o cromaticidad
- CP: Proteína bruta
- Δ_{ab}^* : Diferencia de color entre dos estímulos
- e.e.: Error estándar
- FL: Florida
- GU: Cabra del Guadarrama
- h_{ab} : Tono o color verdadero
- HCW: Peso de la canal caliente
- IMF: Grasa intramuscular
- JND: Mínima diferencia de color perceptible
- L*: Luminosidad
- LL: músculo *longissimus lumborum*
- LT: músculo *longissimus thoracis*
- MA: Majorera
- MR: Sistema de lactancia con lactoreemplazante
- MS: Materia seca
- MUFA: Ácidos grasos monoinsaturados
- n.d.: No detectado
- NM: Sistema de lactancia con leche natural de la madre
- NPN: Nitrógeno no proteico
- PC: Componente principal de un PCA
- PCA: Análisis de componentes principales
- PL: Palmera
- PUFA: Ácidos grasos poliinsaturados
- PY: Payoya
- RE: Retinta
- s.e.: standard error
- SFA: Ácidos grasos saturados
- SM: Músculo *semimembranosus*
- ST: Músculo *semitendinosus*
- TI: Tinerfeña
- VE: Verata
- VL: Vértebra lumbar
- VOC: Compuestos volátiles orgánicos
- VT: Vértebra torácica
- CL: Clúster o conglomerado

RESUMEN

España es un gran productor de leche y carne caprina, pero existen desequilibrios entre las zonas de cría de los animales y las zonas de sacrificio y consumo, lo que demuestra deficiencias estructurales en el modelo de comercialización. Por otra parte, el consumo de carne de ovino y caprino ha disminuido un 48 % en la última década. Los problemas estructurales y la caída del consumo, sitúan a 19 de las 22 razas españolas al borde de la extinción. Existe muy poca bibliografía científica sobre la calidad instrumental y sensorial de la carne de cabritos ligeros, que sería de gran utilidad para tomar decisiones que pudieran ayudar a la rentabilidad del sector caprino. Con este objetivo, se estudió la calidad instrumental y sensorial de la carne de cabrito de 8 razas autóctonas. Se criaron un total de 246 cabritos, de las razas Florida, Cabra del Guadarrama, Majorera, Palmera, Payoya, Retinta, Tinerfeña y Verata. La mitad de los cabritos fueron alimentados con lactoreemplazantes y la otra mitad se crio con leche materna. Los animales se sacrificaron a un peso vivo medio de $8,47 \text{ kg} \pm 0,077 \text{ kg}$ y un peso de canal caliente de $4,97 \text{ kg} \pm 0,061 \text{ kg}$. Se analizó la composición proximal y de ácidos grasos de la leche y el calostro. En la carne, se estudió el pH, la composición proximal, el perfil de ácidos grasos, el color instrumental, la textura y los compuestos volátiles, y se analizó la calidad sensorial mediante pruebas con consumidores. Además, se realizaron tres encuestas de valoración visual a consumidores, una presencial con producto real y dos *online* con fotografías. También se analizó la composición proximal y de ácidos grasos de la leche y el calostro.

El calostro tuvo más proteína y grasa y menos lactosa que la leche. Sin embargo, la leche tuvo una composición química constante durante el tiempo estudiado. Se observó que el efecto del sistema de lactancia sobre la textura, el color, el perfil de ácidos grasos y los compuestos volátiles de la carne de cabrito lechal ligero estuvo condicionado por la raza. Independientemente de la raza y del sistema de lactancia, la carne de cabrito lechal ligero presentó valores muy bajos de fuerza de cizalla Warner-Bratzler y de dureza, en comparación con la carne de otras especies. Por lo tanto, la dureza de la carne de cabrito lechal ligero no es un factor condicionante al elegir raza o sistema de lactancia, tanto por parte del ganadero como del consumidor. En carne

cocinada se vio que si el pH era mayor de 5,6 la carne era menos dura, pero presentó mayor cohesividad y adhesividad. La aparición de pH mayores de 6 fue más frecuente en cabritos alimentados con lactoreemplazantes.

Respecto a la composición de ácidos grasos, la carne de las razas lecheras tuvo mayor porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados *trans* y de la mayoría de los isómeros del ácido C18:1 pero menor porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados y CLA que la carne de razas cárnicas. La carne de cabritos alimentados con lactancia natural tuvo mayor porcentaje de CLA y de ácidos grasos de cadena ramificada, especialmente en las razas Palmera y Retinta, y menor cantidad de ácidos grasos omega 6, excepto en la raza Retinta, que la carne de cabritos alimentados con lactoreemplazantes. La presencia de ácidos grasos de cadena ramificada en la carne de cabritos lechales, que aún no tienen un rumen funcional, prueba que estos provienen de la leche materna. En consecuencia, podrían aparecer en cabritos muy jóvenes los olores típicos a cabra que proporcionan estos ácidos y que son más propios de animales adultos.

La presencia de hexanal, que fue el aldehído que aparece en mayor proporción, estuvo relacionado con el uso de leche natural. Además, el hexanal estuvo correlacionado positivamente con la aceptabilidad del flavor y la aceptabilidad general de la carne por parte de los consumidores. La aceptabilidad sensorial de los cabritos de lactancia natural fue mayor para los consumidores de mayor edad y para los consumidores con un consumo de carne moderado. El resto de los consumidores no fue capaz de encontrar diferencias sensoriales en función del sistema de lactancia.

El color de la carne fue el principal atributo usado por los consumidores para valorar visualmente la apariencia de la carne de manera consistente en todos los segmentos sociodemográficos. Concretamente, la luminosidad y el tono de la carne fueron los principales atributos usados, con mayor importancia que el índice de rojo.

La apariencia de las chuletas de pierna de cabrito lechal ligero alimentado con lactoreemplazantes fue mejor valorada que la de cabrito alimentado con leche natural, tanto cuando se valoraba la chuleta *in situ* como cuando se valoró mediante encuesta *online*. Además, esta mejor apariencia de las chuletas de cabrito lechal ligero alimentado con lactoreemplazantes se mantuvo a lo largo del tiempo de exposición en vitrina,

permitiendo alargar el tiempo de vida útil. Esta mayor preferencia del consumidor por la carne de cabrito alimentado con reemplazantes fue debida a que tenía mayor luminosidad y tono, y menor saturación. El iluminante D65 fue más adecuado que los iluminantes A y C para relacionar la valoración visual de la carne con el color instrumental. La mínima diferencia apreciable de color por el consumidor fue similar al evaluar la carne o fotos de la carne. Así, las encuestas web con fotografías pueden conseguir una información similar a la de las encuestas con producto real.

ABSTRACT

Spain is a large producer of goat milk and meat, but there are disproportions between the areas of animal husbandry and those of slaughter and consumption, which shows structural deficiencies in the marketing model. In addition, the consumption of sheep and goat meat has decreased by 48% in the last decade. The structural problems and the fall in consumption put 19 of the 22 Spanish breeds on the brink of extinction. There is very little scientific literature on the instrumental and sensory quality of lightweight kid meat, which would be very useful for making decisions that could help the profitability of the goat sector. With this objective, the instrumental and sensory quality of the meat of kids from eight autochthonous breeds was studied.

A total of 246 kids from the breeds Florida, Guadarrama, Majorera, Palmera, Payoya, Retinta, Tinerfeña, and Verata were raised. Half of the kids were fed a milk replacer, and the other half was raised on mother's milk. The animals were sacrificed at an average live weight of 8.47 ± 0.077 kg and a warm carcass weight of 4.97 ± 0.061 kg. The proximal and fatty acid compositions of the milk and colostrum were analysed, and in meat, the pH, proximal composition, fatty acid profile, instrumental colour, texture, and volatile compounds were studied, and sensory quality was analysed by consumer tests. In addition, three consumer visual assessment surveys were conducted, one in person, with a real product, and two online, with photographs. The proximal and fatty acid compositions of the milk and colostrum were also analysed.

Colostrum had more protein and fat and less lactose than milk did. However, milk had a constant chemical composition during the study period. It was observed that the effects of the lactation system on the texture, colour, fatty acid profile, and volatile compounds of lightweight suckling kid meat were conditioned by the breed. Regardless of the breed and lactation system, lightweight suckling kid meat presented very low Warner-Bratzler shear strength and hardness values compared with those of the meat from other species. Therefore, the hardness of lightweight suckling kid meat is not a determining factor when choosing the breed or lactation system, by both the farmer and the consumer. In cooked meat, it was observed that if the pH was greater than 5.6,

the meat was less hard but presented greater cohesiveness and adhesiveness. The appearance of pH greater than 6 was more frequent in kids that were fed milk replacers.

Regarding the fatty acid composition, the dairy breed meat had a higher percentage of polyunsaturated *trans* fatty acids and most of the C18:1 acid isomers but a lower percentage of monounsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid (CLA) than the beef breed meat. The meat of kids fed the natural breast milk had a higher percentage of CLA and branched-chain fatty acids, especially in the Palmera and Retinta breeds, and a lower amount of omega-6 fatty acids, except in the Retinta breed, than did the meat of kids fed milk replacers. The presence of branched-chain fatty acids in the meat of suckling kids, which do not yet have a functional rumen, proves that these fatty acids come from breast milk. Consequently, the typical goat odours, which are provided by these acids and are more typical of adult animals, could appear in very young kids.

The presence of hexanal, which is an aldehyde that appears in a greater proportion, was related to the use of natural milk. In addition, hexanal was positively correlated with the acceptability of the flavour and the general acceptability of the meat by consumers. The sensory acceptability of the meat of kids that were fed the natural breast milk was higher for older consumers and for those with moderate meat consumption. The rest of the consumers were not able to find sensory differences depending on the lactation system.

The colour of the meat was the main attribute consistently used by consumers in all sociodemographic segments to visually assess the appearance of the meat. In particular, the luminosity and tone of the meat were the main attributes used, with a greater importance than that of the red index.

The appearance of leg chops from lightweight suckling kids that were fed the milk replacer was valued higher than that from kids fed natural milk, both during *in situ* assessments and using an online survey. In addition, this better appearance of leg chops from lightweight suckling kids that were fed milk replacers was maintained throughout the showcase exposure, allowing an extension of the shelf life. This greater consumer preference for the meat from milk replacer-fed kids was due to its greater luminosity

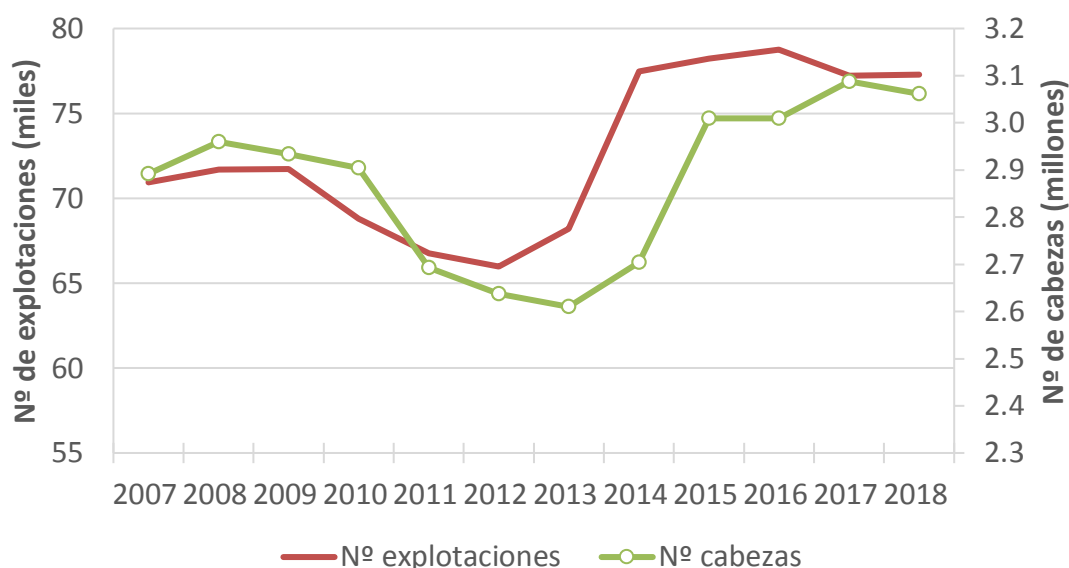
and hue and lower saturation. Illuminant D65 was more suitable than were illuminants A and C to relate the visual assessment of meat with the instrumental colour. The minimum colour difference appreciable by the consumer was similar when evaluating meat or meat photographs. Thus, web surveys with photographs allow obtaining information similar to that of surveys with real products.

INTRODUCCIÓN

1. SITUACIÓN DEL SECTOR CAPRINO. CENSOS Y PRODUCCIONES

España es el segundo país productor de ganado caprino de la Unión Europea con 2.764.000 cabezas, solo superada por Grecia, con 3.625.000 cabezas (Eurostat, 2019). Como se puede observar en la Figura 1, el censo de ganado descendió paulatinamente entre los años 2008 y 2012 debido a la desaparición de casi 3.500 explotaciones, para luego remontar y alcanzar el máximo de 3.088.582 cabezas en 2017. Esta fragilidad del sector se ve potenciada por el tamaño de las explotaciones, que va de 38 a 41 cabezas por explotación de media. Debido a esta fragilidad de las explotaciones, la subida de precios de los insumos obligó al sacrificio de rebaños lecheros por la falta de rentabilidad de los mismos en 2011 (SEOC, 2013) La producción cárnica de ovino y caprino representó en 2017 el 2,5 % de la Producción Final Agraria nacional y el 6,6 % de la Producción Final Ganadera, mientras que la producción de leche de cabra supuso un 1,6 % de la Producción Final Ganadera (MAPA, 2018a).

Figura 1. Censo caprino y número de explotaciones en España (años 2007-2018)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat (2019) y MAPA (2018a).

En 2018, España tuvo una producción de 461.400 toneladas de leche de cabra (MAPA, 2019d), aproximadamente una quinta parte de la producción de leche de cabra de la UE. De la producción que no se exporta, el 89 % pasó a la industria para la elaboración de quesos y productos lácteos y el resto se destinó a la elaboración de

quesos artesanales en la propia explotación (MAPA, 2018b). Además de la gran importancia de la producción de leche de cabra, el cabrito también supone una producción importante del sector caprino, suponiendo un 20 % de los ingresos totales por cabra de la explotación lechera (Castel *et al.*, 2012).

Figura 2. Porcentaje de cabezas de ganado caprino por Comunidad Autónoma en 2018.

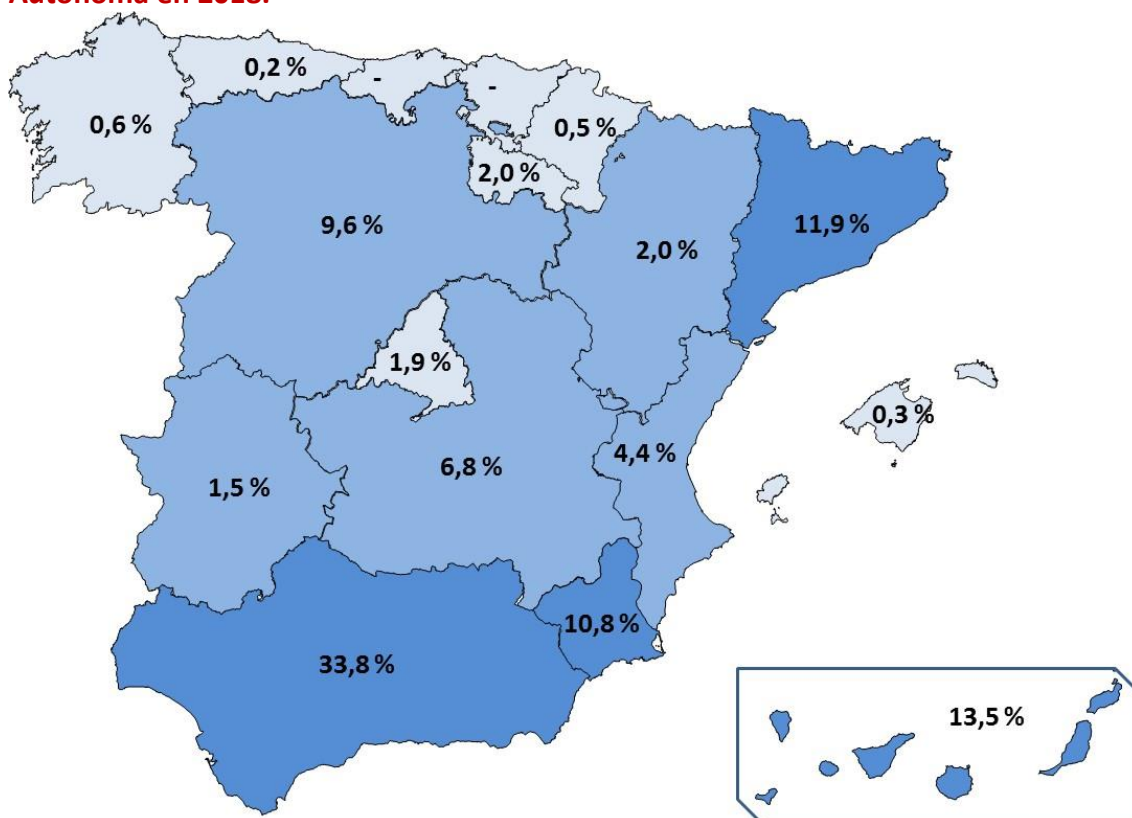


Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MAPA (2019b).

Como se observa en la Figura 2, existe un gradiente descendiente de cabezas de ganado caprino que va de Sur a Norte de España. En Andalucía se mantiene más de un tercio del censo español, seguido de Extremadura, Castilla La Mancha y Murcia que aúnan otro tercio del censo. Finalmente, el resto de España acumula el tercio restante del censo caprino. Las Comunidades Autónomas de mayor número de cabritos lechales sacrificados fueron Andalucía, las Islas Canarias, Cataluña y Murcia. Las CC.AA. del norte de España, como Galicia, Principado de Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra tuvieron una producción de cabrito lechal casi testimonial menor del 1 % del total de España (Figura 3). Estos porcentajes son similares a los datos de sacrificio de lechales en 2015 de cada Comunidad Autónoma, pero hay un cambio notable en Extremadura que

en 2015 sacrificó el 6 % de cabritos lechales, mientras que en 2018 sacrificó solo el 1,5 %. Comparando la distribución de los censos ganado caprino en vivo (Figura 2) y la distribución de las cabezas de cabrito lechal sacrificadas (Figura 3) se puede observar que existen ciertos desequilibrios. Por ejemplo, Extremadura y Castilla La Mancha tienen porcentajes de censo de animales vivos mucho mayores que los de sacrificios, mientras que, por el contrario, en Castilla y León, Canarias y Cataluña, el porcentaje de sacrificio de cabrito lechal es superior al que le correspondería. Finalmente, los sacrificios de cabrito lechal en Andalucía y Murcia sí son coherentes con el censo de animales vivos.

Figura 3. Porcentaje de cabezas de cabrito lechal sacrificadas por Comunidad Autónoma en 2018.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MAPA (2019b).

Estos desequilibrios entre las zonas de cría de los animales y las zonas de sacrificio, comercialización y consumo denotan graves problemas estructurales en la estacionalidad de la producción y el modelo de comercialización (Panea *et al.*, 2010b) que no acaban de resolverse. Este traslado de animales hace que el valor añadido no repercuta directamente en el productor, y que la calidad de la carne pueda verse influida por las grandes distancias recorridas (Panea *et al.*, 2008). De igual manera sucede con la

leche; Andalucía, produce más del 40 % de la leche de cabra española, y sin embargo, más del 80 % de esta leche es transformada fuera de la región, ya sea en el resto de España o incluso en otros países europeos (Castel *et al.*, 2012). A pesar de la importancia del ganado caprino en la Producción Final Agraria y Ganadera, estos problemas estructurales, junto con otros como pueden ser la despoblación del medio rural y la falta de rentabilidad, sitúan a 19 de las 22 razas españolas al borde de la extinción (Tabla 1).

Tabla 1. Categoría oficial y censo de las 22 razas autóctonas españolas (Año 2018).

Raza	Categoría	Aptitud	Nº cabezas	Censo (%)
Murciano-Granadina ²	Fomento	Lechera	108,002	39,88
Malagueña ²	Fomento	Lechera	37,168	13,72
Florida ¹	Fomento	Lechera	25,952	9,58
Majorera ¹	Peligro de Extinción	Lechera	13,951	5,15
Payoya ¹	Peligro de Extinción	Lechera	12,256	4,53
Verata ¹	Peligro de Extinción	Lechera	9,503	3,51
Del Guadarrama ¹	Peligro de Extinción	Cárnica	9,165	3,38
Blanca Celtibérica ²	Peligro de Extinción	Cárnica	8,920	3,29
Blanca Andaluza ²	Peligro de Extinción	Cárnica	7,948	2,93
Tinerfeña ¹	Peligro de Extinción	Lechera	6,941	2,56
Palmera ¹	Peligro de Extinción	Lechera	6,570	2,43
Negra Serrana ²	Peligro de Extinción	Cárnica	5,617	2,07
Blanca de Rasquera	Peligro de Extinción	Cárnica	4,565	1,69
Bermeya	Peligro de Extinción	Cárnica	2,873	1,06
Moncaína ²	Peligro de Extinción	Cárnica	2,747	1,01
Pirenaica ²	Peligro de Extinción	Cárnica	2,272	0,84
Retinta ¹	Peligro de Extinción	Cárnica	2,175	0,80
Azpi Gorri	Peligro de Extinción	Cárnica	1,351	0,50
Agrupación de las Mesetas	Peligro de Extinción	Cárnica	1,268	0,47
Galega	Peligro de Extinción	Cárnica	1,161	0,43
Eivissenca	Peligro de Extinción	Cárnica	285	0,11
Mallorquina	Peligro de Extinción	Cárnica	160	0,06

¹ Razas utilizadas como material experimental en esta tesis.

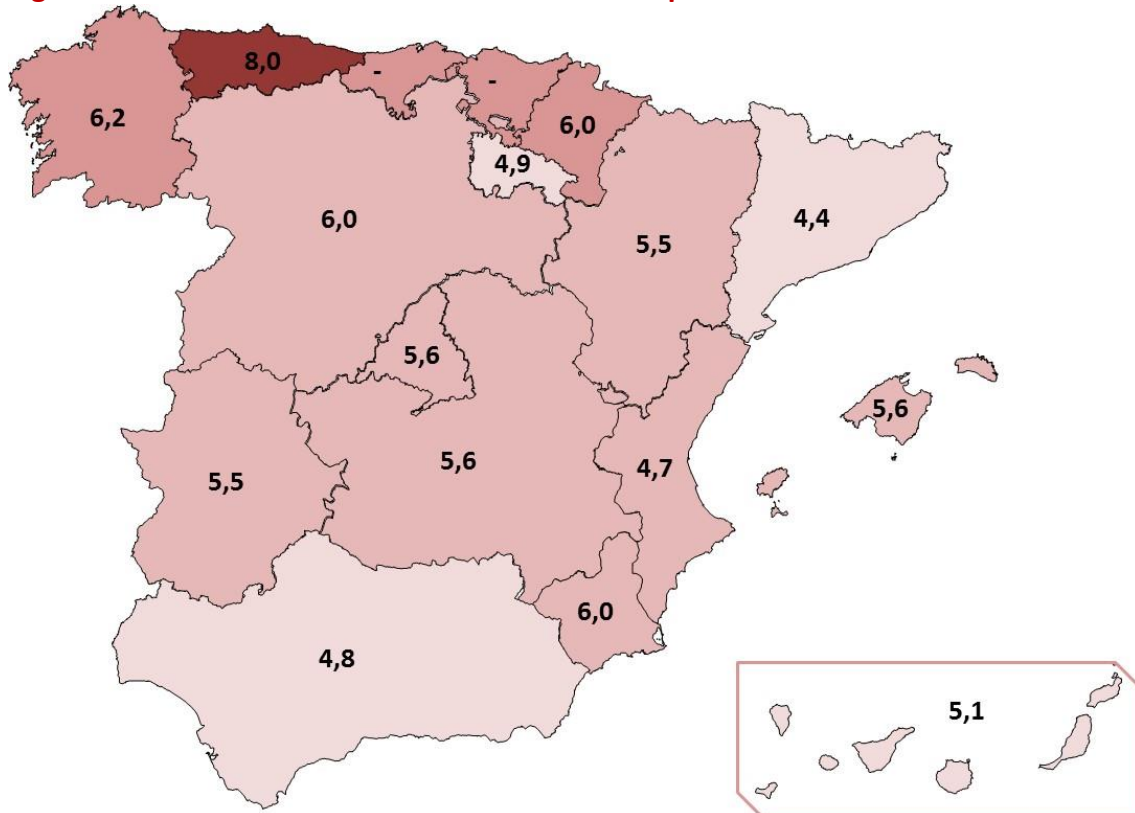
² Razas utilizadas como material experimental en el proyecto “Estudio integral del cabrito lechal español. Una propuesta de Indicación Geográfica Protegida y de Clasificación. RTA2006-00177-00-00”.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MAPA (2019a).

En España podemos encontrar tres tipos comerciales de animales caprinos destinados a la producción cárnica (Alcalde *et al.*, 2010): 1) el cabrito lechal, alimentado principalmente con leche y sacrificado al mes o mes y medio de vida, con un peso vivo que puede oscilar entre 7 y 11 kg. De estos animales se consiguen canales que van desde

los 4 kg hasta los 7 kg, aproximadamente. 2) el chivo, animal alimentado con leche materna y los recursos obtenidos del pastoreo con su madre. Estos animales se sacrifican con 4 o 5 meses de edad y con 20 a 30 kg de peso vivo, y es un tipo comercial menos demandado. 3) el caprino mayor, procedente del desvieje de cabras de leche y otros animales adultos y que es de poca importancia en el mercado.

Figura 4. Peso medio de la canal de cabrito lechal por Comunidad Autónoma.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MAPA (2019b).

Según la guía de etiquetado facultativo (BOE, 2011), para animales de edad menor a los 5 meses, las canales de cabrito se clasificarían en lechal ligero, para canales menores o iguales a 5 kg; lechal, para canales entre 5 y 7 kg; y recental para canales de peso superior a 7 kg e inferior o igual a 10 kg. El peso medio de la canal de cabrito lechal en España fue de 5,1 kg, aunque hay variaciones por Comunidades Autónomas. Por una parte, las Comunidades Autónomas del norte de España, como Galicia, Principado de Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra producen canales con un peso mayor de 6 kg, mientras que Andalucía, las Islas Canarias, Cataluña y La Rioja produjeron canales con un peso medio por debajo de 5 kg (Figura 4). Hay un gradiente creciente del peso de la

canal desde el sureste de la península hacia el noroeste. Se puede observar cómo las zonas con poca producción de cabrito lechal sacrifican a los animales con pesos de canal mayores y viceversa.

En el año 2017, España produjo el 13 % de la producción de carne de caprino de la Unión Europea (FAO, 2019). En el año 2018 se sacrificaron en España 1.371.026 animales de la especie caprina (MAPA, 2019c), de los cuales el 80 % fueron de la categoría cabrito lechal. Como ya se ha dicho, esta preferencia a sacrificar el cabrito lechal de bajo peso en oposición al chivo está relacionada con el paso de las explotaciones mixtas a lecheras. Se pasó de sacrificar un 65 % de cabrito y un 20 % de chivo en 1992 a sacrificar el 80 % de los animales como cabrito lechal y el 5 % como chivos en el año 2011. España es un gran exportador a países de la Unión Europea y a terceros países como Francia, Reino Unido o Portugal (Tabla 2).

Tabla 2. Principales países de destino de las exportaciones de carne de caprino en el año 2017.

País	Tm	%
Francia	880,3	36,9
Reino Unido	400,8	16,8
Portugal	241,2	10,1
Italia	232,0	9,7
Países Bajos	199,0	8,3
República centroafricana	106,6	4,5
Sri Lanka	73,5	3,1
Total	2.385,2	

Exportaciones de carne fresca, refrigerada y congelada. Porcentaje calculado sobre el total de Tm exportadas.

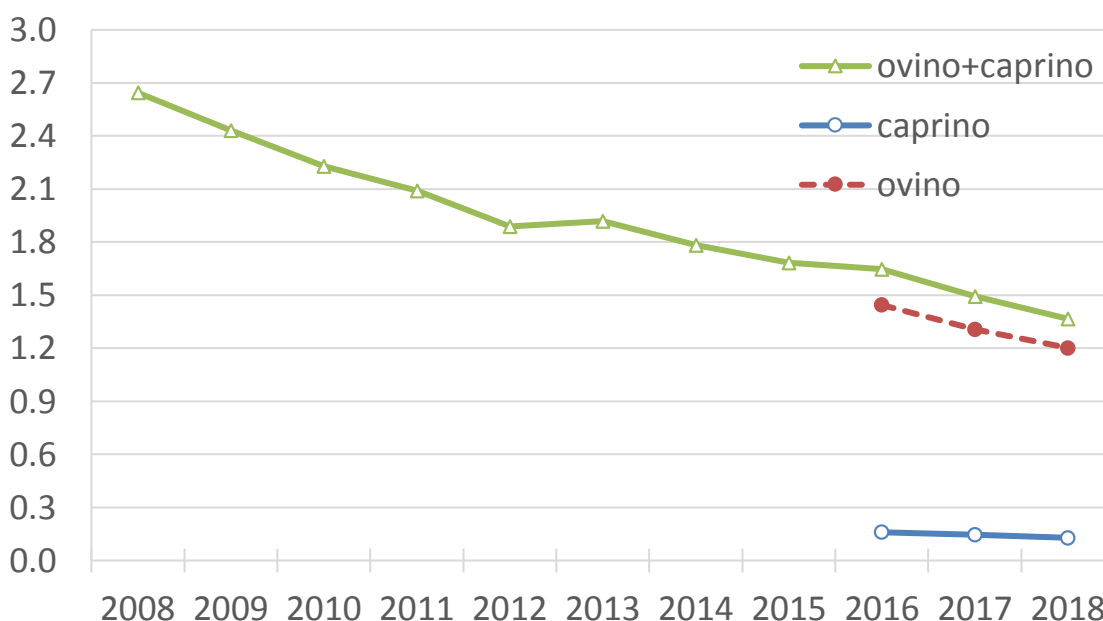
Fuente: MAPA (2018a)

2. IMPORTANCIA DEL SECTOR CAPRINO EN ESPAÑA

Los sistemas de producción de pequeños rumiantes son una de las más importantes actividades agrarias en muchas partes del mundo, jugando un papel fundamental tanto en la economía como en la cultura y en el mantenimiento del medio ambiente (Sayadi y Calatrava, 2006). En zonas económicamente deprimidas, la cría de cabra tiene un importante rol social, fijando población y contribuyendo a la multifuncionalidad y desarrollo sostenible de las mismas (Ruiz *et al.*, 2011). Además, la

cabra produce piel, leche y carne en condiciones adversas, siendo capaz de transformar alimentos y recursos pastables, que son inservibles para otras especies, en mayor cantidad de leche por peso vivo que una vaca (Alcalde *et al.*, 2010). Por otra parte, la cabra es una especie de “días cortos”, es decir, su actividad sexual es mayor durante los días decrecientes del año. De esta manera, los cabritos nacen al final del invierno e inicio del verano, cuando el clima es menos riguroso y la disponibilidad de alimento es mayor (Chemineau, 1993). Esto hace que la oferta sea muy estacional, y como pasa con el cordero, no coincide con la demanda, así que se originan desajustes y alteraciones del precio. Por último, el constante descenso del consumo observado desde el final de los años 80 (Chamorro *et al.*, 2012) se va confirmando en la última década, tal y como se muestra en la Figura 5. En las estadísticas oficiales aparecen los datos de ovino y caprino agrupados hasta el año 2015 y es difícil valorar el consumo de carne caprina, pero algunas estimaciones dan una cifra menor a los 300 g de carne por habitante y año (Alcalde *et al.*, 2010). En el año 2016, cuando se comienza a dar por separado el consumo de cabrito, este fue de 160 g, disminuyendo a 130 g en 2018.

Figura 5. Consumo en kg per cápita de carne fresca de ovino y caprino en España.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MAPA (2019e)

Aunque el consumo anual per cápita de carne fresca total disminuyó un 19 % entre los años 2008 y 2018, la carne fresca de ovino y caprino disminuyó un 48 %

mientras que la carne de cerdo y la de pollo solo disminuyeron un 15 % y un 13 % respectivamente en el mismo periodo (MAPA, 2019e). Los consumidores españoles además de disminuir su consumo de carne en general, están sustituyendo el consumo de carnes de mayor precio, como la de los rumiantes, por otras de menor precio. Si se observan los consumos por clases económicas (alta, media, media-baja y baja) (Martín-Cerdeño, 2018), solo los hogares de clase media aumentan su consumo de carne, pero todos los estratos económicos disminuyen el consumo relativo de carne de rumiantes y aumentan el de otras carnes frescas como pollo, y también consumen más carne congelada. Además del factor económico también hay que tener en cuenta las advertencias que han hecho organismos oficiales en contra del consumo de carnes rojas (Bouvard *et al.*, 2015; IARC, 2018). En relación con la percepción de riesgo para la salud del consumidor, según Verbeke *et al.* (2010), lo saludable que sea la carne es un factor más importante que otras preocupaciones como la seguridad alimentaria, probablemente porque la carne es un producto que se considera seguro por el consumidor.

Existe una percepción de que la carne de pollo es saludable y no tiene grasa, que se acrecienta entre determinados grupos de consumidores (Ripoll *et al.*, 2015). Sin embargo, mientras que el porcentaje de grasa del pollo oscila entre el 1 y el 4 % (Połtowicz *et al.*, 2015; Fernandes *et al.*, 2016; Infante-Rodríguez *et al.*, 2016; Michalczuk *et al.*, 2016), el porcentaje de grasa intramuscular de la carne de cabrito lechal oscila entre el 1 y el 2 %, dependiendo de la raza y el peso de sacrificio (Todaro *et al.*, 2002; Marichal *et al.*, 2003; Argüello *et al.*, 2005; Bañón *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2008; Ripoll *et al.*, 2012a). Comparando la especie caprina con la ovina, esta primera deposita menos grasa subcutánea e intramuscular (Van Niekerk y Casey, 1988; Colomer-Rocher *et al.*, 1992). La carne de cordero lechal tiene porcentajes de grasa intramuscular entorno al 2 % (Panea *et al.*, 2010a; Joy *et al.*, 2012b). Una característica típica de la carne de cabrito español es su poca grasa subcutánea (Panea *et al.*, 2012c). Esto es debido a que el caprino es una especie de maduración tardía (Norman y Lawrie, 1991) y tiende a depositar la grasa en los depósitos viscerales (Chilliard *et al.*, 1981; Dhanda *et al.*, 2003a), especialmente las razas lecheras (Gibb *et al.*, 1993). Como en España el cabrito se sacrifica muy joven, la grasa no llega a depositarse en otras zonas. Además de las

diferencias cuantitativas de la grasa, cualitativamente el perfil de ácidos grasos es comparable al de otras especies rumiantes, aunque con mayor contenido en ácido linoleico conjugado y ácidos grasos poliinsaturados en general (Horcada *et al.*, 2012). Otro elemento ventajoso de la carne de cabrito es que tiene un gran porcentaje de proteína fácilmente asimilable porque es rica en aminoácidos esenciales (Srinivasan y Moorjani, 1974). Si bien el cordero lechal tiene mayores cantidades de histidina, el cabrito tiene mayor cantidad de leucina y lisina (Sanz-Sampelayo, 1994) y además es rica en vitaminas del grupo B (Sanz-Sampelayo, 1994; Alcalde *et al.*, 2010). También el contenido de Fe y Zn es mayor en el cabrito lechal que en el cordero lechal, siendo el Fe importante como constituyente de la hemoglobina, mioglobina y gran número de enzimas, y el Zn por formar parte de las enzimas necesarias para la mayor parte de procesos metabólicos (Sanz-Sampelayo, 1994). Estas características saludables, conforman una ventaja comparativa con otras carnes, adecuada a las exigencias de los consumidores preocupados por su salud. Sin embargo, la carne de cabrito sigue siendo más cara que las de otras especies, siendo el precio un factor determinante en el consumo.

3. BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS RAZAS UTILIZADAS

Aunque esta tesis no tiene como objetivo principal caracterizar, ni mucho menos comparar razas caprinas, no se puede evitar abordar la diversidad racial y las características diferenciales de las razas utilizadas. Según el MAPA (2019a), en España hay 22 razas caprinas autóctonas (Tabla 1), adaptadas a las diferentes condiciones climático-orográficas de la región donde se crían. De estas 22 razas, 14 de ellas son de aptitud lechera y las ocho restantes, son de aptitud cárnica. Un sistema productivo está definido por una raza y un sistema de explotación/manejo. Así, para obtener una muestra representativa de la carne producida en España se ha de optar por seleccionar animales de distintas razas, pero cada raza está asociada al sistema de manejo típico de la misma. Las razas que han servido como base para el estudio son variadas tanto en su aptitud (lechera, cárnica o mixta) como en su sistema típico de explotación (desde intensivo a extensivo). Estos dos factores son generalmente inseparables puesto que un alto grado de especialización suele requerir condiciones intensivas. De hecho, y aunque

el ganado caprino suele usar sistemas de alimentación y reproducción mucho más extensivos que el ovino, el caprino de leche se comienza a estabular permanentemente cada vez más y, aunque prácticamente solo se utiliza monta natural y un parto al año, los ganaderos pertenecientes a asociaciones de ganado selecto comienzan a optar por inseminación artificial (MAPA, 2018b). Por el contrario, razas clasificadas como en peligro de extinción, que no están sujetas a presión selectiva, retienen su capacidad de adaptación al ambiente en el que están localizadas (González-Martínez *et al.*, 2014). En la formación de las razas han sido fundamentales los siguientes hitos: la domesticación de las especies, la intervención científico-técnica en los procesos selectivos de mejora y el actual control de las razas en cuanto a su gestión y reconocimiento (Rodero y Herrera, 2000). Así pues, la aptitud de una raza está íntimamente relacionada con su origen, historia y evolución en el ambiente en el que se cría (González-Martínez *et al.*, 2014). En los próximos apartados se da una breve descripción del origen, características morfológicas, sistema de producción y orientación productiva de cada una de las ocho razas usadas como base genética en esta tesis.

3.1. FLORIDA

La denominación Florida procede de la capa característica de la raza, que es un moteado rojo sobre fondo blanco o viceversa, de tal forma que asemeja un campo florido. La Florida es una raza autóctona del bajo Valle del Guadalquivir que data su origen a principios del siglo XX en el bajo Valle del Guadalquivir (Argüello *et al.*, 2004) y que comenzó a describirse en 1984, cuando es denominada como Florida Sevillana (MAPAMA, 2016a). El origen de la Florida se asienta en el cruce de los troncos Pirenaico y Nubiano, en un proceso similar al que ha originado diversas razas actuales, como las anglonubianas (Muñoz *et al.*, 2004).

El área de distribución de la raza era en su origen realmente pequeña, pero a partir de los años 80 del pasado siglo se asiste a una fuerte expansión de esta raza, tanto por las comarcas limítrofes, como por el oeste de la Vega del Guadalquivir y Campiña de Sevilla (Sánchez, 2008). En la actualidad se encuentra distribuida prácticamente por todas las provincias andaluzas y de Extremadura.

La capa será moteada en blanco sobre fondo rojo o en rojo sobre fondo blanco, total o parcialmente, admitiéndose las diferentes gradaciones del color rojo. También se admiten las capas moteadas en blanco sobre fondo negro (estorninas). La raza es longilínea e hipermétrica y tiene las ubres están bien desarrolladas, globosas y recogidas (Sánchez, 2008). Animal de alta producción lechera, más de 600 litros por lactación (Sánchez *et al.*, 2000; Muñoz *et al.*, 2004) pero que conserva un alto grado de rusticidad y unas características morfológicas que le permiten altas producciones en sistemas de pastoreo. Debido a su uso principal para producción lechera y su rusticidad (Argüello *et al.*, 2004) se explota en una gran variedad de sistemas que abarcan desde los más semi-extensivos en zonas de sierra hasta los sistemas de estabulación libre, pasando por sistemas semi-intensivos en zonas de vega y campiña (MAPAMA, 2016a). Produce leche de gran calidad, con un alto contenido en grasa y proteína (Sánchez, 2008) que se dedica a la elaboración de quesos típicos de cabra en el sur-oeste peninsular.

Figura 6. Cabra de la raza Florida.



Fuente: MAPAMA (2016a)

3.2. GUADARRAMA

El nombre de la raza viene dado por su zona de ubicación, la Comarca del Guadarrama, área geográfica situada en la Comunidad de Madrid y Castilla y León. Esta raza también recibe ocasionalmente los nombres de Guadarrameña, Del Moncayo y

Guadarrama y Cabra del Centro de España (Esteban y Tejón, 1980). Tradicionalmente ha sido considerada como una variedad de la cabra Pirenaica, de ahí que se considere a la *Capra aegagrus* como su representante ancestral (MAPAMA, 2016a). Sin embargo, la cabra de Angora, traída a España durante el reinado de Carlos III, podría haber tenido influencia en la cabra del Guadarrama (Esteban y Tejón, 1980). En general, la raza caprina del Guadarrama ocupa zonas de montaña de medio difícil en el Sistema Central, en la parte noroccidental de la Comunidad Autónoma de Madrid, frecuentemente en terrenos abruptos de serranías y se extiende por zonas de sierras de Segovia y Ávila (MAPAMA, 2016a).

Figura 7. Cabra de la raza Del Guadarrama.



Fuente: Ripoll, G., 2012.

La raza agrupa animales de destacado dimorfismo sexual, con perfil recto, eumétricos y mesomorfos o sublongilíneos. Es frecuente la presencia de mamellas. La capa es de color variado, estando reconocidas cuatro capas en el libro genealógico. Las tres capas más frecuentes son, en orden de importancia, la Jardasca, la Vegata, y la Negra, en las que tiene predominio el pelo negro con degradaciones castañas, blancas y rojizas, respectivamente. La capa Cárdena tiene mezcla de pelos blancos y negros y es mucho menos frecuente. Es generalizada la presencia de barba en los machos y perilla en la mayoría de las hembras.

A pesar de ser considerada una raza de aptitud cárnica en el catálogo oficial de razas (MAPAMA, 2016a), es considerada habitualmente como de doble aptitud por su producción de leche (Serrano *et al.*, 2001; Almodóvar, 2017) ya que tiene producciones de 440 litros en lactaciones de 210 días (Esteban y Tejón, 1980). De hecho, el 77,4 % de los ganaderos inscritos en la asociación de criadores de ganado caprino de raza del Guadarrama tiene sistema de refrigeración de leche, como dicta la legislación (Serrano *et al.*, 2001). La producción de carne se apoya, fundamentalmente, en la producción de cabrito lechal, con animales de 8 a 10 Kg. de peso vivo, alimentados con la leche materna y sacrificados a los 30-35 días de edad.

El sistema de explotación es semi-extensivo (Tejón *et al.*, 1996), con un pastoreo estante, donde el rebaño recibe una ración complementaria cuando la situación lo requiere. Esta ración está basada en concentrados y henos en el establo, sin mucha diferenciación entre estados productivos de las cabras.

3.3. MAJORERA

La raza Majorera se encuentra distribuida por todas las Islas Canarias, aunque se encuentra principalmente en las islas de Gran Canaria y Fuerteventura. Su nombre se debe a que la isla de Fuerteventura se denominaba Maxorata en la época prehistórica. Esta cabra formaba parte de la Agrupación Caprina Canaria (Esteban y Tejón, 1980) y posteriormente se crearon libros genealógicos para cada una de las tres razas que la formaban (Majorera, Tinerfeña y Palmera). Aunque estas tres razas tuvieron gran influencia de otras razas peninsulares (Luque, 2011), seguían teniendo una fuerte relación fileogeográfica entre sí (Azor *et al.*, 2005). Además, se comprobó que la distancia genética entre las razas Majorera y Palmera y la Tinerfeña era mayor que la distancia entre estas dos últimas (Baena, 1993). Su capa es policromada con mucosas pigmentadas. La raza Majorera está formada por animales longilíneos, subhipermétricos, de perfil recto o subconvexo. Cabeza grande, con orejas largas. Cuello fino, largo, de buena inserción y frecuentemente con mamellas (MAPAMA, 2016a).

Su rusticidad le permite adaptarse a cualquier tipo de explotación (intensiva, semi-intensiva, extensiva) y está presente en un amplio abanico de condiciones climáticas y a distintas altitudes, desde la costa hasta la montaña. La producción láctea

de la isla está dedicada por entero a la producción de quesos con denominación de origen. Esta situación está provocando una altísima presión por la selección de la genética más competitiva, dejando totalmente en el anonimato a la cabra de costa, cabra en estado semisalvaje que se mantiene en régimen de manejo de suelta según la costumbre tradicional de la isla (Acosta *et al.*, 2005). Esta explotación extensiva está dedicada a la producción de carne en la isla de Fuerteventura, donde los animales permanecen en estado totalmente libre, complementada la alimentación solo en casos de necesidad (MAPAMA, 2016a).

Figura 8. Cabra de la raza Majorera.



Fuente: FEAGAS en MAPAMA (2016a)

El queso que se produce con esta leche pertenece a la D.O.P. Queso Majorero. La producción de carne es la de la cría, que se sacrifica con 5-7 kg de peso, y la de las hembras de desvieje. El 16 de noviembre de 2010 se creó la asociación de criadores de la cabra Majorera en Fuerteventura, que gestiona el libro genealógico. Existen otras dos asociaciones de criadores en las islas de Tenerife y Gran Canaria.

3.4. PALMERA

La raza Palmera tiene su origen en la población prehispanica en la isla de La Palma, que se extinguió hace unos 60 años (Brono, 2008). Al encontrarse La Palma en la ruta de barcos con destino a América, esta raza se vio influenciada por las razas del

suroeste de la Península Ibérica, y con posterioridad se incorporaron otras de origen africano como la Nubiana o la Maltesa (Esteban y Tejón, 1980). Los animales de raza Palmera se encuentran concentrados en las islas de La Palma y Tenerife. En los años 70 se consideró que las tres razas canarias eran una sola, lo que facilitó cruzamientos indiscriminados (Brono, 2008). Tras una época de recuperación se pudo comprobar cómo desde el punto de vista morfológico existía una clara definición del tipo Palmero debido a su mayor aislamiento histórico e influencia de cabras salvajes de origen prehistórico (Capote *et al.*, 1998).

Figura 9. Cabra de la raza Palmera.



Fuente: FEAGAS en MAPAMA (2016a)

El color de la capa es rojo, pudiendo presentar distintas tonalidades, haciéndose más intenso en la zona de las extremidades. También se encuentran capas combinando pelo negro, blanco y rojo, aunque son poco frecuentes (Brono, 2008). Los animales de esta raza se caracterizan por ser eumétricos, longilíneos y equilibrados. La cornamenta es en espiral heterónima en los machos y discreta en las hembras. Es frecuente la presencia de pelliza, calzón, harropos y perilla tanto en machos como en hembras (MAPAMA, 2016a).

Son animales que se adaptan muy bien a los medios abruptos y el sistema de explotación es variado, desde sistemas intensivos con producciones de 510 litros a sistemas más extensivos con producciones de 423 litros. La asociación española de

criadores de la raza de cabra Palmera es la asociación encargada del fomento de la actividad ganadera para velar por la pureza y selección de la raza caprina Palmera, promoviendo la creación y gestión de su libro genealógico.

3.5. PAYOYA

La distribución de la raza Payoya se centra en la comarca natural de la Sierra Norte de Cádiz, Serranía de Ronda y Sierra de Grazalema. En el municipio malagueño de Montejaque se la conoce como raza Montejaqueña. Su origen no es claro y se supone formado por los troncos Alpino y Pirenaico con influencia de otros troncos más recientes (Herrera y Luque, 2008).

Figura 10. Cabra de la raza Payoya.



Fuente: MAPAMA (2016a)

Una característica muy importante de esta raza es que ha sido seleccionada de manera prioritaria hacia la producción de leche, incluso evitando mamas despigmentadas por una supuesta sensibilidad a las infecciones (Maldonado *et al.*, 2000). Secundariamente, se seleccionaron capas con diversidad de colores para que fuera más fácil la localización de los rebaños entre la maleza de la serranía (Herrera y Luque, 2008). Así pues, encontramos en los rebaños multitud de patrones distintos, entre los que destacan las floridas en negro, rojo, rubio o tricolor (44,2 %), las nevadas con distintos patrones (21,4 %) y la sesnegra (10,2 %), pero también se encuentran la

capa berrenda, orita, collaba y capas de color simple (Maldonado *et al.*, 2000). Morfológicamente se diferencian por ser animales largos y altos, con un perfil subconvexo y proporción longilínea.

Se cría tradicionalmente en sistemas extensivos o semi-extensivos donde aprovechan las dehesas dedicadas a la extracción del corcho o recogida de algarrobas del Parque de la Sierra de Grazalema. Las explotaciones en las que está presente la raza Payoya son en su mayoría de carácter familiar, con diversos regímenes de titularidad de la tierra (Ruiz *et al.*, 2014). El objetivo principal de la explotación de la cabra Payoya es la producción de leche, con una producción media por cabra de 412 kg (Herrera y Luque, 2008). Aunque algunos autores la consideran de doble aptitud (González-Martínez *et al.*, 2014), la venta de cabritos tiene poca importancia económica, representando tan solo el 18,5 % de los ingresos (Ruiz *et al.*, 2014). La leche va destinada a la fabricación de queso denominado Payoyo, y al Queso de la Serranía de Ronda y el Queso Sierra de Grazalema o Grazalema (oveja y cabra) (Ruiz *et al.*, 2014).

3.6. RETINTA

También conocida como Retinta Extremeña (Esteban y Tejón, 1980) o Retinta Cacereña. Esta cabra debe su nombre al color rojo de su capa, que es uniforme con variaciones desde el rubio hasta el caoba, pero con claro predominio del rojo.

Esta raza deriva de su representante prehistórico, la *Capra aegagrus*, aunque con alguna influencia del tipo *Prisca*, y posterior influencia de la forma secundaria Pirenaica (Esteban y Tejón, 1980). Los rebaños de esta raza se encuentran en las llanuras centrales y las sierras meridionales de Extremadura, repartiéndose de manera irregular en las dos provincias extremeñas. La raza Retinta agrupa animales de perfil recto, eumétricos y proporciones medias, con un acusado dimorfismo sexual. Mientras que los machos presentan barba, y a veces papada, las hembras presentan perilla en algunas ocasiones. Es generalizada la presencia de mamellas en ambos sexos (Esteban y Tejón, 1980; MAPAMA, 2016a). El sistema de explotación predominante es el pastoreo extensivo y la trastermitancia, pasando la mayor parte del año en tierras bajas de la dehesa extremeña y riberas del centro de la región, desplazándose durante el verano a los pastos frescos de las serranías próximas (MAPAMA, 2016a). Esto ha hecho que la raza tenga una gran

rusticidad adaptada al aprovechamiento de las dehesas, durante ocho meses, y de los pastos estacionales pero abundantes de la montaña, durante los cuatro meses restantes del año (Esteban y Tejón, 1980). A pesar de esto, es una cabra de temperamento tranquilo con tendencia a caminar poco. La raza Retinta se explota en un sistema orientado a la producción de cabrito para el sacrificio, siendo ordeñadas ocasionalmente después del destete, con una producción de leche baja, y con una comercialización comprometida por la orografía y la situación de las explotaciones (González y González, 2003). A pesar de tener una orientación cárnica clara, la raza Retinta es una de las tres razas acogidas en la Denominación de Origen Protegida Queso Ibores.

Figura 11. Cabra de la raza Retinta.



Fuente: MAPAMA (2016a)

3.7. TINERFEÑA

Al igual que en las razas Palmera y Majorera, la raza Tinerfeña proviene de un tronco prehispánico común a las tres razas canarias (Palma *et al.*, 1994). Dentro de la raza, hay dos variedades, Norte (zonas húmedas) y Sur (zonas áridas) (Capote *et al.*, 2002).

El ecotipo Norte se adapta a zonas más húmedas localizada en los municipios del norte de la isla, mientras que el ecotipo Sur, adaptada a zonas áridas, se encuentra en los municipios del sur de Tenerife. Las características morfológicas, de acuerdo con el

catálogo oficial de razas ganaderas (MAPAMA, 2016a) son las siguientes: los cuernos son de tipo prisca, que salen en forma paralela para luego divergir. Presentan perilla, tupé, mamellas y pelo largo siempre. Las mamas son globosas y con pigmentaciones oscuras. El prototipo racial de la variedad Norte engloba animales subhipermétricos, longilíneos y marcado biotipo lechero. Los colores predominantes de la capa son el negro y el castaño. El sistema de producción es intensivo, con utilización del pastoreo en las explotaciones que tienen acceso al mismo. El prototipo de la variedad Sur define animales de aspecto general eumétricos, proporciones longilíneas y un marcado biotipo lechero. Las capas son polícromas, siendo el negro y el castaño los colores predominantes. El sistema es intensivo, sin uso de pastoreo.

Figura 12. Cabra de la raza Tinerfeña.



Fuente: www.feagas.com

Actualmente, para cada una de las variedades de cabra Tinerfeña nos encontramos con dos situaciones totalmente diferenciadas. Por un lado, la Tenerife Norte, considerada como raza de fomento por los ganaderos y los técnicos del sector, ya que se ha conservado en pureza de forma mayoritaria, con un censo relativamente estable, aunque sin datos precisos al respecto, y con una evolución favorable. Y por otro lado, la situación de la Tenerife Sur, que casi ha llegado a desaparecer, fruto de los cruces indiscriminados y sin control con la cabra Majorera, lo que hace necesario de forma urgente la puesta en marcha de un plan de recuperación y conservación.

Se reconoce a la raza caprina Tinerfeña como raza autóctona de fomento y la asociación nacional de criadores de cabra Tinerfeña fue creada en el año 2008 para gestionar el libro genealógico y fomentar la actividad ganadera (Quintana y González, 2009). El esquema de selección para la raza Tinerfeña, tanto Norte como Sur, se realizó con el objetivo general de incrementar la productividad comercial, primando la calidad (incrementar la cantidad de proteína y de grasa por lactación) frente a la cantidad (incrementar la cantidad de leche por lactación).

3.8. VERATA

La raza caprina Verata tiene su origen en la región de La Vera, Comarca del Nordeste de la provincia de Cáceres. Recibe también otros nombres, como Castellana, de los Montes de Toledo y cabra oscura o común. Tradicionalmente el área de ocupación de la raza Verata ha sido la confluencia de las provincias de Cáceres, Ávila y Toledo. Sin embargo, en las últimas décadas se ha producido un desplazamiento de la raza desde la zona de origen a la Comarca de Navalmoral de la Mata (Cáceres), a la zona de Los Ibores (MAPAMA, 2016a). Todo apunta a que la raza es un producto heterocigótico antiguo, y es muy difícil establecer el origen filogénico de la raza. Según Esteban y Tejón (1980), se puede aventurar que el tipo *Aegagrus*, especialmente su formación secundaria racial Alpina, se extendió por la Sierra de Gredos, cruzándose con la población caprina autóctona.

El color de la capa es variable, y aunque Rodríguez *et al.* (1990) describen como capas principales la castaña oscura y la agamuzada, agrupando el 95 % de los ejemplares, hoy en día se consideran tres tonalidades principales: negra, cárdena y revolada. Predominan los colores oscuros desde el negro azabache al caoba. Son frecuentes las capas de color castaño oscuro, y en este caso vientre, axilas, bragadas y cara interna de las extremidades aparecen de color negro. Se presentan frecuentemente, degradaciones de color blanco en hocico, orejas y, menos, en la base de la cola. (MAPAMA, 2016a). El 93 % presenta mamellas (Rodríguez *et al.*, 1990). La raza tiene un acusado dimorfismo sexual siendo los machos más grandes que las hembras, con notable desarrollo de cuernos y barba, de perfil recto o subcóncavo, eumétricos y de

proporciones medias (Rodríguez *et al.*, 1990). Las hembras tienen una ubre bien desarrollada.

Figura 13. Cabra de la raza Verata.



Fuente: ACRIVER

La explotación de la raza Verata se realiza generalmente bajo los sistemas estante y trastermitante (Esteban y Tejón, 1980). Es explotada principalmente por su doble aptitud leche-carne. En régimen extensivo destaca su elevado potencial productivo, gran rusticidad de sus animales y la alta variabilidad productiva, tanto a nivel de explotación, como individual o de rebaño, consecuencia, independientemente de factores genéticos, derivados de la ausencia de selección y del sistema de manejo aplicado (MAPAMA, 2016a). Aprovecha los recursos pastables en unas zonas muy desfavorecidas, donde no se puede explotar de forma rentable otras especies de ganado. En la provincia de Cáceres la explotación se orienta en mayor medida hacia la producción de leche, ordeñando las cabras una vez al día (Pulido *et al.*, 1994). Para este fin, los animales son suplementados, consiguiendo unas lactaciones de 200 litros (González y González, 2003). Los ingresos vienen de la venta del cabrito lechal y de la leche, con la que se realiza el queso de la D.O.P. Queso Ibores y el denominado Queso de la Vera.

ANTECEDENTES

1. IMPORTANCIA DE LAS MARCAS DE CALIDAD

Como se ha desarrollado en puntos anteriores, el sector de la producción cárnica del ganado caprino se enfrenta a desajustes espaciales entre las regiones de producción y consumo, además de importantes desfases temporales entre la estación reproductiva y la de consumo. Además de ello, la carne caprina es cara, comparada con otras carnes, y al comercializarse como norma general en fresco, es una carne anónima cuya calidad suele ser heterogénea.

Los consumidores están dispuestos a pagar un mayor precio por un producto identificado con una etiqueta, que además sirve para fidelizar a ese mismo consumidor (Grunert *et al.*, 2004). Ajustarse a las necesidades del consumidor es clave para el desarrollo de la industria cárnica (Grunert *et al.*, 1996). Sin embargo, las necesidades del consumidor son cambiantes y se prevé que los atributos extrínsecos del producto (certificaciones, envases, marcas comerciales y otros *labeles*) serán mucho más relevantes que los atributos intrínsecos en la decisión de compra (Chamorro *et al.*, 2012). Por otra parte, cada vez más consumidores conceden mayor importancia a la calidad que a la cantidad de la alimentación. Esta importancia se traduce en una creciente demanda de productos alimentarios de un origen geográfico determinado.

La Unión Europea considera que la producción, la fabricación y la distribución de los productos agrícolas y alimenticios son actividades estratégicas y que ocupan un lugar importante en la economía. La producción caprina, que aprovecha los pastos de las zonas marginales y tiene una función social importante en las zonas rurales fijando a la población y manteniendo productos típicos (Mena *et al.*, 2013), es una actividad de la cual pueden derivar productos cárnicos protegidos por estas medidas europeas. Por ello, en el Reglamento Europeo sobre la protección de las indicaciones geográficas y de las denominaciones de origen de los productos agrícolas y alimenticios (U.E., 2006), se establecen dos figuras de calidad que se identifican mediante símbolos (Figura 14). Estas dos figuras son las siguientes:

La “Denominación de Origen Protegida” o D.O.P. es el nombre de un lugar geográfico determinado, que sirve para designar un producto agrícola o alimenticio

originario de dicho lugar. La calidad o las características que definen el producto amparado deben darse fundamental o exclusivamente por el medio geográfico con sus factores naturales y humanos. La producción, transformación y elaboración de estos alimentos amparados bajo una D.O.P, se deben realizar en la zona geográfica delimitada.

La “Indicación Geográfica Protegida” o I.G.P. es el nombre de un lugar geográfico determinado, que sirve para designar un producto agrícola o alimenticio originario de dicho lugar, que posea una cualidad determinada, una reputación u otra característica que pueda atribuirse a dicho origen geográfico. De las tres etapas (producción, transformación o elaboración), al menos una, deben realizarse en la zona geográfica delimitada. Vistas las definiciones anteriores, en la D.O.P., las tres etapas que incluyen la producción, la transformación y la elaboración se realizan en la misma zona geográfica, mientras que, en la I.G.P. no es obligatorio que todas las fases se realicen en la misma zona geográfica. Así, en un producto con D.O.P. el vínculo con el origen geográfico es más fuerte que en uno con I.G.P.

Figura 14. Símbolos de las figuras de calidad comunitarias.



El número de productos cárnicos caprinos amparados por figuras de calidad en España es escaso. Mientras que Portugal, con un censo caprino muy inferior al español, tiene una D.O.P. (Cabrito Transmontano) y cinco I.G.P. (Cabrito do Alentejo, Cabrito de Barroso, Cabrito da Beira, Cabrito da Gralheira, y Cabrito das Terras Altas do Minho (DOOR, 2016; Panea *et al.*, 2019), en España no existe ninguna I.G.P. o D.O.P. Otra opción para proteger determinados productos es la del uso de marcas de garantía, figura que está dentro de las marcas colectivas, están reguladas por la ley de marcas (B.O.E., 2001). que sirven para distinguir los productos certificados respecto de, entre otros, el origen geográfico, la calidad y otras características de los productos que no posean esa certificación. Relacionadas con la carne o la canal caprina solo existe la marca de garantía “Chivo Lechal Malagueño”. Esta fue la primera carne caprina española asociada

a una marca de calidad, y proviene de animales de un mes aproximado de edad, con un peso vivo entre 8 y 10 kg y un peso a la canal entre 4 y 6 kg, y cuyas madres deben ser de raza Malagueña pura.

Las marcas de calidad tienen una especial trascendencia en los mercados locales ya que pueden ser unas herramientas de gran utilidad para aumentar la demanda, los precios, la renta de los ganaderos y la diversificación de productos para el consumidor. Según Teixeira (2016), estas marcas de calidad constituyen un elemento diferenciador en el mercado, que proporciona confianza al consumidor y ayuda a ampliar mercados. Para desarrollar una marca de garantía, es necesario cumplir con los requisitos especificados en un pliego de condiciones y para elaborar éste, es necesario tipificar el producto, es decir, estudiar cuáles son las características que generan la individualidad propia de los productos de una determinada región (Teixeira, 2016). En el cabrito lechal, estas características dependen de factores como la raza, peso del animal y sistema de producción.

Como se ve, las figuras y marcas de garantía están muy enfocadas a garantizar el origen geográfico, generalmente vinculado a razas autóctonas. En esta línea, el MAPA creó el logotipo “raza autóctona” (B.O.E., 2013) que permite reconocer los productos procedentes de razas autóctonas en el etiquetado de los mismos y los lugares donde se pueden comercializar o consumir. La garantía de que estos productos procedan de animales de razas autóctonas se debe basar en la supervisión del sistema de producción por parte de las asociaciones de criadores de razas ganaderas autóctonas. Adicionalmente, a las figuras, marcas y logotipos, también existe una normativa de etiquetado facultativo de carne de cabrito (BOE, 2011), en el que se regula el peso de sacrificio con la intención de aportar información veraz al consumidor más allá de la información obligatoria por ley. Esta normativa es de aplicación a la carne fresca, refrigerada o congelada de cabrito.

No obstante, el relativamente pequeño peso que el caprino tiene en el producto interior bruto ha supuesto que se dediquen pocos esfuerzos a su estudio y, por lo tanto, exista poca información en la bibliografía española sobre la calidad de la carne caprina en las condiciones características del mercado español, es decir, pesos de canal mucho

más bajos que en el norte de Europa u otros países. Especialmente escasa es la bibliografía que trata sobre el estudio sensorial de la carne usando paneles de cata o consumidores. En estos casos es especialmente importante no extrapolar conclusiones de estudios sensoriales realizados con caprinos adultos, puesto que la carne de los animales adultos se caracteriza por presentar ciertos compuestos como como el ácido 4-metilnonanoico, que aparecen en la pubertad del animal (Young *et al.*, 1997) y son responsables de olores desagradables a cabra o a chivo.

Con el ánimo de aportar información sobre las características de la canal y de la carne de cabrito lechal español, en el año 2006 se inició un proyecto de investigación (INIA-RTA2006-0177) en el que se estudiaron siete de las razas españolas (véase Tabla 1): las cinco razas cárnicas de mayor censo en aquel momento (Blanca Celtibérica, Blanca Andaluza, Negra Serrana, Moncaína y Pirenaica) y las dos razas lecheras más importantes (Murciano-Granadina y Malagueña), todas ellas sacrificadas a 4 y 7 kg de peso de canal. En aquel estudio, y en las publicaciones derivadas, se demostró el potencial cárnico de nuestras razas, así como las particularidades de la carne de cabrito lechal (Ripoll *et al.*, 2011a; Horcada *et al.*, 2012; Panea *et al.*, 2012c; Ripoll *et al.*, 2012a; Alcalde *et al.*, 2013b). Con el proyecto del que se deriva esta tesis (INIA-RTA2012-0023-C3) se pretende ampliar el estudio a otras ocho razas españolas. Para ello, se ha estudiado la calidad instrumental y sensorial de su carne y se han estudiado los factores que determinan la percepción del consumidor con respecto a este producto.

2. CALIDAD DE LA CARNE DE CABRITO LECHAL

Este apartado ha dado lugar a la publicación:

Ripoll G., Alcalde M.J., Panea B. 2020. Calidad instrumental de la carne de cabrito lechal. Revisión bibliográfica. ITEA-Información Técnica Económica Agraria, en prensa.
Doi: 10.12706/itea.2020.016

La carne es un alimento complejo ya en su propia definición. Tanto la Real Academia Española como Lawrie, autor del que es probablemente el texto base más importante (Lawrie, 1998), hacen referencia a la parte muscular del cuerpo de los animales. Por otro lado, el código alimentario español (B.O.E., 1967) hace una definición más extensa que incluye otros tejidos que no se separan de los músculos en el proceso de conversión de músculo a carne, como tendones, grasa, hueso, etc.

Tabla 3. Factores que influyen en la calidad de la carne de cabrito (1).

Ámbito	Factor	C	A	B
Animal	Especie	✓		
	Raza o cruce	✓		
	Individuo		✓	
	Edad y capacidad lechera de la madre			✓
	Formato de la madre		✓	
	Tipo de nacimiento	✓		
	Sexo	✓		
	Edad y peso al sacrificio	✓		
	Genes específicos		✓	
Pieza o músculo	Pieza	✓		
	Músculo y localización	✓		
	Ejercicio			✓
	Condiciones ambientales			✓
	Agentes estresantes		✓	
Manejo	Tipo y calidad de la cama		✓	
	Tipo de lactancia	✓		
	Edad y tipo de destete			✓
	Materias primas de la ración		✓	
	Características fisicoquímicas de la ración		✓	
	Calidad y disponibilidad del agua		✓	
	Aditivos	✓		

C, factor controlado; A, factor aleatorizado; B, inherente al sistema de producción-raza.

Fuente: Elaborado a partir de Sañudo *et al.* (1998).

Los factores que modifican la calidad de la carne son múltiples y se pueden dividir en dos grandes grupos, los factores *antemortem* y los factores *postmortem*. Sañudo *et al.* (1998) realizó una exhaustiva recopilación de factores que afectan a la calidad de la carne de los pequeños rumiantes que, aun estando orientada a la carne ovina, es plenamente válida para la carne caprina. En las Tabla 3 y 4 se recogen estos factores, y se indica cómo se han gestionado los mismos para realizar esta tesis.

Tabla 4. Factores que influyen en la calidad de la carne de cabrito (2).

Ámbito	Factor	C	A	B
Factores multicausales	Época de la paridera			✓
	Rebaño			✓
	Sistema de producción			✓
Condiciones pre-sacrificio	Transporte (tipo y condiciones)	✓		
	Ayuno	✓		
	Condiciones de los corrales			
Sacrificio	Manejo previo al sacrificio	✓		
	Método de aturdimiento	✓		
	Tipo de sacrificio	✓		
Post-sacrificio	Preparación de la canal	✓		
	Higiene	✓		
	Estimulación eléctrica	✓		
	Condiciones ambientales del oreo			
	Maduración (duración y condiciones)	✓		
Comercialización y consumo	Conservación de la carne	✓		
	Adición/infusión de aditivos	✓		
	Tipo de despiece	✓		
	Envasado y presentación	✓		
	Cocinado	✓	✓	
	Consumo (ambiente, tipo de producto...)	✓		
	Consumo (costumbres, modas...)	✓	✓	

C, factor controlado; A, factor aleatorizado; B, inherente al sistema de producción-raza.

Fuente: Elaborado a partir de Sañudo *et al.* (1998).

Algunos de los factores han sido controlados o fijados para el experimento, es decir, han sido elegidos, definidos y medidos. Otros factores han sido aleatorizados para que su posible efecto se aplique a todos los factores estudiados en esta tesis por igual. Otros factores son inherentes al binomio sistema de producción-raza. Finalmente, algunos factores no tienen sentido en el ámbito de estudio de la tesis o no ha sido posible ubicarlos en ninguna de las categorías anteriores, por lo que su efecto se suma al error experimental. A estos factores, aún quedarían por añadir todos aquellos

relacionados con el consumidor, como pueden ser su estilo de vida (Grunert *et al.*, 2001), su implicación con la carne (Verbeke y Vackier, 2004), la familiaridad con el producto (Banović *et al.*, 2012) y otros. Existe mucha bibliografía sobre la calidad de la carne en general. Sin embargo, la mayoría de los libros académicos que versan sobre ciencia de la carne (Forrest *et al.*, 1979; Price y Schweighet, 1994; Lawrie, 1998; Warris, 2000) adolecen de información sobre la especie caprina, y es inexistente en el caso de cabrito lechal ligero o muy ligero. Tampoco se han encontrado revisiones bibliográficas sobre este tipo de carne. Encontramos, pues, una laguna de conocimiento, que esta tesis persigue ayudar a cubrir.

Tras una búsqueda bibliográfica en Scopus (scopus.com) con la cadena “kid AND suckling AND meat”, en la que se encontraron 126 documentos, se procedió a descartar aquellos artículos científicos en los que el cabrito tuviera un peso vivo mayor de 13 kg o que ingiriera otro alimento distinto de leche, hechos que están, además, relacionados entre sí. Esto incluye a aquellos animales que, aun siendo lactantes, tuvieron acceso a las praderas donde pastan las madres (Santos *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2008; Ozcan *et al.*, 2014) o fueron suplementados con piensos o forrajes en algún momento de su vida (Pérez *et al.*, 2001; Marichal *et al.*, 2003; Argüello *et al.*, 2005; Arguello *et al.*, 2007; Morales-de la Nuez *et al.*, 2009; Morales-De la Nuez *et al.*, 2011; Zurita-Herrera *et al.*, 2011; Zurita-Herrera *et al.*, 2013; Zurita-Herrera *et al.*, 2015).

Dentro de este grupo de excluidos se encuentran cuatro artículos donde no se asegura claramente que los animales no pastaran (Peña *et al.*, 2009a; Bonvillani *et al.*, 2010; Toplu *et al.*, 2013; Guerrero *et al.*, 2014), y que al mencionar el uso de sistemas extensivos o expresiones como “los cabritos permanecieron con las madres” hacen pensar que no cumple con los requisitos establecidos. Finalmente, tampoco se incluyen los artículos que no ofrecen datos de calidad de carne, si no solo de características de la canal (Peña *et al.*, 2007; Peña *et al.*, 2009b; Panea *et al.*, 2012b). También se han excluido de esta revisión tres artículos por ofrecer datos de ácidos grasos de la grasa intramuscular, pero de la pierna y no del lomo (Yeom *et al.*, 2002; Yeom *et al.*, 2003; Longobardi *et al.*, 2012). Así pues, la base final de artículos para la revisión consta de 24 artículos (Tabla 5), de los cuales 17 son de autores españoles, 5 de autores italianos, uno de Grecia y otro de Turquía.

Tabla 5. Referencias utilizadas en la revisión bibliográfica.

Primer autor	Año	Revista (abreviado)	Número	Páginas
Sanz-Sampelayo	2006	Anim Sci	82	337-344
Bañón	2006	Meat Sci	72	216-221
Castro	2008	J Anim Vet Adv	7	196-202
García-Navarro	2008	Food Sci Technol Int	14	85-94
Juárez	2009	ITEA-Inf Tec Econ Ag	105	28-35
Caputi-Jambrenghi	2009	Prog Nutr	11	36-46
Ripoll	2011	Meat Sci	87	151-156
Sañudo	2012	Span Journal Agric Res	10	690-700
Moreno-Indias	2012	J Anim Sci	90	3729-3738
Moreno-Indias	2012	Meat Sci	90	393-397
Horcada	2012	Meat Sci	92	89-96
Ripoll	2012	Meat Sci	92	62-70
De la Vega	2013	Span Journal Agric Res	11	770-779
Horcada	2014	Span Journal Agric Res	12	427-435
Vacca	2014	Large Anim Rev	20	169-173
Vacca	2014	Small Rum Res	121	161-167
De Palo	2015	Small Rum Res	131	6-11
Borgogno	2015	Meat Sci	106	69-77
Guerrero	2016	ITEA-Inf Tec Econ Ag	112	271-285
Tsiplakou	2016	Livest Science	188	142-152
Alcalde	2017	Animal	11	1626-1635
Yalcintan	2018	Acta Vet Brno	87	293-300
Guzmán	2019	Ann Anim Sci	19	1143-1159
Guzmán	2019	Ital J Anim Sci	18	1186-1191

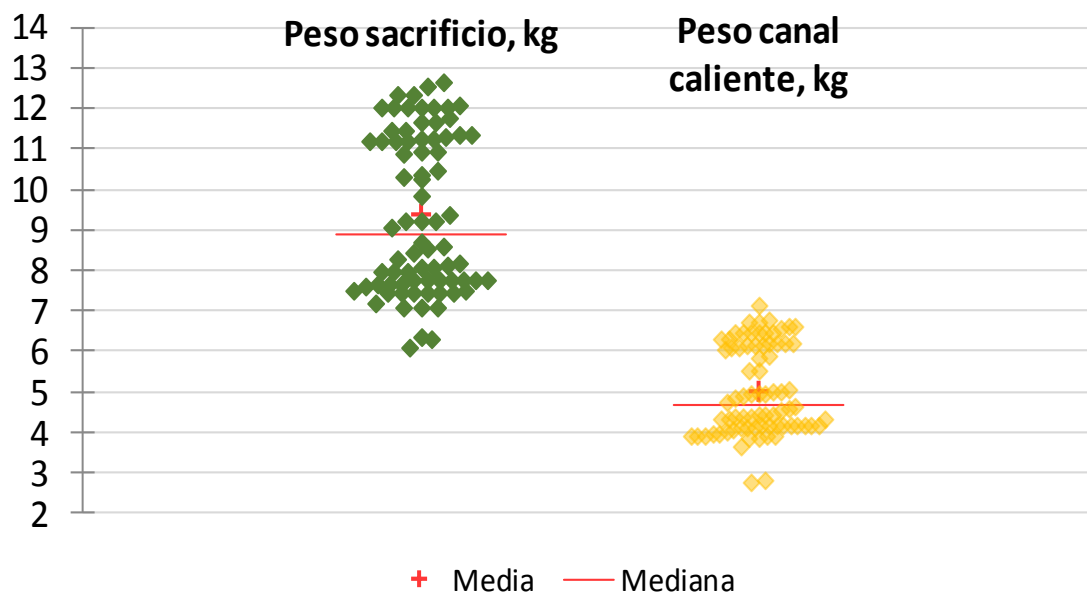
Como dentro de cada artículo también se encontraron lotes de animales que cumplieron los requisitos mencionados y otros que no. En algunos artículos se compararon cabritos con corderos, y en otros se compararon sistemas de manejo en los que solo algún lote se alimentó de leche exclusivamente, y otros lotes fueron suplementados. Después de eliminar estos grupos de animales, de estos 24 artículos se utilizaron datos de 82 lotes distintos de animales. Sin embargo, no todos los artículos aportaron información completa sobre el peso vivo al sacrificio, peso de la canal caliente o de la edad, así que para completar la base de datos se calculó la media del rendimiento a la canal (53,60 %) y las pérdidas por oreo (3,04 %) con los datos conseguidos. Con estos valores se calcularon los pesos vivos y de la canal caliente en los artículos incompletos. En el caso del artículo de Caputi-Jambrenghi *et al.* (2009), que no aporta datos ni de peso vivo ni de canal fría o caliente, sino solo la edad de sacrificio, se tomó como válido el dato de peso vivo de machos de la misma raza y edad de Marsico *et al.* (1993). De forma

similar, el peso vivo de los cabritos del artículo de Sanz-Sampelayo *et al.* (2006) se calculó a partir de la edad y los datos aportados por Peña *et al.* (1985) para la misma raza.

2.1. PESO VIVO Y PESO CANAL CALIENTE

En la Figura 15 se muestran los valores individuales de peso vivo al sacrificio y peso de la canal caliente de cada lote de cabritos estudiados en la bibliografía. El intervalo de peso vivo va desde 6 kg hasta 13 kg, y se puede observar en la distribución cómo hay dos grupos de peso divididos aproximadamente por la media, alrededor de los 9 kg de peso vivo. Respecto del peso de la canal caliente, el intervalo va desde los 3,5 kg hasta los 7 kg, aunque hay dos lotes con pesos inferiores a 3 kg (Castro *et al.*, 2008).

Figura 15. Peso vivo al sacrificio y peso canal caliente de la bibliografía consultada.



Al igual que se observa en el peso vivo, hay dos grupos de canales diferenciadas: las canales con pesos superiores a 5 kg y las ligeras, con pesos inferiores a 5 kg. Estos dos tipos de canal responden a las preferencias de los consumidores, y como se observa en la Figura 4, hay Comunidades Autónomas que prefieren canales ligeras y otras que las prefieren muy ligeras. En la misma línea, la legislación española que regula el etiquetado facultativo de la canal caprina establece el límite entre las categorías de “Lechal” y “Lechal ligero” en 5 kg (BOE, 2011). Respecto a las preferencias por países, el peso canal de los artículos de esta revisión, el estudio griego utilizó cabritos con un peso canal mayor de 5 kg, mientras que las canales del estudio turco pesaron de menos de 5

kg. En los estudios españoles, el 55 % de los lotes incluyó cabritos de menos de 5 kg, mientras que los lotes de estudios italianos tuvieron animales con pesos menores de 5 kg en un 40 %.

2.2. COMPOSICIÓN PROXIMAL

La carne, entendida como el músculo de un mamífero después del rigor mortis, está compuesta mayoritariamente por agua, entorno a un 75 %. El segundo compuesto es la proteína, que supone el 20-21 %. Las cenizas representan solo un 1 % de total. El resto corresponde a la grasa, que es el compuesto cuyo porcentaje es más variable (Scollan *et al.*, 2005). La proteína y la grasa son componentes nutricionales muy importantes para el ser humano. Las proteínas cárnicas tienen un gran valor biológico por sus aminoácidos esenciales y por tener mayor biodisponibilidad que las vegetales. La grasa es fundamental para conseguir energía y tiene ácidos grasos esenciales fundamentales para el humano, además de aportar vitaminas liposolubles. Además, es determinante en la calidad sensorial de la carne (Williamson *et al.*, 2005). También son componentes de la carne, pero en mucha menor cantidad glúcidos (el más importante, el glucógeno, se ha consumido en la glucólisis *post-mortem*), aminoácidos libres, dipéptidos y nucleótidos (Warris, 2000).

Tabla 6. Composición proximal de la carne de cabrito lechal en función del peso de la canal caliente.

	Peso de la canal caliente	
	<5 kg	≥5 kg
Humedad, %	76,66 [76,12-77,20]	75,70 [74,79-76,61]
Proteína, %	20,79 [19,89-21,69]	19,72 [18,86-20,58]
Grasa, %	1,60 [1,16-2,05]	2,64 [1,59-3,69]
Cenizas, %	1,04 [0,95-1,13]	1,14 [1,05-1,22]

Media e intervalo de confianza al 95 % [entre corchetes]. Porcentajes expresados sobre materia fresca.

En la Tabla 6 se muestra la composición proximal de la carne de cabrito de la bibliografía consultada. Se observa cómo la composición de la carne de cabrito se ajusta a la composición general de la carne, donde no hay grandes diferencias ni en humedad ni en proteína ni en cenizas. Sin embargo, el porcentaje de grasa varía mucho en función del peso canal caliente, aunque el porcentaje es bajo comparado con otras especies; al

ser la especie caprina una especie poco precoz (Norman y Lawrie, 1991) deposita en mayor medida la grasa entorno a las vísceras (Chilliard *et al.*, 1981; Dhanda *et al.*, 2003a) antes que en los depósitos subcutáneo o intramuscular. Respecto al sistema de lactancia utilizado en la bibliografía, no se observó ninguna variación entre los valores de composición proximal de la carne de cabritos alimentados con lactoreemplazantes (17 % de los lotes estudiados) o leche natural (83 % de los lotes estudiados).

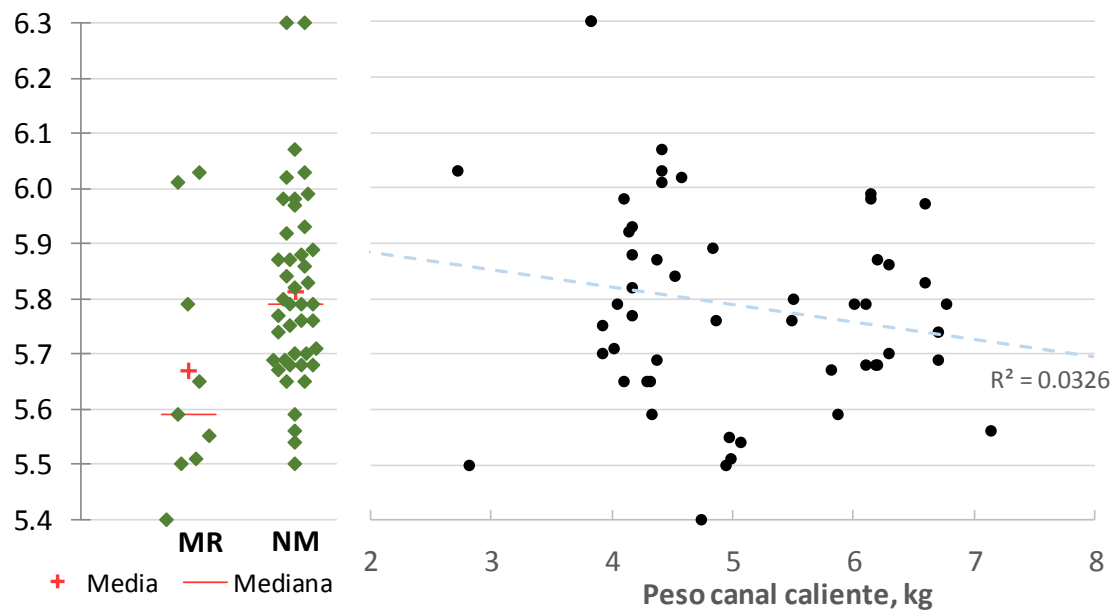
2.3. PH Y GLUCOLISIS

A pesar de la mayor o menor importancia de los factores *pre-mortem*, un momento clave que determinará la calidad de la carne es la conversión del músculo en carne. Un proceso especialmente importante es la glucólisis *post-mortem* durante la cual se produce ácido láctico, único responsable de la caída del pH durante dicho proceso (Callow, 1937), y tanto la velocidad de caída del pH como su valor final son determinantes de la calidad de la carne.

El pH último en la mayoría de las especies de abasto está en el rango de 5,5 a 5,7 (Hopkins y Fogarty, 1998; Webb *et al.*, 2005; Scheffler *et al.*, 2011), que es el punto isoeléctrico de la mayoría de las proteínas musculares (Lawrie, 1998). Sin embargo, como se muestra en la Figura 16 tres de los lotes de cabrito lechal encontrados en la bibliografía tiene un valor de 5,5 o menor, mientras que todos el 65 % de los lotes tuvieron valores iguales o superiores a 5,7. En esta misma figura se observa cómo los valores de pH son similares independientemente de la alimentación del cabrito, ya que los cabritos alimentados con lactoreemplazantes presentaron una mediana de 5,6 y los alimentados con leche natural presentaron una mediana de 5,8. De acuerdo con los estándares de algunos países, un pH > 5.7 se considera elevado y con repercusiones en la calidad de la carne bovina (Thompson, 2002), y un pH mayor de seis produce carne oscura en rumiantes (Van Laack *et al.*, 2001). Sin embargo, otros autores como Ponnampalam *et al.* (2017) consideran normales los pH menores de 5,8 y elevados cuando son mayores de 6,2. Una hipótesis para explicar la alta frecuencia de aparición de pH mayor de 5,7 en el cabrito lechal podría ser la velocidad de la glucólisis. Como las canales de cabrito son muy pequeñas, en las condiciones de refrigeración habituales en

los mataderos de ganado de abasto, estas se enfriarían muy rápidamente y por ello, sufrirían de una glucólisis *post-mortem* muy lenta (Pophiwa *et al.*, 2020).

Figura 16. Valores de pH en función del sistema de lactancia (izquierda) y del peso de la canal (derecha) de la bibliografía consultada.



MR, lactoreemplazantes; NM, leche de la madre.

La línea azul discontinua es la recta de regresión entre el peso canal caliente y el pH.

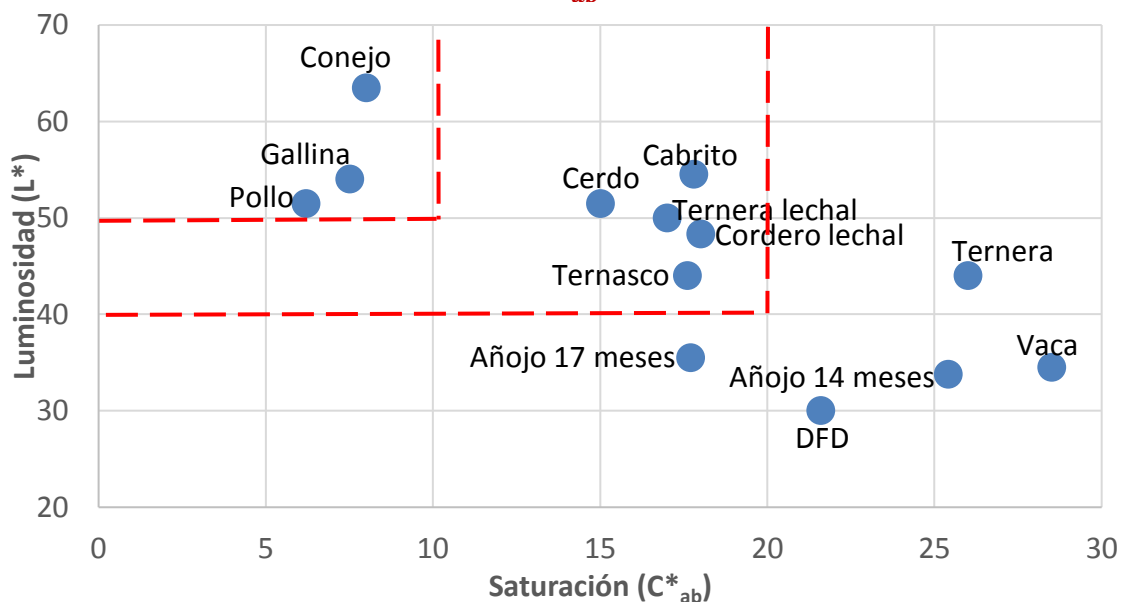
Esta velocidad lenta de caída de pH, y los valores altos de pH pueden tener repercusiones en características importantes de la carne como la textura y el color (Purslow *et al.*, 2020). El punto de mínima capacidad de retención de agua del musculo es el punto isoeléctrico (Weber y Meyer, 1933), pero si pH último es alto, la capacidad de retención de agua será mayor y eso afectará de forma significativa al color. Sin embargo, no se apreció una relación del pH último con el peso de la canal, por lo menos en este rango de pesos. La explicación más probable sea que los cabritos llegan al sacrificio con poco glucógeno muscular ya que la especie caprina es muy excitable (Casey y Webb, 2010) y sensible al estrés del manejo antes del sacrificio (Ripoll *et al.*, 2011a).

2.4. COLOR Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

En la carne fresca la forma química predominante de la mioglobina es la oximioglobina, que solo se encuentra en la superficie del músculo en contacto con el oxígeno, formando una capa de profundidad variable. La oximioglobina tiene el color rojo brillante que aprecia el consumidor porque lo relaciona con fresca (Mancini y

Hunt, 2005). Las enzimas musculares consumen el oxígeno disponible durante bastante tiempo *post-mortem*, y si el pH último es alto, la actividad de estas enzimas es mayor (Lawrie, 1998). Cuanto mayor es la actividad respiratoria del músculo menor es la profundidad de la capa de oximioglobina, y más rápida su decoloración (O'Keeffe y Hood, 1982). Además, como ya se ha dicho, con pH alto la capacidad de retención de agua también es alta por lo que el agua seguirá asociada a las proteínas y las fibras musculares estarán fuertemente empaquetadas, por lo que habrá un impedimento a la difusión del oxígeno. En general, la oxidación de la mioglobina se retarda cuando el pH último es elevado (Purslow *et al.*, 2020). Por lo tanto, el color rojo púrpura de la mioglobina prevalecerá sobre el color rojo brillante de la oximioglobina, teniendo la carne una apariencia más oscura. A esto hay que añadirle que la mioglobina a pH alto absorbe más luz (Swatland, 2012) y que el coeficiente de dispersión de la luz (S) de carne con pH alto es menor, y por tanto su luminosidad también es menor (MacDougall, 1994).

Figura 17. Luminosidad (L^*) y saturación (C^*_{ab}) de carne de diversas especies.



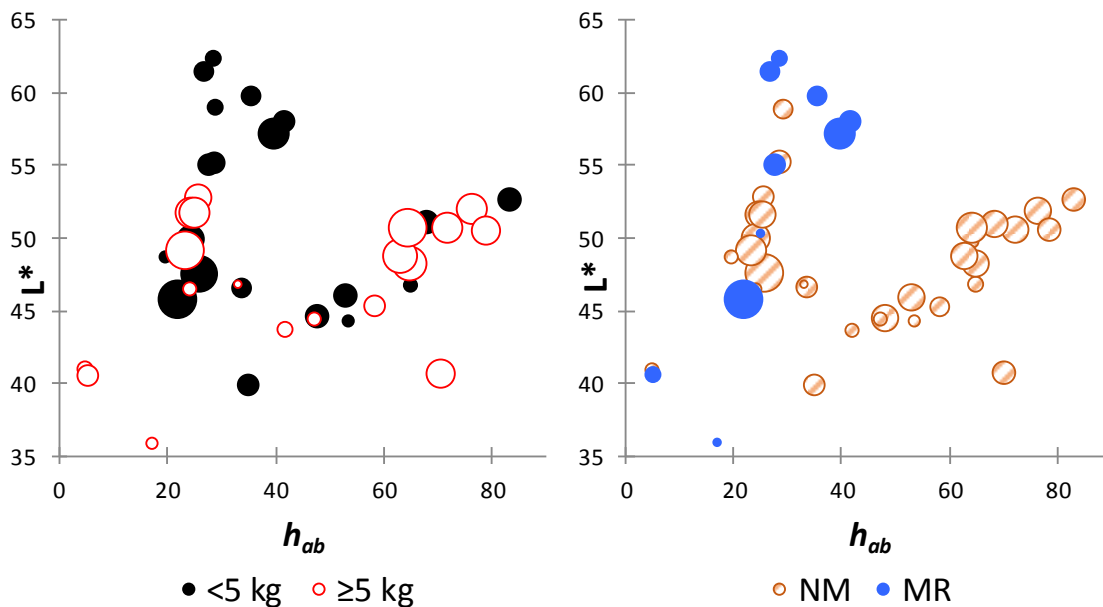
Adaptado de Albertí *et al.* (2005a). Con permiso de los autores.

La carne de cabrito lechal se caracteriza por tener una baja cantidad de pigmentos hemínicos en comparación con la de otras especies. Así, la carne de cabrito lechal puede tener valores de menores de 1,3 mg/g (Bañón *et al.*, 2006), mientras que el ganado caprino mayor tienen valores superiores a 2,3 mg/g (Kesava Rao *et al.*, 2003). Otras carnes con mayor cantidad de pigmentos son las de ternasco (2,1 mg/g), ternera (3,3 mg/g), añojo (3,0 mg/g) o vaca (6,27 mg/g), mientras que con valores menores

estarían el pollo (0,8 mg/g) y el conejo (1,0 mg/g) (Albertí *et al.*, 2005a). Así pues, y aunque ya se ha comentado que un pH alto de la carne conduce a menor luminosidad, debido a la poca pigmentación de la carne de cabrito, esta es una carne de mayor luminosidad que la de los otros rumiantes y una saturación más baja. Solo las carnes de ave y conejo serían sustancialmente más luminosas y con un color con menos saturación, es decir, menos vivo (Figura 17).

Además de la importancia del estado químico de los pigmentos hemínicos, la cantidad de pigmentos en la carne también es importante porque modifica la relación entre las variables instrumentales de color. Existe una relación positiva y significativa, pero no lineal, entre la cantidad de pigmentos hemínicos (más allá de su estado oxidativo) con la luminosidad y el tono, de forma que el mismo incremento en el tono produce un incremento pequeño o grande en la luminosidad si la carne es rica o pobre en pigmentos hemínicos, respectivamente (MacDougall, 1982). Este fenómeno se da también en el tono puesto que existe una relación positiva en la carne de cabrito lechal entre la luminosidad y el tono (Ripoll *et al.*, 2012a).

Figura 18. Índices de luminosidad (L^*), tono (h_{ab}) y saturación (C_{ab}^*) de la carne de cabrito lechal según su peso de canal caliente y el sistema de lactancia.



MR, lactoreemplazantes; NM, leche de la madre. La saturación está representada por el tamaño de los puntos.

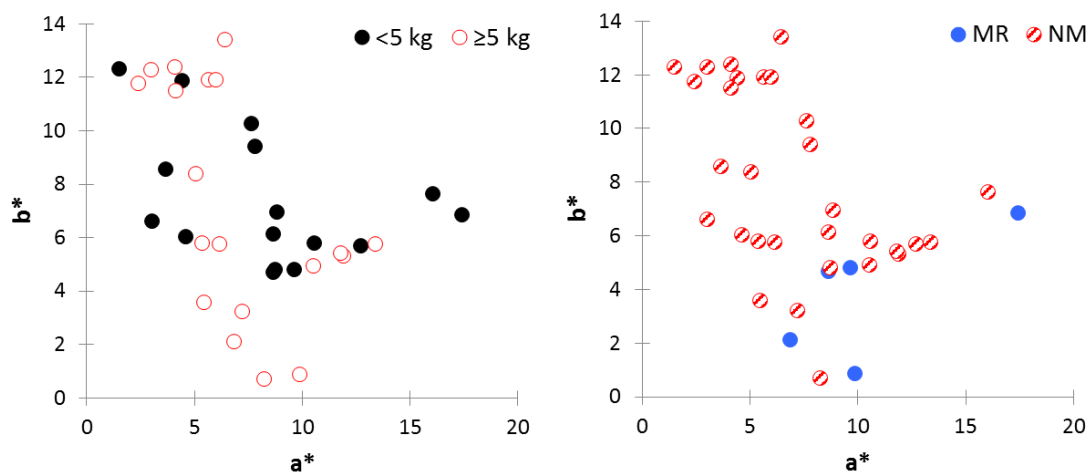
En la Figura 18 podemos comprobar esa relación positiva entre la luminosidad y el tono, ya que cuando aumenta el tono también lo hace la luminosidad. Sin embargo, también se puede observar cómo se definen dos tipos de carne de cabrito, en función de esa relación positiva. En un grupo de carnes de cabrito, la luminosidad aumentó muy rápidamente con el incremento de tono mientras que en el otro grupo la luminosidad aumentó en menor medida con el incremento del tono. En la Figura 18, izquierda se observa como estos dos grupos de carne no están definidos por el peso de la canal caliente, ya que en los dos grupos encontramos canales más ligeras y más pesadas de 5 kg. Sin embargo, en la Figura 18, derecha sí se observa cómo el grupo con menor pendiente, en el que la luminosidad aumenta menos con el aumento del tono, está formado exclusivamente por animales alimentados con leche natural. Sin embargo, en el grupo de pendiente mayor, donde la luminosidad aumenta más con el aumento del tono, se observan animales de lactancia artificial y natural mezclados. Parece pues que los lactoreemplazantes dan lugar a una carne que se comporta de manera particular, con grandes cambios de luminosidad cuando cambia el tono, aunque esto no está claro y habría que indagar más en futuras investigaciones.

Por otra parte, se podría pensar que estos dos grupos podrían deberse a diferencias metodológicas en la medida del color. Sin embargo, todos los estudios utilizan aparatos comparables del mismo fabricante, excepto Caputi-Jambrenghi *et al.* (2009). La mayoría de los artículos utilizan el espacio de color CIELab, mientras que dos de ellos utilizaron el espacio HunterLab. Además, puede verse en la Figura 18 que el valor de la saturación (tamaño del punto en las figuras), no sigue un patrón definido respecto del peso de la canal o del sistema de lactancia.

Yalcintan *et al.* (2018a) encontraron que la carne de cabritos alimentados con leche natural tuvo mayor luminosidad y tono que los de lactancia artificial. En el estudio de Bañón *et al.* (2006), la carne de lactancia artificial tuvo menos saturación y mayor tono que la de lactancia natural. Sin embargo, Moreno-Indias *et al.* (2012a) encontraron que el color no se modificaba por el lactoreemplazante. Por otra parte, De Palo *et al.* (2015) encontraron que las diferencias en color dependían del tipo de lactoreemplazante. A nivel de estudios individuales parece que no hay una conclusión clara al respecto de la influencia del tipo de lactancia ya que puede estar condicionada

por las razas usadas y el tipo de lactoreemplazante. Sin embargo, al agrupar los datos de todos los estudios, se aprecia una influencia del sistema de lactancia, que actúa de distinta forma en función de los valores de luminosidad y tono de la carne.

Figura 19. Índices de rojo (a^*) y amarillo (b^*) de cabrito lechal según su peso de canal caliente y el sistema de lactancia.



MR, lactoreemplazantes; NM, leche de la madre.

En la Figura 19 se representan los valores encontrados en la bibliografía para las coordenadas a^* , b^* y L^* , representada esta última por el tamaño del punto. El peso de la canal caliente (Figura 19, izquierda) no influyó en la distribución de estos parámetros de color, estando la carne de los dos pesos de canal repartidos homogéneamente en función de a^* y b^* . Sin embargo, en los datos segregados por sistemas de lactancia (Figura 19, derecha) se observa una clara tendencia a que la carne con valores más altos de b^* (por encima de 8) provenga de animales alimentados con lactancia natural, mientras que por debajo de este valor encontramos carnes de cabritos alimentados en los dos sistemas de lactancia. De acuerdo con esto, algunos autores encontraron que la carne de cabritos y corderos lechales alimentados con leche materna tuvo mayor tono, es decir, mayor índice de b^* menor de a^* , que la carne de animales alimentados con lactoreemplazantes (Osorio *et al.*, 2008; De Palo *et al.*, 2015; Yalcintan *et al.*, 2018b). Estos autores justifican estas diferencias a diferencias en la cantidad de grasa intramuscular. Otros autores señalan que la leche materna puede tener deficiencias de hierro (Sañudo *et al.*, 2012). De forma similar, pero menos clara vemos, que la carne con valores de a^* menores de 6 es de animales de lactancia natural mientras que por encima de ese valor corresponde a animales criados en cualquiera de los dos sistemas. Sin

embargo, el número de artículos que ofrecen datos de color de carne de cabrito alimentado con lactoreemplazantes (puntos azules) es pequeño para poder llegar a conclusiones sólidas.

2.5. TEXTURA INSTRUMENTAL

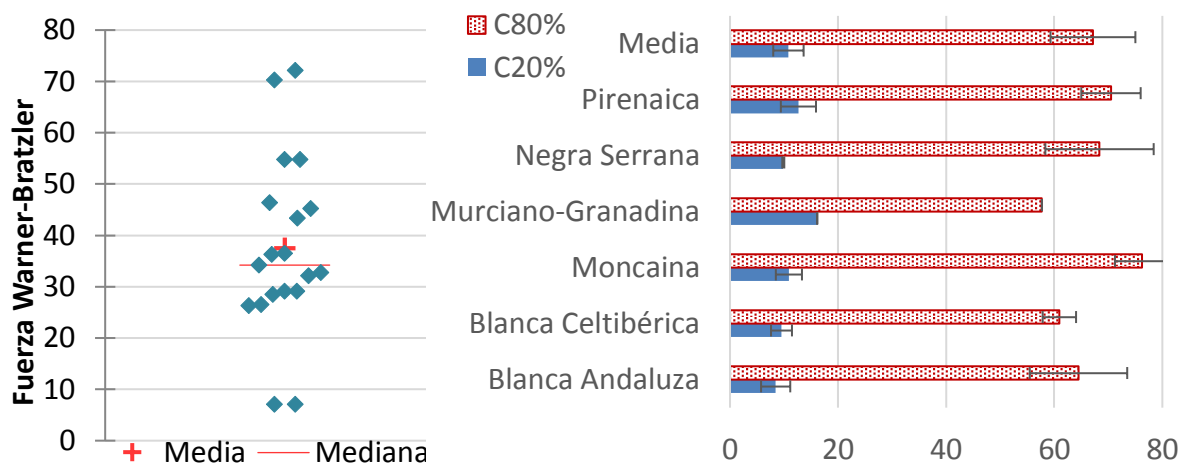
La textura es un concepto complejo y existen muchas definiciones (Scott Blair, 1976; Brennan, 1980; Bourne, 1982), pero en el ámbito alimentario es ampliamente aceptada la siguiente definición: “manifestación sensorial de la estructura del alimento y la forma de reaccionar de éste frente a la aplicación de fuerzas” (Szczesniak, 1963). Como se deduce de esta definición, la dureza es un atributo de textura. Generalmente es el que se suele medir en ciencia de la carne, puesto que se llega a considerar como la característica más importante para los consumidores en el momento del consumo (Lawrie, 1998; Koohmaraie *et al.*, 2005), aunque en especies con valores de dureza bajos esta afirmación es discutible.

El método más utilizado para medir las características texturales de la carne es el análisis de perfil de textura (TPA). Este método mide varios atributos de textura que dan una visión completa de la reología del material. Sin embargo, no hay datos de este análisis en la bibliografía utilizada. Como alternativa, el método más comúnmente utilizado para medir la dureza de la carne es el método de Warner-Bratzler, que se desarrolló en los años 30 (Bratzler, 1932) y se presentó definitivamente años más tarde (Bratzler, 1949). Otro método ampliamente utilizado es el método de compresión (Lepetit, 1989) que permite separar las contribuciones a la dureza de las fibras musculares y del colágeno.

Existe poca bibliografía que recoja datos de textura de carne de cabrito lechal en general, y aún menos de animales alimentados con lactoreemplazantes. En la Figura 20 se muestran los resultados de la fuerza de cizalla Warner-Bratzler y del método de compresión encontrados en la bibliografía. Mientras que múltiples estudios usaron el método de Warner-Bratzler, solo 2 estudios usaron el test de compresión (Ripoll *et al.*, 2012a; Guerrero *et al.*, 2016), y no se ha encontrado ninguno que realizara el test de perfil de textura en cabrito lechal. En la Figura 20 vemos cómo los valores de fuerza Warner-Bratzler oscilan entre los 9 N y los 70 N aproximadamente aunque la mayoría

de los datos se encuentran en la horquilla de 25 N a 55 N, con una media de 37,5 N. Los valores mayores de 55 N corresponden a los estudios de un mismo equipo (Guzmán *et al.*, 2019a; Guzmán *et al.*, 2019b). Sin embargo, estos valores más altos no se pueden achacar a diferencias en la metodología.

Figura 20. Fuerza máxima de cizalla Warner-Bratzler (izquierda) y resistencia a la compresión (derecha) de carne de cabrito lechal.



Este equipo usó una metodología estándar con un tiempo de cocinado de 30 minutos a 75°C. Las temperaturas de cocinado de otros estudios oscilan entre 70 °C y 85 °C durante un tiempo de 30 a 45 minutos. Dos artículos cocinan la carne hasta una temperatura en el centro de la muestra de 75 °C y uno hasta 70 °C. Respecto a la forma de hacer las submuestras, se utilizan los dos sistemas más extendidos, con submuestras de sección circular o cuadrada, pero esto no influyó en la distribución de los valores de la dureza. Miller *et al.* (2001) trabajando con vacuno, encontraron que para los consumidores, la transición entre carne dura y tierna ocurre entre los 42 N y 48 N. Otros autores (Webb *et al.*, 2005) encontraron valores similares a los de Miller *et al.* (2001). Así pues, vemos cómo la mayor parte de la carne de cabrito lechal se puede considerar tierna. En la dureza de la carne influyen las proteínas miofibrilares y sarcoplasmáticas, la naturaleza y contenido del colágeno y la cantidad de grasa intramuscular (Takahashi, 1996; Tornberg, 1996). Sin embargo, la mayor correlación con la dureza es con la cantidad de enlaces cruzados resistentes al calor del epi-, peri- y endomisio. El colágeno de los animales viejos es menos soluble que el de los jóvenes así que cuando la carne se cocina se solubiliza menos, aunque se debiliten los enlaces cruzados, resultando en una carne más dura (Warris, 2000). El pH también influye sobre la dureza y lo hace tanto por

el valor del pH último como de la velocidad a la que se desarrolla la glucólisis *post-mortem*. Así, la dureza es mínima cuando el valor de pH último se alcanza a una velocidad moderada, mientras que si es muy rápida o muy lenta la dureza es mayor (Smulders *et al.*, 1990). Además, cuando el pH es mayor de 5,8 aparecen con frecuencia carnes DFD o de corte oscuro (Immonen *et al.*, 2000). Sin embargo, esto no sucede en el caso del cabrito lechal.

Respecto del método de compresión, se observa cómo hay diferencias entre razas tanto en la compresión al 20 % como al 80 %. Sin embargo, esta comparación se limita a los datos de dos estudios. Este método proporciona una información muy útil sobre la textura de la carne, pero su uso no está tan extendido como el de Warner-Bratzler. Está ampliamente aceptado que la compresión a ratios bajas, como el 20 %, mide la resistencia mecánica debida a la miofibra muscular ya que con esta ratio de compresión el tejido conectivo no se comprime, sino que solo se pliega, mientras que la compresión a ratios altas (80 %) sí que mide la aportación a la dureza del tejido conectivo (Lepetit, 1989). La media general de las 6 razas de las que hay datos fue de 10,8 N y 67,2 N para la compresión al 20 % y al 80 %, respectivamente. El menor valor de compresión al 20 % lo presentó la raza Blanca Andaluza con 8,5 N y el mayor lo presentó la Murciano-Granadina con 16,1 N. Con respecto a la compresión al 80 %, el menor valor lo presentó la Murciano-Granadina y el mayor la Moncaína, con 57,7 N y 76,2 N, respectivamente. Comparando estos valores con cordero lechal, Martínez-Cerezo *et al.* (2005) encontraron valores similares de compresión al 20 % en Rasa Aragonesa y superiores en Merino y Churra, mientras que los valores de compresión al 80 % fueron siempre menores en el cordero lechal que en el cabrito.

Entre los factores estudiados en los artículos de la revisión se encuentran el peso del animal, que no modificó la dureza medida con la célula Warner-Bratzler según Juárez *et al.* (2009) y Yalcintan *et al.* (2018a), aunque Ripoll *et al.* (2012a) sí que encontraron que la carne de canales más pesadas fue menos dura. El uso de lactoreemplazantes tampoco afectó a la dureza (Moreno-Indias *et al.*, 2012a; De Palo *et al.*, 2015; Yalcintan *et al.*, 2018a), al igual que la cría en granjas ecológicas o el sexo (Guzmán *et al.*, 2019a; Guzmán *et al.*, 2019b). Sin embargo, Caputi-Jambrenghi *et al.* (2009) encontraron que la intensificación del sistema de manejo de las madres sí modificó la textura de la carne

del cabrito. Otros efectos importantes fueron el manejo estresante de los animales y la duración del transporte al matadero (Alcalde *et al.*, 2017).

2.6. ÁCIDOS GRASOS Y COMPUESTOS AROMÁTICOS

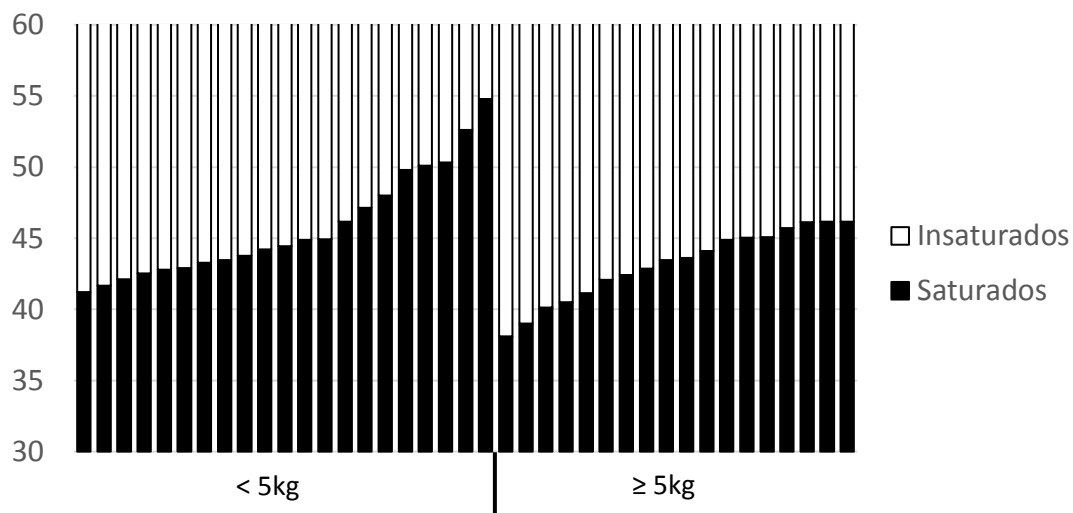
La grasa de los animales rumiantes se diferencia de la de los animales monogástricos por tener una mayor concentración de ácidos grasos saturados, debido a la lipólisis y posterior biohidrogenación que sufren los ácidos grasos en el rumen debido a los microorganismos del rumen (Jenkins, 1993). Las bacterias del rumen, además, son las responsables de la aparición de ácidos grasos *trans* y de cadena ramificada. Los ácidos grasos de cadena ramificada, como el 4-etil octanóico y el 4-metil octanóico, son los responsables del olor intenso “a cabra”, y a “ovino mayor”. Dado que tienen un umbral de olor muy bajo, son importantes para la aceptabilidad de la carne (Brennand *et al.*, 1989). Sin embargo, el cabrito lechal que se sacrifica muy joven tiene un aparato digestivo más parecido al de un monogástrico. Por lo tanto, el perfil de ácidos grasos de la carne de cabrito depende más de la composición de la leche ingerida por el animal (Joy *et al.*, 2012a) que de los procesos biológicos del rumen.

Los ácidos grasos se dividen según su estructura química en saturados, monoinsaturados o poliinsaturados. La mayoría de los ácidos grasos se presentan en la configuración *cis*, aunque también existen los isómeros *trans*. Las recomendaciones nutricionales comúnmente aceptadas para la alimentación humana son la disminución del contenido graso en la dieta, una mayor ingesta de ácidos grasos insaturados, evitar la configuración *trans*, y que esta grasa tenga una relación de ácidos grasos poliinsaturados n-6/n-3 inferior a 4 (Wood *et al.*, 2004).

En la Figura 21 se observa cómo el porcentaje de ácidos grasos saturados va desde 38,1 % hasta un 54,8 %, mientras que los insaturados estuvieron entre el 45,2 % y el 60,6 %. Por estar muy desequilibrado el número de estudios no se pueden comparar sistemas de lactancia, pero se observa en la Figura 21 cómo, en general, el porcentaje de ácidos grasos saturados de la carne de canales muy ligeras (< 5 kg) se mueve en el intervalo que va desde 41,2 % a 54,8 % mientras que la carne de canales ligeras (\geq 5 kg) presentaron valores inferiores, en el intervalo de 38,1 % a 46,2 %. Evidentemente, la lectura de los ácidos grasos insaturados fue la inversa ya que los datos son

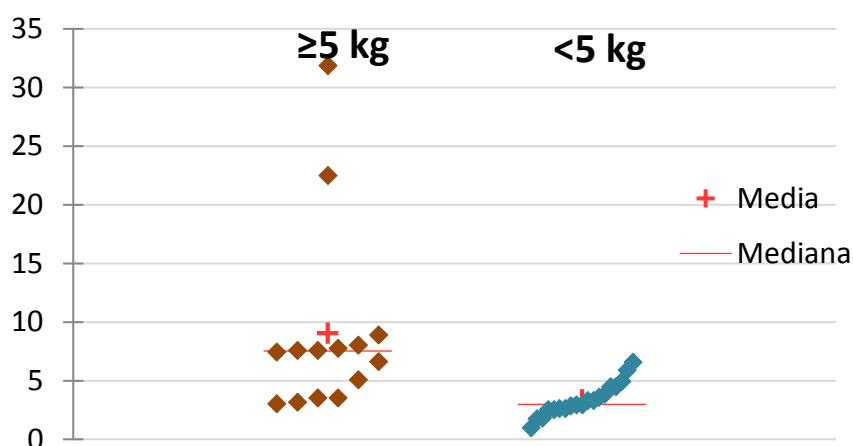
complementarios. Los estudios que compararon el uso de lactoreemplazantes con leche materna concluyeron que los lactoreemplazantes aumentaron el porcentaje de ácidos grasos insaturados disminuyendo el de saturados (De Palo et al., 2015; Tsiplakou et al., 2016). La correlación entre el porcentaje de grasa intramuscular y el porcentaje de ácidos grasos saturados no fue significativa ($p > 0,05$). Esta ausencia de correlación pudo ser debida principalmente a la escasa cantidad de grasa intramuscular y el pequeño rango de valores, aunque otros factores como cuestiones metodológicas y el sistema de manejo y alimentación de los animales también pudo afectar.

Figura 21. Porcentaje de ácidos grasos saturados (SFA) e insaturados (UFA) de la grasa intramuscular en función del peso de canal caliente.



Respecto de la relación de los ácidos grasos insaturados n-6/n-3 (Figura 22), se observa en la bibliografía que la ratio n-6/n-3 de la grasa intramuscular de canales de cabrito lechal con peso menor a 5 kg fue menor (3,4) que la de la grasa de canales con peso mayor a 5 kg (9,0). Sin embargo, esta media está influida por los valores de los dos lotes de cabritos presentados por Tsiplakou *et al.* (2016), que fueron mucho mayores que el resto. Sin tener en cuenta este estudio, el rango de valores para la ratio n-6/n-3 de las canales de menos de 5 kg fue de 1,0 a 6,6 mientras que para las canales de más de 5 kg fue de 3,1 a 8,9; así que las canales más ligeras siguen teniendo una ratio más favorable desde el punto de vista saludable, aunque en general tenían mayor porcentaje de ácidos grasos saturados. Los estudios que compararon el uso de lactoreemplazantes con leche materna concluyeron que los lactoreemplazantes aumentaron relación n-6/n-3 (De Palo *et al.*, 2015; Tsiplakou *et al.*, 2016).

Figura 22. Ratio n-6/n-3 de los ácidos grasos de la grasa intramuscular.



Los ácidos grasos, así como otros compuestos de la carne (hidrocarburos, cetonas, aldehídos, alcoholes...) y sus interacciones, son responsables del aroma de la carne (Mottram, 1998a; Mottram, 1998b). Sin embargo, los ácidos grasos son los que dan el aroma particular a cada especie; los compuestos encontrados en extractos acuosos de procedentes de distintas especies tuvieron aromas similares (Imafidon y Spanier, 1994), mientras que ácidos grasos de cadena ramificada han sido señalados como los responsables de los aromas característicos de la especie, tales como los ácidos 4-metil octanoico, 4-metil nonanoico o el 4-etil octanoico (Mottram *et al.*, 1982; Ha y Lindsay, 1991). Sin embargo, en la bibliografía existente no se han encontrado trabajos que aporten información sobre los ácidos grasos de cadena ramificada ni sobre compuestos volátiles de la carne de cabrito lechal.

En la bibliografía estudiada, no se han encontrado resultados de ácidos grasos de cadena ramificada. A la vista de los resultados de los estudios de la bibliografía recopilada, no queda claro si este tipo de ácidos grasos ramificados no se han encontrado porque no se hallan presentes en la carne de cabrito o por la metodología empleada, p.ej. la longitud de la columna cromatográfica empleada. Otro problema metodológico a la hora de comparar estudios es que, al estar los resultados de los ácidos grasos individuales en porcentaje respecto del total de ácidos grasos detectados, estos resultados son dependientes de la precisión y el número de ácidos grasos detectados.

2.7. ANÁLISIS SENSORIAL

En cuanto al análisis sensorial, solo 5 artículos (Moreno-Indias *et al.*, 2012c; Ripoll *et al.*, 2012a; Borgogno *et al.*, 2015a; Guerrero *et al.*, 2016; Yalcintan *et al.*, 2018a) abordan este tema. Los distintos objetivos de cada artículo, además de la disparidad de análisis sensoriales utilizados por el uso de distintos panelistas entrenados, distintas escalas y descriptores, etc... hacen que no se puedan comparar los resultados de los estudios. Borgogno *et al.* (2015a) comparó distintas carnes de caprino, partiendo de cabrito lechal y comparándola con cabritos de varias edades hasta 6 meses, alimentados tanto en pastoreo como con dietas mixtas. Concluyeron que el cabrito lechal tuvo unas características sensoriales “delicadas” mientras que, con el incremento del peso de la canal, la carne tenía más flavor a cabra y era más dura. Yalcintan *et al.* (2018a) estudió el efecto de la lactancia natural y del uso de lactoreemplazantes a dos edades de sacrificio. Estos autores encontraron que los cabritos más jóvenes tenían una carne más tierna, aunque no hubo influencia en la intensidad del olor y del flavor ni en la jugosidad. Por otra parte, los cabritos alimentados con leche natural fueron más tiernos y jugosos. Guerrero *et al.* (2016) estudiaron la calidad sensorial de cabritos lechales ligeros y pesados de la raza Bermeya alimentados con pienso y paja comparados con lechales de cabra Murciano-Granadina y corderos Ternasco de Aragón, usando un panel de cata entrenado y un grupo de consumidores. Los catadores entrenados no encontraron la carne de lechal Murciano-Granadino diferente de las otras carnes en la intensidad de ninguno de los sabores estudiados. En la intensidad del olor a especie, solo se diferenció del lechal de Bermeya ligero. En cuanto a la terneza, tuvo valoraciones similares al Ternasco de Aragón y al lechal de Bermeya ligero. El panel de consumidores le dio la misma valoración de terneza y valoración global al lechal de Murciano-Granadina que al Ternasco de Aragón. El trabajo de Ripoll *et al.* (2012a) comparó 5 razas caprinas de lechal sacrificados a dos pesos distintos. No se encontraron diferencias ni entre razas ni entre pesos en los sabores a cabrito, grasa, metálico, ácido o amargo. Sí que influyó el peso de sacrificio en el olor a cabrito y a leche, siendo más intensos en los cabritos más pesados. Respecto a la terneza, jugosidad y fibrosidad, hubo diferencias entre razas en los tres parámetros y el peso influyó en la terneza y la fibrosidad, siendo la carne de cabritos más ligeros más tierna y menos fibrosa. Por último, Moreno-Indias *et al.* (2012c)

comparó la carne de cabritos alimentados con distintas leches y lactoreemplazantes con distintas dosis de ácido docosahexanoico. El estudio se hizo con consumidores y un panel semientrenado y concluyeron que mientras que los consumidores no diferenciaron la carne de cabritos alimentados con las distintas leches y lactoreemplazantes, el panel semientrenado sí lo hizo. Este panel relacionó la carne de cabritos alimentados con leche de vaca a la que se añadió una dosis baja de ácido docosahexanoico, y la carne de cabritos alimentados con lactoreemplazante con dosis alta de ácido docosahexanoico, con flavor a rancio y olor extraño.

Hay que resaltar que en ninguno de los artículos donde se estudia la calidad sensorial se ha incluido el sentido de la vista. Sin embargo, este sentido es muy importante para el consumidor porque es fundamental en la toma de decisiones en el momento de la compra. El color y la apariencia de fresca son dos características claves para la valoración de la calidad de la carne (Bernués *et al.*, 2012; Ripoll y Panea, 2019).

3. APRECIACIÓN VISUAL DEL CONSUMIDOR

Conocer el comportamiento y las preferencias de los consumidores y qué características de los alimentos determinan esas preferencias es muy importante para los productores e intermediarios, así como para el desarrollo de estrategias de venta por parte de los detallistas, puesto que el objetivo del marketing es satisfacer las necesidades del consumidor. Para ello, hay que diferenciar claramente el proceso de decisión de compra o elección del consumidor y los factores que influyen en dicho proceso (Steenkamp, 1997). En el proceso se concatenan cuatro fases: en primer lugar, sucede el reconocimiento de la necesidad, seguido de la búsqueda de información, posteriormente, se produce una evaluación de las alternativas disponibles y finalmente se realiza la elección. Este proceso es modificado por tres tipos de factores: las propiedades del alimento (propiedades fisicoquímicas del alimento como color, composición química...), los factores que definen a la persona que realiza el proceso, incluyendo variables biológicas (edad, sexo, peso...), psicológicas (estilo de vida, personalidad...) y sociodemográficas (educación, nivel de renta...) y, por último, los factores del entorno (culturales y marketing).

Cuando se han realizado estudios para conocer las preferencias de los consumidores en relación a carne fresca, la mayoría de los consumidores están interesados en aspectos como el flavor, la frescura, el aspecto, el valor nutricional y la salud (Bello y Calvo, 2000; Dransfield *et al.*, 2005). Sin embargo, el color de la carne es la clave intrínseca que más se utiliza y de las que más importancia tiene para el consumidor (Bernués *et al.*, 2012; Ripoll *et al.*, 2012b; Ripoll *et al.*, 2015; Ripoll y Panea, 2019), puesto que el consumidor lo utiliza como indicador de frescura. La conservación de la carne fresca siempre es motivo de preocupación y de mejora, tanto por los problemas sanitarios que conlleva una carne deteriorada como por las pérdidas económicas que supone el no llegar a realizar la venta porque el aspecto de la carne no es el que el consumidor espera o desea. Este problema es más patente en la venta de carne envasada puesto que al filetear la carne y exponerla al público, factores como el oxígeno o la luz comienzan a deteriorar la apariencia y el color de la carne.

Existen muchos estudios que incluyen la valoración visual de la carne entre sus pruebas, ya sea mediante panel de expertos o con consumidores (Barbut, 2001; Insausti *et al.*, 2001; Albertí *et al.*, 2002; Brewer *et al.*, 2002; Banovic *et al.*, 2009; Ripoll *et al.*, 2012b). Estos estudios suelen realizarse con producto real, pero como la carne es un producto muy perecedero y cambiante debido a la oxidación de los pigmentos hemínicos, se dificulta la logística de la prueba y la encarece. Otros autores abogaron por el uso de fotografías como una solución factible (Ngapo y Dransfield, 2006; Cho *et al.*, 2007; Ngapo *et al.*, 2007), ya que permite comparar muestras que no coexisten en el tiempo y espacio, pero su uso no está demasiado extendido en la investigación sobre calidad de la carne, ya que la comparación sólo es posible si todas las fotografías se toman en las mismas condiciones (Barbut, 2001) y con un equipo de suficiente resolución. Además, el uso de fotografías estandarizadas abre la puerta al uso de otro tipo de tecnologías, como son las encuestas *online*.

4. ENCUESTAS ONLINE

4.1. DEFINICIÓN

El concepto de encuesta *online* es amplio y relativamente complejo de definir. Sin embargo, existe cierto consenso (Paramo, 2001; Evans y Mathur, 2005) en que hace referencia a “aquellas encuestas mediante las cuales, el encuestado rellena un cuestionario localizado remotamente en un servidor de Internet al que accede mediante un hipervínculo, cumplimenta un formulario descargado localmente de un servidor y lo reenvía por correo electrónico, recibe el hipervínculo por email a un cuestionario en un servidor remoto, lo contesta y lo reenvía por correo electrónico o recibe un documento en formato digital con el cuestionario por correo electrónico que es descargado en el ordenador local, cumplimentado y reenviado por el mismo método”. Esta definición del año 2001 puede actualizarse fácilmente pensando en las nuevas opciones que han surgido desde entonces para acceder a información (códigos QR, servicios de mensajería instantánea, redes sociales y servicios de almacenamiento de datos en la “nube”). En definitiva, todas estas opciones se resumen en el hecho de que el encuestado necesita tener una conexión a internet tanto para tener acceso al cuestionario, como para hacer llegar al encuestador los datos. Además, se da por hecho que la encuesta es autoadministrada, es decir, el encuestador no se halla presente mientras el encuestado rellena la encuesta. Esta falta de contacto entre el encuestador y el encuestado es una característica fundamental de las encuestas *online*.

4.2. IMPLANTACIÓN DEL USO DE INTERNET

La realización de encuestas *online* está tomando gran importancia a medida que el acceso a la red se hace más universal, sobre todo desde la aparición de los teléfonos inteligentes con acceso a internet. El número de usuarios de internet está creciendo ya que las nuevas generaciones incorporan su uso de forma natural, mientras que las personas de mayor edad son más reticentes, pero hay una tendencia a que esa reticencia desaparezca. Así, en el año 2013, solo el 21 % de los usuarios de 65 a 74 años usaba internet, el porcentaje subía hasta un 73 % entre los usuarios de 45 a 54 años y llegaba al 98 % cuando la edad oscilaba entre los 16 a 24 años (ONTSI, 2013), mientras

que, en el año 2018, el 72,1 % de los españoles entre 16 y 74 años se conectaron a Internet diariamente, el 82,5 % se conectaron semanalmente y la cifra sube hasta el 96,9 % en el segmento entre 16 y 24 años (ONTSI, 2019b). De hecho, uno de los problemas de las encuestas por internet, la falta de representatividad (Díaz de Rada, 2012), desaparece en las sociedades que tienen acceso a internet y familiaridad con su uso (Scholl *et al.*, 2002). En España, en el año 2016, el 85 % de los hogares españoles tenía un ordenador y el 77 % tenía conexión a internet (ONTSI, 2017). Además, en el año 2014, el 81 % de la población poseía un teléfono inteligente, capaz de conectarse a internet y ejecutar aplicaciones (Ochoa y Castro, 2015) y un 87,7 % de los usuarios de internet se conectó desde el teléfono (ONTSI, 2019a).

4.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

La importancia de las encuestas *online* se demuestra en que es el sistema más usado actualmente. Aunque la encuesta *online* adolece de ciertas desventajas, este auge es consecuencia de una serie de virtudes innegables detalladas por algunos autores (Evans y Mathur, 2005; Díaz de Rada, 2012), y de las que solo mencionaremos las más relevantes. La más importante y evidente, es el *alcance global*, que a su vez está relacionada con el bajo costo y la facilidad para obtener poblaciones muestrales grandes. El coste de realizar una encuesta se divide en dos partes, la de preparación y la de administración. Esta última se abarata muchísimo en las encuestas *online*, más aún cuando al ser autoadministradas no requieren entrevistadores ni gastos de envío postal. Igualmente, no hay que buscar entrevistadores en puntos lejanos. Tanto el bajo coste de administración como la facilidad de difundir un enlace a la encuesta, hace que se puedan conseguir una gran muestra en una breve cantidad de tiempo (Canavari *et al.*, 2005; Devkota *et al.*, 2007; Nielsen, 2011). Llauradó (2006) estimó que la mitad de las respuestas se recogen en los 4 primeros días.

Otra ventaja es la conveniencia para el encuestado. Mientras que en las últimas décadas del siglo XX aumentó la no cooperación en las encuestas presenciales y telefónicas (Evans y Mathur, 2005; Díaz de Rada, 2012) por ser molestas, en las encuestas *online* el encuestado puede elegir el momento más conveniente, tomarse el tiempo necesario e incluso comenzar la encuesta y retomarla a voluntad. Además de las

barreras temporales, las encuestas *online* superan las barreras físicas de acceso al entrevistado, tanto en estratos altos (porteros que regulan la entrada, perros guardianes, etc.), como en estratos bajos (peligrosidad de barrios marginales, etc.) o zonas rurales alejadas y permiten acceder a personas ocupadas o con horarios singulares, difíciles de localizar en las encuestas presenciales o telefónicas (Díaz de Rada, 2012), además de salvar también barreras psicológicas, puesto que se garantiza el anonimato. Esto hace que se puedan expresar personas excluidas o las respuestas menos aceptadas socialmente.

En cuanto a la presentación de las preguntas, las encuestas *online* son flexibles, de manera que puede haber distintas versiones de un mismo cuestionario para adaptarse al lenguaje, características demográficas y experiencia del encuestado. También admiten gran variedad de formatos como fotografías, vídeos y audios (Manzano y Andréu, 2000). Esta flexibilidad también permite presentar las respuestas en orden aleatorio, incluso las preguntas, y aplicar filtros de manera que, dependiendo de las respuestas dadas, se le presenten al encuestado unas preguntas u otras, o incluso se termine la encuesta si el entrevistado no forma parte de la población a estudiar. Otra gran ventaja es la transcripción automática de la información a un formato informático manejable estadísticamente, disminuyendo el coste de mano de obra y los errores de transcripción.

No obstante, todas estas ventajas no servirían si no se hubiera demostrado que los resultados son similares a los recogidos mediante otro tipo de encuestas autoadministradas, como las encuestas por correo postal (Griffis *et al.*, 2003; Fleming y Bowden, 2009; Kuttappan *et al.*, 2012). Incluso los resultados son similares comparados con las entrevistas presenciales (Scholl *et al.*, 2002). Sin embargo, las encuestas *online* adolecen de ciertas debilidades, como su percepción como correo electrónico no solicitado (spam) que hace que no se responda la encuesta, o cierto sesgo debido al perfil socio-demográfico de los internautas, aunque conforme el acceso a internet es generalizado este sesgo es menor. La ausencia de entrevistador conlleva la incertidumbre sobre la identidad del encuestado y si ha sido influido por terceros. También se requiere por parte del encuestado un mayor esfuerzo al no contar con la ayuda del encuestador. Esto puede traducirse en abandonos de la encuesta. Otro

inconveniente es la exhaustividad a la hora de abordar todo el universo (errores de no observación). Este criterio tiene en cuenta la posibilidad de contactar con toda la población objeto de estudio, considerando la capacidad de asegurar una equiprobabilidad de acceso a todo el universo. Las mayores desventajas de las encuestas autoadministradas mediante Internet están relacionadas con la dificultad para localizar muestras representativas (De Leeuw *et al.*, 2008).

En cualquier caso, muchas de estas desventajas son compensadas por el gran tamaño muestral que se puede conseguir. Existen varias metodologías de muestreo para realizar encuestas por Internet, siendo la bola de nieve y la auto-selección no restrictiva dos de los más empleados (Fricker, 2008) y los que permiten detectar si hay sectores de población que no contestan a la encuesta. El muestreo por bola de nieve permite seleccionar un grupo inicial de encuestados (referencias), por lo general al azar, a quienes después de entrevistar se les solicita que identifiquen a otras personas que pertenezcan a la población objetivo de interés. De esta forma, los siguientes encuestados se seleccionan con base en las referencias. Aunque se emplea el muestreo probabilístico para elegir a los primeros encuestados, la muestra final resultante es no probabilística. La mayor ventaja del muestreo por bola de nieve es que incrementa en forma considerable la probabilidad de localizar las características deseadas en la población. El uso de la metodología de bola de nieve usando redes sociales para la difusión de los enlaces a la encuesta y para la captación de ciertos perfiles de encuestado ha sido estudiado como especialmente útil (Baltar y Brunet, 2012). Las encuestas de auto-selección no restrictiva son encuestas abiertas a todo el público. Pueden colocarse en un sitio web para que cualquiera que la vea elija si hacerla o no o se pueden promocionar a través de banners, publicidad en internet o publicidad en soportes tradicionales. La característica principal de este tipo de encuesta es que no pone restricciones a quién puede participar, por lo que los resultados no siempre pueden generalizarse a una población mayor que la encuestada, pero eso no niega necesariamente su utilidad en investigación (Díaz, 2012).

OBJETIVOS

El objetivo principal de esta tesis fue:

Estudiar la calidad sensorial e instrumental de la carne del cabrito lechal ligero de ocho razas autóctonas españolas.

Los objetivos parciales fueron:

- a. Estudiar el efecto del sistema de lactancia con leche natural o con lactoreemplazantes sobre la textura, la composición proximal y de ácidos grasos, el color, los compuestos orgánicos volátiles y la valoración sensorial de la carne de cabrito lechal.
- b. Estudiar la composición proximal del calostro y la leche de cabra y su perfil de ácidos grasos.
- c. Estudiar el efecto del pH sobre la textura y el color de la carne de cabrito lechal.
- d. Estudiar la vida útil de la carne de cabrito lechal en función de su color y de la apreciación visual de los consumidores.
- e. Estudiar qué criterios utilizan los consumidores cuando evalúan visualmente la carne de cabrito lechal.
- f. Estudiar la relación entre el color instrumental y la valoración de la carne por los consumidores mediante el uso de algoritmos de aprendizaje automático.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. ANIMALES Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Los procedimientos experimentales usados en este trabajo cumplen la normativa de la Unión Europea (C.E., 1986) para la protección de animales usados para experimentación y otros propósitos científicos.

Se partió de un diseño teórico en el que se sacrificarían 256 cabritos machos, de parto simple, pertenecientes a ocho razas españolas, con un peso de canal objetivo de 5 kg. Los cabritos fueron criados en la zona geográfica propia de cada raza respetando su sistema de manejo habitual. Sin embargo, dentro de cada raza la mitad de los cabritos fueron alimentados con lactoreemplazantes (Artificial) y la otra mitad se crio con su madre (Natural). Para conseguir que los cabritos fueran representativos de la raza y el sistema de lactancia, se seleccionaron animales de dos o tres granjas distintas por raza. Las razas utilizadas fueron Florida, del Guadarrama, Majorera, Palmera, Payoya, Retinta, Tinerfeña y Verata. El número de cabritos sacrificados se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Número de cabritos sacrificados por cada raza y sistema de lactancia.

Raza	Sistema de lactancia		Total general
	Artificial	Natural	
Florida	15	15	30
Guadarrama	15	16	31
Majorera	16	16	32
Palmera	15	16	31
Payoya	16	14	30
Retinta	15	15	30
Tinerfeña	16	16	32
Verata	15	15	30
Total general	123	123	246

Los cabritos de lactancia artificial tomaron calostro durante dos días y posteriormente tuvieron libre acceso a una nodriza artificial durante 24 horas al día. Los lactoreemplazantes usados fueron reconstituidos al 17 % (peso/volumen) y suministrados templados a unos 40 °C aproximadamente. El ingrediente principal fue la leche desnatada (≈ 60 %) y lactosuero. La composición química media de los lactoreemplazantes fue: grasa total, 25 % $\pm 0,6$, proteína bruta 24 % $\pm 0,5$, celulosa 0,1 % $\pm 0,0$, cenizas 7 % $\pm 0,6$, Ca 0,8 % $\pm 0,1$, Na 0,5 % $\pm 0,2$, P 0,7 % $\pm 0,0$, Fe 36 mg/kg $\pm 4,0$,

Cu 3 mg/kg \pm 1,7, Zn 52 mg/kg \pm 18,8, Mn 42 mg/kg \pm 14,4, I 0,22 mg/kg \pm 0,06, Se 0,1 mg/kg \pm 0,06 y BHT 65 ppm \pm 30.

Los cabritos de lactancia natural permanecían estabulados y separados de sus madres durante el día y por la noche se encerraron en el establo con sus madres. En ninguno de los sistemas de lactancia los cabritos tuvieron acceso a concentrados, heno, forrajes o cualquier otro suplemento. En ambos sistemas, la leche de las cabras fue recogida por la mañana entre las 10:00 h y las 11:00 h en los días 1, 10 y 30 *postpartum*. Se llenaron con leche dos tubos Falcon de 50 ml y se añadió a cada uno tres gotas de Azidiol (Panreac Applichem, Barcelona, España). No se utilizó oxitocina para el ordeño. La composición química (proteína, grasa y lactosa) fue determinada usando un analizador de leche DMA2001 (Miris Inc., Uppsala, Sweden). Una submuestra de leche de los días 1 y 30 de lactación se liofilizó y almacenó a -80 °C para el análisis de ácidos grasos.

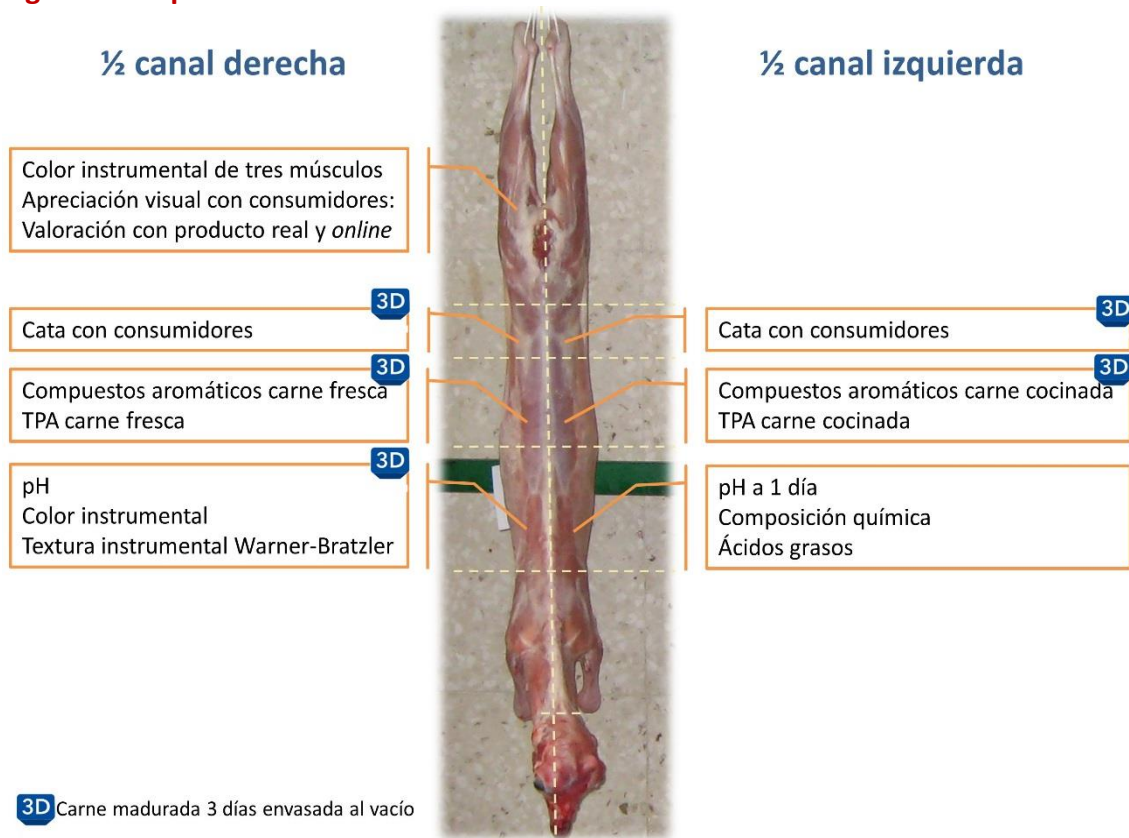
2. SACRIFICIO Y TOMA DE MUESTRAS

El día del sacrificio se pesaron los cabritos sin ayuno, registrándose el peso vivo al sacrificio. Los cabritos se cargaron en un camión y se trasladaron, siguiendo las normas de bienestar animal (U.E., 2005), al matadero más cercano a la explotación para evitar el estrés de los animales. Mientras los cabritos esperaron para ser sacrificados tuvieron acceso a agua, pero no a comida. Se procedió al sacrificio y faenado de acuerdo con las normas europeas de protección de los animales en el sacrificio (U.E., 2009). Los cabritos se aturdieron eléctricamente solo en la cabeza (1,00 amperios) y posteriormente se procedió al desangrado, desollado y eviscerado. Inmediatamente tras el sacrificio, se anotó el peso de la canal caliente, que conservó la cabeza, los testículos y los riñones. Las canales, con un peso de la canal caliente de 4,97 kg \pm 0,061 kg, se introdujeron en la cámara de refrigeración y permanecieron en ella durante 24 horas.

De cada media canal se realizó el despiece normalizado descrito por Panea *et al.* (2012a), y cada pieza de la canal se destinó a una determinación siguiendo el esquema de la Figura 23. La pierna derecha se envasó y congeló a -20 °C para valorar

posteriormente la apreciación visual de consumidores mediante encuestas *online* y presenciales.

Figura 23. Esquema de muestreo de la canal de cabrito.



Se extrajeron los músculos *longissimus thoracis* (LT) et *lumborum* (LL) de las dos medias canales. Posteriormente, se procedió a dividir estos músculos en porciones destinadas a cada una de las distintas determinaciones (Figura 23).

2.1. LONGISSIMUS THORACIS ET LUMBORUM IZQUIERDO

El pH a 1 día se midió en la cara craneal del músculo *longissimus thoracis* (LT), a nivel de la 5ª vértebra torácica (VT) con un pH-metro Crison con sonda de penetración (Crison Instruments S.A., Barcelona, España). La porción de lomo entre la 5ª y 13ª vértebras torácicas se envasó en bolsa de vacío y se congeló a -20 °C hasta el momento de realizar la determinación de la composición química y el perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular.

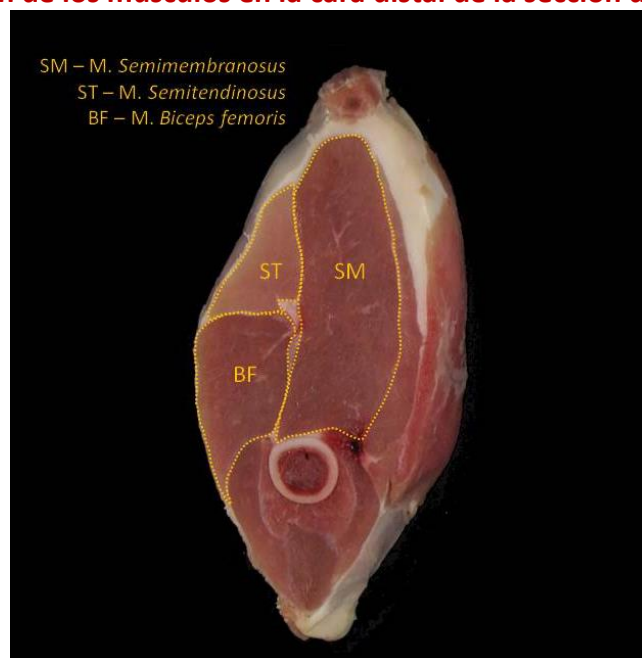
El *longissimus lumborum* (LL), desde la 1ª hasta la 6ª vértebras lumbares, se envasó al vacío y se guardó a 4°C durante 3 días. Pasado este tiempo, se cortó una

porción de 2 cm de largo del extremo craneal, se envasó al vacío y congeló a -80 °C (Sanyo MDF-U5386S, SANYO Electric Co., Ltd., Osaka, Japón) hasta la realización del análisis de perfil de textura (TPA) y la inmediatamente posterior determinación de compuestos aromáticos, ambos en carne cocinada. El resto de *longissimus lumborum* se envasó y congeló a -20°C hasta la realización de la cata de consumidores.

2.2. LONGISSIMUS THORACIS ET LUMBORUM DERECHO

Tanto el *longissimus lumborum* derecho como el *longissimus thoracis* derecho, se envasaron por separado al vacío y se guardaron a 4 °C durante tres días. Pasado este tiempo, se realizó la medición del pH en la cara craneal del músculo a la altura de la 5ª vértebra torácica con un pH-metro Crison con sonda de penetración (Crison Instruments S.A., Barcelona, España), y se midió el color instrumental. Inmediatamente, se envasó en bolsa de vacío y se congeló a -20 °C hasta el momento de realizar la determinación de textura instrumental mediante el método Warner-Bratzler.

Figura 24. Localización de los músculos en la cara distal de la sección de la pierna.



Del *longissimus lumborum* derecho se cortó una porción de 2 cm de largo del extremo craneal y se envasó y congeló a -80 °C (Sanyo MDF-U5386S, SANYO Electric Co., Ltd., Osaka, Japón) hasta la realización del análisis de perfil de textura y la inmediatamente posterior determinación de compuestos aromáticos, ambos en carne

fresca. El resto de *longissimus lumborum* se envasó y congeló a -20°C hasta la realización de la cata de consumidores.

2.3. PIERNA DERECHA

De cada una de las piernas derechas congeladas se cortaron con una sierra de cinta 4 chuletas, de forma perpendicular al fémur, como se aprecia en la Figura 24. Estas chuletas se usaron para medir el color instrumental, para hacer la valoración visual por consumidores con producto real y también se fotografiaron para hacer la valoración visual por los consumidores mediante encuesta *online*. El resto de la pierna permaneció congelada a -20 °C. Las chuletas permanecieron congeladas a -20 °C hasta el día de inicio del experimento. Las chuletas se sacaron del congelador según la Tabla 8, y se colocaron individualmente en bandeja de poliestireno expandido con la cara distal hacia arriba. Las bandejas se envolvieron con film permeable al oxígeno y a 4°C en oscuridad hasta el día de la encuesta con producto real.

Tabla 8. Días de descongelación y exposición al oxígeno de las chuletas utilizadas en la valoración visual.

Día de experimento	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	X	J	V	S	D	L	M	X	J
Días de exposición	8		6			3		1	
Fotografía									X
Encuesta									X

Fotografía cenital de las chuletas

El día de la encuesta (con producto real) se realizaron fotografías de cada una de las chuletas, en condiciones de luz estandarizadas. Para ello, se colocaron individualmente en un estudio portátil Cubelite Lastolite (Vitec Imaging Distribution UK, Leicestershire, Reino Unido) encima de un fondo negro. El estudio se colocó entre dos focos de 5 bombillas cada una. Las bombillas usadas fueron Cromalite 28 W, luz día real, 5200 K, 1600 lúmenes (Cromalite S.L, Barcelona, España) consiguiendo una iluminancia media en la superficie de la chuleta de 1.200 luxes. El equipo usado fue una cámara Olympus Pen E-PL1 12,3 Mpx con objetivo M. Zuiko digital 14-42 mm 1:3.5-5.6 L (Olympus Imaging Corp., Shinjuku-ku, Tokyo) colocada cenitalmente sobre la chuleta

con un trípode. La cámara operó en modo manual ajustado a un ISO 400, una apertura de lente de F5.6 y una velocidad de obturación de 1:125. Antes de la sesión fotográfica, la cámara fue calibrada con una carta gris al 18 %. Todas las imágenes se tomaron en formato bruto (*raw*), sin flash, filtros o cualquier tipo de edición digital más allá del recorte del área de la foto. flash fotografías se realizaron antes de la medida del color instrumental para evitar que la manipulación pudiera estropear la chuleta.

3. ANÁLISIS INSTRUMENTAL

3.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA

El porcentaje de humedad de la carne se determinó por deshidratación a 100 °C hasta peso constante (ISO, 1973). El porcentaje de proteína bruta se determinó mediante el método Kjeldahl (AOAC., 2000). El porcentaje de grasa intramuscular se cuantificó mediante el método de Bligh y Dyer (1959). El porcentaje de cenizas se determinó mediante diferencia de pesadas después de la ignición en un horno mucha durante 8 horas (AOAC., 2000). El nitrógeno no proteico se determinó mediante el método Nessler usando 4 g de muestra después de la precipitación de las proteínas con ácido perclórico 0,6 M, y el nitrógeno aminoacídico se determinó mediante la precipitación de las proteínas con ácido perclórico 0,6 M después de la precipitación de péptidos con ácido sulfosalicílico al 10 % (Benito *et al.*, 2005).

3.2. COLOR INSTRUMENTAL

Para medir el color de los distintos músculos se realizaron un mínimo de dos medidas representativas en zonas libres de manchas de sangre y vetas de grasa. Para ello, se utilizó un espectrofotómetro Minolta CM2600d (Konica Minolta Holdings, Inc, Osaka, Japón). El espectrofotocolorímetro se configuró para utilizar los iluminantes D65, C y A, el ángulo del observador fue 10° y el diámetro de la apertura de 8 mm. Antes de cada sesión de medidas se realizó el calibrado con la placa de blanco. Se registró la luminosidad (L^*), el índice de rojo (a^*) y el índice de amarillo (b^*) (CIE, 1978) y se calcularon la saturación o croma $C_{ab}^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$ y el tono $h_{ab} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$ expresado en grados sexagesimales. Antes de medir el color instrumental del

músculo *longissimus thoracis* se retiró una lámina superficial de la cara caudal del músculo, y se dejó oxigenar 60 minutos.

En las chuletas de la pierna, una vez realizadas las fotografías, se midió el color de los músculos *semimembranosus*, *semitendinosus* y *biceps femoris* (Popesko, 1977) (Figura 24) por ser los que más superficie de la chuleta ocupan.

3.3. TEXTURA INSTRUMENTAL

Método Warner-Bratzler

Este ensayo se realizó con carne cocinada. Para ello, se descongelaron las muestras y se cocinaron en un baño termostático con el agua a 75°C hasta que alcanzaron una temperatura interna de 70°C, controlada mediante un termómetro Testo 108-2 resistente al agua y dotado de sondas de temperatura tipo T (Instrumentos Testo S.A., Cabrils, España). Una vez enfriadas las muestras durante la noche a temperatura ambiente, se cortaron un mínimo de dos prismas rectangulares de 1 x 1 cm de sección en configuración longitudinal. El ancho y alto de cada muestra se midieron con un calibre digital Mitutoyo con una resolución de 0,01 mm (Mitutoyo Co., Japón). La determinación de la textura instrumental del *longissimus thoracis* se realizó utilizando un Instron modelo 5543 (INSTRON Ltd., Reino Unido) provisto de una célula Warner-Bratzler de 1 mm de espesor con una velocidad de la cruceta de 2.5 mm/s. Esta célula trata de imitar el proceso de masticación humano (Bratzler, 1932). El corte con la célula se realizó perpendicularmente a la mayor dimensión del prisma rectangular. Se midió el esfuerzo máximo (N/cm²), que refleja la fuerza máxima realizada para cizallar la muestra por unidad de superficie a cortar.

Análisis de perfil de textura (TPA)

La determinación del análisis de perfil de textura se realizó utilizando un texturómetro TA.XTA2i (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido). El *longissimus lumborum* izquierdo se descongeló y cocinó de igual manera que el *longissimus thoracis* usado para Warner-Bratzler, mientras que el *longissimus lumborum* derecho permaneció sin cocinar. Se extrajo un cilindro de 1,5 cm de alto y 2 cm de diámetro de cada muestra. A estos cilindros se les aplicó un ciclo doble de compresión al 50 % de la altura original. La célula de compresión tenía 6 cm de diámetro, 250 N de carga y el

tiempo de espera entre los dos ciclos fue de 5 segundos. Las curvas de deformación fuerza-tiempo se obtuvieron con una velocidad de la cruceta de 1 mm/s. Se cuantificaron los siguientes parámetros:

- Dureza (hardness), fuerza máxima en el primer ciclo requerida para comprimir la muestra (N).
- Adhesividad (adhesiveness), área negativa bajo el eje de abscisas después de la primera compresión (N·s).
- Elasticidad (springiness), capacidad de la muestra de recuperar su forma después de que la fuerza de compresión desaparezca (cm).
- Cohesividad, grado de deformación que puede soportar la muestra antes de su ruptura, adimensional.
- Masticabilidad (chewiness), trabajo necesario para masticar un sólido hasta que se puede tragar (J). Se calcula como dureza x cohesividad x elasticidad.
- Resiliencia (resilience), capacidad de la muestra para recuperar su altura inicial, adimensional.

3.4. ÁCIDOS GRASOS DE LA GRASA INTRAMUSCULAR

La metilesterificación de los ácidos grasos de la leche liofilizada se realizó por transesterificación directa usando KOH en metanol (2 N) y se extrajeron usando el método de Molquentin y Precht (2000). El perfil de ácidos grasos fue llevado a cabo siguiendo el método de Folch *et al.* (1957).

La determinación de los esteres metílicos de ácidos grasos fue realizada usando un cromatógrafo de gases Bruker 436 Scion (Bruker, Billerica, MA, USA) equipado con una columna de cianopropil (BR-2560, 100 m x 0.25 mm ID x 0.20 µm espesor, Bruker, Billerica, MA, USA), un detector de ionización de llama y el software Compass CDS. La cuantificación de los ácidos grasos se desarrolló como se describe en el método oficial UNE-EN 12966-4 Official Method (2015). La identificación se realizó usando GLC 538 y GLC 463 como referencias estándar (Nu-Chek-Prep Inc., Elysian, Minnesota, USA). Los

ácidos grasos se expresaron como porcentaje de la cantidad total de ácidos grasos identificados. Después de la identificación de los ácidos grasos individuales, el total de ácidos grasos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) n-6 y n-3, y la ratio n-6/n-3 fueron calculados. La suma de los ácidos grasos deseables en carne se calculó como MUFA + PUFA + C18:0 (Huerta-Leidenz *et al.*, 1991). También se calculó la suma de los isómeros del CLA, los *iso*- y *anteiso*- ácidos grasos de cadena ramificada (BCFA), y los *cis*- and *trans*- MUFA.

3.5. COMPUESTOS VOLÁTILES

La determinación de compuestos volátiles en carne se realizó mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Las muestras se descongelaron y recortaron para asegurar un grosor de 2 cm. El *longissimus lumborum* izquierdo se cocinó hasta una temperatura en el centro de 75 °C. Posteriormente, las muestras se picaron y se pesó 1 g que se depositó en un vial de espacio de cabeza de 5 ml (Hewlett–Packard, Palo Alto, EEUU) y sellado con un septum de butilo/PTFE (Perkin-Elmer, Foster City, EEUU) en una cápsula de aluminio. Los compuestos volátiles fueron extraídos con una técnica de microextracción en fase sólida (SPME) con una fibra de 10 mm de largo y 75 µm de grosor recubierta con carboxeno/polidimetilsiloxano (Supelco Co., Bellefonte, EEUU). Previamente a su uso, la fibra fue preacondicionada a 300 °C durante 1 hora en el puerto de inyección de la cromatografía de gases. La fibra se insertó en el espacio de cabeza del vial a través del septum y expuesta al espacio de cabeza durante 55 minutos a 40 °C en agua con agitación. La determinación se realizó usando un cromatógrafo de gases Hewlett–Packard 5890 S II acoplado a un espectrómetro de masas con analizador de trampa de iones Hewlett–Packard 5971A (Hewlett–Packard, Palo Alto, EEUU). Una columna 5 % fenil- 95 % dimetilpolisiloxano (50 m x 0,32 mm ID, 1,05-µm espesor del film; Hewlett–Packard) se usó para la separación de los compuestos volátiles. Se usó helio como gas transportador. La muestra se inyectó en el puerto sin división (*splitless*). La fibra se mantuvo en el puerto de inyección a 250 °C durante el análisis cromatográfico. La temperatura llegó de manera isoterma durante 5 minutos a 35 °C y aumentó progresivamente hasta 150 °C a 4 °C min⁻¹ seguida de 250 °C a 20 °C min⁻¹. La temperatura se mantuvo a 280 °C en la línea de transferencia. El espectrómetro de masas operó en el modo de ionización por impacto de electrones, con una energía

del electro de 70 eV, un multiplicador de tensión a 1756 V y recogida de datos con una ratio de 1 escaneo por segundo en un rango de 10 a 365 m/z-1. Se utilizó una mezcla de n-alcenos (R-8769, Sigma–Aldrich, Steinheim, Alemania) bajo las mismas condiciones para calcular el índice de Kovats de los distintos compuestos. Los compuestos volátiles fueron identificados por comparación de su masa espectral con los datos de la base de datos del National Institute of Standards and Technology (NIST) y el índice de Kovats. La cuantificación se basó en el cromatograma de iones totales o de ion individual en una escala arbitraria.

4. ANÁLISIS SENSORIAL

Todas las pruebas de esta tesis que involucraron a personas se realizaron de acuerdo con la Declaración de Helsinki. La participación en dichas pruebas fue completamente voluntaria y anónima y no se recibió ningún tipo de compensación económica. No se solicitaron datos personales como correo electrónico o nombre. Los participantes fueron informados de forma clara del objetivo del estudio y de que al finalizar las encuestas o cata daban su consentimiento implícito para utilizar la información suministrada de acuerdo a la Directiva Europea 95/46/EC sobre la materia (U.E., 2010). De acuerdo con estos condicionantes, se consideró innecesaria la aprobación de estas pruebas por parte de un comité ético.

4.1. CATA CON CONSUMIDORES

Se realizó una prueba de cata con consumidores mediante la técnica de *home-test* (Dransfield *et al.*, 2000), excluyéndose de las pruebas a la población vegana o vegetariana. Se repartieron a 114 consumidores dos muestras de *longissimus lumborum* madurado 3 días, una de lactancia natural y otra de lactancia artificial de la misma raza, para que hicieran la cata en su hogar. Los ensayos en el hogar son de gran valor para obtener información sobre el producto en una situación real (Lunde *et al.*, 2010), y se recomienda que el número de muestras a evaluar en el hogar no sea mayor a dos, ya que se necesita mayor tiempo para probarlas (Santa Cruz *et al.*, 2005). Con la bolsa de muestras se les entregó una hoja de cata con las instrucciones a seguir y las preguntas a contestar (Anexo A). A los consumidores se les pidió que cocinaran la carne a la plancha

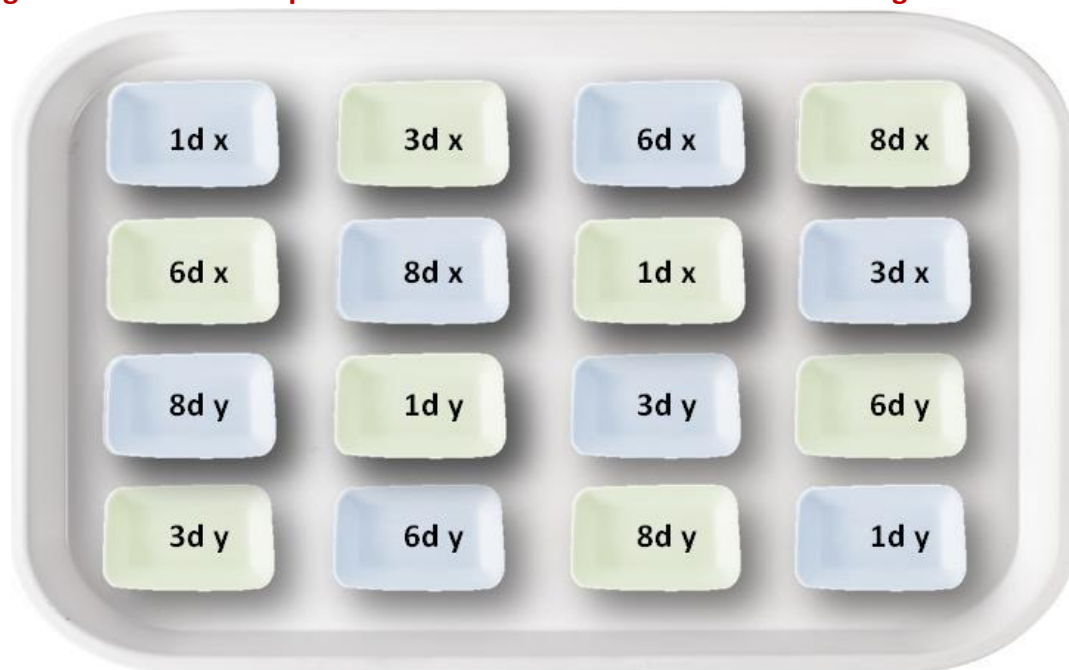
y que evitaran condimentos como la sal o especias. Una vez probada la carne debían valorar de 1 a 10, donde 1 era muy mala y 10 muy buena, la aceptabilidad del flavor, la aceptabilidad de la jugosidad y la impresión general. En la encuesta se incluyeron preguntas sobre factores sociodemográficos (edad y sexo) y sobre factores psicográficos (frecuencia semanal de consumo de carne, gusto por la carne y si habían probado anteriormente la carne de cabrito) (Anexo A).

4.2. APRECIACIÓN VISUAL EN VITRINA REFRIGERADA

En esta prueba se quiso valorar el efecto de la lactación y el tiempo de exposición al oxígeno en la apreciación visual de consumidores no entrenados. Dado que el consumidor no entrenado es muy susceptible al cansancio cuando se le obliga a valorar demasiadas muestras y puede comenzar a dar valoraciones erráticas, se decidió limitar esta prueba a una sola raza de las estudiadas (Guadarrama) y a un limitado número de valoraciones. Por ello, de todas las chuletas, se seleccionaron dos de lactancia artificial y dos de lactancia natural por cada tiempo, cuyos valores de L^* , h_{ab} y C_{ab}^* fueran representativos de todas las chuletas medidas para los tres músculos. Se tuvieron en cuenta los parámetros L^* , h_{ab} y C_{ab}^* y no a^* y b^* porque los primeros parámetros se asemejan más a la percepción del color que tienen los humanos (Wyszecki y Stiles, 1982; Ripoll *et al.*, 2012b).

El día de la encuesta, las chuletas representativas se numeraron con tres dígitos al azar y se expusieron, según el diseño de la Figura 25, en una isla refrigerada Carrier Multinor 1540/80 con una superficie de exposición de 1 m² (1,3 m x 0,8 m) (Carrier Refrigeración Ibérica SA, España) equipada con luces led (flujo luminoso: 816 lm; temperatura de color: 4000 K; índice de rendimiento cromático >80; tolerancia de color: 3 elipses de MacAdam (MacAdam, 1942)). La isla refrigerada a una temperatura de 0-2°C se ubicó en las instalaciones del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). El nivel de iluminación en la superficie de exposición fue de aproximadamente 1300 luxes, garantizándose siempre 1000 luxes, que es el nivel mínimo de iluminación en zonas donde se ejecutan tareas con exigencias visuales muy altas, según el Real Decreto 486/1997 (B.O.E., 1997). De esta forma se quería simular las condiciones normales a las que se expone la carne en un supermercado.

Figura 25. Diseño de la presentación de las chuletas en la vitrina refrigerada.



Bandejas azules, lactancia artificial; Bandejas blancas, lactancia natural; x, y: repetición de cada tiempo y lactancia; 1d, 3d, 6d, 8d: tiempo de exposición al oxígeno, en días.

Los consumidores fueron reclutados de entre el personal trabajador y estudiantes del Campus de Aula Dei sin relación con el proyecto. A cada consumidor se le entregó un formulario de encuesta donde se les preguntaba por su edad y sexo. Respecto de las chuletas, se les pidió que las evaluaran por su aspecto en relación con el color, valorando del 1 (muy malo) al 10 (muy bueno) el aspecto general y, además, expresaran su intención de compra de cada chuleta como consumidor (sí/no). Los participantes tardaron unos 10-20 minutos en llevar a cabo la tarea.

4.3. VALORACIÓN VISUAL MEDIANTE ENCUESTAS ONLINE

Se diseñaron dos encuestas *online* con un ámbito geográfico limitado a España. Así, las encuestas respondidas desde otros países se eliminaron. Se utilizó un servicio *online* de encuestas (www.encuestafacil.com), y los datos se exportaron a una hoja de Microsoft Excel. Los cuestionarios se probaron por investigadores no involucrados en el estudio y fueron adaptados hasta que la versión final fue aprobada, equilibrando en la encuesta minuciosidad, simplicidad y brevedad. Los cuestionarios se distribuyeron utilizando redes sociales y listas de correo, incluyendo un mensaje que invitaba al encuestado a reenviar el enlace a la encuesta a otras personas de su lista de contactos.

Ambas encuestas incluían una sección sociodemográfica donde se les preguntaba sobre su edad, sexo y lugar de residencia. Además, se les preguntaba sobre si habían probado la carne de cabrito anteriormente, y si era así, si le gustaba la carne de cabrito. Al final de la encuesta se preguntó qué criterio de selección le había llevado a elegir un filete u otro (color de la carne, color de la grasa, tamaño de la chuleta, forma de la chuleta o brillo de la carne).

Efecto del sistema de lactancia y tiempo de exposición

La primera encuesta *online* en la que se estudió el efecto del sistema de lactancia y tiempo de exposición se realizó con las fotografías de las mismas chuletas utilizadas para la prueba de apreciación visual con producto real en vitrina refrigerada. En esta encuesta se valoraron chuletas de la raza del Guadarrama a 1, 3, 6 y 8 días de exposición. Se mostraron a los encuestados 8 grupos de 4 fotografías cada uno, siguiendo el esquema de la Tabla 9.

Tabla 9. Diseño de presentación de chuletas en la encuesta *online*.

Foto	a)	b)	c)	d)
Pregunta 1	ART, 1 d	ART, 3 d	ART, 6 d	ART, 8 d
Pregunta 2	NAT, 1 d	NAT, 3 d	NAT, 6 d	NAT, 8 d
Pregunta 3	ART, 1 d	NAT, 1 d	ART, 8 d	NAT, 8 d
Pregunta 4	ART, 3 d	NAT, 3 d	ART, 6 d	NAT, 6 d
Pregunta 5	ART, 1 d	ART, 3 d	ART, 6 d	ART, 8 d
Pregunta 6	NAT, 1 d	NAT, 3 d	NAT, 6 d	NAT, 8 d
Pregunta 7	ART, 3 d	NAT, 3 d	ART, 1 d	NAT, 1 d
Pregunta 8	ART, 8 d	NAT, 8 d	NAT, 6 d	ART, 6 d

NAT, sistema de lactancia natural; ART, sistema de lactancia artificial

Efecto del sistema de lactancia

Para realizar esta encuesta se utilizaron las imágenes de las razas Cabra del Guadarrama, Majorera, Palmera y Tinerfeña a 1 día de exposición al oxígeno. Se mostraron a los encuestados 4 grupos de dos fotos donde tenían que elegir para cada raza el sistema de lactancia preferido. Las chuletas elegidas para la encuesta fueron representativas de su raza y sistema de lactancia en función de L^* , h_{ab} y C_{ab}^* y la forma y el tamaño de la chuleta se equilibró entre y dentro de los grupos de fotos.

4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó con los softwares SAS 9.3.32 (SAS Institute, EEUU) y XLStat v.3.05 (Addinsoft, EEUU). En general, las variables de pH, composición química, color instrumental, textura y ácidos grasos se analizaron por medio de un Modelo General Lineal con el sistema de lactancia y la raza como efectos fijos y el peso de canal caliente como covarianza. La comparación entre medias se realizó con el test de Bonferroni a un nivel de significación de 0,05.

Otro tipo de análisis estadísticos realizados, como correlaciones, análisis de componentes principales, de conglomerados o el uso de algoritmos de aprendizaje automático se detallan en los artículos donde fueron usados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. INFLUENCE OF THE USE OF MILK REPLACERS AND PH ON THE TEXTURE PROFILES OF RAW AND COOKED MEAT OF SUCKLING KIDS

Este apartado ha dado lugar a la publicación:

Ripoll G., Alcalde M.J., Córdoba M.G., Casquete, R., Argüello A., Ruiz-Moyano, S., Panea B. 2019. Influence of the use of milk replacers and pH on the texture profiles of raw and cooked meat of suckling kids. *Foods*, 8: 589

1.1. RESUMEN

El objetivo de este artículo fue estudiar el perfil de textura del músculo *longissimus thoracis et lumborum* de cabritos lechales alimentados con leche natural de sus madres o con lactoreemplazantes. Se criaron 246 cabritos machos, de parto simple, de 8 razas caprinas: Florida, FL; Cabra del Guadarrama, GU; Majorera, MA; Palmera, PL; Payoya, PY; Retinta, RE; Tinerfeña, TI; Verata, VE, en dos sistemas de lactancia. Los cabritos se alimentaron con lactoreemplazantes (MR) o con leche de sus madres (NM). Se analizó el pH, la fuerza de cizalla Warner-Bratzler, el análisis de perfil de textura y la composición química de la carne. Los cabritos también fueron agrupados en función de su pH por medio del método K-means. El efecto del sistema de lactancia en el perfil de textura estuvo fuertemente modulado por la raza. Los valores de fuerza Warner-Bratzler y la dureza de la carne en ambos sistemas de lactancia fueron muy bajos. Sin embargo, el uso de lactoreemplazantes incrementó la frecuencia de carne con pH alto, lo que modificó las variables de textura, disminuyendo la fuerza Warner-Bratzler pero incrementando la cohesividad y la adhesividad. En consecuencia, dependiendo de la estrategia comercial de la granja, la elección de raza y sistema de lactancia se deben considerar juntas.

1.2. INTRODUCTION

Approximately 4.7 million head of goats and kids were slaughtered within the European Union in 2017 (Eurostat, 2019)). Meat from goats is considered healthy because it is low in calories and fat (Ribeiro *et al.*, 2018). However, Mediterranean goat

farms are mainly focused on production of cheese and milk products because they have higher prices than cow milk (Castel *et al.*, 2003; Yalcintan *et al.*, 2018a; Yalcintan *et al.*, 2018b). When kid goats are reared with their dams, the availability of milk for cheese production is decreased, and the quality of milk may change. Although most of the incomes per goat on the dairy farm come from the sale of milk, 20 % of the total income comes from the sale of kids (Castel *et al.*, 2012). These kids are weaned very early and reared with milk replacers. Milk replacers specifically formulated for kids result in good daily weight gain. The kids are mostly slaughtered at a very light carcass weight of 5–7 kg, and this meat is perceived by consumers to be of high quality (Marichal *et al.*, 2003). However, some farmers believe that kids reared with milk replacers provide tougher meat (Argüello *et al.*, 2005) and are opposed to this practice. This belief could be explained by the fact that most of the kid meat with high pH comes from kids raised on milk replacers (Ripoll *et al.*, 2019a), which might induce tough meat. On the other hand, meat of kids reared with milk replacers was preferred by consumers based on its appearance. Additionally, the purchase intentions were greater for kids reared with milk replacers (Ripoll *et al.*, 2018a).

Meat sensory evaluation is determined from a complex interaction of sensory and physical processes during chewing, with tenderness being the most important (Caine *et al.*, 2003). Tenderness is the sensory variable that is most related to the overall appraisal (Panea *et al.*, 2011). Therefore, several instrumental methods have been developed to study the textural characteristics of meat. The most important are the Warner-Bratzler method (Bratzler, 1932), which provides a main variable based on the maximum force to shear the sample and is usually used with cooked meat; few studies have used the Warner-Bratzler method to assess raw meat. The texture profile analysis (TPA) is also a widely used method. This test provides a set of variables describing the rheological characteristics of meat and has been used in both raw and cooked meat. Both instrumental methods are often used as an approximation of sensory tenderness because they are easier and cheaper than sensory analysis. The use of raw meat is quick, but it is cooked meat that is consumed by people. TPA of raw meat predicted sensory tenderness better than the Warner-Bratzler method, but the Warner-Bratzler method was more correlated with the sensory tenderness of cooked meat than the TPA (Ruiz de

Huidobro *et al.*, 2005). Therefore, it seems that the best options to analyze meat tenderness are the TPA for raw meat and the Warner-Bratzler method for cooked meat. There have been some studies about the Warner-Bratzler shear force of suckling kids (Marichal *et al.*, 2003; Argüello *et al.*, 2005; Bonvillani *et al.*, 2010; Zurita-Herrera *et al.*, 2013; Ozcan *et al.*, 2014; Borgogno *et al.*, 2015a; De Palo *et al.*, 2015), but there have been no such studies using TPA. Because pH and milk quality could affect kid meat texture and because information about TPA of suckling kid meat is scarce, the aim of this work was to study the texture profile of fresh and cooked meat from suckling kids raised with natural milk or milk replacers.

1.3. MATERIALS AND METHODS

Animals

All procedures were conducted according to the guidelines of Directive 2010/63/EU on the protection of animals used for experimental and other scientific purposes (E.U., 2010). Suckling male kids of eight goat breeds (Florida, FL; Cabra del Guadarrama, GU; Majorera, MA; Palmera, PL; Payoya, PY; Retinta, RE; Tinerfeña, TI; Verata, VE) were reared on two or three farms per breed in their respective local areas. Animals were all born from single parturition, and half were raised with milk replacers (MR), while the other half were raised with natural milk from the dams (NM). Kids in the MR rearing system were fed colostrum for the first 2 days and had free access to milk replacer 24 h a day, which was suckled from a teat connected to a unit for feeding a liquid diet. Commercial milk replacers were reconstituted at 17 % (w/v) and given warm (40 °C). The main ingredients were skimmed milk (≈ 60 %) and whey. The chemical composition of the milk replacers was as follows: total fat 25 % \pm 0.6, crude protein 24 % \pm 0.5, crude cellulose 0.1 % \pm 0.0, ash 7 % \pm 0.6, Ca 0.8 % \pm 0.1, Na 0.5 % \pm 0.2, P 0.7 % \pm 0.0, Fe 36 mg/kg \pm 4.0, Cu 3 mg/kg \pm 1.7, Zn 52 mg/kg \pm 18.8, Mn 42 mg/kg \pm 14.4, I 0.22 mg/kg \pm 0.06, Se 0.1 mg/kg \pm 0.06 and BHT 65 ppm \pm 30. Kids in the NM rearing system were kept separated from their dams during the day while the dams grazed. At night, they were housed with their dams in a stable and suckled directly from dams with no additional feedstuff. Kids from both rearing systems had no access to concentrates, hay, forages or other supplements. The natural milk of goats at 30 d *postpartum* was

collected in the morning, and the chemical composition of the milk was determined using a DMA2001 milk analyzer (Miris Inc., Uppsala, Sweden).

Carcass sampling

The numbers of kids used are shown in Table 1. The 246 kids were slaughtered at a live weight of $8.47 \text{ kg} \pm 0.077 \text{ kg}$. Because the kids of the different breeds were raised in different places, to minimize the effect of the transport, they were slaughtered in a slaughterhouse close to each farm, hence, the duration of the transport from farm to slaughterhouse ranged from 30 to 60 min. The animals of different groups and farms were never mixed during transport or at the slaughterhouse. Standard commercial procedures according to the European normative for protection of animals at the time of killing (E.U., 2009) were followed. Head-only electrical stunning was applied (1.00 A) to kids, which were then exsanguinated and dressed. Thereafter, the hot carcasses, including head and kidneys, were weighed to achieve a hot carcass weight (HCW) of $4.97 \text{ kg} \pm 0.061 \text{ kg}$. Afterwards, the carcasses were hung by the Achilles tendon and chilled for 24 h at 4 °C.

Table 1. Means, standard error and p-value for breed effect on proximal composition of natural milk 30 d post birth in eight goat breeds.

Breed	Protein, %	Fat, %	Lactose, %
Florida	3.79 ^b	5.11 ^{bc}	4.05
Cabra del Guadarrama	3.35 ^c	4.09 ^e	4.10
Majorera	4.55 ^a	4.78 ^{cd}	4.11
Palmera	4.54 ^a	5.40 ^{ab}	4.16
Payoya	3.78 ^b	4.29 ^{de}	4.19
Retinta	3.79 ^b	5.38 ^{ab}	4.20
Tinerfeña	4.30 ^a	4.58 ^{de}	4.10
Verata	4.22 ^{ab}	5.82 ^a	4.25
Standard error	0.147	0.181	0.062
Breed effect (<i>p</i> -value)	<0.001	<0.001	0.33

Different superscripts indicate significant differences ($p < 0.05$).

After carcass chilling, the *longissimus thoracis et lumborum* muscle of both the left and right halves of the carcasses were extracted and sliced. The pH was measured on the left *longissimus thoracis* with a pH-meter equipped with a Crison 507 penetrating electrode (Crison Instruments S.A., Barcelona, Spain). Then, the left *longissimus thoracis* was vacuum packed and frozen at -20 °C until chemical composition analyses. The right

longissimus thoracis was vacuum packed, aged for 3 days at 4 °C in darkness and frozen at –20 °C until Warner-Bratzler maximum stress determination. The *longissimus lumborum* muscle of both the left and right half carcasses were extracted, vacuum packed, aged for 3 days and frozen at –20 °C until TPA of raw and cooked meat, respectively.

Meat chemical composition

The moisture content of meat (Moist) was determined by dehydration at 100 °C to a constant weight by the ISO recommended methods (ISO, 1973). Crude protein (CP) was determined following the Kjeldahl method (AOAC., 2000). Intramuscular fat content (IMF) was quantified using the method of Bligh y Dyer (1959). Ash content was assessed by dividing the weight before and after ignition in a muffle furnace for 8 h (AOAC., 2000) (Ash). Analyses were run in duplicate and expressed as the percentage of fresh meat. Non-protein nitrogen (NPN) was determined by the Nessler method using 4 g of sample after protein precipitation with 0.6 M perchloric acid, and amino acid nitrogen (AN) was determined from the 0.6 M perchloric acid protein precipitation fraction after peptide precipitation with 10 % sulfosalicylic acid as described in Benito *et al.* (2005).

Meat texture

An Instron machine model 5543 (Instron Limited, Cerdanyola, Spain) was used to determine the shear force of cooked *longissimus thoracis* (LT). Samples were thawed in tap water for 4 h until they reached an internal temperature of 16–19 °C. Then, the samples were heated in a water bath at 75 °C to an internal temperature of 70 °C. Temperature was controlled with a Testo 108-2 waterproof food thermometer with a Type T thermocouple (Instrumentos Testo S.A., Cabrils, Spain). Then, the steaks were cooled overnight at room temperature. Cross-sectioned meat blocks of 1 cm² and a 3 cm length were measured with a Mitutoyo digital caliper (Mitutoyo Co., Kawasaki, Japan) with a resolution of 0.01 mm. The samples were sheared perpendicularly to the long axis of the block using a Warner-Bratzler device with a cross-head speed of 2.5 mm s⁻¹. The maximum stress (load at maximum peak shear force per unit of cross-section, in N cm⁻²) was determined.

Samples of *longissimus lumborum* (LL) were thawed in tap water for 4 h until they reached an internal temperature of 16–19 °C. Then, samples of the left LL were heated in a water bath at 75 °C to an internal temperature of 70 °C; samples of the right LL remained raw. TPA was performed at room temperature using a TA.XTA2i texture analyzer (Stable Micro Systems, Godalming, UK). One cylinder with a 1.5 cm height and 2 cm diameter was prepared from every sample. A double compression cycle test was performed at up to 50 % compression of the original portion height with an aluminum cylinder probe with a 6 cm diameter. A time of 5 s was allowed to elapse between the two compression cycles. Force–time deformation curves were obtained with a 250 N load cell applied at a cross-head speed of 1 mm/s. The following parameters were quantified: hardness (maximum force of the first compression cycle required to compress the sample, N), adhesiveness (negative area under the abscissa after the first compression, N·s), springiness (ability of the sample to recover its original form after the deforming force was removed, cm), cohesiveness (extent to which the sample could be deformed prior to rupture, dimensionless), chewiness (work required to masticate a solid food before swallowing, J) and resilience (ability of a product to recover its original height, dimensionless).

Statistical Analysis

All statistics were calculated using the XLSTAT statistical package v.3.05 (Addinsoft, New York, N.Y. USA). Studied variables were analyzed using the ANCOVA procedure with the breed (B) and the rearing system (RS) as fixed effects and the hot carcass weight (HCW) as a covariate. Least square means were adjusted for an HCW of 4.965 kg, and differences were tested with the Bonferroni test at a 0.05 level of significance. Pearson's correlations between the raw studied variables and between the residuals of variables were calculated. Principal component analysis (PCA) was performed by projecting the pH, chemical composition and textural variables as active variables and the rearing system and breed as supplementary data to highlight the associations between the loadings of the variables (Gagaoua *et al.*, 2018). There was used the varimax rotation and a biplot of variables and centroids were plotted. Kids were clustered together based on their pH by k-means clustering using Wilk's lambda as

classification criterion. The statistical procedure tested the classification from 2 to 5 clusters to maximize the intergroup variability and minimize the intragroup variability.

Table 2. Value of pH at 24 h and chemical composition of *longissimus thoracis* muscle of kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).

B [†]	RS	n	pH 24 h	Moist %	IMF %	CP %	Ash %	NPN mg/g	AN mg/g
FL	MR	15	5.69 ^{de}	78.03 ^a	1.88 ^{def}	18.30 ^{de}	1.18 ^{ab}	3.086 ^{bcde}	0.822 ^{cde}
	NM	15	5.61 ^{efg}	77.11 ^{ab}	1.97 ^{def}	18.68 ^{cd}	1.18 ^{ab}	3.491 ^{bcd}	1.043 ^{bcd}
GU	MR	15	5.66 ^{ef}	76.88 ^{ab}	4.29 ^a	19.25 ^{cd}	1.11 ^{abc}	5.454 ^a	0.236 ^g
	NM	16	5.67 ^{de}	71.36 ^f	5.16 ^a	23.99 ^{ab}	0.96 ^e	4.699 ^{ab}	0.290 ^{fg}
MA	MR	16	5.81 ^c	74.50 ^d	1.78 ^{def}	23.22 ^b	1.08 ^{bcd}	3.047 ^{bcde}	1.619 ^a
	NM	16	5.86 ^c	73.16 ^e	0.89 ^f	24.97 ^a	1.10 ^{abc}	1.702 ^{def}	1.426 ^{ab}
PL	MR	15	6.16 ^a	75.31 ^{cd}	1.72 ^{def}	24.05 ^{ab}	1.16 ^{ab}	2.802 ^{bcde}	0.826 ^{cde}
	NM	16	5.85 ^c	74.07 ^{de}	1.29 ^{ef}	23.82 ^{ab}	1.01 ^{de}	1.743 ^{def}	1.422 ^{ab}
PY	MR	16	5.80 ^c	76.88 ^{ab}	1.63 ^{ef}	16.89 ^e	1.17 ^{ab}	2.244 ^{cde}	0.471 ^{efg}
	NM	14	5.78 ^{cd}	76.90 ^{ab}	1.11 ^f	20.30 ^c	1.12 ^{abc}	2.695 ^{cde}	0.635 ^{def}
RE	MR	15	5.53 ^g	78.08 ^a	2.68 ^{bcd}	19.51 ^{cd}	1.10 ^{abc}	1.466 ^{ef}	0.790 ^{cde}
	NM	15	5.55 ^{fg}	76.17 ^{bc}	2.97 ^{bc}	19.25 ^{cd}	1.21 ^a	2.210 ^{cdef}	1.113 ^{bc}
TI	MR	16	6.01 ^b	75.06 ^{cd}	1.32 ^{ef}	23.81 ^{ab}	1.08 ^{bcd}	3.513 ^{bc}	0.983 ^{cd}
	NM	16	5.88 ^c	74.66 ^d	1.45 ^{ef}	23.56 ^{ab}	1.04 ^{cde}	2.602 ^{cde}	1.754 ^a
VE	MR	15	5.84 ^c	76.99 ^{ab}	3.16 ^b	18.22 ^{de}	0.96 ^e	2.699 ^{cde}	0.685 ^{de}
	NM	15	5.79 ^{cd}	76.19 ^{bc}	2.16 ^{cde}	19.41 ^{cd}	1.09 ^{bcd}	0.476 ^f	0.688 ^{de}
	s.e.		0.039	0.441	0.324	0.511	0.031	0.363	0.080
	B		<0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001
	RS		0.006	<0.001	0.26	<0.001	0.47	0.002	<0.001
	B*RS		<0.001	<0.001	0.11	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

[†] B, Breed; RS, Rearing system; s.e., standard error; Moist, percentage of moisture on fresh basis; IMF, percentage of intramuscular fat on fresh basis; CP, percentage of crude protein on fresh basis; Ash, percentage of ashes on fresh basis; NPN, non-protein nitrogen in mg/g fresh meat; AN, amino acid nitrogen in mg AN/g fresh meat; FL, Florida; GU, del Guadarrama; MA, Majorera; PL, Palmera; PY, Payoya; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; VE, Verata. Least square means has been adjusted for an HCW of 4.965 kg. Different superscripts indicate significant differences ($p < 0.05$).

The number of clusters was selected to ensure significant pH differences among all clusters and to avoid clusters formed by 10 or fewer observations. The inter- and intra-class variabilities of the clusters were 80.8 % and 19.2 %. Then, ANCOVA was carried out for the pH and texture variables, with the pH cluster as a fixed effect and HCW as a covariate. A Duncan test was used to compare means, with a significance of $p < 0.05$. The independence between the rearing system and the pH clusters was tested with the χ^2 test.

1.4. RESULTS

Chemical composition of natural milk and *longissimus thoracis* muscle

The chemical composition of the natural milk of goats is shown in Table 1. Differences between breeds were found in protein and fat percentages ($p < 0.001$). Majorera, Palmera and Tinerfeña had the highest values of protein, while Cabra del Guadarrama had the lowest such value. In addition, Cabra del Guadarrama had the lowest value of fat, and Verata had the highest value. The lactose percentages ranged from 4.05 to 4.25 without differences among breeds ($p > 0.05$).

Table 3. Texture profile of raw *longissimus lumborum* muscle of suckling kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).

B [†]	RS	Hardness (N)	Adhesiveness (-N·s)	Springiness (cm)	Cohesiveness (-)	Chewiness (J·10 ⁻²)	Resilience (-)
FL	MR	14.38 ^{bcd}	0.26 ^{ab}	0.83 ^{bcd}	0.45 ^{ab}	5.18 ^{cd}	0.246 ^{ab}
	NM	14.97 ^{bcd}	0.21 ^c	0.87 ^{abc}	0.47 ^{ab}	6.60 ^{bcd}	0.247 ^{ab}
GU	MR	10.46 ^d	0.09 ^c	0.90 ^{ab}	0.44 ^{ab}	4.10 ^d	0.231 ^{abc}
	NM	11.97 ^{cd}	0.11 ^c	0.90 ^{ab}	0.47 ^{ab}	5.08 ^{cd}	0.265 ^a
MA	MR	11.90 ^{cd}	0.11 ^c	0.80 ^{cd}	0.44 ^{ab}	4.14 ^d	0.195 ^c
	NM	14.21 ^{cd}	0.17 ^c	0.89 ^{ab}	0.47 ^{ab}	5.96 ^{bcd}	0.252 ^{ab}
PA	MR	17.60 ^{bcd}	0.37 ^{bc}	0.93 ^a	0.46 ^{ab}	7.44 ^{bc}	0.263 ^a
	NM	14.99 ^{bcd}	0.21 ^c	0.89 ^{ab}	0.48 ^a	6.37 ^{bcd}	0.266 ^a
PY	MR	18.74 ^{bc}	0.29 ^{bc}	0.86 ^{abc}	0.43 ^{ab}	6.80 ^{bcd}	0.242 ^{ab}
	NM	33.41 ^a	0.34 ^{bc}	0.84 ^{abcd}	0.41 ^b	11.35 ^a	0.240 ^{ab}
RE	MR	22.22 ^b	0.96 ^a	0.86 ^{abc}	0.35 ^c	6.58 ^{bcd}	0.120 ^d
	NM	13.81 ^{cd}	0.53 ^b	0.91 ^{ab}	0.48 ^a	5.77 ^{bcd}	0.210 ^{bc}
TI	MR	12.14 ^{cd}	0.14 ^c	0.90 ^{ab}	0.45 ^{ab}	4.67 ^{cd}	0.237 ^{ab}
	NM	17.88 ^{bcd}	0.26 ^{bc}	0.89 ^{ab}	0.47 ^{ab}	7.28 ^{bc}	0.246 ^{ab}
VE	MR	16.72 ^{bcd}	0.31 ^{bc}	0.89 ^{ab}	0.46 ^{ab}	8.74 ^{ab}	0.210 ^{bc}
	NM	14.45 ^{bcd}	0.21 ^c	0.78 ^d	0.47 ^{ab}	5.16 ^{ab}	0.236 ^{abc}
s.e.		1.662	0.058	0.016	0.013	0.641	0.009
B		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
RS		0.086	0.044	0.773	<0.001	0.023	<0.001
B*RS		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

[†] B, Breed; RS, Rearing system; s.e., standard error; FL, Florida; GU, del Guadarrama; MA, Majorera; PL, Palmera; PY, Payoya; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; VE, Verata. Least square means has been adjusted for an HCW of 4.965 Kg. Different superscripts indicate significant differences ($p < 0.05$).

The chemical composition of *longissimus thoracis* muscle is shown in Table 2. The pH at 24 h ranged from 5.53 to 6.16. There was a significant interaction between breed and rearing system ($p < 0.001$). Most of the breeds had the same pH when the kids were reared in both rearing systems. However, the Payoya and Tinerfeña kids reared with

milk replacers had greater pH than those kids reared with natural milk ($p < 0.05$). The rearing system did not affect the percentage of intramuscular fat (IMF), whereas breed did ($p < 0.001$). Guadarrama kids had the greatest values of IMF, and Florida, Majorera, Palmera, Payoya and Tinerfeña kids had the lowest ($p < 0.05$), while Retinta and Verata kids had intermediate values ($p < 0.05$). The protein percentage was affected by an interaction between breed and rearing system ($p < 0.001$). Therefore, kids of Guadarrama, Majorera and Payoya fed natural milk (NM) had a greater percentage of protein than kids fed milk replacers (MR) ($p < 0.05$). However, the kids of the other breeds had a similar percentage of protein in both rearing systems ($p > 0.05$).

Table 4. Texture profile of cooked *longissimus lumborum* muscle of suckling kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).

B	RS †	Hardness (N)	Adhesiveness (-N·s)	Springiness (cm)	Cohesiveness (-)	Chewiness (J·10 ⁻²)	Resilience (-)
FL	MR	8.17 ^{de}	0.002 ^c	0.83 ^a	0.77 ^a	5.42 ^{cde}	0.36 ^{ab}
	NM	9.08 ^{de}	0.008 ^c	0.85 ^a	0.75 ^{abc}	5.86 ^{cde}	0.30 ^c
GU	MR	8.27 ^{de}	0.008 ^c	0.86 ^a	0.65 ^d	4.67 ^e	0.31 ^{bc}
	NM	8.51 ^{de}	0.026 ^c	0.82 ^a	0.65 ^d	4.53 ^e	0.29 ^c
MA	MR	6.92 ^e	0.010 ^c	0.87 ^a	0.71 ^{abcd}	4.36 ^e	0.33 ^{bc}
	NM	7.77 ^{de}	0.040 ^{bc}	0.88 ^a	0.73 ^{abcd}	5.09 ^{de}	0.34 ^{abc}
PA	MR	8.13 ^{de}	0.034 ^{bc}	0.90 ^a	0.70 ^{abcd}	5.13 ^{cde}	0.32 ^{bc}
	NM	8.77 ^{de}	0.035 ^{bc}	0.86 ^a	0.68 ^{cd}	5.23 ^{cde}	0.32 ^{bc}
PY	MR	11.72 ^{cd}	0.012 ^c	0.85 ^a	0.76 ^{ab}	7.55 ^{abc}	0.39 ^a
	NM	10.38 ^{cde}	0.012 ^c	0.85 ^a	0.74 ^{abc}	6.68 ^{bcde}	0.34 ^{abc}
RE	MR	28.14 ^a	0.271 ^a	0.66 ^b	0.52 ^e	9.12 ^a	0.14 ^e
	NM	17.53 ^b	0.092 ^b	0.80 ^a	0.65 ^d	8.31 ^{ab}	0.23 ^d
TI	MR	8.23 ^{de}	0.016 ^c	0.92 ^a	0.70 ^{abcd}	5.33 ^{cde}	0.33 ^{bc}
	NM	9.08 ^{de}	0.037 ^{bc}	0.89 ^a	0.69 ^{bcd}	5.58 ^{cde}	0.30 ^c
VE	MR	15.01 ^{bc}	0.039 ^{bc}	0.82 ^a	0.70 ^{abcd}	8.51 ^{ab}	0.28 ^c
	NM	11.96 ^{cd}	0.012 ^c	0.84 ^a	0.77 ^{abcd}	7.54 ^{abcd}	0.32 ^{bc}
s.e.		0.919	0.013	0.023	0.016	0.489	0.012
B		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
RS		0.002	0.011	0.365	0.042	0.518	0.859
B*RS		<0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.438	<0.001

† B, Breed; RS, Rearing system; s.e., standard error; FL, Florida; GU, del Guadarrama; MA, Majorera; PL, Palmera; PY, Payoya; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; VE, Verata. Least square means has been adjusted for an HCW of 4.965 Kg. Different superscripts indicate significant differences ($p < 0.05$).

Meat texture

The texture profile of raw *longissimus thoracis* muscle is shown in Table 3. The interaction between rearing system and breed was significant ($p < 0.001$) for every variable, but in general, the effect was more noticeable for breed than for rearing

system. The Retinta breed was mostly affected by the rearing system, with a higher hardness in the milk replacer system than in the natural system, whereas adhesiveness, cohesiveness and resilience presented higher values for the natural milk system. In the Majorera breed, the rearing system affected only springiness and resilience, both of which were higher in the natural milk system than in the milk replacer system. In contrast, in the Verata breed, springiness was higher in the natural milk system than in the milk replacer system, with the rest of the variables being unaffected. Finally, in the Payoya breed, the only variable affected by the rearing system was chewiness, which was higher in the natural milk system than in the milk replacer system. The Florida, Cabra del Guadarrama, Palmera and Tinerfeña breeds were not affected at all ($p < 0.05$).

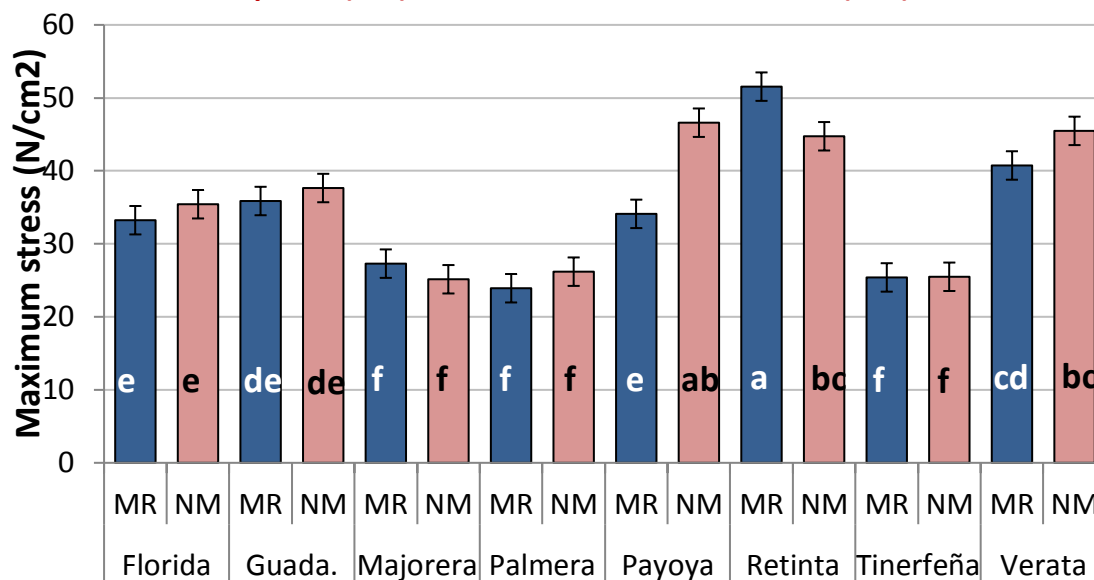
Regarding the breed effect on the raw texture profile, the Retinta breed presented higher values for adhesiveness, and Verata had the highest values for chewiness, independent of the rearing system ($p < 0.05$). In addition, in the milk replacer system, Retinta presented the lowest values for cohesiveness and resilience, whereas Cabra del Guadarrama presented the lowest chewiness values, and Palmera presented the highest values for resilience. In the natural milk system, Payoya presented higher values for chewiness than the other breeds ($p < 0.05$). Chewiness was affected only by breed ($p < 0.001$).

The texture profile of cooked *longissimus thoracis* muscle is shown in Table 4. The interaction between rearing system and breed was significant ($p < 0.001$) for every variable except chewiness ($p > 0.05$). The rearing system affected the hardness, adhesiveness, springiness and cohesiveness only of Retinta kids. The use of milk replacers increased the two first variables and decreased the two latter variables ($p < 0.05$). There was an effect of breed but not rearing system on chewiness ($p < 0.001$). The resilience of Florida and Retinta was increased and decreased, respectively, by the use of milk replacers ($p < 0.05$). Cooking had a great effect, decreasing hardness and adhesiveness while decreasing cohesiveness. Chewiness and resilience were slightly affected by cooking, and springiness was not affected.

The Warner-Bratzler maximum stress is shown in Figure 1. The maximum stress was affected by the significant interaction ($p = 0.0002$) between the breed and rearing

system. In addition, the covariate of HCW was also significant ($p = 0.004$). The maximum stress of Payoya and Retinta were affected by the rearing system ($p < 0.05$) but in opposite ways. Florida, Guadarrama, Payoya, Retinta and Verata had maximum stress values greater than 30 N cm⁻², while Majorera, Palmera and Tinerfeña had lower values ($p < 0.05$).

Figure 1. Warner-Bratzler maximum stress of *longissimus thoracis* muscle from kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).



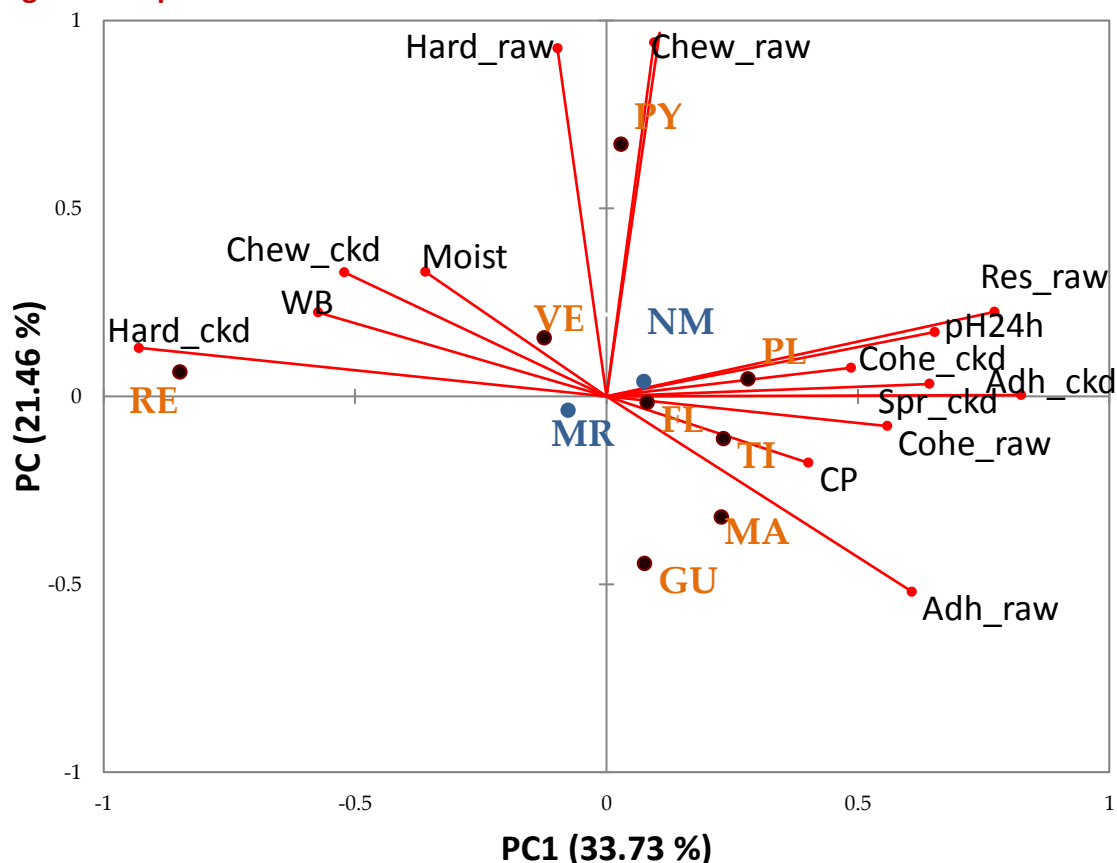
Guada., Cabra del Guadarrama; Different superscripts indicate significant differences ($p < 0.05$).

Principal component analysis and correlations

There were many significant correlations among the studied variables. Warner-Bratzler maximum stress was significantly correlated with the TPA results of raw and cooked meat ($p < 0.001$), except for chewiness (raw) and resilience (cooked) ($p < 0.05$). However, most of the correlations became nonsignificant ($p > 0.05$) when correlation analysis was performed with residuals of variables. This general absence of correlations demonstrates that there was an important influence of carcass weight. Hence, the Warner-Bratzler maximum stress was not correlated with any of the variables ($p > 0.05$). Similarly, there was no correlation between the chemical composition of natural milk and muscle ($p > 0.05$) or between the chemical composition of muscle and the TPA results of cooked meat ($p > 0.05$). However, moisture was correlated with the cohesiveness (0.14; $p < 0.01$) and chewiness (0.14; $p < 0.01$) of raw meat, and protein percentage was correlated with resilience (0.18; $p = 0.006$). Raw meat TPA variables

were correlated among themselves (from -0.17 ; $p = 0.008$ to 0.91 ; $p < 0.001$) similarly to cooked meat TPA variables (from 0.23 ; $p < 0.001$ to 0.90 ; $p < 0.001$). Correlations between the TPA variables of raw and cooked meat were small but significant (from 0.13 ; $p = 0.04$ to 0.27 ; $p < 0.001$).

Figure 2. Bi-plot of the texture variables.



MR, milk replacer; NM, natural milk; raw, variables determined on raw meat; ckd, variables determined on cooked meat; Hard, hardness; Adh, adhesiveness; Spr, springiness; Cohe, cohesiveness; Chew, chewiness; Res, resilience; WB, Warner-Bratzler maximum stress; Moist, moisture; CP, crude protein; FL, Florida; GU, del Guadarrama; MA, Majorera; PL, Palmera; PY, Payoya; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; VE, Verata. The overall Kaiser-Meyer-Olkin score of the PCA was 0.73 (Bartlett's test of sphericity was significant, $p < 0.001$). The eigenvalues of PC 1 and PC2 are 5.6 and 3.2, respectively.

A principal component analysis was made with the chemical composition, TPA on raw and cooked meat and Warner-Bratzler maximum stress. There were five principal components with eigenvalues higher than 1 explaining the 81.7 % of variability. Figure 2 shows the bi-plot of the two first principal components, explaining the 55.2 % of the variability.

Resilience of cooked meat, springiness of raw meat, amino acidic nitrogen, non-protein nitrogen, ash and intramuscular fat were not included in the final PCA due to their Kaiser-Meyer-Olkin values. Three breeds (TI, PL and FL) were placed closer to the abscissas axis in the positive side, being related with cohesiveness on both raw and cooked meat, springiness and adhesiveness on cooked meat, resilience on raw meat and pH.

Table 5. Comparison of meat pH on chemical composition and texture of meat of the three pH clusters identified by the k-means algorithm.

Variables	CL1 (51.2%)	CL2 (36.6%)	CL3 (12.2%)	s.e.	Sig.
% of MR kids	54.4	40.5	76.7		0.001
pH	5.6 ^c	5.8 ^b	6.2 ^a	0.020	<0.001
Chemical composition					
Moisture, %	75.82	75.61	75.38	0.310	0.689
Intramuscular fat, %	2.59 ^a	1.96 ^b	2.12 ^{ab}	0.196	0.015
Crude protein, %	20.42 ^b	21.36 ^b	22.34 ^a	0.381	0.010
Ash, %	1.11	1.09	1.10	0.017	0.380
NPN, mg/g	3.08 ^a	2.48 ^b	2.89 ^{ab}	0.223	0.041
AN, mg/g	0.91	0.97	0.85	0.065	0.397
TPA raw meat					
Hardness, N	15.47	16.15	17.94	1.023	0.390
Adhesiveness,-N·s	0.38 ^a	0.20 ^b	0.30 ^{ab}	0.037	<0.001
Springiness, cm	0.88 ^b	0.86 ^c	0.91 ^a	0.009	0.001
Cohesiveness	0.43 ^b	0.46 ^a	0.46 ^a	0.007	0.005
Chewiness, J·10 ⁻²	5.86 ^b	6.29 ^b	7.60 ^a	0.371	0.029
Resilience	0.21 ^b	0.24 ^a	0.26 ^a	0.006	<0.001
TPA cooked meat					
Hardness, N	13.79 ^a	9.53 ^b	9.13 ^b	0.753	<0.001
Adhesiveness,-N·s	0.08 ^a	0.02 ^b	0.02 ^b	0.009	<0.001
Springiness, cm	0.80 ^b	0.86 ^a	0.90 ^a	0.012	<0.001
Cohesiveness	0.66 ^b	0.72 ^a	0.72 ^a	0.010	<0.001
Chewiness, J·10 ⁻²	6.40	5.99	6.14	0.296	0.466
Resilience	0.26	0.29	0.34	0.047	0.634
Warner-Bratzler					
Max. Stress, N/cm ²	38.4 ^a	34.0 ^b	27.0 ^c	1.284	<0.001

The percentage of kids per cluster is between brackets. NPN, non-protein nitrogen in mg/g fresh meat; AN, amino acid nitrogen in mg AN/g fresh meat. MR, milk replacer. s.e., standard error; Sig, signification of the effect Different superscripts in the same row indicate significant differences ($p < 0.05$).

The natural milk rearing system was also related with those variables but it had less importance than breeds. In the opposite side of the abscissas axis were placed

moisture and chewiness, gumminess, hardness and Warner-Bratzler maximum stress on cooked meat. RE was the breed related with these variables while VE was placed close to the origin of coordinates. Chewiness, gumminess and hardness on raw meat were related positively to the second PC and Payoya was placed together with those variables. Finally, GU and MA were related with adhesiveness on raw meat. Although most of the studied variables were affected significantly by an interaction between rearing system and breed, according the PCA the effect of breed was more important than the effect of rearing system.

Effect of pH on kids meat quality

Once the meat samples were clustered according their pH at 24 h, the percentage of samples within each cluster, average pH and percentage of kids in the MR group within each cluster were calculated and are shown in Table 5. There were significant differences in pH between clusters ($p < 0.001$). There was also a relationship between the rearing system and the pH cluster ($\chi^2 = 13.8$; $p = 0.001$). Therefore, the frequency of kids from both rearing systems was similar in the first and second clusters, but 76.7 % of kids from cluster 3 with an average pH of 6.2 were in the MR group.

1.5. DISCUSSION

On average, the goat's milk in this study had a higher content of fat and protein than those reported by other authors using comparable breeds (Rota *et al.*, 1993; Delgado-Pertíñez *et al.*, 2009b; Zervas y Tsiplakou, 2011; Sanchez-Macias *et al.*, 2014; Torres *et al.*, 2014; Hernandez-Castellano *et al.*, 2016; Kusza *et al.*, 2018). However, the milk had similar lactose levels to those reported by several authors (Zervas y Tsiplakou, 2011; Hernandez-Castellano *et al.*, 2016; Kusza *et al.*, 2018), but lower levels than those reported by others (Delgado-Pertíñez *et al.*, 2009b; Torres *et al.*, 2014; Margatho *et al.*, 2018). Both the fat and protein content are correlated with the energy of the diet, although in an opposite way. Undernutrition mainly due to grazing results in a decrease in protein and an increase in fat due to the mobilization of body fat (Zervas y Tsiplakou, 2011). However, the high protein content in this study demonstrates that the goats were fed adequately.

High pH values for kid meat are widespread in the literature, suggesting that goats are generally highly prone to stress (Webb *et al.*, 2005; Casey y Webb, 2010). The pH values found in the literature for kids were similar to those reported in the present study (Marichal *et al.*, 2003; Bañón *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2007; Peña *et al.*, 2009a; Ripoll *et al.*, 2011a; Teixeira *et al.*, 2011; Sañudo *et al.*, 2012; Ripoll *et al.*, 2019a) with comparable farming systems and slaughter weights. Most of the reported values were in the range from 5.5 to 5.8, which is considered optimal for goat meat (Herold *et al.*, 2007). However, Tinerfeña raised with natural milk had a pH = 6.01, indicating preslaughtering stress (Dhanda *et al.*, 2003b). While suckling lambs reared with natural milk or milk replacers had the same pH (Osorio *et al.*, 2008), kids are very sensitive to preslaughter stress (from transport, lairage, isolation, etc.) (Ripoll *et al.*, 2011a). Young kids are more susceptible to emotional stress than old ones (Sañudo *et al.*, 2012) because younger animals are still largely dependent on their dams (Napolitano *et al.*, 1995). Therefore, the higher frequency of kids fed milk replacers with high pH values could be explained because kids weaned early do not have enough skills to manage emotional stress (Napolitano *et al.*, 1995). The consequences of preslaughter stress are well known and are often responsible for DFD meats (Dhanda *et al.*, 2003b). However, the meat of the group with high pH values did not show a modified moisture content. Moreover, the Warner-Bratzler shear force and the hardness of the cooked meat were lower in the meats with high pH than in the meat with low pH. Watanabe *et al.* (1996) reported that toughness increased from 5.5 to 5.8 with higher pH values. However, high pH values increased other textural parameters, such as chewiness and adhesiveness. Therefore, high pH kid meat is not tough but may be perceived as different by consumers. In addition to these different textural characteristics, high pH values are undesirable because the spoilage of meat increases when the pH is close to 7 (Lawrie, 1998).

The chemical composition of light suckling kid meat, especially intramuscular fat, was influenced mainly by the breed, but the rearing system had a slight influence. In agreement with these results, Zurita-Herrera *et al.* (2013) and Argüello *et al.* (2005) did not find differences in the chemical composition of LTL between the same rearing systems. It has been confirmed that the low amount of IMF is characteristic of suckling

kids (Ripoll *et al.*, 2012a; Vacca *et al.*, 2014), because visceral fat deposits tend to be increased before intramuscular fat deposits in goats (Banskalieva *et al.*, 2000). However, an exception was found in Cabra del Guadarrama with IMF higher than 4 %.

To the best of our knowledge, there have been no TPA studies of suckling kid meat, either raw or cooked. Nor has there been any TPA study of suckling lambs with comparable slaughter weights. Choi *et al.* (2018) reported that the meat of Australian lamb had higher hardness and adhesiveness, similar springiness, chewiness and cohesiveness and lower cohesiveness than those of kid meat. Önenç *et al.* (2015) also reported higher values of hardness but lower chewiness of lamb meat compared to suckling kid meat. Bañón *et al.* (2006) did not use the TPA but studied the sensory characteristics of suckling kids. Hence, these researchers did not find differences in chewiness between rearing systems, but meat from kids fed milk replacers was tenderer than that from natural milk-fed kids. Comparing more meats to suckling kid meat, duck cooked breast had higher hardness, lower chewiness and springiness and similar cohesiveness and resilience as kid meat (Khan *et al.*, 2019). Both raw and cooked chicken breast had higher hardness and lower chewiness than kid meat (Rabeler y Feyissa, 2018). Romero de Ávila *et al.* (2014) performed a TPA of cooked hams, which had higher hardness and lower adhesiveness, cohesiveness and springiness than suckling kid meat. However, different variations in the TPA parameters, such as the compression ratio and speed, and the dimensions of the samples make the comparison of results challenging (Novaković y Tomašević, 2017). Therefore, Wee *et al.* (2018) measured the texture profile of 59 foods and found significant correlations between the chemical composition and the textural properties of food. These authors reported that carbohydrate content decreases hardness. Adhesiveness was the variable most influenced by chemical composition, being increased by humidity and decreased by protein and fat contents. Regarding the effect of cooking, Ruiz de Huidobro *et al.* (2005) reported that hardness, chewiness and springiness of beef increase with cooking in disagreement with our results.

While TPA data are scarce, there is more information about the application of the Warner-Bratzler method to suckling kids and lambs. The literature often compares the use of natural milk and milk replacers to raise kids of just one breed, so conclusions

about the influence of milk replacers on meat quality are misleading. Hence, it has been reported that meat toughness is not affected by the rearing system when suckling lambs and kids are slaughtered at very low live weight (Argüello *et al.*, 2005; Osorio *et al.*, 2008). This is likely because collagen content and solubility are more affected by the age (Lawrie, 1998) than by the rearing system (Argüello *et al.*, 2005; Bañón *et al.*, 2006; Zurita-Herrera *et al.*, 2013). However, we found that some breeds, such as Payoya and Retinta, were affected by the rearing system but were affected in contrasting ways. Unfortunately, as far as we know, there are no similar studies focused on these breeds. Zurita-Herrera *et al.* (2013) reported low Warner-Bratzler shear force at 1 d *postmortem* on kids of Murciano-Granadina fed milk replacers. Values of approximately 30 N have been reported for very light suckling kids, such as *capretto* and *cabrito* at 1–2 d *postmortem* (Dhanda *et al.*, 2003b; Zurita-Herrera *et al.*, 2013; De Palo *et al.*, 2015), in agreement with the results of our study. Other authors reported higher values than 30 N for kid meat (Rotondi *et al.*, 2018; Yalcintan *et al.*, 2018a; Yalcintan *et al.*, 2018b) in meat aged from 1 d to 3 d. These values are also lower than those reported for other meats (Babiker *et al.*, 1990; Ripoll *et al.*, 2013; Calvo *et al.*, 2014). Additionally, these values are lower than the values of extremely tender beef (Huffman *et al.*, 1996; Miller *et al.*, 2001). Shackelford *et al.* (1991) reported that meat having Warner-Bratzler shear force values higher than 54 N would be assessed as tough by consumers. However, the transition from tough to tender occurred between 42 N and 48 N (Miller *et al.*, 2001). In our study, cooked meat had slightly less hardness than raw meat. Cooking softens the connective tissue but toughs the myofibrils. Therefore, the meat would be tougher or tenderer depending on the temperature and cooking time (Lawrie, 1998). Machlik y Draudt (1963) studied the influence of cooking time and temperature in very small cylinders of beef. These authors concluded that heating meat at 71°C decreased the toughness during the first 9 min of cooking. The samples of the kids were also small, and the samples reached the temperature endpoint quickly. Thus, toughness diminished due to cleavage of the peptide bonds and mature crosslinks (Lawrie, 1998).

1.6. CONCLUSIONS

The effect of rearing system on the textural profile was strongly modulated by breed. The values of Warner-Bratzler shear force and hardness found in these breeds

under both rearing systems were very low. Hence, the toughness of very light suckling kids should not be a determining factor in choosing a breed or rearing system. Nevertheless, the use of milk replacers increased the pH of meat, which modified the textural parameters, decreasing the shear force but increasing cohesiveness, adhesiveness and cohesiveness. Consequently, depending on the commercial strategy of the farm, the election of the breed and rearing system must be considered together.

2. EFFECT OF THE REARING SYSTEM ON THE COLOR OF FOUR MUSCLES OF SUCKLING KIDS

Este apartado ha dado lugar a la publicación:

Ripoll G., Alcalde M.J., Argüello A., Córdoba M.G., Panea B. 2019. Effect of the rearing system on the color of four muscles of suckling kids. *Food Science & Nutrition*, 7: 1502-1511

2.1. RESUMEN

El objetivo de esta publicación fue estudiar la influencia del uso de lactoreemplazantes en el color de cuatro músculos de cabrito lechal. Se sacrificaron 246 cabritos lechales para conseguir canales de 5 kg. El color de los músculos *biceps femoris*, *semimembranosus*, *semitendinosus* y *longissimus thoracis* se midió con un espectrofotómetro y se registraron las coordenadas de color en el espacio CIELab. El efecto del sistema de lactancia en el color de los músculos estudiados estuvo fuertemente condicionado por la raza.

En términos generales, hay dos grupos de cabritos de acuerdo al color de su carne. El primer grupo, cuya carne tuvo valores altos de Luminosidad y Tono, incluye a las razas Malagueña, Palmera y Tinerfeña criadas en ambos sistemas de lactancia. El segundo grupo, caracterizado por tener una carne con un índice de rojo alto incluyó la Retinta, Payoya y Verata criadas en ambos sistemas junto con la Florida alimentada con leche de sus madres y la Cabra del Guadarrama alimentada con lactoreemplazante. Así pues, los criadores deberían considerar elegir conjuntamente la raza ligada al sistema de lactancia en función del tipo de carne que quieran producir. La mayoría de la carne de cabrito con pH alto procedió de animales criados con lactoreemplazantes. Como este sistema de lactancia lleva a cabo destetes muy tempranos, que pueden inducir pHs altos y carnes oscuras, se proponen dos estrategias de cría con lactoreemplazantes. Una opción es elegir razas menos sensibles al estrés que produzcan carne con pH normal. La otra opción sería restringir la lactancia natural, pero minimizando la separación de la madre.

2.2. INTRODUCTION

Spain produces 10.9 % of kid meat in the European Union, and 80 % of this kid meat originates from the light suckling kid category (*cabrito*) (MAPAMA, 2016b). Goat milk is a valuable product. Therefore, some goat farmers remove kids from their dams at a very young age and rear them with milk replacers to produce cheese from the mother's milk. When kid goats are reared with their dams, the quantity and quality of milk available for cheese production may change. Hence, milk from Florida, with no suckling kids, has more fat, protein and non-fat dry extract than milk from dams suckling kids (Delgado-Pertíñez *et al.*, 2009b), although other breeds only show a tendency to increase fat and protein in milk from dams with no suckling kids (Delgado-Pertíñez *et al.*, 2009a). However, some farmers still rear kids with their dams because it is believed that kid meat is more tender when they are reared with natural milk than artificial suckling systems (Argüello *et al.*, 2005). On the other hand, the leg chops of kids reared with milk replacers are preferred by consumers because the meat is paler and dull, having lower a^* and C_{ab}^* values. Additionally, the purchase intention during the time of display is greater for kids reared with natural milk than that for kids reared with milk replacers (Ripoll *et al.*, 2018a).

Although the *longissimus thoracis et lumborum* (LTL) is the most common muscle used in studies focused on suckling kid meat color (Dhanda *et al.*, 2003b; Todaro *et al.*, 2004; Bañón *et al.*, 2006; Bonvillani *et al.*, 2010; Ekiz *et al.*, 2010; Teixeira *et al.*, 2011), other studies have measured the color of other muscles, such as *semitendinosus* or *triceps brachii* (Marichal *et al.*, 2003; Argüello *et al.*, 2005; Zurita-Herrera *et al.*, 2013). Kid meat is often sold as rib and leg chops. The largest muscle by area in rib chops is the LTL, but leg chops provide other muscles to consumers than the LTL, which are also important for the purchase decision (Ripoll *et al.*, 2018a). Muscles from the leg and LTL have different functions, different metabolism patterns and different proportions of muscle fiber types, which are correlated with color (Lee *et al.*, 2010). Hence, the use of natural milk or milk replacers could affect the color of the muscles differently. Therefore, the aim of this work was to study the influence of the use of milk replacers on the color of four muscles of eight breeds of suckling kids.

2.3. MATERIAL AND METHODS

Animals

All procedures were conducted according to the guidelines of Directive 2010/63/EU on the protection of animals used for experimental and other scientific purposes (E.U., 2010).

Suckling male kids of 8 goat breeds (Florida, FL; Cabra del Guadarrama, GU; Majorera, MA; Palmera, PL; Payoya, PY; Retinta, RE; Tinerfeña, TI; Verata, VE) were reared in two or three farms per breed in their respective local areas. Animals were all born from single parturitions. Half of these animals were raised with milk replacers (MR), and the other half were raised with natural milk from dams (NM). Kids reared on the MR rearing system were fed colostrum for the first 2 days and had free access to the milk replacer 24 h per day, which was suckled from a teat connected to a unit for feeding a liquid diet. Commercial milk replacers were reconstituted at 17 % (w/v) and given warm (40°C). The main ingredients was skimmed milk (≈ 60 %) and whey. The chemical composition of milk replacers was: Total fat 25 % ± 0.6 , crude protein 24 % ± 0.5 , crude cellulose 0.1 % ± 0.0 , ash 7 % ± 0.6 , Ca 0.8 % ± 0.1 , Na 0.5 % ± 0.2 , P 0.7 % ± 0.0 , Fe 36 mg/kg ± 4.0 , Cu 3 mg/kg ± 1.7 , Zn 52 mg/kg ± 18.8 , Mn 42 mg/kg ± 14.4 , I 0.22 mg/kg ± 0.06 , Se 0.1 mg/kg ± 0.06 and BHT 65 ppm ± 30 . Kids reared on the NM rearing system suckled directly from dams with no additional feedstuff. At night, they were housed with their dams in a stable. Kids from both rearing systems had no access to concentrates, hay, forages or other supplements.

The numbers of kids used are shown in Table 6. A total of 246 kids were slaughtered at a live weight of 8.47 kg ± 0.077 kg. Standard commercial procedures according to the European guidelines for the protection of animals at the time of killing (E.U., 2009) were followed. Head-only electrical stunning was applied (1.00 A) to kids, and they were then exsanguinated and dressed. Thereafter, hot carcasses, including the head and kidneys, were weighed, achieving a hot carcass weight (HCW) of 4.97 kg ± 0.061 kg. Afterwards, carcasses were hung by the Achilles tendon and chilled for 24 h at 4°C.

Carcass sampling

After carcass chilling, the LTs of the right half of the carcasses were extracted, vacuum-packed and aged for 3 days. Afterwards, the *longissimus thoracis* muscle (LT) was extracted from the bag, a layer of muscle was retired to allow 1 hour of blooming and the color was measured. Then, pH was measured with a pH-meter equipped with a Crison 507 penetrating electrode (Crison Instruments S.A., Barcelona, Spain).

The right hind leg was vacuum-packed and stored at -20°C. Then, a chop of each frozen leg was sliced and thawed overnight at 4°C in darkness. The *biceps femoris* (BF), *semimembranosus* (SM) and *semitendinosus* (ST) muscles of the leg were chosen (Popesko, 1977) because they are the muscles that represent most of the area of the chop, and the color was measured.

Instrumental color

The muscle colors were measured using a Minolta CM-2006d spectrophotometer (Konica Minolta Holdings, Inc., Osaka, Japan) in CIEL*a*b* space (CIE, 1986) with the specular component included, 0 % UV, an observer angle of 10° and zero and white calibration. The integrating sphere had a 52 mm diameter, and the measurement area (diameter of 8 mm) was covered with a CM-A149 dust cover (Konica Minolta Holdings, Inc., Osaka, Japan). The illuminant used was D65. The spectrophotometer was rotated 90° on the horizontal plane before each reading, and the mean of 3 readings was used for analysis. The lightness (L*), redness (a*) and yellowness (b*) indexes were recorded using the SpectraMagic NX software (Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan), and the hue angle ($h_{ab} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$) and chroma ($C_{ab}^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$) were calculated.

Statistical analysis

All statistics were calculated using the XLSTAT statistical package v.3.05 (Addinsoft, USA). The studied variables were analyzed using ANCOVA with the breed (B), rearing system (RS) and their interaction as fixed effects and the hot carcass weight (HCW) as a covariate. The least square means were estimated, and differences between means were tested with the Bonferroni test at a 0.05 level of significance.

Principal Components Analysis (PCA) was performed with the color variables of the four muscles studied. PCA was performed to determine the number of independent variables that account for most of the data variation. Variables with a factorial load greater than 0.7 were retained, and PCA was repeated. The retained variables were the L^* , a^* and h_{ab} of the four muscles. The KMO test value was 0.84, and the Bartlett's test of sphericity was significant ($P < 0.0001$). A Varimax rotation was applied to redistribute the variance among factors.

Kids were clustered together based on their pH by k-means clustering. The number of clusters was selected to identify significant pH differences among all clusters and to avoid clusters formed by 10 or fewer observations. Then, ANCOVA was carried out for the pH and color variables, with the pH cluster as fixed effect and HCW as a covariate. A Bonferroni test was used to compare means, with a significance of $P < 0.05$. The independence between the rearing system and cluster of pH was tested with the χ^2 test.

2.4. RESULTS

pH of the longissimus thoracis

The pH ranged from 5.49 to 6.38 (Table 6). There was a significant interaction between breed and rearing system ($P < 0.001$). The rearing system did not modify the pH in most of the breeds ($P > 0.05$). However, Palmera, Payoya and Tinerfeña kids reared with milk replacers had a higher pH than that of kids reared with natural milk ($P < 0.05$).

Instrumental color of the muscles

The color of LT is shown in Table 6. All of the color variables were affected by the interaction between the breed and rearing system ($P < 0.001$). The use of milk replacers increased the L^* of Payoya ($P < 0.05$) and decreased L^* of Tinerfeña ($P < 0.05$), but the other breeds were not affected ($P > 0.05$). There was a large range of h_{ab} values, from 20.97 to 95.70. Most of the breeds were not affected by the rearing system, but Florida, Cabra del Guadarrama and Malagueña kids had increased h_{ab} values when fed with MR ($P < 0.05$).

Table 6. Color and pH of the *longissimus thoracis* muscle of kids reared with a milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).

B [†]	RS	n	pH	L*	a*	b*	<i>h</i> _{ab}	<i>C</i> _{ab} *
FL	MR	15	5.54 ^g	58.75 ^a	-1.20 ^g	12.42 ^{bcd}	95.70 ^a	12.34 ^{cde}
	NM	15	5.49 ^g	55.69 ^{abcd}	0.55 ^{fg}	13.08 ^b	88.06 ^b	12.91 ^{cde}
GU	MR	15	5.75 ^{de}	50.84 ^{defg}	4.31 ^d	8.28 ^{ef}	62.73 ^f	9.48 ^f
	NM	16	5.71 ^{def}	48.66 ^{fg}	7.37 ^c	9.00 ^e	50.80 ^g	12.06 ^{cde}
MA	MR	16	5.84 ^{cd}	52.5 ^{cdefg}	9.40 ^c	7.23 ^{fg}	39.82 ^h	11.83 ^{de}
	NM	16	5.86 ^{cd}	54.42 ^{abcdef}	14.95 ^a	7.33 ^{fg}	25.53 ^{jk}	16.40 ^a
PL	MR	15	6.38 ^a	58.61 ^{ab}	14.03 ^{ab}	5.78 ^h	20.97 ^k	14.66 ^{abc}
	NM	16	5.97 ^{bc}	54.81 ^{abcde}	12.02 ^b	6.08 ^{gh}	27.29 ^{ij}	13.24 ^{cde}
PY	MR	16	5.78 ^{dc}	54.45 ^{abcde}	2.35 ^{def}	13.46 ^b	80.83 ^{cd}	13.79 ^{bcd}
	NM	14	5.64 ^{efg}	49.15 ^{fg}	1.54 ^f	11.25 ^d	83.07 ^{bc}	11.52 ^{de}
RE	MR	15	5.54 ^{fg}	55.85 ^{abc}	3.95 ^{de}	15.22 ^a	75.62 ^{de}	15.82 ^{ab}
	NM	15	5.47 ^g	53.33 ^{bcdefg}	3.86 ^{de}	13.26 ^b	74.26 ^e	13.83 ^{bcd}
TI	MR	16	6.05 ^b	47.94 ^g	12.33 ^b	7.18 ^{fg}	31.51 ⁱ	14.09 ^{bcd}
	NM	16	5.84 ^{cd}	56.99 ^{abc}	12.27 ^b	6.38 ^{gh}	27.98 ^{ij}	13.70 ^{cde}
VE	MR	15	5.75 ^{de}	50.32 ^{efg}	0.73 ^{fg}	11.77 ^{cd}	86.12 ^{bc}	11.60 ^{de}
	NM	15	5.83 ^{cd}	53.77 ^{bcdef}	1.89 ^{ef}	13.01 ^{bc}	82.08 ^{bc}	13.18 ^{cde}
s.e.			0.037	1.587	0.712	0.452	2.145	0.705
B			0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
RS			0.0001	0.70	0.003	0.28	0.0001	0.25
B*RS			0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

[†] B, Breed; RS, Rearing system; FL, Florida; GU, del Guadarrama; MA, Majorera; PL, Palmera; PY, Payoya; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; VE, Verata; s.e., standard error. The least square means were adjusted for a hot carcass weight of 4.97 kg. Different superscripts in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$).

The color of the muscle BF is shown in Table 7. All of the color variables except b^* were affected by the interaction between the breed and rearing system ($P < 0.05$), but the breed and rearing system separately affected b^* ($P < 0.01$). Guadarrama and Majorera fed NM had greater a^* and C_{ab}^* values than those their counterparts fed MR. However, in the other breeds, no differences were found between rearing systems for any of the rest of the considered variables ($P > 0.05$).

The color of the muscle SM is shown in Table 8. L^* , b^* and h_{ab} were only affected by breed ($P < 0.001$), and a^* and C_{ab}^* were influenced by the interaction between the rearing system and breed ($P < 0.05$). Therefore, the number of color variables and also the level of significance of the affected variables were lower than those of the other

muscles. MA had a greater a^* value when fed NM than when fed MR ($P > 0.05$). The use of NM tended to increase C_{ab}^* , especially for GU and MA, although the differences between rearing systems were not significant ($P > 0.05$).

Table 7. Color of the *biceps femoris* muscle from kids reared with a milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).

B [†]	RS	L*	a*	b*	h_{ab}	C_{ab}^*
FL	MR	46.83 ^a	4.18 ^e	7.76 ^{ab}	62.05 ^a	8.86 ^e
	NM	44.81 ^{ab}	6.35 ^{cde}	7.94 ^{ab}	51.14 ^{ab}	10.33 ^{cde}
GU	MR	42.80 ^{bcd}	7.31 ^{cd}	7.37 ^{abc}	45.08 ^{bc}	10.50 ^{cde}
	NM	39.99 ^d	10.62 ^a	7.49 ^{abc}	35.70 ^c	13.29 ^{ab}
MA	MR	45.62 ^{ab}	5.28 ^{de}	7.97 ^{ab}	56.33 ^{ab}	9.79 ^{de}
	NM	44.42 ^{ab}	7.60 ^{bc}	8.97 ^a	49.31 ^{ab}	11.86 ^{abc}
PL	MR	45.58 ^{ab}	5.90 ^{cde}	8.09 ^{ab}	54.64 ^{ab}	10.25 ^{cde}
	NM	45.55 ^{ab}	6.82 ^{cd}	8.73 ^{ab}	52.57 ^{ab}	11.21 ^{bcd}
PY	MR	40.44 ^{cd}	7.89 ^{bc}	5.55 ^c	35.35 ^c	9.78 ^{de}
	NM	43.03 ^{abcd}	7.09 ^{cd}	6.91 ^{bc}	44.40 ^{bc}	10.18 ^{cde}
RE	MR	46.25 ^{ab}	7.50 ^{bc}	9.23 ^a	50.67 ^{ab}	11.95 ^{abc}
	NM	42.67 ^{bcd}	9.82 ^{ab}	9.00 ^a	43.04 ^{bc}	13.43 ^a
TI	MR	44.82 ^{ab}	6.06 ^{cde}	7.41 ^{abc}	51.70 ^{ab}	9.80 ^{de}
	NM	45.48 ^{ab}	6.51 ^{cd}	8.91 ^a	54.36 ^{ab}	11.23 ^{bcd}
VE	MR	43.98 ^{abc}	7.09 ^{cd}	8.21 ^{ab}	49.12 ^b	10.88 ^{cd}
	NM	46.01 ^{ab}	6.31 ^{cde}	8.69 ^{ab}	53.86 ^{ab}	10.84 ^{cd}
s.e.		0.774	0.457	0.395	2.586	0.386
B		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
RS		0.16	0.0001	0.002	0.051	0.0001
B*RS		0.001	0.0001	0.290	0.0001	0.015

[†] B, Breed; RS, Rearing system; FL, Florida; GU, del Guadarrama; MA, Majorera; PL, Palmera; PY, Payoya; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; VE, Verata; s.e., standard error.

The least square means were adjusted for a hot carcass weight of 4.97 kg.

Different superscripts in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$).

The color of the muscle ST is shown in Table 9. All of the color variables except C_{ab}^* were affected by the interaction between the breed and rearing system ($P < 0.05$). In general terms, the use of MR increased the L* and h_{ab} values and decreased the a* and C_{ab}^* values. However, the use of MR conversely affected the color of Payoya meat. Florida and Majorera fed MR had the highest L* value, and Guadarrama fed NM had the lowest L* value ($P < 0.05$). Florida and Majorera reared with MR had the highest h_{ab} value and the lowest C_{ab}^* value ($P < 0.05$). On the other hand, Guadarrama fed NM had the

lowest h_{ab} value ($P < 0.05$). Florida fed MR and Guadarrama fed NM had the lowest and the highest C_{ab}^* values ($P < 0.05$), respectively.

Table 8. Color of the *semimembranosus* muscle from kids reared with a milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).

B [†]	RS	L*	a*	b*	h_{ab}	C_{ab}^*
FL	MR	47.56 ^a	4.19 ^e	7.26 ^{abc}	59.45 ^{ab}	8.37 ^f
	NM	47.40 ^{ab}	5.52 ^{cde}	6.33 ^{bc}	65.58 ^a	8.57 ^{ef}
GU	MR	43.37 ^{ab}	7.23 ^{abcd}	7.26 ^{abc}	44.70 ^{ab}	10.38 ^{abcde}
	NM	41.70 ^{ab}	9.60 ^a	7.27 ^{abc}	40.08 ^b	12.29 ^a
MA	MR	44.79 ^{ab}	5.28 ^{de}	7.32 ^{abc}	54.05 ^{ab}	9.27 ^{def}
	NM	44.23 ^{ab}	7.36 ^{abc}	7.98 ^{ab}	45.69 ^{ab}	11.02 ^{abcd}
PL	MR	44.82 ^{ab}	5.87 ^{cde}	7.52 ^{abc}	51.64 ^{ab}	9.80 ^{cdef}
	NM	44.59 ^{ab}	6.75 ^{bcd}	8.07 ^{ab}	49.24 ^{ab}	10.78 ^{abcd}
PY	MR	41.69 ^b	7.18 ^{bcd}	5.77 ^c	38.89 ^b	9.40 ^{def}
	NM	42.89 ^{ab}	6.82 ^{bcd}	6.51 ^{bc}	44.50 ^{ab}	9.64 ^{cdef}
RE	MR	45.98 ^{ab}	7.20 ^{abcd}	8.94 ^a	50.46 ^{ab}	11.56 ^{abc}
	NM	43.32 ^{ab}	8.82 ^{ab}	7.94 ^{ab}	43.87 ^{ab}	12.03 ^{ab}
TI	MR	45.03 ^{ab}	5.68 ^{cde}	7.07 ^{abc}	50.85 ^{ab}	9.31 ^{def}
	NM	44.52 ^{ab}	6.33 ^{cde}	8.29 ^{ab}	52.64 ^{ab}	10.69 ^{abcde}
VE	MR	44.79 ^{ab}	6.46 ^{cd}	7.82 ^{ab}	51.55 ^{ab}	10.15 ^{bcde}
	NM	46.16 ^{ab}	6.02 ^{cde}	7.84 ^{ab}	52.93 ^{ab}	9.97 ^{cdef}
s.e.		1.186	0.445	0.407	5.099	0.394
B		0.0001	0.0001	0.0001	0.001	0.0001
RS		0.51	0.0001	0.44	0.73	0.0001
B*RS		0.80	0.012	0.053	0.73	0.042

[†] B, Breed; RS, Rearing system; FL, Florida; GU, del Guadarrama; MA, Majorera; PL, Palmera; PY, Payoya; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; VE, Verata; s.e., standard error. The least square means were adjusted for a hot carcass weight of 4.97 kg. Different superscripts in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$).

Figure 3 shows a bi-plot of the Principal Component Analysis of the color of the four studied muscles. The first component explained 57.5% of the data variability. This component included a* of the three leg muscles in a negative way, but included the L* of the four muscles and h_{ab} of the leg muscles in a positive way. The second component explained 16.75% of the variability including the a* and h_{ab} of the LT. It was observed that meat from kids fed MR was placed to the right of that of their counterparts fed NM. Therefore, kids fed MR had legs with high values of L* and h_{ab} and with low values of a*. On the other hand, kids fed MR had high a* value for the three muscles of the leg. Beside

this effect of the rearing system, the breed had an influence due to the color of the LT. Therefore, Majorera, Palmera and Tinerfeña had LTs with higher values of a^* and lower values of h_{ab} than those of the other breeds.

Table 9. Color of the semitendinosus muscle from kids reared with a milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).

B [†]	RS	L*	a*	b*	h_{ab}	C_{ab}^*
FL	MR	49.71 ^a	3.36 ^g	8.54 ^{cd}	68.43 ^a	9.19 ^e
	NM	48.29 ^{abc}	5.05 ^{defg}	8.82 ^{bcd}	60.20 ^{abc}	10.25 ^{de}
GU	MR	44.89 ^{bcde}	7.14 ^{abcde}	8.76 ^{bcd}	51.30 ^{cdef}	11.42 ^{abcd}
	NM	41.64 ^e	9.73 ^a	7.86 ^d	39.93 ^f	12.70 ^a
MA	MR	49.40 ^a	4.28 ^{fg}	9.83 ^{abc}	67.23 ^a	10.96 ^{cd}
	NM	47.15 ^{abcd}	6.22 ^{bcdef}	10.18 ^{ab}	58.96 ^{abcd}	12.09 ^{abcd}
PL	MR	48.11 ^{abcd}	5.23 ^{bcde}	9.29 ^{bcd}	61.04 ^{abc}	10.87 ^{cde}
	NM	47.36 ^{abcd}	6.72 ^{bcde}	9.73 ^{abc}	56.48 ^{abcde}	12.04 ^{abcd}
PY	MR	44.15 ^{de}	7.68 ^{abcd}	7.95 ^d	46.11 ^{ef}	11.12 ^{abcd}
	NM	46.27 ^{abcd}	6.26 ^{bcdef}	8.44 ^{cd}	54.57 ^{bcde}	10.87 ^{cd}
RE	MR	46.69 ^{bcd}	6.78 ^{bcde}	9.65 ^{abc}	54.72 ^{bcde}	11.85 ^{abcd}
	NM	44.71 ^{bcde}	8.67 ^{ab}	8.53 ^{cd}	45.00 ^{ef}	12.23 ^{abc}
TI	MR	48.74 ^{ab}	4.64 ^{efg}	9.77 ^{abc}	65.38 ^{ab}	11.02 ^{abcd}
	NM	48.36 ^{ab}	5.95 ^{bcdef}	10.77 ^a	61.76 ^{abc}	12.51 ^{ab}
VE	MR	44.84 ^{bcde}	7.38 ^{abcde}	7.94 ^d	47.38 ^{def}	10.96 ^{bcd}
	NM	44.52 ^{cde}	7.69 ^{abc}	8.19 ^d	47.23 ^{def}	11.40 ^{abcd}
s.e.		0.778	0.512	0.299	2.577	0.320
B		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
RS		0.010	0.0001	0.51	0.000	0.0001
B*RS		0.041	0.006	0.009	0.005	0.08

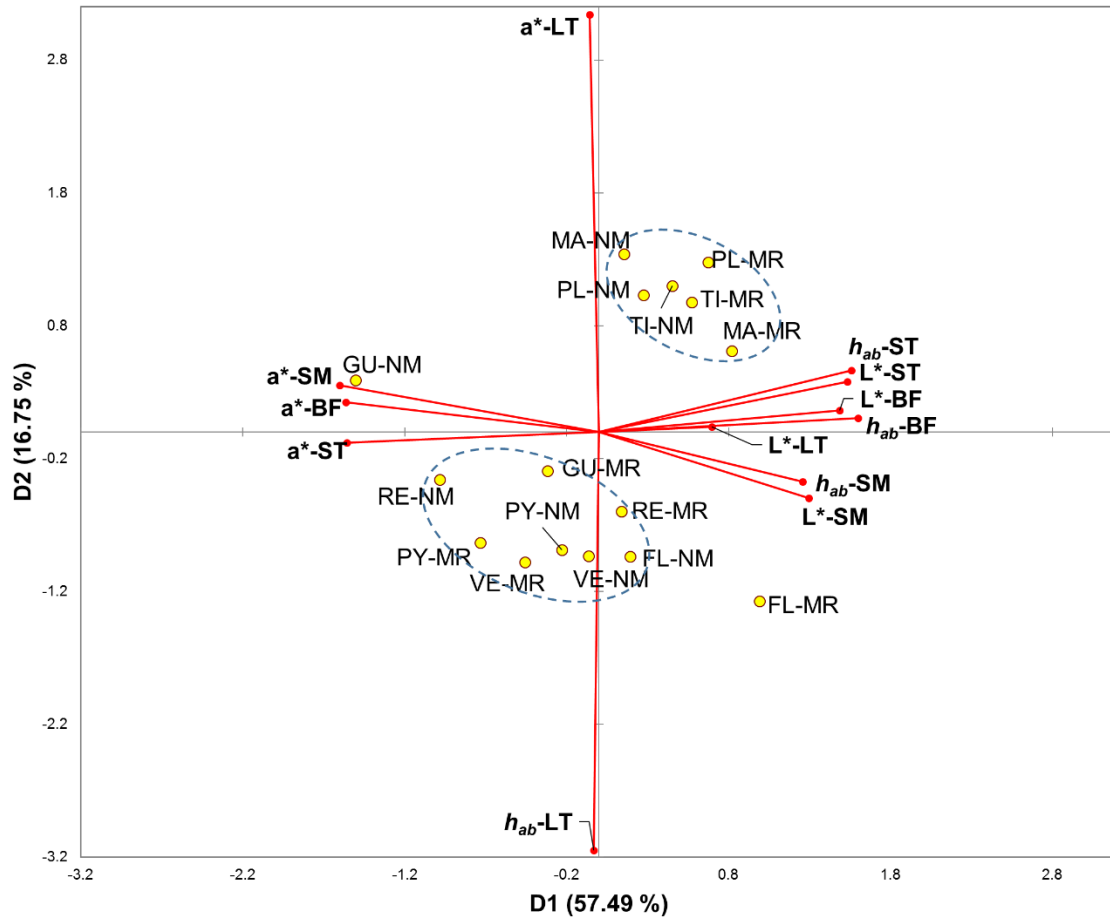
[†] B, Breed; RS, Rearing system; FL, Florida; GU, del Guadarrama; MA, Majorera; PL, Palmera; PY, Payoya; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; VE, Verata; s.e., standard error. The least square means were adjusted for a hot carcass weight of 4.97 kg. Different superscripts in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$).

Effect of pH on muscle color.

Once the meat samples were clustered according their pH, the percentage of samples within each cluster, average pH and percentage of kids fed MR within each cluster were calculated and are shown in Figure 4. There were significant differences in pH between clusters ($P < 0.001$). There was a relationship between the rearing system and cluster of pH ($\chi^2 = 11.7$; $P = 0.02$). Therefore, the frequency of kids from both rearing systems was similar in clusters from CL1 to CL4, which had pH values below 6, but 80.8

% of kids from cluster 5 were MR. The differences of the L^* , h_{ab} and C_{ab}^* values of the four studied muscles between clusters are shown on Figure 5.

Figure 3. Bi-plot of Principal Component Analysis of the instrumental color of 4 muscles from kids reared with a milk replacer (MR) or natural milk (NM) from their dams.

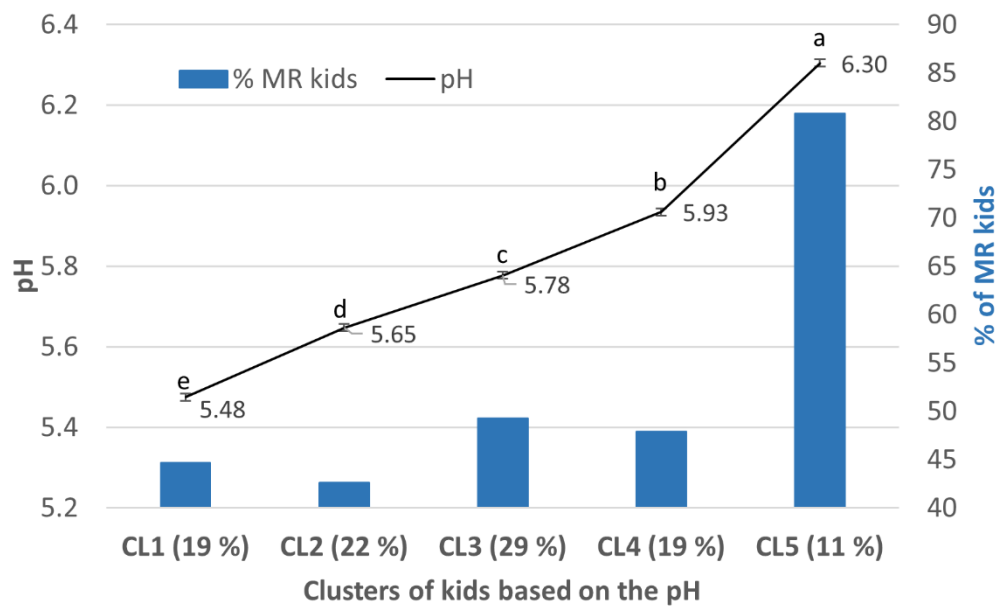


BF, *biceps femoris*; SM, *semimembranosus*; ST, *semitendinosus*; LT, *longissimus thoracis*; NM, natural milk; MR, milk replacer; FL, Florida; GU, del Guadarrama; MA, Majorera; PL, Palmera; PY, Payoya; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; VE, Verata; s.e., standard error.

The LT had a higher L^* value than that of the other muscles. This muscle had a higher L^* value of CL1 than those of CL2, CL3 and CL4 ($P < 0.05$) and similar value to that of CL5 ($P > 0.05$). The other muscles had moderate differences among clusters, and CL2 and CL3 tended to have lower values than CL1 and CL5. The h_{ab} value of LT decreased almost linearly with the increase of pH, with significant differences among clusters ($P < 0.05$). However, BF, SM and ST had a pattern similar to L^* . The BF of CL1 had a higher h_{ab} value than that of CL2 and CL3 ($P < 0.05$) and a similar value to that CL4 and CL5 ($P >$

0.05). The h_{ab} value of SM was similar in every cluster ($P > 0.05$). The CL3 of ST had the lowest values, while the other clusters had similar values ($P > 0.05$). CL1 of LT had the highest values of C_{ab}^* together with those CL4 and CL5 ($P > 0.05$). BF and SM were not affected by pH, and the CLI of ST had the lowest C_{ab}^* value, while the other clusters had similar values ($P > 0.05$).

Figure 4. Clusters of kids based on the pH and percentage of MR kids within each cluster. The percentage of kids per cluster is between brackets.



The observed frequency of kids fed MR within the CL5 cluster was greater ($P < 0.05$) than the expected frequency ($\chi^2 = 9.48$; $P < 0.05$). Different superscripts indicate significant differences in pH between clusters ($P < 0.05$).

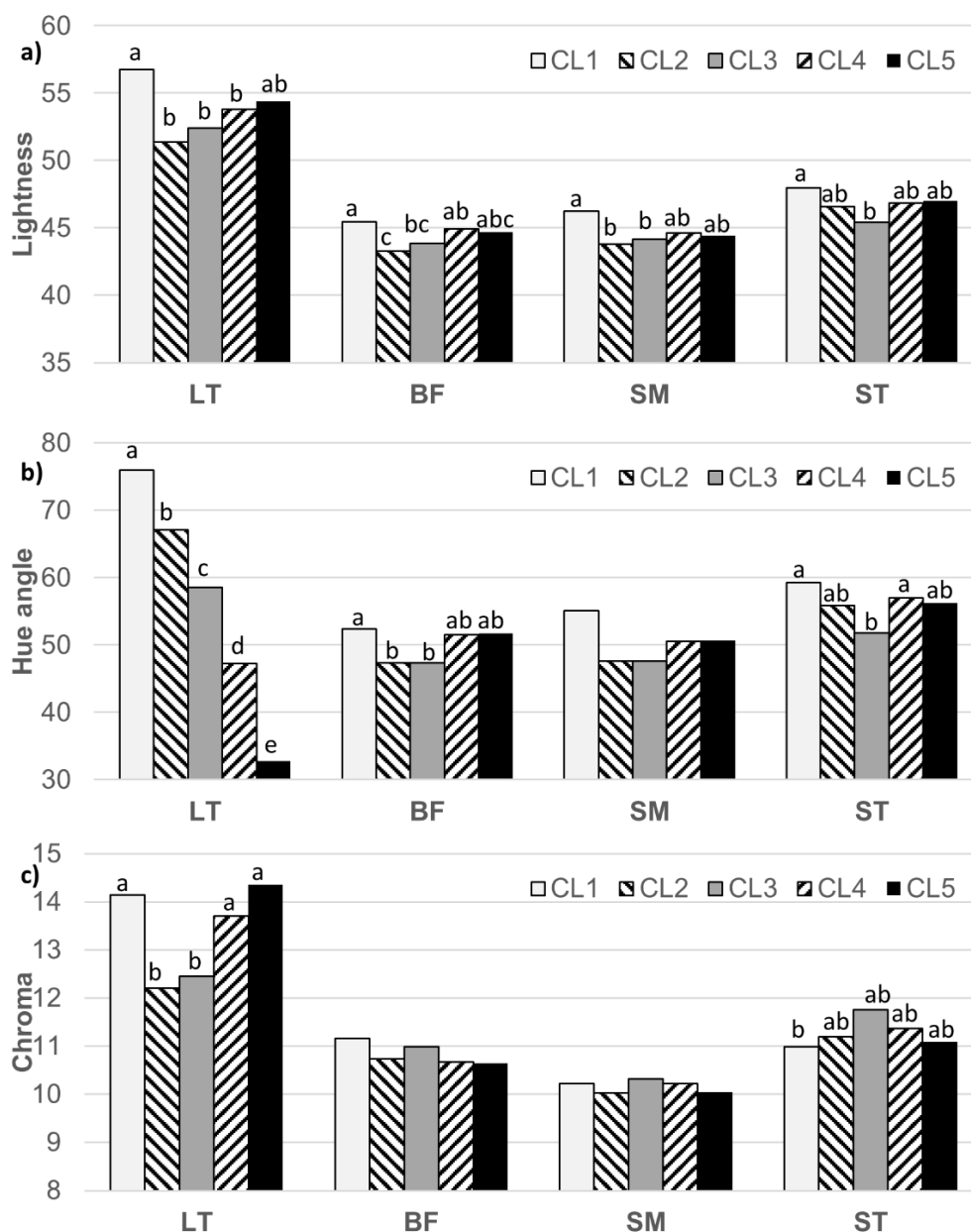
2.5. DISCUSSION

pH of the *longissimus thoracis*

High pH values for suckling kids are widespread in the literature, indicating that kids are inclined to stress because the goat species is excitable (Casey y Webb, 2010) and sensitive to the stress of pre-slaughter management (transport, lairage, etc.) (Ripoll *et al.*, 2011a). The pH values found in the literature for light suckling kids are similar and even higher than those reported in the present study (Marichal *et al.*, 2003; Bañón *et al.*, 2006; Teixeira *et al.*, 2011; Sañudo *et al.*, 2012). Moreover, young kids are more

susceptible to emotional stress than old ones (Sañudo *et al.*, 2012) because younger animals are still largely dependent on their mothers (Napolitano *et al.*, 1995).

Figure 5. Influence of clusters based on the meat pH on the color of 4 muscles. LT, longissimus thoracis; BF, biceps femoris; SM, semimembranosus; ST, semitendinosus.



CL1, cluster with a mean pH =5.48; CL2, cluster with a mean pH =5.65; CL3, cluster with a mean pH =5.78; CL4, cluster with a mean pH =5.93; CL5, cluster with a mean pH =6.30. Different superscripts within a muscle indicate significant differences between clusters ($P < 0.05$).

It was found in lambs that artificial feeding, associated with early weaning, adversely affects the ability of lambs to manage emotional stresses (Napolitano *et al.*,

1995), which could explain the high pH values of kids fed milk replacers and the higher frequency of kids fed milk replacers with high pH values.

Instrumental color of the muscles

Meat from very light suckling kids has high L* and low a* and b* values, resulting in a lighter and duller meat (Ripoll *et al.*, 2011a; De Palo *et al.*, 2015; Ripoll *et al.*, 2018a) than beef. This meat is paler even than that from suckling kids with heavier carcasses (Ozcan *et al.*, 2014) and concentrate-fed kids (Emami *et al.*, 2015). Some authors have reported that goat meat is significantly lighter and less yellow than lamb meat (Casey y Webb, 2010). Nevertheless, comparing suckling animals, kids are also lighter but have higher b* values and lower a* values than those of lambs (Lobón *et al.*, 2017). Finally, other authors have reported a difference of color (Δ_{ab}^*) between both type of meats of 1.97, which is not visually appreciable (Babiker *et al.*, 1990). This result is in agreement with the Δ_{ab}^* values of 2.2 and 3 for the just noticeable difference between two *stimuli* reported by some authors (Stokes *et al.*, 1992; ISO, 2004). Hence, the BF, SM and ST muscles in our study are very similar because the Δ_{ab}^* value ranged from 1.2 to 2.9. The LT muscle is a glycolytic muscle, while the SM muscle is an oxidative muscle (Alasnier *et al.*, 2000). However, frozen/thawed meat could show a different behavior due to the denaturalization of sarcoplasmic proteins. Argüello *et al.* (2005) reported that the LTL and SM muscles of light suckling kids had similar L* and h_{ab} values, with h_{ab} values of approximately 45, in accordance with the values we found for the leg muscles.

The meat color of pre-ruminants, such as suckling kids, is intensely affected by the feeding system (Ozcan *et al.*, 2014). However, the revised literature often compares the use of natural milk and milk replacers to raise kids of only one breed. Consequently, the literature results are often contradictory because it has been demonstrated that different breeds are differentially affected by feeding with milk replacers. Hence, milk replacers do not affect the L* value of fresh kid meat, independent of the measured muscle (Bañón *et al.*, 2006; Zurita-Herrera *et al.*, 2013; De Palo *et al.*, 2015). Additionally, De Palo *et al.* (2015) reported that the LT of kids fed natural milk had lower b* and h_{ab} values and no difference in the C_{ab}^* value compared to those of kids fed with milk replacers. The use of milk replacers decreased the b* value of the SM muscle (Zurita-Herrera *et al.*, 2013). However, as previously stated, the composition of goat milk is

dependent on the management system of goats (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008), which influences the color of meat, especially the a^* value. Some authors have explained that meat from kids reared with natural milk have lower a^* and greater h_{ab} values because the natural milk of goats is not rich in Fe (Sañudo *et al.*, 2012). Although grazing goats had normal levels of Se and Fe in plasma (Schweinzer *et al.*, 2017), a higher level of these elements was found in goat kids that were fed with a milk replacer (Wittek, 2002). However, Lanza *et al.* (2006) did not find differences in the h_{ab} and a^* values of suckling lamb meat even though the iron content of the milk replacer was greater than that of natural milk (Rodríguez *et al.*, 2008). Goat milk has a greater bioavailability of Fe and Se than that of cow milk (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008), a principal component of milk replacers. The h_{ab} is related to the state of the hemic pigment, while C_{ab}^* is related to the quantity of pigment (Renerre, 1982). Therefore, an increase in Fe should influence C_{ab}^* instead h_{ab} . Modifications in the status of the heme pigments could be related with the antioxidant status and glutathione peroxidase activity and hence the organic Se content. The organic or inorganic form of Se supplementation of goats or added to milk replacer is very important. Hence, sodium selenite act as a heme pigment pro-oxidant, increasing metmyoglobin formation (Zhan *et al.*, 2007), while selenium in organic forms, such as selenomethionine, is reported to be a potent antioxidant (Hamilton y Tappel, 1963). Zurita-Herrera *et al.* (2013) reported that the meat of kids suckling natural milk from dams grazing in pastures had a greater a^* value than that of kids fed NM and MR but reared indoors, possibly due to the intake of carotenoids from pastures (Lobón *et al.*, 2017). Kids fed NM and MR had the same L^* , a^* and b^* values measured for the LTL and SM muscles (Zurita-Herrera *et al.*, 2013). Also in disagreement with the concept of Fe deficiency, Bañón *et al.* (2006) and Argüello *et al.* (2005) reported that the LTL of kids reared with MR had a higher h_{ab} value and the same L^* value compared to those reared with NM, but the results disagreed concerning the C_{ab}^* value. The effect of rearing systems has also been studied in suckling lambs, where MR animals had greater a^* and lower b^* values (so, lower h_{ab}) than those of NM lambs (Osorio *et al.*, 2008).

Effect of pH on muscle color.

Depletion of glycogen prior to slaughter due to stress often occurs in dark meat because of the high pH. However, Kannan *et al.* (2003) did not find that dark meat from

goats was affected by transport stress, although the pH was altered. Ripoll *et al.* (2011a) studied the effect of increasing the pH of LT on suckling kid meat over a similar interval to that used in our study. These authors reported that the C_{ab}^* value increased as the pH approached 6, but remained constant between pH 6 and 7, which is in agreement with our study, but they did not find an effect on the L^* or h_{ab} values. Light suckling kids fed milk replacers are often more stressed, leading to meat with a high pH. This increase of pH decreases light scattering, which allows a long light path through the meat, and myoglobin becomes fully visible (Swatland, 2004). This meat is undesirable because of the large a^* and C_{ab}^* values and very low h_{ab} value and thus has a short shelf life (Ripoll *et al.*, 2018a). Argüello *et al.* (2005) did not find any correlations between pH and the C_{ab}^* or h_{ab} values, probably because the highest pH in that study was below 6. However, the reported increase of pH, from 5.48 (cluster 1) to 5.65 (cluster 2), led to great changes in the L^* , C_{ab}^* and h_{ab} values. Consequently, in agreement with Napolitano *et al.* (2002), the selection of rearing systems should take into account animal welfare in addition to product quality.

2.6. CONCLUSIONS

The effect of the rearing system on the color of the studied muscles is strongly modulated by the breed. Hence, farms should consider the selection of the breed and rearing system together to produce meat with the color that the consumer demands. Nevertheless, since artificial rearing systems comprising very early weaning might induce a high pH and dark color of muscle, two strategies of artificial rearing can be proposed. The first strategy is choosing less sensitive breeds that produce meat with a normal pH. The second strategy is restricting the suckling natural milk but minimizing the separation from mothers, e.g., keeping sensory (visual, olfactory and tactile) contact between kids and mothers.

3. EFFECT OF REARING SYSTEM ON THE STRAIGHT AND BRANCHED FATTY ACIDS OF GOAT MILK AND MEAT OF SUCKLING KIDS

Este apartado ha dado lugar a la publicación:

Ripoll G., Alcalde M.J., Argüello A., Córdoba M.G., Panea B. 2019. Effect of the rearing system on the straight and branched fatty acids of goat milk and meat of suckling kids. *Foods*, 9(4), 471

3.1. RESUMEN

La carne caprina se considera saludable porque tiene menos grasa y calorías que otras carnes. También es una carne rica en ácidos grasos ramificados con propiedades saludables. Se ha estudiado el efecto de la leche materna y de lactoreemplazantes en los ácidos grasos lineales y ramificados de la carne de cabrito lechal de cuatro razas. Además, se ha estudiado la composición proximal y de ácidos grasos del calostro y la leche. El calostro tuvo más proteína y grasa, y menos lactosa que la leche. La leche de cabra fue una fuente importante de ácidos grasos C18:1 c9 y C18:2 n-6. La carne de cabrito lechal también fue rica en C18:1c9. La grasa intramuscular de las razas de aptitud lechera tuvo mayor porcentaje de *trans* MUFA y de la mayoría de los isómeros del ácido C18:1c9, pero no del total de MUFA comparado con la grasa de las razas cárnicas. Sin embargo, las razas lecheras tuvieron carne con menor porcentaje de CLA que las cárnicas. La carne de los cabritos de lactancia natural tuvo mayor porcentaje de CLA y de ácidos grasos de cadena ramificada, y menor porcentaje de ácidos grasos n-6 que los alimentados con lactoreemplazantes. Tanto las razas lecheras como las cárnicas fueron una fuente importante de los ácidos grasos linoleico, α -linolenico, docohexanóico, eicosapentaenoico y araquidónico, que son ácidos grasos de cadena larga esenciales y saludables.

3.2. 1. INTRODUCTION

Approximately 119,000 tons of caprine meat were produced in Europe in 2017 (FAO, 2017). However, Mediterranean goat farms are mainly focused on dairy production, including cheese and milk products, because they have higher prices than cow milk (Yalcintan *et al.*, 2018a). In addition, goat milk is also generating great interest for human consumption due to its nutritional advantages and lack of allergenicity compared to cow milk (Aparnathi *et al.*, 2017). Accordingly, Europe produces 2,824,715 tons of goat milk, and 45 % is produced in South Europe (FAO, 2017). Although most of the incomes per goat on the dairy farm come from the sale of milk, 20 % of the total income comes from the sale of kids (Castel *et al.*, 2012). These kids are weaned very early and reared with milk replacers. Milk replacers specifically formulated for kids result in good daily weight gain. Moreover, this meat is perceived by consumers to be a high-quality meat, with most kids being slaughtered at the very light carcass weight of 5-7 kg (Marichal *et al.*, 2003).

However, some farmers, especially those who use autochthonous breeds, believe that early separation decreases both milk yield and growth of the kids. In addition, they also believe that meat from kids reared with milk replacers is tough (Argüello *et al.*, 2005) and, as a consequence, they are opposed to this practice. This belief could be explained because most of the kid meat with high pH, which may induce tough meat, comes from kids raised on milk replacers (Ripoll *et al.*, 2019a). On the other hand, the meat of kids reared with milk replacers was preferred by consumers according to visual appraisal, and consequently, the purchase intention of these consumers was high (Ripoll *et al.*, 2018a; Ripoll *et al.*, 2019b). Another advantage of meat from suckling kids fed natural milk is that it has a high percentage of hexanal, which has been positively related to both the flavor and overall acceptability (Ripoll *et al.*, 2019c).

On the other hand, goat meat is considered healthy because it has fewer calories and fat than meat from other meat species, such as pork or lamb (Ribeiro *et al.*, 2018) and because its fatty acid profile complies with the recommendation of the World Health Organization, which states that trans fatty acid intake should not reach more than 5 % (PAHO/WHO, 2007). In addition, goat meat is rich in branched chain fatty acids (BCFAs), and BCFAs are of interest for two main reasons. First, BCFAs, particularly short chain BCFAs, have an impact on the characteristic flavor of meat and dairy products (Woo y Lindsay, 1984; Brennand *et al.*, 1989; Alonso *et al.*, 1999; Watkins *et al.*, 2014). Second, some authors have described health advantages with BCFA consumption. Additionally, the intake of BCFAs is related to the correct function of the newborn gut (Ran-Ressler *et al.*, 2008) and the induction of apoptosis in breast cancer cells (Yang *et al.*, 2000). Considering these benefits, BCFAs could be considered bioactive compounds and deserve deep insight. BCFAs are mainly saturated fatty acids with at least one methyl branch on the carbon chain. Often, the branch is close to the end of the chain, producing the *iso*- and *anteiso*- isomers when the methyl branch is on the penultimate or antepenultimate carbon atoms. BCFAs are synthesized by bacteria as a main component of the bacterial membrane. Hence, BCFAs are found in meat and milk from ruminants because of rumen bacterial activity. In general, adipose tissues of goats are richer in these fatty acids than those of other ruminants (Duncan y Garton, 2007). However, very light suckling kids are functionally non ruminants (Serra *et al.*, 2009), and the presence of BCFAs in their meat probably originates mainly from maternal milk. In addition, kids fed milk replacers from cow milk do not consume many BCFAs.

Setting aside the origins of the BCFAs in meat, we studied the effects of feeding suckling kids with maternal milk or milk replacers on the straight and BCFAs of their muscles. In addition, the proximal and fatty acid compositions of colostrum and milk of four breeds were studied.

3.3. MATERIALS AND METHODS

Animals

All procedures were conducted according to the guidelines of Directive 2010/63/EU on the protection of animals used for experimental and other scientific purposes (E.U., 2010).

One hundred and twenty-four suckling male kids of 4 goat breeds (Cabra del Guadarrama, GU; Palmera, PL; Retinta, RE; Tinerfeña, TI) were evenly reared at two (PA and TI) or three farms (GU and RE) per breed in their respective local areas. Therefore, 15, 15, 15 and 16 kids of GU, PL, RE and TI, respectively, fed milk replacers (MR), and 16, 16, 15 and 16 kids of GU, PL, RE and TI, respectively, fed natural milk (NM) Animals were selected to be as unrelated as possible to ensure that the full range of genetic diversity was present within the breeds used in the study. Animals were all born from a single parturition. Kids in the MR rearing systems were fed colostrum for the first two days and had free access to milk replacer 24 h a day, which was suckled from a teat connected to a unit for feeding a liquid diet. The goats grazed the natural resources of the area during the day and were supplemented with hay of the pastures and similar commercial concentrates between breeds.

Milk sampling

Commercial milk replacers were reconstituted at 17 % (w/v) and given warm (40°C). The main ingredients were skimmed milk (≈ 60 %) and whey. The chemical composition (on as-dry matter basis) of milk replacers was as follows: total fat 25 % \pm 0.6, crude protein 24 % \pm 0.5, crude cellulose 0.1 % \pm 0.0, ash 7 % \pm 0.6, Ca 0.8 % \pm 0.1, Na 0.5 % \pm 0.2, P 0.7 % \pm 0.0, Fe 36 mg/kg \pm 4.0, Cu 3 mg/kg \pm 1.7, Zn 52 mg/kg \pm 18.8, Mn 42 mg/kg \pm 14.4, I 0.22 mg/kg \pm 0.06, Se 0.1 mg/kg \pm 0.06 and BHT 65 ppm \pm 30. Kids in the NM rearing system suckled directly from dams with no additional feedstuff. At night, they were housed with their dams in a stable. Kids in both rearing systems had no access to concentrates, hay, forages or other supplements.

The natural milk of dams was collected from 10:00 h to 11:00 h in the morning at 1, 10 and 30 d of lactation. Two 50 mL Falcon tubes were filled with milk and three drops of Azidiol (Panreac Applichem, Barcelona, Spain). No oxytocin was used. The chemical composition (protein, fat and lactose) of the milk was determined by using a DMA2001 Milk Analyzer (Miris Inc., Uppsala, Sweden). A subsample of natural milk at 1 and 30 d of lactation was freeze-dried and stored at -80 °C until fatty acid analysis.

Carcass sampling

The 124 kids were slaughtered at a live weight of 8.4 kg \pm 0.12 kg. Standard commercial procedures according to the European normative of protection of animals at the time of killing (E.U., 2009) were followed. Head-only electrical stunning was applied (1.00 A) to the kids, which were then exsanguinated and dressed. Thereafter, the hot carcasses, including the heads and kidneys, were weighed to achieve a hot carcass weight (HCW) of 5.0 kg \pm 0.10 kg. Afterwards, carcasses were hung by the Achilles tendon and chilled for 24 h at 4 °C. After carcass chilling, the *longissimus thoracis* muscle of the left half of the carcasses was extracted, vacuum packed and frozen at -20 °C until fatty acid composition analyses.

Fatty acid analyses

The fatty acid methyl esters (FAMES) from lyophilized milk fat samples were prepared by direct transesterification using KOH in methanol (2 N) and extracted with hexane (Molkentin y Precht, 2000). Fat depots for fatty acid profile analysis were processed according to Folch *et al.* (1957).

The determination of FAME was carried out using a Bruker 436 Scion gas chromatograph (Bruker, Billerica, MA, USA) equipped with a cyanopropyl capillary column (BR-2560, 100 m x 0.25 mm ID x 0.20 μ m thickness, Bruker, Billerica, MA, USA), a flame ionization detector and Compass CDS software. Fatty acid quantification was performed as described in the UNE-EN 12966-4 Official Method (2015). The identification was performed using the GLC 538 and GLC 463 standard references (Nu-

Chek-Prep Inc., Elysian, Minnesota, USA). Fatty acid contents are expressed as a percentage of the total amount of identified fatty acids. After individual fatty acid determinations, the total contents of saturated fatty acids (SFAs), monounsaturated fatty acids (MUFAs), polyunsaturated fatty acids (PUFAs), PUFA n-6 and PUFA n-3 were calculated. The PUFA n-6/n-3 ratios were also calculated. Desirable fatty acids of the meats were calculated as MUFA + PUFA + C18:0 (Huerta-Leidenz *et al.*, 1991). In addition, the sums of CLA, *iso*- and *anteiso*- BCFA, *cis*- and *trans*- MUFA were also calculated.

Statistical analysis

All statistics were calculated using the XLSTAT statistical package v.3.05 (Addinsoft, USA). The proximal composition and fatty acid composition of milk were analyzed using the MIXED procedure for repeated measures. The factors included were breed as between-subject fixed effects, time as within-subject effects and random animal effects as subjects (experimental units). The lowest Akaike Information Criterion (AIC) was used to choose the matrix of the error structure. Least square means were estimated, and differences were tested with a t-test at the 0.05 level.

The fatty acid composition of meat was analyzed using the ANCOVA procedure with the breed (B) and the rearing system (RS) as fixed effects and the hot carcass weight (HCW) as a covariate. The HCW was used as covariate to avoid the influence of weight differences on the fatty acid composition. The least square means were adjusted for an HCW of 5.02 kg. Differences between means were tested with Duncan's test at a 0.05 level of significance.

Two principal component analyses were performed with the main fatty acid groups of both milk and meat. The variables included in these principal component analyses were SFA, MUFA, PUFA, n-3, n-6, n-6:n-3 ratio, Σ CLA, Σ *iso*-BCFA, Σ *anteiso*-BCFA, Σ BCFA, Σ *cis*-MUFA, and Σ *trans*-MUFA.

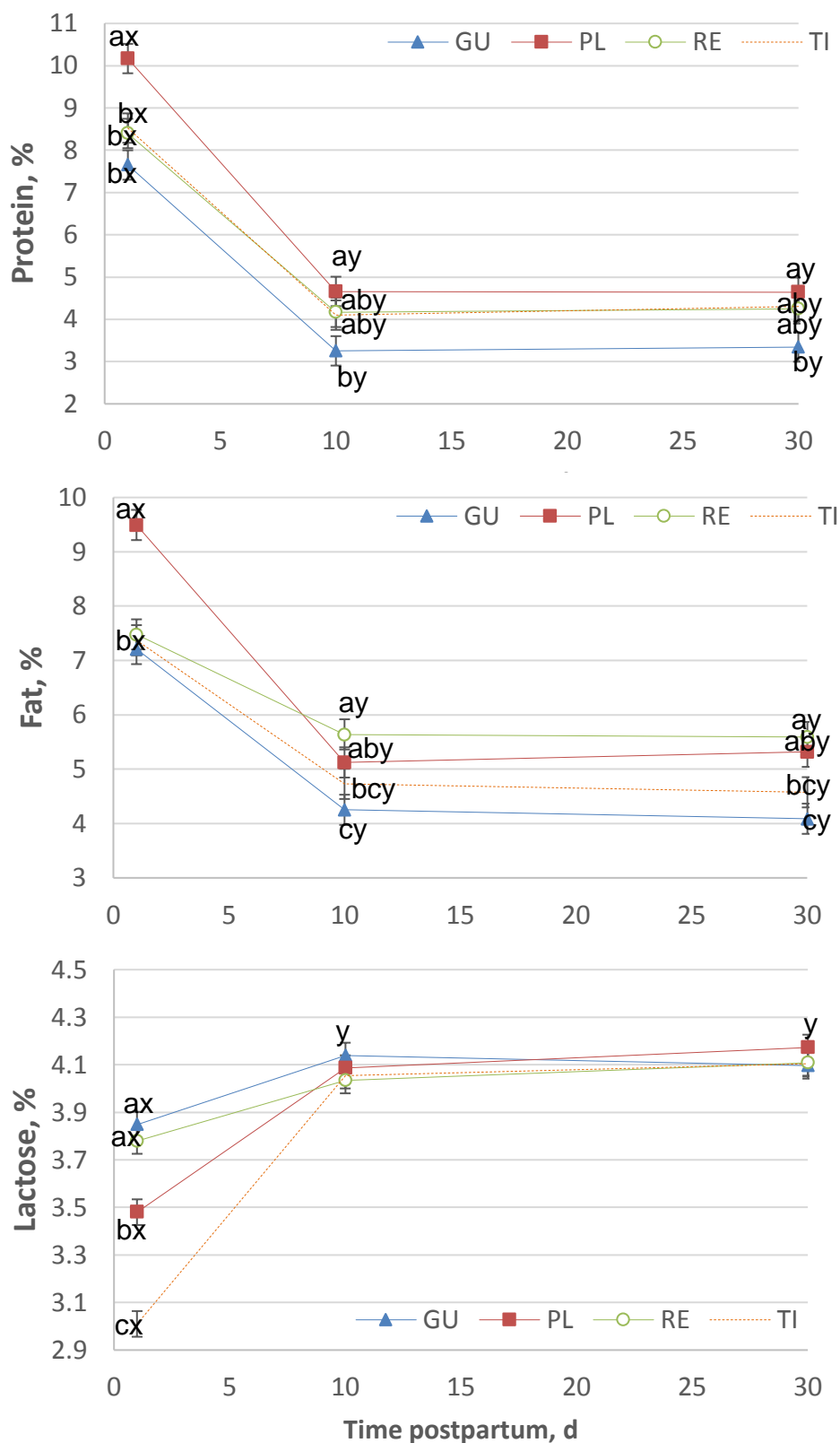
3.4. RESULTS

Milk

The chemical composition of natural milk through the first 30 d of lactation is shown in Figure 6. The milk protein percentage was significantly affected by breed and time of lactation ($P < 0.0001$). However, the milk fat and lactose percentages were affected by the interaction between breed and time of lactation ($P < 0.0001$).

The protein content was higher on the first day of lactation (colostrum) than at the other studied times, especially for the Palmera breed, which presented higher values than the other breeds ($p < 0.05$). Thereafter, the protein percentage decreased significantly ($P < 0.05$) for all the breeds from the 1st to 10th day of lactation and remained steady from the 10th to 30th day ($P > 0.05$). Similarly, the fat percentage decreased from the 1st day to the 10th day of lactation, with Palmera presenting a more acute decrease from the 1st day to the 10th day than the other breeds. Conversely, for protein and fat, the lactose percentage increased significantly from the 1st day to the 10th day ($P < 0.05$) and remained constant thereafter, without differences among breeds ($P > 0.05$).

Figure 6. Chemical composition of natural milk at 1, 10 and 30 d of lactation. GU, Cabra del Guadarrama; PL, Palmera; RE, Retinta; TI, Tinerfeña.



Different superscripts (a, b, c) indicate significant differences within a time of lactation ($P < 0.05$). Different superscripts (x, y) indicate significant differences within a breed ($P < 0.05$).

Table 10. Individual straight saturated fatty acids of goat milk at 1 and 30 days of lactation (g/100 g of FAMES).

Time (T)	1 d of lactation				30 d of lactation							
Breed (B)	GU [†]	PL	RE	TI	GU	PL	RE	TI	s.e.	B	T	BxT
C4:0	1.48 ^c	1.06 ^d	1.72 ^b	1.27 ^{cd}	2.03 ^a	1.62 ^{bc}	1.77 ^{ab}	2.02 ^a	0.103	0.005	0.0001	0.002
C6:0	1.44 ^d	1.01 ^e	1.79 ^c	1.21 ^{de}	2.37 ^{ab}	2.22 ^{ab}	2.20 ^b	2.54 ^a	0.110	0.042	0.0001	0.0001
C7:0	0.012 ^{bc}	0.010 ^{bc}	0.012 ^{bc}	0.005 ^c	0.051 ^a	0.048 ^a	0.023 ^b	0.062 ^a	0.006	0.018	0.0001	0.001
C8:0	1.57 ^c	1.08 ^d	2.07 ^b	1.18 ^d	2.85 ^a	2.94 ^a	2.78 ^a	2.86 ^a	0.135	0.005	0.0001	0.0001
C9:0	0.035 ^{cd}	0.031 ^{cd}	0.040 ^{cd}	0.025 ^d	0.112 ^b	0.130 ^{ab}	0.068 ^c	0.146 ^a	0.012	0.031	0.0001	0.0001
C10:0	4.76 ^d	3.42 ^d	6.35 ^c	3.51 ^d	8.75 ^b	11.18 ^a	9.53 ^{ab}	10.13 ^a	0.483	0.020	0.0001	0.0001
C11:0	0.125 ^e	0.091 ^e	0.176 ^d	0.080 ^e	0.273 ^{bc}	0.376 ^a	0.252 ^c	0.314 ^{ab}	0.020	0.40	0.0001	0.0001
C12:0	2.48 ^{de}	1.85 ^{ef}	2.92 ^d	1.73 ^f	3.52 ^c	4.98 ^a	4.18 ^{ab}	4.00 ^{bc}	0.241	0.007	0.0001	0.0001
C13:0	0.087 ^c	0.059 ^{cd}	0.077 ^c	0.041 ^d	0.153 ^{ab}	0.193 ^a	0.131 ^b	0.157 ^{ab}	0.013	0.12	0.0001	0.007
C14:0	11.29 ^{ab}	9.90 ^{ab}	11.84 ^a	9.50 ^b	10.06 ^{ab}	12.52 ^a	11.76 ^a	12.07 ^a	0.694	0.23	0.059	0.007
C15:0	0.593 ^b	0.530 ^b	0.618 ^b	0.521 ^b	0.635 ^b	0.945 ^a	0.818 ^a	0.954 ^a	0.049	0.012	0.0001	0.0001
C16:0	24.37 ^b	27.88 ^a	24.47 ^b	26.86 ^a	19.62 ^c	27.83 ^a	23.85 ^b	28.24 ^a	0.718	0.0001	0.057	0.0001
C17:0	0.804 ^{bcd}	0.955 ^{ab}	0.879 ^{abc}	0.965 ^a	0.540 ^e	0.746 ^{cd}	0.708 ^d	0.698 ^d	0.047	0.0001	0.0001	0.60
C18:0	13.30 ^b	12.31 ^{bcd}	10.28 ^{de}	12.91 ^{bc}	17.64 ^a	9.25 ^e	12.29 ^{bcd}	10.87 ^{cde}	0.663	0.0001	0.52	0.0001
C20:0	0.212 ^b	0.190 ^{bcd}	0.171 ^{cd}	0.221 ^b	0.338 ^a	0.150 ^{cd}	0.191 ^{bc}	0.140 ^d	0.015	0.0001	0.56	0.0001
C22:0	0.050 ^{bc}	0.047 ^{bcd}	0.048 ^{bcd}	0.057 ^{bc}	0.074 ^a	0.037 ^{cd}	0.060 ^b	0.034 ^d	0.005	0.001	0.83	0.0001
C23:0	0.006 ^c	0.008 ^c	0.015 ^b	0.017 ^b	0.006 ^c	0.008 ^c	0.022 ^a	0.014 ^b	0.002	0.0001	0.47	0.002

[†] GU, del Guadarrama; PL, Palmera; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; s.e., standard error. Different superscripts in the same row indicate significant differences (P ≤ 0.05).

The fatty acid composition is shown as g/100 g of FAMES in Tables 10 to 13. There were 17 straight SFAs in the milk (Table 10), with C14:0, C16:0 and C18:0 being the most abundant, followed by C10:0 and C12:0. The less abundant fatty acids were mainly odd fatty acids such as C7:0, C9:0, C13:0, C22:0 and C23:0. All SFAs were affected by the interaction of breed and time of lactation ($P < 0.01$), except C17:0. Independent of the breed, the percentages of C6:0, C8:0, C10:0, C11:0, C12:0 and C13:0 increased from 1 day to 30 days of lactation. In the same way, the percentages of C17:0 decreased over time independent of the breed. Nevertheless, the percentages of C4:0, C7:0 and C9:0 increased with lactation time in all breeds except RE, which remained constant, and C15:0 increased in all breeds except GU, which remained constant. In contrast, C14:0 percentages increased only in TI, C16:0 percentages decreased only in GU, and C23:0 percentages increased only in RE. Finally, C20:0 and C22:0 increased over time in GU and decreased in TI without changes in PL and RE, and C18:0 increased in GU, decreased in PL and remained constant in RE and TI.

The 17 detected MUFAs are shown in Table 11. C18:1 c9 had the highest percentage and was affected by the magnitude of the interaction between breed and time of lactation ($P = 0.001$). The percentage of C18:1 c9 decreased for all breeds, but the decrease in PL and TI was twofold the decrease in GU and RE. C18:1t11 remained constant with the time of lactation in RE and TI but increased in GU and decreased in PL. The following most abundant fatty acids were the isomers of C16:1. Those isomers, in general, decreased with the time of lactation, although the C16:1c7 of GU and RE remained constant ($P > 0.05$). The time of lactation did not influence the percentages of C18:1t15, C18:1c11 and C18:1c12 of PL and TI, but the percentages of these fatty acids of RE increased with the time of lactation ($P < 0.05$).

Table 11. Individual monounsaturated fatty acids of goat milk at 1 and 30 days of lactation (g/100 g of FAMES).

Time (T)	1 d of lactation				30 d of lactation				s.e.	B	T	BxT	
	Breed (B)	GU [†]	PL	RE	TI	GU	PL	RE					TI
C12:1		0.050	0.032	0.034	0.023	0.037	0.050	0.047	0.035	0.015	0.47	0.31	0.38
C14:1c9		0.078 ^{bc}	0.066 ^{bcd}	0.103 ^a	0.062 ^{cd}	0.055 ^d	0.084 ^{abc}	0.084 ^{ab}	0.063 ^{cd}	0.007	0.0001	0.242	0.025
C15:1		0.011	0.004	0.005	0.005	0.012	0.005	0.005	0.005 ^a	0.005	0.33	0.942	0.99
C16:1t9		0.361 ^{cd}	0.445 ^{ab}	0.487 ^a	0.444 ^{ab}	0.272 ^e	0.377 ^{cd}	0.404 ^{bc}	0.336 ^d	0.049	0.0001	0.0001	0.79
C16:1c7		0.338 ^{abc}	0.358 ^{ab}	0.344 ^{abc}	0.385 ^a	0.293 ^{bcd}	0.264 ^d	0.274 ^{cd}	0.237 ^d	0.022	0.99	0.0001	0.061
C16:1c9		1.185 ^b	1.487 ^a	1.495 ^a	1.588 ^a	0.727 ^d	1.070 ^{bc}	1.056 ^{bc}	0.965 ^c	0.063	0.0001	0.0001	0.323
C17:1c9		0.337 ^b	0.353 ^b	0.537 ^a	0.512 ^a	0.142 ^d	0.205 ^{cd}	0.290 ^{bc}	0.252 ^{bcd}	0.037	0.0001	0.0001	0.50
C18:1t11		0.839 ^c	1.257 ^a	0.683 ^c	0.717 ^c	1.157 ^{ab}	0.674 ^c	0.817 ^c	0.901 ^{bc}	0.104	0.024	0.86	0.004
C18:1c9		27.217 ^b	29.100 ^{ab}	27.559 ^{ab}	30.274 ^a	22.953 ^c	17.745 ^{de}	21.396 ^{cd}	17.713 ^e	1.186	0.58	0.0001	0.0001
C18:1t15		0.125 ^{bc}	0.120 ^{bc}	0.128 ^{bc}	0.121 ^{bc}	0.156 ^{ab}	0.089 ^c	0.171 ^a	0.116 ^c	0.011	0.000	0.22	0.007
C18:1c11		0.173 ^b	0.123 ^{bc}	0.117 ^c	0.114 ^c	0.239 ^a	0.142 ^{bc}	0.163 ^b	0.136 ^{bc}	0.015	0.0001	0.001	0.32
C18:1c12		0.139 ^{ab}	0.139 ^{ab}	0.074 ^c	0.082 ^c	0.159 ^a	0.105 ^{bc}	0.121 ^b	0.079 ^c	0.010	0.0001	0.33	0.005
C18:1c13		0.047	0.055	0.037	0.041	0.047	0.046	0.057	0.039	0.006	0.41	0.631	0.11
C18:1t16		0.146 ^{ab}	0.139 ^{ab}	0.134 ^b	0.130 ^b	0.153 ^{ab}	0.116 ^{bc}	0.168 ^a	0.100 ^c	0.011	0.001	0.69	0.010
C18:1c15		0.066 ^{ab}	0.058 ^{ab}	0.060 ^{ab}	0.059 ^{ab}	0.059 ^{ab}	0.048 ^b	0.070 ^a	0.050 ^b	0.005	0.038	0.23	0.12
C20:1n-9		0.007	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001 ^a	0.003	0.49	0.30	0.47
C22:1		0.012 ^d	0.015 ^{cd}	0.022 ^{ab}	0.026 ^a	0.003 ^e	0.007 ^e	0.019 ^{bc}	0.015 ^{cd}	0.002	0.0001	0.0001	0.065

[†] GU, del Guadarrama; PL, Palmera; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; s.e., standard error. Different superscripts in the same row indicate significant differences (P≤0.05).

Most of the 16 detected PUFAs (Table 12) were significantly affected by the interaction between breed and time of lactation. The most predominant PUFA was C18:2 n-6, which decreased from 1 day to 30 days of lactation for all breeds, although PL registered the most pronounced decrease. The FAs showed the following order in terms of their quantities: C18:2 c9, t11, C18:3 n-3 and C20:4 n-6. These FAs also decreased from 1 day to 30 days of lactation for all breeds but in different amounts. FA C22:5 n-3 was also relatively abundant in milk at 1 d of lactation, but its amount was dramatically reduced at 30 days.

Table 13 shows the main groups of straight and branched fatty acids of milk at 1 day and 30 days of lactation. All the studied groups were affected by the interaction between breed and time of lactation ($P < 0.005$). Independent of the breed, the SFA content increased as lactation time increased ($P > 0.05$). At 30 days, PL and TI had higher SFA contents than GU and RE ($P < 0.05$). RE and TI did not show changes in the contents of Σ BCFA with time ($P > 0.05$), but GU showed increases, while PL showed decreases with time ($P < 0.05$). The content of Σ iso-BCFA was affected by lactation time only in GU, showing decreases over time. At 1 day of lactation, there were no differences between breeds for the contents of Σ anteiso-BCFA, whereas in PL and RE, it increased from 1 day to 30 days ($P < 0.05$), and no changes over time were observed in GU and TI. For all breeds, MUFA and Σ cis-MUFA decreased with the time of lactation ($P < 0.05$), with the decrease being more intense for PL and TI than GU and RE. Nevertheless, the Σ trans-MUFA content was unaffected by time in GU, RE and TI ($P > 0.05$), but it decreased in PL. The Σ CLA content changed, showing decreases, with time only in PL ($P < 0.05$). For all the breeds, the total PUFA content decreased with the time of lactation ($P < 0.05$), but this decrease was smaller in RE than in the other breeds. The n-6:n-3 ratio decreased with time of lactation ($P < 0.05$), except in RE, in which no changes were observed ($P < 0.05$).

Table 12. Individual polyunsaturated fatty acids of goat milk at 1 and 30 days of lactation (g/100 g of FAMES).

Time (T)	1 d of lactation				30 d of lactation							
Breed (B)	GU [†]	PL	RE	TI	GU	PL	RE	TI	s.e.	B	T	BxT
C18:2 n-6 t9,12	0.122 ^{abc}	0.111 ^{bcd}	0.107 ^{bcd}	0.097 ^{cd}	0.130 ^{ab}	0.087 ^d	0.149 ^a	0.083 ^d	0.009	0.0001	0.67	0.002
C18:2 n-6	3.37 ^a	3.31 ^a	2.13 ^c	2.77 ^b	2.62 ^b	1.88 ^{cd}	1.78 ^d	2.00 ^{cd}	0.120	0.0001	0.0001	0.003
C18:2 c9, t11	0.221 ^{cd}	0.464 ^a	0.307 ^b	0.254 ^{bc}	0.176 ^d	0.248 ^{bcd}	0.293 ^{bc}	0.236 ^{bcd}	0.027	0.0001	0.0001	0.015
C18:2 t9, c11	0.042 ^b	0.052 ^{ab}	0.051 ^{ab}	0.047 ^b	0.041 ^b	0.048 ^b	0.059 ^a	0.045 ^b	0.003	0.0001	0.94	0.20
C18:2 t10, c12	0.019 ^{ab}	0.022 ^{ab}	0.019 ^{ab}	0.019 ^{ab}	0.017 ^{ab}	0.013 ^b	0.023 ^a	0.017 ^{ab}	0.002	0.35	0.17	0.065
C18:3 n-6	0.031 ^a	0.020 ^{ab}	0.012 ^b	0.021 ^{ab}	0.009 ^b	0.012 ^{ab}	0.005 ^b	0.012 ^b	0.005	0.11	0.005	0.30
C18:3 n-3	0.418 ^a	0.245 ^{bcd}	0.350 ^{ab}	0.265 ^{bc}	0.383 ^a	0.223 ^{cd}	0.420 ^a	0.171 ^d	0.031	0.0001	0.365	0.030
C20:2 n-6	0.027 ^b	0.041 ^a	0.018 ^c	0.029 ^b	0.010 ^d	0.013 ^{cd}	0.012 ^d	0.011 ^d	0.002	0.0001	0.0001	0.0001
C20:3 n-9	0.032 ^b	0.036 ^{ab}	0.026 ^{cd}	0.042 ^a	0.014 ^f	0.018 ^{ef}	0.021 ^{de}	0.028 ^{bc}	0.002	0.0001	0.0001	0.016
C20:3 n-6	0.001 ^c	0.002 ^c	0.006 ^b	0.009 ^a	0.001 ^c	0.003 ^c	0.008 ^{ab}	0.008 ^{ab}	0.001	0.0001	0.63	0.43
C20:4 n-6	0.521 ^a	0.483 ^a	0.356 ^b	0.526 ^a	0.164 ^c	0.190 ^c	0.170 ^c	0.215 ^c	0.029	0.001	0.0001	0.008
C20:5 n-3	0.096 ^a	0.071 ^b	0.075 ^b	0.078 ^b	0.048 ^c	0.041 ^c	0.066 ^b	0.036 ^c	0.006	0.006	0.0001	0.001
C22:3 n-3	0.013 ^b	0.018 ^{ab}	0.015 ^b	0.020 ^a	0.004 ^d	0.012 ^{bc}	0.022 ^a	0.006 ^{cd}	0.002	0.0001	0.0001	0.0001
C22:4 n-6	0.084 ^a	0.109 ^a	0.045 ^b	0.089 ^a	0.028 ^{bc}	0.026 ^{bc}	0.018 ^c	0.025 ^c	0.008	0.0001	0.0001	0.007
C22:5 n-3	0.314 ^a	0.158 ^c	0.201 ^{bc}	0.227 ^b	0.074 ^d	0.051 ^d	0.088 ^d	0.053 ^d	0.017	0.0001	0.0001	0.0001
C22:6 n-3	0.054 ^a	0.016 ^c	0.033 ^b	0.015 ^c	0.014 ^c	0.005 ^c	0.018 ^c	0.006 ^c	0.004	0.0001	0.0001	0.0001

[†] GU, del Guadarrama; PL, Palmera; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; s.e., standard error. Different superscripts in the same row indicate significant differences (P≤0.05).

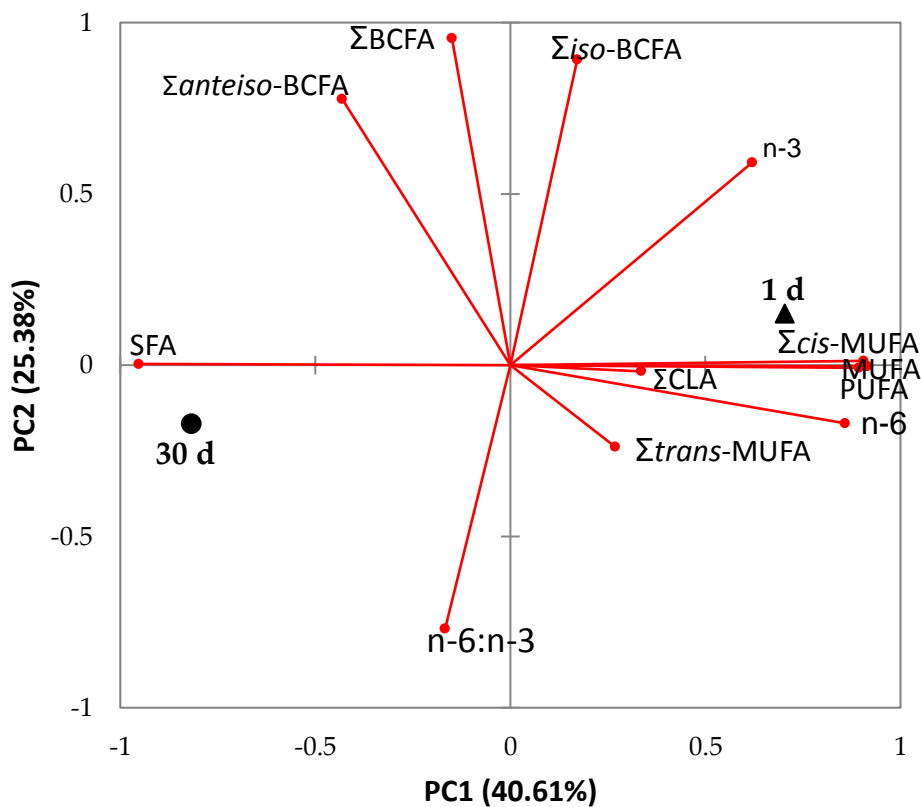
Table 13. Main groups of straight and branched fatty acids of goat milk at 1 and 30 days of lactation (g/100 g of FAMES).

Time (T)	1 d of lactation				30 d of lactation				s.e.	B	T	BxT
	Breed (B)	GU [†]	PL	RE	TI	GU	PL	RE				
SFA	63.48 ^c	61.03 ^c	64.37 ^c	60.85 ^c	69.79 ^b	76.07 ^a	71.64 ^b	75.96 ^a	1.384	0.40	0.0001	0.0001
ΣBCFA	0.678 ^b	0.475 ^c	0.730 ^{ab}	0.564 ^c	0.569 ^c	0.696 ^{ab}	0.814 ^a	0.575 ^c	0.035	0.0001	0.046	0.0001
Σiso-BCFA	0.404 ^a	0.238 ^c	0.423 ^a	0.320 ^b	0.311 ^b	0.305 ^{bc}	0.407 ^a	0.279 ^{bc}	0.018	0.0001	0.120	0.002
Σanteiso-BCFA	0.274 ^b	0.237 ^b	0.307 ^b	0.244 ^b	0.258 ^b	0.391 ^a	0.407 ^a	0.296 ^b	0.021	0.0001	0.0001	0.001
MUFA	31.13 ^b	33.75 ^{ab}	31.82 ^{ab}	34.58 ^a	26.47 ^c	21.03 ^d	25.14 ^{cd}	21.04 ^d	1.292	0.72	0.0001	0.0001
Σcis-MUFA	29.66 ^b	31.79 ^{ab}	30.39 ^{ab}	33.17 ^a	24.73 ^c	19.77 ^{de}	23.58 ^{cd}	19.59 ^e	1.269	0.74	0.0001	0.001
Σtrans-MUFA	1.47 ^{bc}	1.96 ^a	1.43 ^{bc}	1.41 ^{bc}	1.74 ^{ab}	1.26 ^c	1.56 ^{abc}	1.45 ^{bc}	0.122	0.34	0.45	0.009
ΣCLA	0.283 ^{de}	0.538 ^a	0.377 ^b	0.320 ^{bcd}	0.235 ^e	0.309 ^{bcd}	0.376 ^{bc}	0.298 ^{cde}	0.030	0.0001	0.001	0.013
PUFA	5.36 ^a	5.16 ^a	3.75 ^c	4.51 ^b	3.73 ^c	2.86 ^d	3.15 ^d	2.95 ^d	0.175	0.0001	0.0001	0.000
n-6	4.15 ^a	4.080 ^a	2.68 ^{cd}	3.54 ^b	2.96 ^c	2.21 ^{de}	2.14 ^e	2.35 ^{de}	0.139	0.0001	0.0001	0.001
n-3	0.895 ^a	0.508 ^{cd}	0.674 ^b	0.605 ^{bc}	0.523 ^c	0.331 ^{de}	0.613 ^{bc}	0.273 ^e	0.044	0.0001	0.0001	0.0001
n-6:n-3	4.78 ^c	8.14 ^a	4.08 ^{cd}	5.95 ^b	5.80 ^b	6.69 ^b	3.80 ^d	8.95 ^a	0.360	0.0001	0.031	0.0001

[†] GU, del Guadarrama; PL, Palmera; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; s.e., standard error. FA, Fatty acids; SFA, saturated fatty acids; BCFA, branched chain fatty acids; MUFA, monounsaturated fatty acids; CLA, conjugated linoleic acid; PUFA, polyunsaturated fatty acids. Different superscripts in the same row indicate significant differences (P≤0.05).

The biplot of the principal component analysis is shown in Figure 7. The first two principal components summarized approximately 66 % of the variation in the data. Milks at 1 day and 30 days were clearly discriminated by the variables used in the first principal component. Therefore, milk at 1 day was positively related to Σcis -MUFA, Σ MUFA and Σ PUFA, while milk at 30 days was correlated with Σ SFA.

Figure 7. Principal component analysis of the main groups and branched fatty acids of goat milk at 1 and 30 days of lactation.



SFA, saturated fatty acids; BCFA, branched chain fatty acids; MUFA, monounsaturated fatty acids; CLA, conjugated linoleic acid; PUFA, polyunsaturated fatty acids.

Meat

The 15 detected straight SFAs are shown in Table 14. The predominant SFAs were C14:0 and C16:0, and C18:0. C9:0, C11:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0 and C22:0 were affected by the interaction between breed and rearing system ($P < 0.01$), whereas C6:0 and C8:0 were not affected by any of the study effects ($P > 0.05$). In general terms, meat from suckling kids fed natural milk had higher values of C15:0, C16:0, C17:0 and C18:0

than meat from kids fed milk replacers ($P < 0.05$), and the effect of rearing system was more noticeable for TI, in which 9 of the 15 acids were affected, than in the other breeds. The most abundant MUFA (Table 15) was C18:1c9, which was affected by the interaction between breed and rearing system ($P < 0.001$). GU fed natural milk had higher contents and RE lower contents of this FA than kids fed milk replacers ($P < 0.05$), whereas the rearing system did not affect PL and TI ($P > 0.05$). There were 16 detected PUFAs, as shown in Table 16. The most abundant PUFA was C18:2 n-6, which was affected by the interaction between rearing system and breed ($P < 0.01$). Meat from PL, RE and TI kids fed natural milk had a lower content of C18:2 n-6 than meat from kids fed milk replacers, without differences between rearing systems ($P > 0.05$). The following fatty acid in quantity was C20:4 n-6. This fatty acid was only affected by breed ($P = 0.0001$), having higher values in GU than the rest of the breeds, especially when reared with milk replacers.



Table 14. Individual straight saturated fatty acids of suckling kid meat (g/100 g of FAMES).

RS [†]	Milk replacer				Natural milk				s.e.	B	RS	BxRS
	Breed (B)	GU	PL	RE	TI	GU	PL	RE				
C6:0	0.002 ^a	0.005 ^a	0.002 ^a	0.002 ^a	0.002 ^a	0.003 ^a	0.004 ^a	0.003 ^a	0.001	0.49	0.72	0.17
C8:0	0.004 ^b	0.011 ^a	0.005 ^{ab}	0.007 ^{ab}	0.006 ^{ab}	0.007 ^{ab}	0.006 ^{ab}	0.009 ^{ab}	0.002	0.401	0.83	0.30
C9:0	0.013 ^b	0.077 ^a	0.009 ^b	0.001 ^b	0.030 ^{ab}	0.048 ^a	0.025 ^{ab}	0.049 ^a	0.012	0.008	0.16	0.008
C10:0	0.081 ^d	0.154 ^{cd}	0.142 ^{cd}	0.196 ^{cd}	0.239 ^c	0.511 ^a	0.274 ^{bc}	0.407 ^{ab}	0.048	0.034	0.0001	0.10
C11:0	0.018 ^c	0.066 ^{ab}	0.012 ^c	0.011 ^c	0.045 ^{abc}	0.073 ^{ab}	0.036 ^{bc}	0.080 ^a	0.012	0.07	0.001	0.036
C12:0	3.14 ^a	4.25 ^a	0.36 ^c	3.75 ^a	0.79 ^{bc}	1.12 ^{bc}	0.90 ^{bc}	1.56 ^b	0.360	0.0001	0.0001	0.0001
C13:0	0.046 ^{de}	0.091 ^{abc}	0.021 ^e	0.065 ^{cd}	0.067 ^{bcd}	0.093 ^{ab}	0.054 ^{cd}	0.107 ^a	0.010	0.0001	0.003	0.16
C14:0	12.18 ^a	10.78 ^{abc}	7.66 ^d	11.65 ^{ab}	8.98 ^{cd}	9.26 ^{cd}	9.79 ^{bc}	8.61 ^{cd}	0.641	0.013	0.006	0.0001
C15:0	0.246 ^c	0.403 ^{bc}	0.199 ^c	0.452 ^b	0.425 ^b	0.634 ^a	0.455 ^b	0.715 ^a	0.054	0.0001	0.0001	0.78
C16:0	22.60 ^{cd}	25.12 ^b	21.12 ^d	24.73 ^b	21.21 ^d	27.49 ^a	23.99 ^{bc}	27.64 ^a	0.697	0.0001	0.003	0.001
C17:0	0.448 ^d	0.562 ^{bcd}	0.530 ^{cd}	0.691 ^{bc}	0.693 ^{bc}	1.021 ^a	0.794 ^b	0.977 ^a	0.062	0.002	0.0001	0.30
C18:0	10.36 ^c	9.48 ^c	13.15 ^{ab}	9.79 ^c	14.07 ^a	13.57 ^a	13.09 ^{ab}	11.875 ^b	0.640	0.017	0.0001	0.003
C20:0	0.062 ^{ab}	0.050 ^b	0.066 ^{ab}	0.061 ^{ab}	0.081 ^a	0.063 ^{ab}	0.071 ^{ab}	0.067 ^{ab}	0.006	0.34	0.028	0.54
C22:0	0.056 ^a	0.018 ^b	0.020 ^b	0.011 ^b	0.010 ^b	0.018 ^b	0.023 ^b	0.014 ^b	0.007	0.035	0.07	0.000
C23:0	0.205 ^a	0.072 ^{bc}	0.057 ^c	0.043 ^c	0.173 ^{ab}	0.049 ^c	0.098 ^{bc}	0.047 ^c	0.023	0.0001	0.90	0.31

[†] RS, Rearing system; GU, del Guadarrama; PL, Palmera; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; s.e., standard error. Different superscripts in the same row indicate significant differences (P≤0.05). The least square means were adjusted for a hot carcass weight (HCW) of 5.02 kg.

Table 15. Individual monounsaturated fatty acids of suckling kid meat (g/100 g of FAMES).

RS [†]	Milk replacer				Natural milk				s.e.	B	RS	BxRS
	Breed (B)	GU	PL	RE	TI	GU	PL	RE				
C14:1c9	0.229 ^{bc}	0.266 ^{ab}	0.063 ^g	0.276 ^a	0.107 ^f	0.175 ^{de}	0.143 ^e	0.200 ^{cd}	0.015	0.0001	0.0001	0.0001
C15:1	0.002 ^b	0.013 ^a	0.001 ^b	0.003 ^b	0.003 ^b	0.003 ^b	0.004 ^b	0.004 ^b	0.002	0.14	0.36	0.009
C16:1c7	1.92 ^a	0.28 ^b	0.85 ^b	0.34 ^b	1.40 ^{ab}	0.31 ^b	0.82 ^b	0.31 ^b	0.317	0.001	0.59	0.71
C16:1c9	2.86 ^a	2.37 ^{ab}	2.55 ^a	2.64 ^a	2.10 ^b	2.42 ^{ab}	2.58 ^a	2.65 ^a	0.132	0.18	0.1	0.001
C17:1c9	0.147 ^e	0.324 ^{cde}	0.238 ^{de}	0.425 ^{bc}	0.182 ^e	0.537 ^{ab}	0.379 ^{bcd}	0.626 ^a	0.054	0.0001	0.001	0.22
C18:1c11	0.079 ^d	0.125 ^{bcd}	0.088 ^{cd}	0.127 ^{bc}	0.191 ^{ab}	0.192 ^a	0.150 ^{ab}	0.135 ^b	0.014	0.12	0.0001	0.0001
C18:1c12	0.042 ^d	0.097 ^{cd}	0.069 ^d	0.162 ^b	0.145 ^{bc}	0.228 ^a	0.154 ^{bc}	0.164 ^b	0.018	0.005	0.0001	0.0001
C18:1c13	0.010 ^c	0.035 ^b	0.021 ^{bc}	0.040 ^b	0.026 ^{bc}	0.065 ^a	0.036 ^b	0.035 ^b	0.006	0.001	0.004	0.017
C18:1c15	0.026 ^c	0.069 ^{ab}	0.016 ^c	0.075 ^{ab}	0.032 ^c	0.080 ^a	0.052 ^b	0.053 ^b	0.007	0.0001	0.86	0.0001
C18:1t11	0.349 ^c	0.680 ^{abc}	0.303 ^c	0.929 ^{ab}	0.651 ^{abc}	1.207 ^a	0.592 ^{bc}	1.049 ^{ab}	0.169	0.031	0.022	0.63
C18:1t15	0.131 ^a	0.137 ^a	0.134 ^a	0.141 ^a	0.173 ^a	0.159 ^a	0.139 ^a	0.141 ^a	0.014	0.55	0.12	0.26
C18:1t16	0.018 ^c	0.079 ^{bc}	0.035 ^c	0.120 ^b	0.134 ^b	0.216 ^a	0.125 ^b	0.136 ^b	0.021	0.054	0.0001	0.006
C18:1c9	30.51 ^c	33.78 ^b	41.53 ^a	35.65 ^b	36.30 ^b	33.61 ^b	36.477 ^b	35.661 ^b	1.088	0.0001	0.86	0.0001
C20:1n-9	0.002 ^a	0.003 ^a	0.002 ^a	0.002 ^a	0.004 ^a	0.001 ^a	0.003 ^a	0.004 ^a	0.001	0.81	0.71	0.32
C22:1	0.010 ^a	0.003 ^b	0.010 ^{ab}	0.006 ^b	0.010 ^{ab}	0.004 ^b	0.007 ^{ab}	0.004 ^b	0.002	0.010	0.44	0.71

[†] RS, Rearing system; GU, del Guadarrama; PL, Palmera; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; s.e., standard error. Different superscripts in the same row indicate significant differences (P≤0.05).

Table 16. Individual polyunsaturated fatty acids of suckling kid meat (g/100 g of FAMES).

RS [†] Breed (B)	Milk replacer				Natural milk				s.e.	B	RS	BxRS
	GU	PL	RE	TI	GU	PL	RE	TI				
C18:2c9,t11	0.174 ^{cd}	0.264 ^{bcd}	0.097 ^d	0.343 ^b	0.159 ^d	0.500 ^a	0.270 ^{bc}	0.353 ^b	0.046	0.002	0.006	0.007
C18:2n-6	7.275 ^a	6.048 ^{ab}	7.428 ^a	4.465 ^b	6.339 ^a	2.765 ^c	4.283 ^{bc}	3.188 ^c	0.468	0.0001	0.0001	0.007
C18:2n-6t9,12	0.024 ^c	0.088 ^b	0.023 ^c	0.118 ^b	0.110 ^b	0.173 ^a	0.108 ^b	0.115 ^b	0.016	0.010	0.0001	0.001
C18:2t10,c12	0.027 ^a	0.026 ^{ab}	0.017 ^b	0.025 ^{ab}	0.016 ^b	0.021 ^{ab}	0.021 ^{ab}	0.027 ^a	0.003	0.177	0.218	0.005
C18:2t9,c11	0.042 ^a	0.014 ^b	0.023 ^b	0.014 ^b	0.026 ^b	0.011 ^b	0.016 ^b	0.014 ^b	0.004	0.0001	0.077	0.152
C18:3 n-3	0.372 ^c	0.230 ^d	0.764 ^a	0.227 ^d	0.435 ^c	0.191 ^d	0.529 ^b	0.193 ^d	0.033	0.0001	0.019	0.0001
C18:3 n-6	0.035 ^a	0.023 ^{bc}	0.018 ^{bc}	0.025 ^b	0.024 ^{bc}	0.020 ^{bc}	0.014 ^c	0.023 ^{bc}	0.004	0.000	0.087	0.494
C20:2 n-6	0.125 ^b	0.062 ^c	0.182 ^a	0.020 ^d	0.073 ^c	0.022 ^d	0.059 ^c	0.021 ^d	0.009	0.0001	0.0001	0.0001
C20:3 n-6	0.003 ^{abc}	0.002 ^{bcd}	0.005 ^a	0.001 ^d	0.004 ^{ab}	0.001 ^d	0.003 ^{abcd}	0.002 ^{cd}	0.001	0.033	0.447	0.303
C20:3 n-9	0.252 ^a	0.163 ^b	0.093 ^{bcd}	0.074 ^d	0.151 ^{bc}	0.078 ^{cd}	0.083 ^{bcd}	0.073 ^d	0.022	0.0001	0.005	0.013
C20:4 n-6	3.23 ^a	1.95 ^{bc}	0.93 ^c	0.87 ^c	2.38 ^b	1.15 ^c	1.25 ^c	0.94 ^c	0.321	0.0001	0.215	0.097
C20:5 n-3	0.234 ^a	0.140 ^{ab}	0.090 ^b	0.078 ^b	0.169 ^{ab}	0.107 ^b	0.179 ^{ab}	0.091 ^b	0.029	0.001	0.954	0.020
C22:3 n-3	0.161 ^a	0.0001 ^b	0.036 ^b	0.0001 ^b	0.075 ^b	0.0001 ^b	0.044 ^b	0.001 ^b	0.025	0.0001	0.386	0.071
C22:4 n-6	0.463 ^a	0.264 ^b	0.149 ^b	0.167 ^b	0.227 ^b	0.178 ^b	0.135 ^b	0.171 ^b	0.042	0.0001	0.013	0.003
C22:5 n-3	0.598 ^a	0.336 ^{bc}	0.235 ^c	0.197 ^c	0.527 ^{ab}	0.293 ^c	0.410 ^{bc}	0.252 ^c	0.061	0.0001	0.543	0.117
C22:6 n-3	0.093 ^a	0.045 ^{bc}	0.044 ^c	0.029 ^c	0.109 ^a	0.040 ^c	0.091 ^{ab}	0.037 ^c	0.011	0.0001	0.072	0.127

[†] RS, Rearing system; GU, del Guadarrama; PL, Palmera; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; s.e., standard error. Different superscripts in the same row indicate significant differences (P≤0.05). The least square means were adjusted for a hot carcass weight (HCW) of 5.02 kg.

Table 17. Main groups of straight and branched fatty acids of suckling kid meat (g/100 g of FAMES).

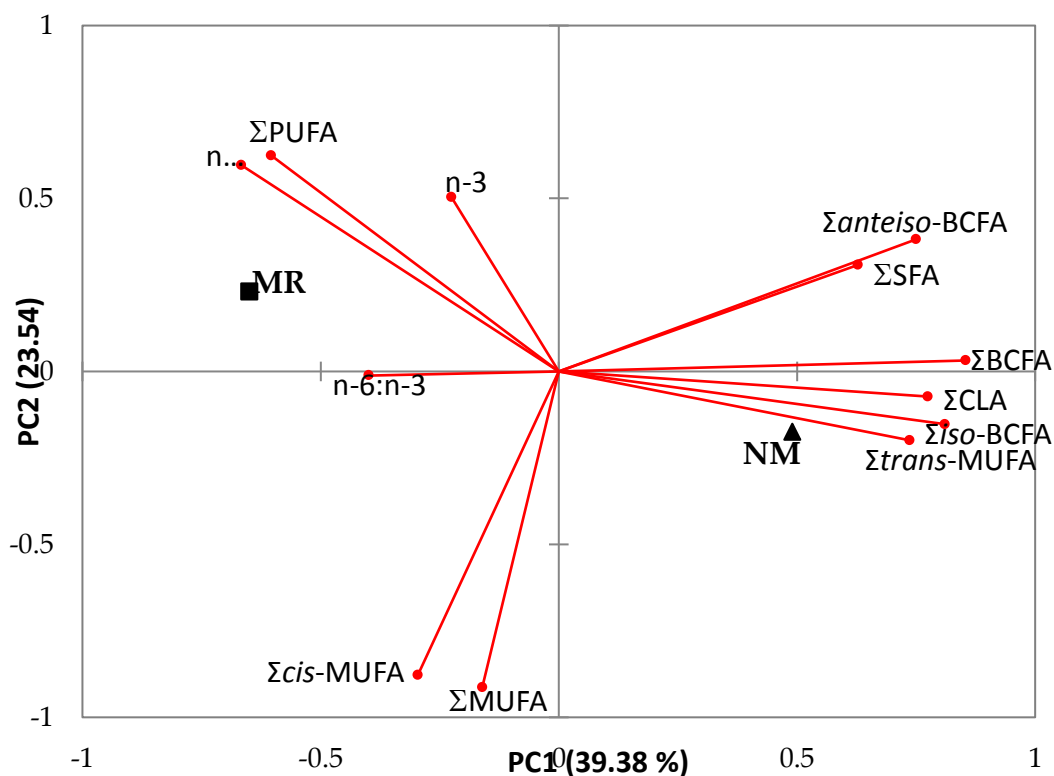
RS [†]	Milk replacer				Natural milk				s.e.	B	RS	BxRS
	Breed (B)	GU	PL	RE	TI	GU	PL	RE				
ΣSFA	49.87 ^{bc}	51.62 ^{ab}	43.68 ^d	51.96 ^{ab}	47.34 ^c	54.58 ^a	50.21 ^b	52.69 ^{ab}	1.216	0.0001	0.047	0.001
ΣBCFA	0.41 ^c	0.46 ^{bc}	0.31 ^d	0.49 ^{abc}	0.48 ^{abc}	0.60 ^a	0.58 ^{ab}	0.51 ^{ab}	0.035	0.30	0.0001	0.001
Σiso-BCFA	0.23 ^{cd}	0.27 ^{bc}	0.21 ^d	0.31 ^b	0.31 ^b	0.39 ^a	0.39 ^a	0.33 ^{ab}	0.024	0.22	0.0001	0.004
Σanteiso-BCFA	0.18 ^a	0.19 ^a	0.11 ^b	0.18 ^a	0.17 ^a	0.21 ^a	0.19 ^a	0.18 ^a	0.015	0.073	0.06	0.001
ΣMUFA	36.48 ^c	38.49 ^{bc}	46.03 ^a	41.20 ^b	41.66 ^b	39.65 ^b	42.01 ^b	41.57 ^b	1.126	0.0001	0.45	0.0001
Σcis-MUFA	35.84 ^c	37.36 ^{bc}	45.43 ^a	39.74 ^b	40.50 ^b	37.63 ^{bc}	40.80 ^b	39.85 ^b	1.131	0.0001	0.90	0.000
Σtrans-MUFA	0.65 ^c	1.13 ^{bc}	0.59 ^c	1.47 ^b	1.16 ^{bc}	2.02 ^a	1.21 ^{bc}	1.72 ^{ab}	0.212	0.017	0.001	0.42
ΣCLA	0.24 ^{cd}	0.30 ^{bcd}	0.14 ^d	0.38 ^b	0.20 ^{cd}	0.53 ^a	0.31 ^{bc}	0.39 ^b	0.047	0.005	0.014	0.005
ΣPUFA	13.11 ^a	9.64 ^{bc}	10.13 ^b	6.66 ^d	10.83 ^b	5.55 ^d	7.94 ^{cd}	5.50 ^d	0.844	0.0001	0.0001	0.31
n-6	11.16 ^a	8.43 ^{bc}	8.73 ^b	5.67 ^d	9.16 ^b	4.31 ^d	5.85 ^{cd}	4.46 ^d	0.744	0.0001	0.0001	0.18
n-3	1.46 ^a	0.74 ^b	1.17 ^a	0.53 ^b	1.32 ^a	0.63 ^b	1.25 ^a	0.57 ^b	0.117	0.0001	0.73	0.62
n-6:n-3	7.88 ^b	13.00 ^a	7.46 ^b	12.08 ^a	6.88 ^b	7.82 ^b	4.78 ^c	8.88 ^b	0.708	0.0001	0.0001	0.02
Desirable FA	59.97 ^{cd}	58.51 ^{cd}	69.24 ^a	58.20 ^d	65.62 ^b	59.28 ^{cd}	61.80 ^c	59.28 ^{cd}	0.970	0.0001	0.98	0.0001

[†] RS, Rearing system; GU, del Guadarrama; PL, Palmera; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; s.e., standard error. FA, Fatty acids; SFA, saturated fatty acids; BCFA, branched chain fatty acids; MUFA, monounsaturated fatty acids; CLA, conjugated linoleic acid; PUFA, polyunsaturated fatty acids. Different superscripts in the same row indicate significant differences (P<0.05). The least square means were adjusted for a hot carcass weight (HCW) of 5.02 kg.

The main groups of straight and branched fatty acids are shown in Table 17. SFAs of meat from GU, PL and TI were similar in both rearing systems ($P>0.05$), but RE had a higher Σ SFA content when fed natural milk ($P<0.05$). The *iso*-, *anteiso*- and total BCFA were affected by the interaction of the principal effects ($P<0.01$). Hence, for PL and RE, the total BCFA amount was higher when animals were fed natural milk, whereas no effect or the rearing system was observed for GU and TI. All the breeds presented higher *iso*-BCFA amounts when fed natural milk except TI, for which no rearing system effects were observed, and regarding *anteiso*, only RE was affected by the rearing system, with higher amounts when animals were fed natural milk. ($P<0.05$). The rearing system did not affect the Σ MUFAs of GU, PL and TI ($P>0.05$). However, the meat of RE had lower Σ MUFAs when kids were fed natural milk ($P<0.05$). Σ CLA was higher in PL and RE when kids were fed natural milk ($P<0.05$) but remained constant in meat of GU and TI ($P<0.05$). Σ PUFAs were affected by breed and rearing system ($P<0.001$). Therefore, in general terms, meat from suckling kids fed natural milk had lower amounts of Σ PUFAs. Finally, the desirable fatty acids were affected by the interaction between rearing system and breed ($P<0.001$). Therefore, RE had the most desirable fatty acids when fed milk replacers but this index diminished when fed natural milk. Conversely, GU had the highest desirable fatty acid index when fed natural milk. PL and TI were not influenced by the rearing system ($P>0.05$).

Figure 8 shows the principal component analysis of the main groups and branched fatty acids as a function of the rearing system. The two first principal components summarized almost 63 % of the variation in the data (Figure 3). Feeding suckling kids NM was positively related to Σ BCFA, Σ CLA, Σ *iso*-BCFA and Σ trans-MUFA and negatively related to n-6:n-3 in their meat. However, feeding suckling kids MR was related to n-6 and PUFAs in their meat.

Figure 8. Principal component analysis of the main groups and branched fatty acids of meat of kids reared with milk replacers (MR) or natural milk (NM).



SFA, saturated fatty acids; BCFA, branched chain fatty acids; MUFA, monounsaturated fatty acids; CLA, conjugated linoleic acid; PUFA, polyunsaturated fatty acids.

3.5. DISCUSSION

Milk

It is well reported that milk composition changes in the first days of lactation and that goat colostrum has more protein and fat and less lactose than milk (Linzell y Peaker, 1974; Sanchez-Macias *et al.*, 2010; Sanchez-Macias *et al.*, 2014; Pecka-Kielb *et al.*, 2018). In agreement with that, in the current experiment, protein and fat percentages decreased and the lactose percentage increased from partum to 10 d of lactation. However, once colostrum production ceased, the milk composition was almost constant over time because the mammary gland has developed a high tolerance to external factors, mainly diet (Bobe *et al.*, 2007; Almeida *et al.*, 2019), over the course of evolution to preserve functions and ensure the survival of the newborn ruminants (Hernandez-Castellano *et al.*, 2015). In addition, this resilience is extendable to the fatty acid composition (Palma *et al.*, 2017). Current results for the proximate composition of

colostrum are in accordance with those reported in the Majorera breed, with values of protein ranging from 7-10 %, fat ranging from 8-9 % and lactose ranging from 2-4 % (Argüello *et al.*, 2006; Moreno-Indias *et al.*, 2012b). Similar results for protein, fat and lactose (6.2 %, 7.4 % and 4.1 %, respectively) were also reported for Murciano-Granadina goats (Romero *et al.*, 2013). However, low values of protein and fat were described in Tinerfeña colostrum (Capote *et al.*, 2008). Regarding the milk composition, we found higher protein and fat percentages but lower lactose percentages than milk of Majorera and Payoya at comparable times of lactation reported by other authors (Delgado-Pertíñez *et al.*, 2009a; Sanchez-Macias *et al.*, 2010; Sanchez-Macias *et al.*, 2014). However, milk of Sarda had similar percentages of protein and fat but higher lactose content than that of other breeds (Nudda *et al.*, 2015). Because goat milk has lower percentages of lactose than cow milk, it can be an alternative to people with lactose-related health problems.

Literature comparing fatty acids of goat colostrum and milk is scarce. Lou *et al.* (2018) reported higher values of SFAs and lower values of MUFAs in milk than in colostrum of Laoshan breeds, which agreed with our results. Additionally, these latter authors (Lou *et al.*, 2018) reported that the SFA proportion in colostrum ranged from 70 % to 80 %, in agreement with our results, while Marziali *et al.* (2018) reported that the SFA proportion in colostrum of Murciano-Granadina ranged from 48 % to 58 %. On the other hand, it can be seen in Table 4 that this decrease in the total MUFA amount was mainly due to a decrease in the cis-MUFA series, whereas the change was less noticeable for trans-MUFAs. Similarly, there was a decrease in the total PUFA amount, but whereas the n6 amount was lower in milk than in colostrum for all the studied breeds. However, the n3 amount only decreased from colostrum to milk in GU and TI. Therefore, both the relative proportions of different groups of fatty acids as well as the kind of fatty acids differ between colostrum and milk, which could be reflected in the kid meat composition. Ruminant milk is the greatest source of CLA (Almeida *et al.*, 2019), and C18:1c9 is one of the most important fatty acids detected both in milk and colostrum, as reported by Marziali *et al.* (2018). As reported by previous researchers (LeDoux *et al.*, 2002; Andueza *et al.*, 2013), cis- and trans- C18:1 acids are often detected in goat milk, with a preeminent occurrence of C18:1 t11. However, from a sensory point of view, C8:0,

C10:0 and 4-methyloctanoic fatty acids were the most influential in the flavor of milk and more predominant in caprine than in bovine or ovine milk (Ha y Lindsay, 1993; Lou *et al.*, 2018). Monomethyl-branched substitutions on short-chain fatty acids (C4-C6) are found only in goat milk and are implicated in goat-like flavors (Haenlein, 2004). Regarding branched fatty acids, LeDoux *et al.* (2002) also reported values of approximately 2.2 % in goat milk, whereas Massart-Leën *et al.* (1981) found that branched chain fatty acids comprised 2 % of goat milk and 3 % of cow milk. These values are much higher than those found in the present study. BCFAs in milk fat are derived from the incorporation of BCFAs of rumen bacterial lipids, whereas endogenous synthesis is limited (Vlaeminck *et al.*, 2006). The discrepancies in the results of this study and previous results could be derived from several factors, such as the diets used, and deserves more attention in the future. In the literature, several fatty acids have been widely studied for several reasons. For example, linoleic and alpha linolenic acid are the only essential fatty acids (Albenzio *et al.*, 2016), and some long-chain fatty acids (DHA, EPA, ARA) are precursors of bioactive molecules such as prostaglandins, thromboxanes, leukotrienes and others (Calder, 2011). In addition, as pointed out by Vlaeminck *et al.* (2006), CLA is a generally a lesser component of milk fat than BCFA, but both have similar potential activity against cancer. Although milk and dairy products have a high SFA content, it has been concluded that the effects on human cardiovascular health are neutral or even positive (Lordan *et al.*, 2018). It is possible that BCFAs play an important role in health benefits and must be investigated deeply.

Meat

The rumen of goat kids is fully functional only at approximately 56 d of age (Van Soest, 1994). Therefore, ruminal biohydrogenation is limited or nonexistent until this time (Valvo *et al.*, 2005), so the fatty acid content of the intramuscular fat of kids should be influenced largely by dietary fatty acids (milk). Because 6-20 % of the *de novo* fatty acids synthesized arise mainly in the mammary gland and adipose tissue, the fatty acids of intramuscular fat should be influenced largely by the diets of the dams (Valvo *et al.*, 2005; Osorio *et al.*, 2007). The endogenous synthesis of MUFA is specifically catalyzed by the Δ -9 desaturase enzyme. It has been reported that mammary desaturase activity is higher in dairy animals than in meat animals (Chilliard *et al.*, 2006; Wood *et al.*, 2008;

Horcada *et al.*, 2012). However, in the present study, PL and TI, which are both dairy breeds, had higher percentages of *trans* MUFAs and most of the C18:1 isomers but not higher amounts of the total MUFAs than RE (meat) and GU (mixed purpose). It has been reported that meat kids show a higher percentage of CLA than dairy kids (Horcada *et al.*, 2014). In the current results, the most abundant C18:1 isomers were C18:1c9 and C18:1t11, in agreement with Adeyemi *et al.* (2017). These fatty acids are important because C18:1c9 decreases the blood cholesterol content (Binkoski *et al.*, 2005), while an anti-atherogenic effect of 18:1 c9t11 has been presumed (Pariza *et al.*, 2001).

It is well known that the n-6:n-3 ratio is an indicator of the role of fatty acids in coronary heart diseases. Although the effects of the ratio on human health are less consistent than expected (Marventano *et al.*, 2015), it is accepted that this ratio must be lower than 4 (Scollan *et al.*, 2006). Current results for kid meat varied between 4.78 and 13.00, in agreement with those of other authors (Horcada *et al.*, 2014). The intramuscular fat from dairy animals, such as PL and TI, had a more unfavorable n-6:n-3 ratio than other breeds (Horcada *et al.*, 2012). Although some authors did not find a relationship between slightly different milks and intramuscular fatty acids (Manso *et al.*, 2011), suckling kid goats have a less healthy n-6:n-3 ratio than adult goats fed forages (Adeyemi *et al.*, 2017).

Several authors has been reported that fatty acid profile in fat of suckling kids usually reflects the fatty acid profile of the suckled meat (Bas y Morand-Fehr, 2000; Bañón *et al.*, 2006). Although the lack of the chemical and fatty acid composition of milk replacers is a potential limitation of this study we want to draw attention to the commercial milk replacers for kids used were very similar between breeds. In addition, the chemical composition of milk replacer is the same for all kids while the composition of the fat of the kids varies. Tsiplakou *et al.* (2016) reported that the FA profile of goat kids muscles reflected that of suckled milk (natural or artificial) and the FA of muscle might help to discover when artificially reared goat kids are sold as naturally suckled kids. According to De Palo *et al.* (2015), artificial feeding could increase the amount of unsaturated fatty acids to improve its profitability of milk. Other authors reported that muscle FA profile of goat kids is healthier when fed natural milk that when fed milk replacers (Tsiplakou *et al.*, 2016), although this is related with the composition of milk

replacer. Hence, the modification of the fatty acid composition of milk replacers can be a useful tool to improve the quality of the intermuscular fat of suckling kids. Supplementation of milk replacers with docohexanoic acid increased the DHA concentration and the n-6/n-3 ratios were reduced in tissues of goats kids. However, some fatty acids of muscle are less prone to be modified than others. Joy *et al.* (2012a) reported similar conclusions in suckling lambs. Therefore, CLA and n-6/n-3 of natural milk and muscles had high correlations while SFA and PUFA n-3 had low correlations. Other authors found that same positive relationship between linolenic acid in milk and meat and the lack of relationship between C18:2 n-6 in milk and meat (Nudda *et al.*, 2008). Other authors found that same positive relationship between linolenic acid in milk and meat and the lack of relationship between C18:2 n-6 in milk and meat (Nudda *et al.*, 2008). However, to modify the fatty acids of the suckled natural milk is mandatory to modify the goats' diet. Hence, the feeding affected to the PUFA, CLA c9,t11, PUFA/SFA, PUFA n-3 and PUFA n-6/n-3 of sheep milk, revealing higher CLA, PUFA/SFA, PUFA n-3 and PUFA n-6/n-3 in milk and suckling lamb meat when grazing pastures instead being hay fed. Sanz-Sampelayo *et al.* (2006) investigate the possibility of improving the composition of goat meat, in terms of the fatty acid composition, using concentrates supplemented with polyunsaturated fatty acids. These authors reported that milk contained fat with a lower content of saturated fatty acids and a higher content of n-3 PUFA, *trans*-C18: 1 and CLA. The intramuscular fat presented of the suckling kids had a higher proportion of n-3 PUFA, *trans* C18: 1 and CLA, while that of n-6 PUFA remained unchanged. In consequence, it is demonstrated that important fatty acids of milk can be improved modifying the goats' diet and the modified milk can improve the fatty acid composition of the intramuscular fat of the suckling kids

3.6. CONCLUSIONS

This study confirmed that a great change in composition occurs from colostrum to milk. Once colostrum production has finished, milk composition is almost constant over time, demonstrating that the mammary gland has developed a high tolerance to external factors such as diet. Goat colostrum has more protein and fat and less lactose than milk. Actually, the amount of lactose is lower in goat milk than in cow milk, which is of interest to people with lactose tolerance issues. Goat milk is an important source

of healthy fatty acids such as C18:1 c9 and C18:2 n-6. The percentage of C18:1 c9 decreased from colostrum to milk for all breeds, but the decrease in PL and TI (dairy breeds) was twofold the decrease in GU and RE (meat breeds).

Suckling kid meat was also an important source of C18:1c9. Goat dairy breeds had higher percentages of *trans* MUFAs and most of the C18:1 isomers but not higher amounts of the total MUFAs. However, these dairy kids had meat with a lower percentage of CLA than meat kids. The meat of kids fed natural milk had higher amounts of CLA and BCFA and lower amounts of n-6 fatty acids than kids fed milk replacers. The presence of BCFAs on the meat of preruminant animals could be explained by the intake of BCFAs. Both milk and meat are a source of linoleic and alpha linolenic acids, which are essential fatty acids and healthy long-chain fatty acids, such as DHA, EPA and ARA. The effect of the rearing system on the fatty acids composition of milk and meat is clearly modulated by the breed. Therefore, investigations related with this topic should be afforded using more than one breed to avoid results open to misinterpretation.

Regarding the possibility of improve the fatty acid composition of suckling kids fat, several authors has been reported that fatty acid profile in fat of suckling kids usually reflects the fatty acid profile of the suckled meat (Bas y Morand-Fehr, 2000; Bañón *et al.*, 2006).

Additionally, it has been found a lack of knowledge of the presence of branched chain fatty acids in both milk and meat of suckling kids. Because the raising importance of these fatty acids on human health, and the contribution to the flavor, it deserves more attention in future researches.

4. VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS AND CONSUMER PREFERENCE FOR MEAT FROM SUCKLING GOAT KIDS RAISED WITH NATURAL OR REPLACERS MILK

Este apartado ha dado lugar a la publicación:

Ripoll G., Córdoba M.G., Alcalde M.J., Martín A., Argüello A., Casquete R., Panea B. 2019. Volatile organic compounds and consumer preference for meat from suckling goat kids raised with natural or replacers milk. *Italian Journal of Animal Science*, 18: 1259-1270.

4.1. RESUMEN

El objetivo de esta publicación fue estudiar los compuestos orgánicos volátiles de la carne de cabrito lechal criados con leche de sus madres o con lactoreemplazantes y estudiar la influencia de las características psicográficas de los consumidores en la valoración sensorial de la carne.

Se realizó una cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas para identificar los compuestos volátiles y los consumidores evaluaron la aceptabilidad del flavor, jugosidad y la aceptabilidad global.

Se detectaron 35 compuestos volátiles de los cuales 44,3 %, 25,1 %, 6,9 % y 2,3 % fueron aldehídos, hidrocarburos, cetonas y alcoholes, respectivamente. La influencia del sistema de lactancia en los compuestos volátiles dependió claramente de la raza. El sistema de lactancia no afectó al porcentaje de aldehídos lineales. Sin embargo, el principal aldehído, el hexanal (34,5 %) se relacionó con el uso de leche de las madres y se correlacionó positivamente con la aceptabilidad del flavor ($r=0,21$) y la aceptabilidad global ($r=0,24$). Por otra parte, los hidrocarburos como el hexano estuvieron relacionados con el uso de lactoreemplazantes, y el 2-metil-pentano y el 3-metil-pentano estuvieron correlacionados negativamente con la aceptabilidad del flavor ($r=-0,22$ y $-0,22$, respectivamente). La aceptabilidad de la carne de cabritos lechales alimentados con leche de sus madres fue mayor en consumidores con edad avanzada y consumidores con un consumo moderado de carne.

4.2. INTRODUCTION

Spain has one of the largest goat populations in the European community, producing 20 % of the milk goats and 10.9 % of the kid meat in the European Union (MAPAMA, 2016b). In addition, suckling kid sales are 20 % of the final income per goat of the dairy farm (Castel *et al.*, 2012). Eighty percent of this kid meat comes from the light suckling kid category (*cabrito*) (MAPAMA, 2016b). These light suckling kids have a liveweight of 10-11 kg and carcass weight of 5-7 kg, and are perceived by consumers to be high-quality meat (Marichal *et al.*, 2003). In fact, 88 % of European Union goats are raised and slaughtered as kids with carcass weights between 5 kg and 11 kg (Shrestha y Fahmy, 2007). When kid goats are reared with their dams, the availability of milk for cheese production decreases. Therefore, some goat farmers remove the kids from their dams at a very young age and rear them with milk replacers, as is standard in intensive dairy cow production. Milk replacers specially formulated for kids can result in good daily weight gain. However, some farmers are disinclined to use the milk replacers because this type of rearing involves greater labor costs, even though the total costs are equal to or higher than those for the natural suckling systems (Delgado-Pertíñez *et al.*, 2009a). Additionally, some farmers choose to feed their kids with natural goat milk, believing that this increases meat quality (Bañón *et al.*, 2006). However, leg chops of kids reared with milk replacers were preferred by consumers according to their visual appraisal. Moreover, the purchase intention of these chops was also greater than that for kids reared with natural milk (Ripoll *et al.*, 2018a). Selecting a rearing system of very light suckling kids is not a trivial question. Meat with high pH appears with more frequency when very light suckling kids are reared with milk replacers affecting to muscle colour (Ripoll *et al.*, 2019a); and colour is one of the most important quality attributes to choose meat at the purchase time (Bernués *et al.*, 2012).

Factors that influence the meat flavor can be grouped into three levels: animal (breed and feeding type), meat (pre-slaughter handling and ageing) and cooking (Drumm y Spanier, 1991; Mottram, 1998a; Aaslyng y Meinert, 2017). The most important factors of cooking are the temperature and cooking time, because they generate Maillard reactions and lipid degradation (Aaslyng y Meinert, 2017). In addition, we must consider a last step, the consumer. The perception of meat flavor are

determined by consumers' individual preferences (Calkins y Hodgen, 2007) since small changes in sensory ratings for flavor can greatly influence the overall acceptability of the meat (Platter *et al.*, 2003).

Raw meat is weakly flavored, but the thermal treatment of lean meat provides a non-species-specific meaty flavor, whereas warming up meat containing fat develops species-specific flavor. Meaty flavor is composed of thousands of volatile compounds including hydrocarbons, aldehydes, ketones, alcohols, furans, thiophenes, pyrroles, pyridines, pyrazines, oxazoles, thiazoles, sulfurous compounds, and many others, but only a minor group are responsible for the characteristic odour and flavor of meat (Shahidi, 1998). The major volatile compounds are produced by the thermal degradation of fat and the oxidation of fatty acids, which is primarily responsible for the development of flavor. However, the meat of suckling kids is very lean and it is expected to have a low odour intensity. Slaughter weight is related to the intensity of kid-specific odour and milk odour of kids (Ripoll *et al.*, 2012a). There is scarce information on the use of milk replacers on the flavor of meat from suckling light kids such as *cabrito*; however, the pre-harvest animal environment and diet are decisive factors in the desirability of meat (Calkins y Hodgen, 2007). In fact, some authors detected an influence of the milk on meat quality of suckling light lambs (Wilches *et al.*, 2011; Morán *et al.*, 2014).

The aim of this study was to characterize the different volatile compounds found in the cooked meat of suckling light kids reared with natural milk or milk replacers and the influence of consumers' psychographic characteristics on the sensory preference for meat from these rearing systems.

4.3. MATERIAL AND METHODS

Animals and sampling

All procedures were conducted according to the guidelines of Directive 2010/63/EU on the protection of animals used for experimental and other scientific purposes (E.U., 2010).

Suckling male kids of 8 goat breeds (Florida, FL; Cabra del Guadarrama, GU; Majorera, MA; Palmera, PL; Payoya, PY; Retinta, RE; Tinerfeña, TI; Verata, VE) were

evenly reared at two (FL, MA, PL, PY and TI) or three farms (GU, RE and VE) per breed in their respective local areas. Each farm reared approximately a half of kids into each rearing system. Animals were selected to be as unrelated as possible to ensure that the full range of genetic diversity was present within breeds in the study. Animals were all born from single parturition and were raised with milk replacers (MR) or natural milk from their dams (NM). Kids of the MR rearing system were fed colostrum for the first 2 days and then had free access to the milk replacer for 24 h a day, which was suckled from a teat connected to a unit for feeding a liquid diet. Commercial milk replacers were reconstituted at 17 % (w/v) and given warm (40°C). The main ingredients was skimmed milk (60 %) and whey. The chemical composition of milk replacers was: Total fat 25 % ± 0.6, crude protein 24 % ± 0.5, crude cellulose 0.1 % ± 0.0, ash 7 % ± 0.6, Ca 0.8 % ± 0.1, Na 0.5 % ± 0.2, P 0.7 % ± 0.0, Fe 36 mg/kg ± 4.0, Cu 3 mg/kg ± 1.7, Zn 52 mg/kg ± 18.8, Mn 42 mg/kg ± 14.4, I 0.22 mg/kg ± 0.06, Se 0.1 mg/kg ± 0.06 and butylated hydroxytoluene 65 ppm ± 30. The chemical composition of natural milk was: Total fat 5.00 % ± 0.08, crude protein 4.02 % ± 0.6, and lactose 4.14 % ± 0.02. Kids of the NM rearing system suckled directly from dams with no additional feedstuff. At night, they were housed with their dams in a stable. Kids from both rearing systems had free access to water.

The numbers of kids used are shown in Table 18. The 246 kids were slaughtered at a body weight of 8.47 kg ± 0.077 kg. Standard commercial procedures according to the European normative of protection of animals at the time of killing (E.U., 2009) were followed. Head-only electrical stunning was applied (1.00 A) to the kids, which were then exsanguinated and dressed with a hot carcass weight of 4.97 kg ± 0.061 kg. Carcasses were hung by the Achilles tendon and chilled for 24 h at 4 °C in total darkness. Then, carcasses were split into two halves, and the muscle *longissimus lumborum* (LL) (Caputi-Jambrenghi *et al.*, 2007; Hukerdi *et al.*, 2019) of the left half carcass was extracted, vacuum-packed and aged for 3 days at 4 °C. Then, a 2-cm long portion of the LL was cut, vacuum-packed and frozen at -80°C (Sanyo MDF-U5386S, SANYO Electric Co., Ltd., Osaka, Japan) until volatile compounds analysis. The remaining LL was also vacuum-packed and frozen at -20 °C until sensory analysis.

Extraction and analysis of volatile compounds

Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was performed to identify the volatile compounds (VOCs) in the meat. Meat samples were thawed and cut to ensure a 2-cm thickness. Then, samples were cooked to a core temperature of 75 °C. Samples were minced, and 1 g was weighed into a 5 mL headspace vial (Hewlett–Packard, Palo Alto, CA, USA) and sealed with a PTFE butyl septum (Perkin-Elmer, Foster City, CA, USA) in an aluminum cap. Volatile compounds were extracted with a solid-phase microextraction (SPME) technique with a 10-mm long, 75- μm thick fibre coated with carboxen/polydimethylsiloxane (Supelco Co., Bellefonte, PA, USA). Prior to the collection of volatiles, the fibre was preconditioned at 300 °C for 1 h in the GC injection port. The SPME fibre was inserted into the headspace vial through the septum, and exposed to the headspace for 55 min at 40 °C in a water bath with stirring. GC-MS analyses of VOCs were performed using a Hewlett–Packard 5890 S II gas chromatograph coupled with a Hewlett–Packard 5971A ion-trap mass spectrometer. A 5 % phenyl 95 % dimethyl polysiloxane column (50 m x 0.32 mm ID, 1.05- μm film thickness; Hewlett–Packard) was used for the separation of the VOCs. Helium was used as the carrier gas. The injection port was in a splitless mode. The SPME fibre was kept in the injection port at 250 °C during the chromatographic run. The temperature program began in an isothermal mode for 5 min at 35 °C and ramped to 150 °C at 4 °C min^{-1} , followed by 250 °C at 20 °C min^{-1} . The GC-MS transfer line temperature was 280 °C. The mass spectrometer was operated in the electron impact mode, with an electron energy of 70 eV, a multiplier voltage of 1756 V and a rate of 1 scan s^{-1} over a range of m/z 20–365 for data collection. To calculate the Kovats indexes for the different compounds, n-alkanes (Sigma R-8769) were run under the same conditions. The VOCs of cooked meat were identified by comparison of their mass spectra with data in the NIST database and the calculated Kovats indexes. Quantification was based on either the total or single ion chromatogram on an arbitrary scale.

Consumer sensory test

Participation of the naive consumers in the experiment was voluntary and anonymous. Personal data including identification and electronic mail were not required, and there was no economic compensation. Participants were informed clearly

about the aim of the study and gave implicit consent to use the supplied information according to European regulations (U.E., 2010). Vegan people did not participate in the study. Sensory analysis was performed with a home test (Dransfield *et al.*, 2000). Each of the 114 consumers was provided with two vacuum-packed and frozen samples of meat from each rearing system of the same breed. Home tests are widely used to acquire information about the product in a realistic situation (Dransfield *et al.*, 2000; Lunde *et al.*, 2010; Aaslyng *et al.*, 2016), and two samples were recommended for the study (Santa Cruz *et al.*, 2005). A sheet with some questions and the instructions were provided with the meat (Annex A). The meat was to be grilled without condiments such as salt or spices. Home test do not ensure a controlled environment of cooking but scores of the both samples of each consumer are compared in the same conditions. The consumers evaluated the flavor acceptability, juiciness acceptability and overall acceptability of the samples on a scale from 1 (dislike extremely) to 10 (like extremely). Consumers were asked about their age, gender, level of preference for meat, frequency of consumption of meat and if they had previously tasted kid.

Statistical analysis

Statistical analyses were performed with the XLSTAT statistical package v.3.05 (Addinsoft, USA). The percentage of the total area detected for each volatile compound was calculated. Then, VOCs were subjected to an analysis of variance with the breed and rearing system as fixed effects. Flavor acceptability, juiciness acceptability and overall acceptability were mean-centered to reduce the dependence on magnitude and the different use of scale of consumer, and also on differences on cooking between consumers. Hence, the scores of consumers were expressed as a deviation from their own mean, subtracting each score to the average score of each consumer (Ripoll *et al.*, 2014). Flavor acceptability, juiciness acceptability and overall acceptability were studied with an analysis of variance with the rearing system, age, gender, level of preference for meat, frequency of consumption of kid meat and previous consumption of kid meat as fixed effects. The least square means were estimated, and differences were tested with a level of significance at 0.05. The Pearson correlations between volatile compounds and the consumer sensory test were calculated with the residuals of each observation. The dependence between the age and gender of the consumer was studied using the χ^2 test.

4.4. RESULTS

Volatile compounds

A total of 35 VOCs were identified and quantified. The identified VOCs included 9 aldehydes, 8 hydrocarbons, 4 ketones, 4 alcohols, and 6 others such as pyrazines, furans and ethers (Table 18, Table 19, Table 20 and Table 21, respectively). The remaining 4 detected VOCs were not identified. The mean percentage of the total area for each group of VOCs was 44.3 %, 25.1 %, 6.9 %, 2.3 %, 21.0 % and 0.35 % for aldehydes, hydrocarbons, ketones, alcohols, others and unknowns, respectively. Hexanal was the major VOC, with 34.8 % of the total area. Moreover, hexanal showed the greatest coefficient of variation (CV = 168 %). The main VOC were hexane and ethyl acetate with 21.3 % and 16.4 % of the total area, respectively. The CV of both VOCs was also greater than 100 %. The interaction between the breed and the rearing system affected 31 VOCs ($P < 0.05$), while 2-ethyl hexanal, toluene and carbon disulphide were only affected by breed ($P < 0.001$). 2,5-dimethyl pyrazine was affected by breed and rearing system ($P < 0.05$).

In general, the rearing system did not affect the percentage of linear aldehydes from 5 to 9 carbons ($P > 0.05$) in some breeds (Table 18). However, the use of milk replacers decreased the percentage of these VOCs in other breeds. Verata kids fed NM had the highest values of linear aldehydes from 5 to 9 carbons ($P < 0.05$). Payoya kids fed NM also had high values for hexanal, heptanal and octanal. Conversely, Retinta kids fed MR had the lowest values for aldehydes from 5 to 9 carbons ($P < 0.05$). Majorera kids fed MR also had low values for pentanal and nonanal. Retinta kids fed NM had similarly low values for nonanal ($P > 0.05$). In general, Majorera and Verata kids fed NM had higher percentages of linear aldehydes ($P < 0.05$) than those fed MR.

Regarding the minority aldehydes, 2-ethyl-hexanal was found in almost every breed except Guadarrama. The other minority aldehydes were not detected in the three breeds from the Canary Islands (Majorera, Palmera and Tinerfeña). The effect of the rearing system on these aldehydes was different for each breed.

Table 18. Volatile compounds (aldehydes) of kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).

B [†]	RS	n	Pentanal	Hexanal	Heptanal	Octanal	Nonanal	2-Methyl propanal	2-Methyl butanal	3-Methyl butanal	2-Ethyl Hexanal
FL	MR	15	1.46 ^{bc}	45.87 ^{bcd}	1.58 ^{bcde}	0.89 ^{cde}	3.74 ^{ef}	n.d.	0.12 ^{cd}	0.10 ^b	0.15 ^{ab}
	NM	15	1.91 ^b	48.43 ^{abc}	2.45 ^{ab}	1.32 ^{abcd}	5.09 ^{cdef}	n.d.	0.14 ^{cd}	0.16 ^b	0.19 ^{ab}
GU	MR	15	0.83 ^{cdef}	35.34 ^{cde}	1.05 ^{cdef}	0.84 ^{cde}	4.00 ^{def}	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	NM	16	0.99 ^{cd}	46.36 ^{bcd}	1.12 ^{cdef}	1.43 ^{abc}	10.53 ^a	n.d.	0.11 ^{cd}	0.13 ^b	n.d.
MA	MR	16	0.28 ^f	23.26 ^{efg}	0.67 ^{ef}	0.83 ^{cde}	3.19 ^f	n.d.	n.d.	n.d.	0.07 ^{ab}
	NM	16	0.61 ^{def}	41.85 ^{bcd}	2.17 ^{abc}	1.66 ^{ab}	6.68 ^{bcd}	n.d.	n.d.	n.d.	0.03 ^b
PL	MR	15	0.32 ^{ef}	29.78 ^{def}	0.95 ^{def}	1.61 ^{ab}	7.42 ^{bc}	n.d.	n.d.	n.d.	0.11 ^{ab}
	NM	16	0.40 ^{def}	30.36 ^{def}	1.85 ^{bcd}	1.41 ^{ac}	6.23 ^{bcde}	n.d.	n.d.	n.d.	0.12 ^{ab}
PY	MR	16	0.96 ^{cde}	56.59 ^{ab}	1.57 ^{bcde}	1.07 ^{bcde}	5.38 ^{cdef}	n.d.	0.24 ^{bc}	0.88 ^a	0.13 ^{ab}
	NM	14	2.09 ^b	63.04 ^a	2.61 ^{ab}	1.79 ^a	6.64 ^{bcd}	n.d.	0.02 ^d	0.07 ^b	0.02 ^b
RE	MR	15	n.d.	2.90 ^h	0.39 ^f	0.45 ^e	2.97 ^f	n.d.	0.41 ^a	0.20 ^b	0.26 ^a
	NM	15	0.22 ^b	9.13 ^{gh}	0.67 ^{ef}	0.68 ^{de}	3.09 ^f	0.09 ^a	0.32 ^{ab}	0.27 ^b	0.21 ^{ab}
TI	MR	16	0.23 ^b	16.99 ^{fgh}	1.78 ^{bcde}	1.05 ^{bcde}	4.47 ^{def}	n.d.	n.d.	n.d.	0.06 ^b
	NM	16	0.26 ^b	24.49 ^{efg}	1.27 ^{cdef}	1.49 ^{abc}	6.65 ^{bcd}	n.d.	n.d.	n.d.	0.12 ^{ab}
VE	MR	15	0.70 ^{def}	30.66 ^{def}	1.10 ^{cdef}	1.00 ^{bcde}	3.91 ^{def}	0.07 ^b	0.46 ^a	0.69 ^a	0.20 ^{ab}
	NM	15	3.27 ^a	54.15 ^{ab}	3.04 ^a	1.88 ^a	8.71 ^{ab}	n.d.	0.32 ^{ab}	0.24 ^a	0.11 ^{ab}
s.e.			0.129	3.285	0.227	0.134	0.565	0.006	0.029	0.055	0.038
B			0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
RS			0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.495	0.005	0.0001	0.270
B*RS			0.0001	0.007	0.0001	0.001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.235

[†] B, Breed; RS, Rearing system; s.e., standard error. FL, Florida; GU, del Guadarrama; MA, Majorera; PL, Palmera; PY, Payoya; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; VE, Verata. The volatile compounds are expressed as percentage of total detected volatile compounds. n.d., No detected. Different superscripts indicate significant differences within the same column (P<0.05).

Table 19. Volatile compounds (aliphatic and aromatic hydrocarbons) of kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).

B [†]	RS	2- Methyl pentane	3- Methyl pentane	Hexane	Heptane	Toluene	p-Xilene	o,m-Xilene	Limonene
FL	MR	1.82 ^b	n.d.	20.00 ^{abcd}	0.12 ^{bcd}	0.09 ^b	n.d.	0.19 ^b	0.32 ^{bc}
	NM	1.63 ^b	n.d.	14.85 ^{bcde}	0.06 ^{cd}	0.16 ^b	n.d.	0.33 ^b	0.33 ^{bc}
GU	MR	1.61 ^{bc}	4.63 ^c	31.55 ^a	n.d.	n.d.	0.32 ^a	0.04 ^c	0.19 ^c
	NM	0.60 ^{cd}	1.87 ^{de}	26.45 ^{ab}	n.d.	n.d.	0.29 ^a	n.d.	n.d.
MA	MR	0.27 ^d	0.50 ^{ef}	30.69 ^{ab}	0.32 ^{bc}	n.d.	n.d.	0.02 ^c	0.46 ^{bc}
	NM	0.25 ^d	0.30 ^{ef}	23.98 ^{abc}	1.03 ^a	n.d.	n.d.	0.06 ^c	0.62 ^{ab}
PL	MR	0.08 ^d	0.11 ^f	9.40 ^{cde}	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.33 ^{bc}
	NM	0.20 ^d	0.15 ^{ef}	19.49 ^{abcd}	0.02 ^d	n.d.	n.d.	n.d.	0.29 ^{bc}
PY	MR	0.28 ^d	n.d.	6.15 ^{de}	0.02 ^d	0.36 ^a	n.d.	2.65 ^a	0.63 ^{ab}
	NM	0.51 ^d	n.d.	3.04 ^e	0.34 ^b	0.32 ^a	n.d.	0.69 ^b	0.92 ^a
RE	MR	3.87 ^a	7.08 ^b	33.55 ^a	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.63 ^{ab}
	NM	4.31 ^a	10.65 ^a	34.18 ^a	0.02 ^d	n.d.	n.d.	n.d.	0.48 ^{bc}
TI	MR	0.13 ^d	0.24 ^{ef}	19.17 ^{abcd}	n.d.	n.d.	0.16 ^b	n.d.	0.63 ^{ab}
	NM	0.28 ^d	0.30 ^{ef}	28.62 ^{ab}	0.01 ^d	n.d.	n.d.	n.d.	0.35 ^{bc}
VE	MR	0.87 ^{bcd}	2.98 ^{ced}	34.72 ^a	0.04 ^d	n.d.	n.d.	n.d.	0.51 ^{bc}
	NM	0.85 ^{bcd}	0.36 ^{ef}	3.48 ^{de}	0.19 ^{bcd}	n.d.	n.d.	n.d.	0.45 ^{bc}
s.e.		0.200	0.343	3.232	0.053	0.018	0.027	0.105	0.067
B		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
RS		0.700	0.169	0.017	0.0001	0.749	0.092	0.0001	0.315
B*RS		0.025	0.0001	0.0001	0.0001	0.194	0.041	0.0001	0.001

[†] B, Breed; RS, Rearing system; s.e., standard error. FL, Florida; GU, del Guadarrama; MA, Majorera; PL, Palmera; PY, Payoya; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; VE, Verata; n.d., No detected. The volatile compounds are expressed as percentage of total detected volatile compounds. Different superscripts indicate significant differences within the same column (P<0.05).

The main hydrocarbons were 2-methyl pentane, 3-methyl pentane and hexane (Table 19). The remaining hydrocarbons were less than 1 % of the total VOCs. The 2-methyl pentane percentages were similar between rearing systems within breeds (P>0.05). For this VOC, Majorera, Palmera, Payoya and Tinerfeña kids had the lowest values (P<0.05) for 2-methyl pentane, while Retinta kids had the highest value (P<0.05). Retinta kids fed NM had the highest values of 3-methyl pentane (P<0.05). This VOC was not detected in Florida and Payoya meat. The presence of heptane was greater (P<0.05) for kids fed NM than that for those fed MR for most of the breeds. However, heptane was not detected in Guadarrama meat, and Florida meat had similar values (P>0.05)

between rearing systems. Toluene was only detected in Florida and Payoya meat, with no differences between rearing systems ($P>0.05$). The compound p-xylene was only detected in Guadarrama meat, with no differences between rearing systems ($P>0.05$), as well as in Tinerfeña kids fed MR. The compound o,m-xylene was only detected in Florida, Majorera and Payoya meat, but the rearing system affected Payoya meat. The o,m-xylene values for Payoya kids fed MR were almost 4-fold greater than those for Payoya kids fed NM ($P<0.05$). Limonene was detected in every group except Guadarrama kids fed NM. Moreover, Guadarrama kids fed MR had the lowest limonene values ($P<0.05$). In general, the rearing system had no influence on the VOCs content ($P>0.05$), but Majorera kids fed NM had more limonene than did Majorera kids fed MR ($P<0.05$).

The detected ketones are shown in Table 20. There was no consistent effect of rearing system on acetone. While Florida, Majorera, Palmera, Payoya, Retinta and Tinerfeña kids had similar values for both rearing systems ($P>0.05$), Verata kids fed NM had greater values than did Verata kids fed MR ($P<0.05$). On the other hand, Guadarrama kids fed NM had no detectable values, and 0.47 % acetone when fed with milk replacers. 3-hidroxy-2-butanone was not detected in most of the breeds, but its concentration was greater for MR rearing than for NM rearing ($P<0.05$). The influence of the rearing system on 3-heptanone is not clear. While the 3-heptanone values were greater for NM in Guadarrama and Verata kids ($P<0.05$), Retinta and Majorera kids had greater values with MR ($P<0.05$).

The other breeds had similar percentages with any rearing system. There were no differences between rearing systems ($P>0.05$), except Majorera kids that had a greater percentage when reared with NM than MR ($P<0.05$).

The detected alcohols are shown in Table 20. These alcohols were not detected in Majorera, Palmera and Tinerfeña meat. The meat of kids fed NM from the Guadarrama and Payoya groups had greater values of 1-butanol and 1-pentanol, but those of the other breeds had no differences between rearing systems. There was no effect of rearing system ($P>0.05$) on 3-heptanol and 2-ethyl-1-hexanol for most of the breeds.

Table 20. Volatile compounds (ketones and alcohols) of kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).

B [†]	RS	Acetone	3-Hidroxy- 2-butanone	3-Heptanone	2-Methyl- 3-octanone	1-Butanol	1-Pentanol	3-Heptanol	2-Ethyl- 1-Hexanol
FL	MR	2.62 ^{bc}	n.d.	3.13 ^{bc}	2.63 ^{def}	n.d.	1.53 ^{cd}	1.54 ^b	0.19 ^c
	NM	2.09 ^{cd}	n.d.	2.47 ^c	4.38 ^{bcd}	n.d.	2.19 ^{bc}	1.38 ^b	0.23 ^c
GU	MR	0.47 ^e	n.d.	n.d.	0.35 ^g	n.d.	1.21 ^{de}	n.d.	n.d.
	NM	n.d.	n.d.	0.06 ^e	1.89 ^{efg}	0.67	2.26 ^{bc}	n.d.	n.d.
MA	MR	0.36 ^e	n.d.	0.01 ^e	2.38 ^{defg}	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	NM	1.12 ^{de}	n.d.	n.d.	5.75 ^{ab}	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PL	MR	0.41 ^e	n.d.	0.02 ^e	2.42 ^{defg}	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	NM	0.57 ^e	n.d.	0.02 ^e	2.85 ^{cde}	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PY	MR	2.57 ^{bc}	0.52 ^b	2.90 ^{bc}	6.21 ^{ab}	n.d.	3.83 ^a	2.39 ^a	0.10 ^c
	NM	2.67 ^{bc}	0.04 ^c	2.45 ^c	4.89 ^{abc}	n.d.	2.52 ^b	1.30 ^b	0.43 ^b
RE	MR	5.06 ^a	1.26 ^a	5.81 ^a	0.53 ^{fg}	n.d.	0.19 ^f	2.62 ^a	1.00 ^a
	NM	5.50 ^a	n.d.	3.63 ^b	0.96 ^{efg}	n.d.	0.53 ^{ef}	2.17 ^a	0.55 ^b
TI	MR	0.38 ^e	n.d.	0.01 ^e	0.71 ^{fg}	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	NM	0.39 ^e	n.d.	0.01 ^e	2.27 ^{defg}	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
VE	MR	3.54 ^b	0.39 ^c	1.42 ^d	5.52 ^{ab}	n.d.	2.26 ^{bc}	1.42 ^b	0.25 ^c
	NM	6.05 ^a	n.d.	2.89 ^{bc}	6.92 ^a	n.d.	2.30 ^{bc}	2.31 ^a	0.22 ^c
s.e.		0.262	0.069	0.194	0.426	0.029	0.158	0.17	0.033
B		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
RS		0.005	0.0001	0.023	0.0001	0.0001	0.214	0.082	0.401
B*RS		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

[†] B, Breed; RS, Rearing system; s.e., standard error. FL, Florida; GU, del Guadarrama; MA, Majorera; PL, Palmera; PY, Payoya; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; VE, Verata; n.d., No detected. The volatile compounds are expressed as percentage of total detected volatile compounds. Different superscripts indicate significant differences within the same column (P<0.05).

Table 21. Volatile compounds (others) of kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).

B [†]	RS	Diethyl ether	Carbone disulphide	Ethyl acetate	Butyric acid	2,5-dimethyl pirazine	2-pentyl furan
FL	MR	3.62 ^b	0.35 ^c	7.15 ^{fgh}	n.d.	0.22 ^a	0.32 ^{cd}
	NM	2.77 ^{bcd}	0.14 ^c	6.58 ^{gh}	n.d.	0.13 ^{ab}	0.32 ^{cd}
GU	MR	0.39 ^e	n.d.	15.70 ^{efg}	1.45 ^a	n.d.	0.01 ^d
	NM	1.03 ^{cde}	n.d.	3.93 ^{gh}	0.05 ^b	n.d.	0.21 ^d
MA	MR	0.32 ^e	2.23 ^b	33.88 ^{bc}	n.d.	n.d.	0.04 ^d
	NM	0.81 ^{de}	2.41 ^b	10.30 ^{efgh}	n.d.	n.d.	0.14 ^d
PL	MR	0.07 ^e	2.67 ^b	43.25 ^{ab}	n.d.	n.d.	0.80 ^b
	NM	1.47 ^{cde}	2.31 ^b	31.04 ^{cd}	n.d.	n.d.	0.85 ^b
PY	MR	1.9 ^{bcde}	n.d.	2.44 ^h	n.d.	n.d.	n.d.
	NM	1.04 ^{cde}	0.13 ^c	1.61 ^h	n.d.	n.d.	0.16 ^d
RE	MR	8.20 ^a	1.08 ^{bc}	18.60 ^{ef}	n.d.	0.18 ^{ab}	1.69 ^a
	NM	8.31 ^a	1.20 ^{bc}	11.39 ^{efgh}	n.d.	0.07 ^b	0.90 ^b
TI	MR	0.87 ^{cde}	4.29 ^a	48.35 ^a	n.d.	n.d.	0.21 ^d
	NM	6.46 ^a	4.54 ^a	21.65 ^{de}	n.d.	n.d.	0.36 ^{cd}
VE	MR	2.87 ^{bc}	0.51 ^c	2.97 ^h	n.d.	n.d.	0.67 ^{bc}
	NM	0.76 ^{de}	0.56 ^c	0.08 ^h	n.d.	n.d.	0.35 ^{cd}
s.e.		0.404	0.306	2.302	0.068	0.023	0.075
B		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
RS		0.007	0.897	0.0001	0.0001	0.036	0.132
B*RS		0.0001	0.979	0.0001	0.0001	0.067	0.0001

[†] B, Breed; RS, Rearing system; s.e., standard error. FL, Florida; GU, del Guadarrama; MA, Majorera; PL, Palmera; PY, Payoya; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; VE, Verata; n.d., No detected. The volatile compounds are expressed as percentage of total detected volatile compounds. Different superscripts indicate significant differences (P<0.05).

The Table 21 shows another individual compounds. The lowest values of diethyl ether were detected in the meat of Guadarrama, Majorera and Palmera kids fed with MR (P<0.05), although there were no differences compared with the values from kids of the same breeds fed NM. Tinerfeña kids fed MR had lower diethyl ether percentages than those of the same breed fed NM (P<0.05) although Verata kids fed MR had greater values than those of the same breed fed NM (P<0.05). Carbone disulphide was affected only by breed; Florida and Verata kids had the lowest values, and Tinerfeña kids had the highest (P<0.05). Butyric acid was detected only in Guadarrama meat, and the kids fed MR had a higher percentage than that of kids fed NM (P<0.05). The compound 2,5-dimethyl pyrazine was detected in Florida meat without differences among rearing

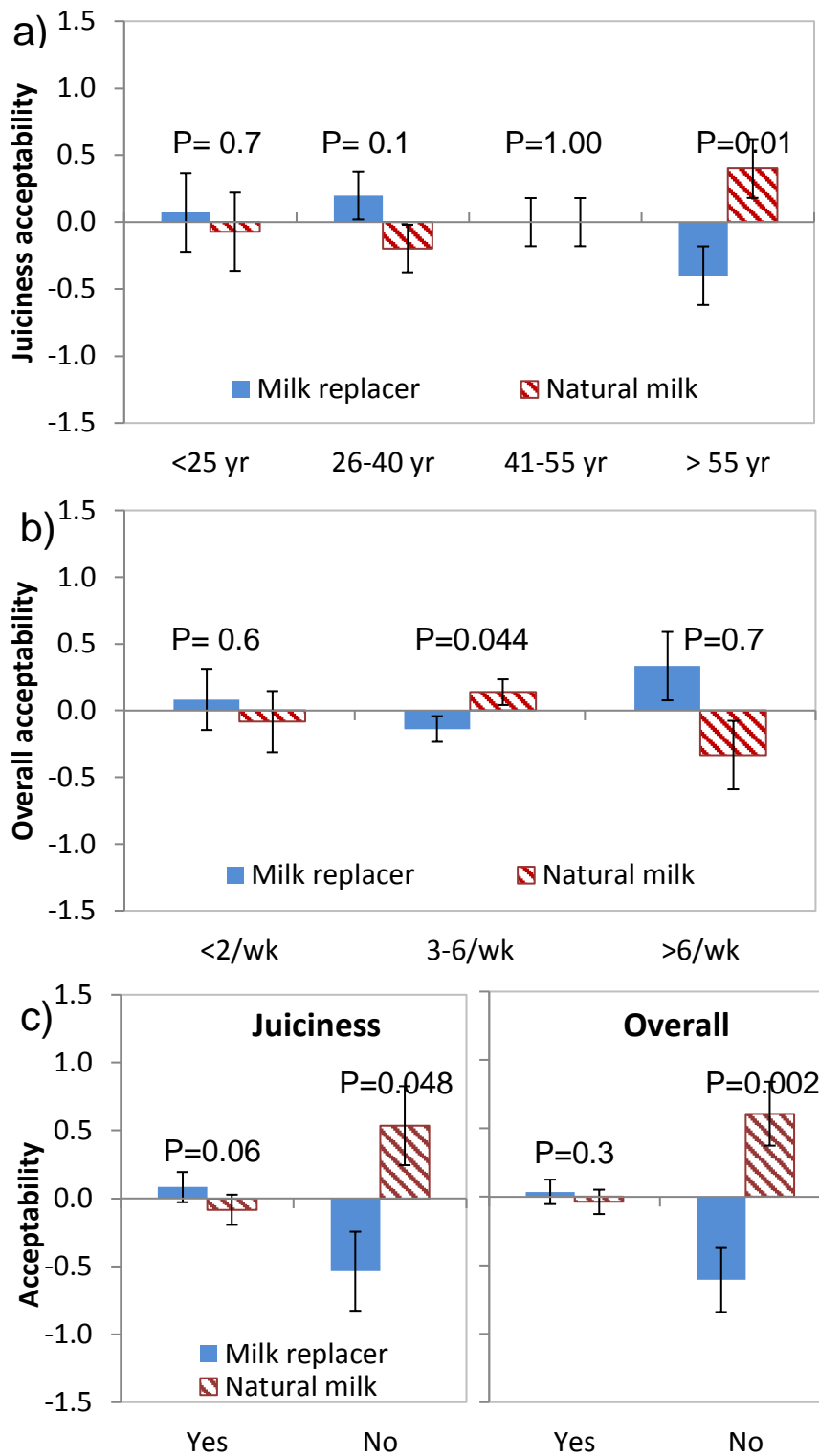
systems ($P>0.05$) and in Retinta meat, which had greater values when fed MR versus NM ($P<0.05$). The rearing system had no effect on the 2-pentyl furan levels in Florida, Guadarrama, Majorera, Palmera, Tinerfeña and Verata meat ($P>0.05$). However, the percentage of this furan was greater in Payoya kids fed NM versus MR. The use of MR increased the percentage of this VOC compared to that in NM ($P<0.05$).

Preference of consumers for meat from different rearing systems

The consumer sample was equally distributed by gender ($\chi^2 = 2.24$; $P = 0.6$) with 46 % men. The ages of both men and women were similarly distributed ($\chi^2 = 2.60$; $P = 0.9$), although the percentage of men older than 55 years was slightly greater than that of women at the same age ($P>0.05$). The 12.8 % of consumers were younger than 25 yr, 33.2 % were in the 26 to 40 yr group, 31.7 % were in the 41 to 55 yr group and the 22.3 % were older than 55 yr. Most of the consumers (72.5 %) reported a high preference for meat while 25.9 % reported intermediate preference and 1.6 % reported low preference. The frequency of consumption of meat was lower than 2 times per week for 13.3 %, from 3 to 6 times per week for 76.1 % and higher than 6 times per week for the 10.6 % of consumers. Finally, the 88 % reported previous consumption of kid meat

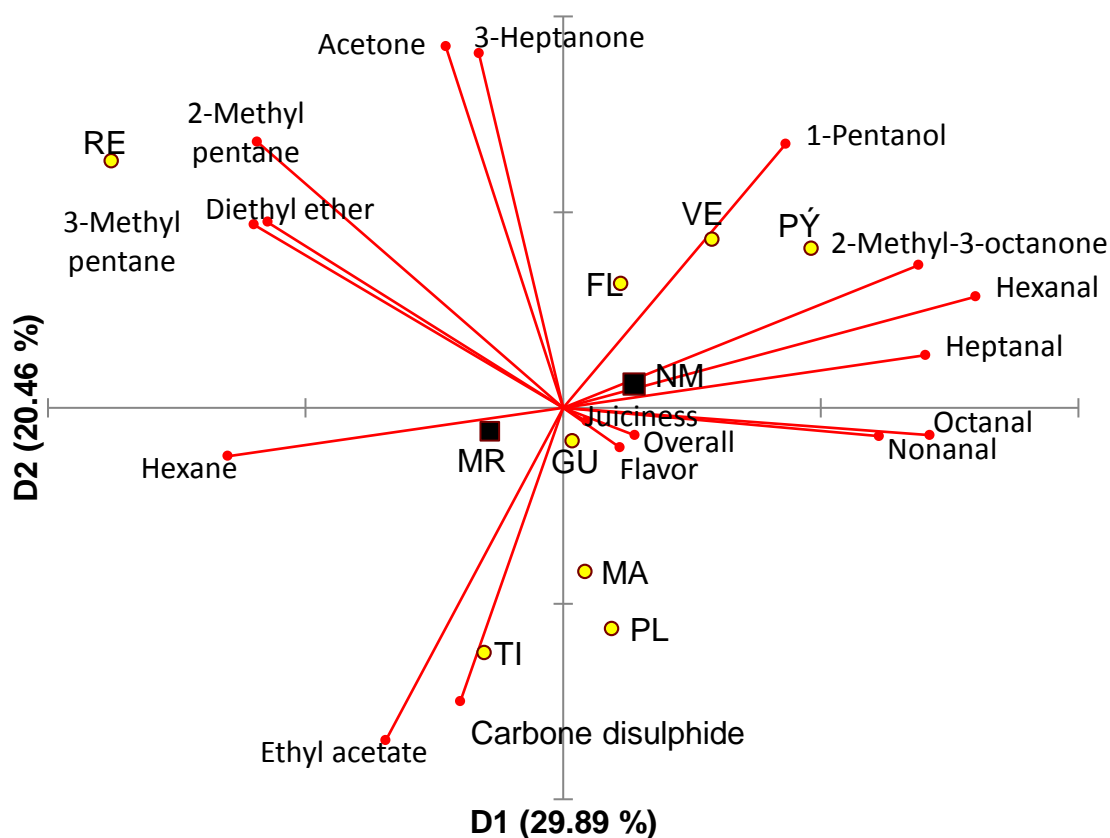
When the whole population was considered, there were no differences in the acceptability of flavor ($P = 0.06$), juiciness ($P = 0.09$) and overall acceptability ($P = 0.3$) between rearing systems. Additionally, neither gender nor its interaction with the rearing system were significant ($P>0.05$) for the sensory variables. The interaction between the rearing system and age was not significant ($P>0.05$) for the acceptability of flavor and overall acceptability, but it was significant ($P = 0.03$) for the acceptability of juiciness. Consumers younger than 55 years did not find differences between rearing systems, but people older than 55 years preferred the NM (Figure 9a). There were no differences in the acceptability of the meat from kids fed NM and MR according the level of preference for meat ($P>0.1$). Consumers with a moderate consumption of meat (3-6 times per wk.) showed a greater overall acceptability of NM ($P = 0.04$) (Figure 9b), while the frequency of meat consumption did not affect the acceptability of flavor ($P = 0.6$) and juiciness between rearing systems ($P = 0.6$). Consumers who had previously tasted kid meat showed greater acceptability of juiciness ($P = 0.048$) and overall acceptability ($P = 0.002$) for NM than MR (Figure 9c).

Figure 9. Sensory analysis of meat from kids reared with milk replacers or natural milk. a) Juiciness acceptability per age of consumer. b) Overall acceptability per frequency of meat consumption. c) Juiciness acceptability and overall acceptability of consumers.



Rearing system x age of consumer test on juiciness acceptability, $P = 0.028$). Rearing system x frequency of consumption, $P = 0.035$. Rearing system x tasted the kid meat before the test on juiciness acceptability, $P = 0.005$. Rearing system x tasted the kid meat before the test on overall acceptability, $P = 0.0003$.

Figure 10. Biplot of the Principal Component Analysis of the volatile compounds of cooked meat of 8 breeds of kids fed natural milk (NM) or milk replacers (MR).



FL, Florida; GU, del Guadarrama; MA, Majorera; PL, Palmera; PY, Payoya; RE, Retinta; TI, Tinerfeña; VE, Verata. The volatile compounds are expressed as percentage of total detected volatile compounds.

Relationship between VOCs and sensory analysis

The three sensory variables were highly correlated ($P < 0.001$). The overall acceptability was correlated with the acceptability of flavor ($r = 0.80$) and acceptability of juiciness ($r = 0.70$), while the acceptability of juiciness and flavor were less correlated ($r = 0.53$). Therefore, the three variables were placed together as seen in Figure 10. Aldehydes were placed together close to the first axis. Thus, the correlation between hexanal and the acceptability of flavor and overall acceptability was 0.21 and 0.24, respectively ($P < 0.05$); these aldehydes were related with the NM rearing system. On the other hand, hydrocarbons such as hexane were related to MR, and 2-methyl-pentane and 3-methyl pentane were correlated with the acceptability of flavor ($r = -0.22$ and -0.25 , respectively) and with the overall acceptability ($r = -0.21$ and -0.24). The VOC 2-

penthyl furan and 2-ethyl-1-hexanol were correlated with the overall acceptability ($r = -0.22$ and -0.22 , respectively).

4.5. DISCUSSION

Volatile compounds

There are many VOCs detected in the headspace of cooked meat, and most of them are generated by Strecker degradation of amino acids as a part of the Maillard reaction and lipid oxidation (Calkins y Hodgen, 2007). There is limited evidence about the effect of rearing systems on VOCs detected in meat from suckling light kids. However, there are some studies on suckling light lambs (Osorio *et al.*, 2008; Wilches *et al.*, 2011). In agreement with these authors, we demonstrated that the magnitude of the effect of the rearing system depended mainly on the breed, because breeds that accumulate fat faster also accumulate greater amounts of VOCs (Wilches *et al.*, 2011).

VOCs typically derived from lipid oxidation, such aldehydes, were more abundant in NM than those in MR (Osorio *et al.*, 2008). These VOCs originated from auto-oxidation of fatty acids and the phospholipids of meat. Therefore, pentanal and hexanal were derived from linoleic and arachidonic acid, heptanal and octanal from oleic and linoleic acid, and nonanal from oleic acid (Shahidi, 1998; Calkins y Hodgen, 2007).. The presence of linear aldehydes is important, because these VOCs have low odour thresholds (Drumm y Spanier, 1991) and their aromas are generally described as fruity or similar to fresh cut grass. This fact was in agreement with the positive correlations found in this study between hexanal and the acceptability of flavor and overall acceptability. However, when aldehydes were studied in beef, the descriptors changed from desirable (fatty, meaty) to less desirable (rancid, painty, herbal) when the concentration of aldehydes in meat increased (Brewer y Vega, 1995). Lean meat generates fewer aldehydes, and the descriptors should be positive. On the other hand, there are undesirable VOCS, including some medium-length branched-chain fatty acids such as the 4-methyloctanoic, 4-methylnonanoic and 4-ethyl analogs. These VOCS are responsible for the disgusting “muttony” and “sheepy” odour and are not found in suckling light kids because they appear upon puberty (Young y Braggins, 1998). However, butyric acid appeared in the Guadarrama kids. The aldehydes 2-methyl

propanal, 2-methyl butanal and 3-methyl butanal are generated in the Strecker degradation of valine, leucine and isoleucine, respectively, and have been reported to contribute considerably to the overall flavor of meat products (Andrade *et al.*, 2010). 2-methyl propanal has been associated with barnyard odour (Frank *et al.*, 2017), while 3-methyl butanal has been associated with ripened flavor (Careri *et al.*, 1993).

Although hexane appeared in high amounts, hydrocarbons make minimal contributions to desirable or undesirable flavors {Drumm, 1991 #4330. Additionally, some benzene-derived VOCs (toluene, p-xylene, o,m-xylene) have been detected (Wilches *et al.*, 2011). The effect of the breed on toluene was high since it was detected in Churra but not Castellana suckling lambs irrespective of the rearing system (Wilches *et al.*, 2011). Additionally, Vasta *et al.* (2012) found toluene in milk from grazing and stall-fed ewes.

The ketone 3-hydroxy-2-butanone was indicative of MR, and it is thought that it adds buttery notes (Montel *et al.*, 1998). Other minority VOC were also found in suckling light lambs such as 1-pentanol (Vieira *et al.*, 2012). Ethyl acetate has a positive relationship with barnyard odor (Frank *et al.*, 2017). Alkyl pyrazines such as 2,5 dimethyl pyrazine have a very low odor threshold (Fors y Olofsson, 1985). This pyrazine is a heterocyclic product from the later stages of the Maillard reactions and comes from the condensation of some amino acids and fructose. Dimethyl pyrazines appear more frequently in well-done grilled meat than they do in roasted meat (Chen y Ho, 1998). 2-pentyl furan was detected in almost every breed and rearing system of this study. This compound was also detected in cooked pork but not in beef (Ho *et al.*, 1978). 2-pentyl furan was also found in suckling lambs fed MR (Morán *et al.*, 2014). This VOC is associated with beany, grassy (Drumm y Spanier, 1991) and liver (Frank *et al.*, 2017) flavor. The degradation of sulphur-containing amino acids and thiamine generated in the Strecker degradation produces sulphur-containing compounds such as carbon disulphide and hydrogen sulphide. These compounds are important because they have very low odour thresholds (Mottram, 1998a). The concentration of sulphur-containing compounds is not affected by the rearing system of suckling lambs (Osorio *et al.*, 2008). The most dominant sulphur compound in meat volatiles is hydrogen sulphide (Nixon *et al.*, 1979). However, hydrogen sulphide was not found in suckling lambs or kids because

this VOC is mainly in fat. Therefore, meat from suckling light small ruminants had a very low amount of intramuscular fat. Moreover, some authors proposed that high-pH meat, such as kid meat (Ripoll *et al.*, 2012a), is less flavourful (Young *et al.*, 1993), because proteolysis and lipolysis operate more favourably at a lower pH (Young *et al.*, 1993; Young y Braggins, 1998). However, carbon disulphide has been detected previously on suckling lamb meat (Vieira *et al.*, 2012). Carbon disulphide has been described as having a pleasant and sweet odour (Holleman *et al.*, 2001). The lack of correlation between minority VOCs and sensory data could be because differences between rearing systems were not sufficiently large to have had an impact on flavor (Vieira *et al.*, 2012).

Consumer preference for meat from different rearing systems

There is scarce information about the sensory differences between rearing systems on suckling light kids or lambs. Moreover, information provided is not conclusive. In agreement with the results of this study, the acceptability of flavor and overall acceptability of light kids fed NM were greater than those of kids fed MR (Alcalde *et al.*, 2013a). Napolitano *et al.* (2002) reported that panellists were able to differentiate between suckling lamb meat from NM and MR (information on product preferences and differential sensory properties was not available), but other authors reported that a semi-trained panel could not find differences between rearing systems (Osorio *et al.*, 2008). In agreement with the results of this study, significant correlations have been reported by consumers of European countries between overall appraisal and flavor of lamb and suckling kid meat (Dransfield *et al.*, 2000; Font-i-Furnols *et al.*, 2006). However, preference or acceptability of meat is influenced by cultural aspects and consumption habits (Bernués *et al.*, 2012). Dransfield *et al.* (2000) demonstrated a clear influence of the consumer's nationality on lamb preference. When nonprofessional panellists were used, the segmentation of people according to sociodemographic or psychographic characteristics was required to avoid misinterpretation of the results (Font-i-Furnols *et al.*, 2006). Thus, the perception of flavor decreased with age, and some authors reported a loss of sensory capabilities from 60 years of age (Rolls, 1999). Other authors suggested that the loss of capabilities started at 40 years (Russell y Cox, 2004). However, in this study, only the older people differentiated between rearing systems. This result could be explained by the familiarity with the meat, which is related to the frequency of

consumption and involvement with kid meat. Consumers with great familiarity with meat and great frequency of consumption also had high involvement (Borgogno *et al.*, 2015b). Consumers with great involvement think that certain products are a reflection of their own image (Verbeke y Vackier, 2004). Therefore, these consumers could magnify differences between rearing systems erratically. The consumers with great familiarity also showed high scores on flavor and tenderness (Borgogno *et al.*, 2015b). On the other hand, consumers with low involvement have been reported to take decisions spontaneously (Verbeke y Vackier, 2004). However, in this study, people with a moderate consumption of meat showed more discrimination power between rearing systems than did the other consumers.

4.6. CONCLUSIONS

The influence of the rearing system on the volatile compounds of cooked meat from suckling light kids clearly depended on the breed. In general, terms, the use of milk replacers did not affect the percentage of linear aldehydes compared to that in natural milk. However, the major aldehyde, hexanal, was related to the use of natural milk, while hydrocarbons, such as hexane, were related to the use of milk replacers. In addition, hexanal correlated positively with the acceptability of flavor and overall acceptability. Therefore, the acceptability of meat from suckling kids fed natural milk was greater for older consumers and people with a moderate consumption of meat. The other consumers did not differentiate the meat from kids raised on both systems. Other volatile compounds such as 2-methyl-pentane, 3-methyl pentane, 2-pentyl furan and 2-ethyl-1-hexanol were found in low amounts but correlated negatively with the overall acceptability of suckling kid meat. The use of consumers' psychographic characteristics helps to understand their preferences and avoid misleading conclusions from the sensory tests.

THANK YOU FOR YOUR COLLABORATION

We need that you assess TWO samples of kids' meat. Please, follow the instructions:

1. Take out the two samples of meat from the bag and keep it in the fridge overnight.



2. Check that the number of the samples are the same that the numbers of this response form.

45	12
Flavor acceptability (1-10)	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>
Juiciness acceptability (1-10)	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>
Overall acceptability (1-10)	<input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>

3. Unwrap the samples carefully and do not mixed it.



4. Grill the meat without condiments such as salt or spices.
5. Taste it and score it from 1 (very low acceptability) to 10 (very high acceptability).
6. Finally, answer some questions about you.

Please score the meat from 1 (very low acceptability) to 10 (very high acceptability).

Flavor acceptability (1-10)		
Juiciness acceptability (1-10)		
Overall acceptability (1-10)		

Algunos datos sobre Ud.

Gender	Man	
	Woman	

Age	≤25	
	26-40	
	41-55	
	>55	

Preference for meat	High	
	Medium	
	Low	

Frequency of meat consumption per week	2 times or less	
	From 3 to 6 times	
	More than 6 times	

Did you tasted the kid meat before the test?	SI		NO	
--	----	--	----	--

5. CONSUMER VISUAL APPRAISAL AND SHELF LIFE OF LEG CHOPS FROM SUCKLING KIDS RAISED WITH NATURAL MILK OR MILK REPLACER

Este apartado ha dado lugar a la publicación: Ripoll G., Alcalde M.J., Argüello A., Córdoba M.G., Panea B. 2018. Consumer visual appraisal and shelf life of leg chops from suckling kids raised with natural milk or milk replacer. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98: 2651-2657.

5.1. RESUMEN

El uso de lactoreemplazantes para alimentar cabritos lechales puede afectar a la vida útil y a la apariencia de la carne. Varias chuletas de pierna de los cabritos fueron evaluadas visualmente por los consumidores y se midió el color instrumental de las mismas. Con estos datos y un algoritmo de aprendizaje automático se intentó relacionar la evaluación de los consumidores y las variables instrumentales de color. El objetivo de esta publicación fue estudiar la vida útil de carne de cabrito alimentados con leche de sus madres o con lactoreemplazantes para averiguar qué iluminante y qué variables de color son más útiles para el consumidor a la hora de valorar la apreciación visual. La carne de los cabritos criados con lactoreemplazantes fue más apreciada y tuvo una vida útil más larga que la de la carne de cabritos amamantados por sus madres. Los consumidores utilizaron el color de toda la superficie de la chuleta para valorar la apariencia de la carne. La luminosidad y el tono fueron las principales claves para evaluar la apariencia de la carne de cabrito. El iluminante D65 fue más útil para relacionar la valoración de los consumidores con el color instrumental utilizando el algoritmo de aprendizaje automático. Este algoritmo mostró que las reglas subyacentes a la evaluación de los consumidores no son lineales y que pueden ser esquematizadas en un algoritmo sencillo.

5.2. INTRODUCTION

Goats are regarded worldwide as an important species due to their contributions to the development of rural areas and communities (Dubeuf *et al.*, 2004). Spain has one

of the largest goat populations in Europe, producing the 20 % of the goat milk and the 10.9 % of the kid meat in the European Union (MERCASA, 2016). In addition to this, the sale of suckling kids makes up 20 % of the total income per goat on the dairy farm (Castel *et al.*, 2012), and 80 % of this kid meat originates from the suckling kid category (*cabrito*) (MAPAMA, 2016b). These suckling kids have a live weight of 10-11 kg and a carcass weight of 5-7 kg and are perceived by consumers to be a high-quality meat (Marichal *et al.*, 2003). In fact, 88 % of European Union goats are raised extensively and slaughtered as kids, with carcass weights of between 5 kg and 11 kg (Shrestha y Fahmy, 2007). When kid goats are reared with their dams, the availability of milk for cheese production is decreased. Therefore, some goat farmers remove the kids from their dams at a very young age and rear them with milk replacers. Milk replacers specifically formulated for kids can result in good daily weight gain. However, some farmers are disinclined to use milk replacers because that this type of rearing involves greater labor costs, although total costs are equal or greater than natural suckling systems (Delgado-Pertíñez *et al.*, 2009a; Delgado-Pertíñez *et al.*, 2009b).

Meat color is an extremely important factor for influencing consumer purchase decisions, as it is deemed a visual measure of freshness and quality (Faustman y Cassens, 1990) and plays a major role in the purchase decision (Mancini y Hunt, 2005; Bernués *et al.*, 2012). In Mediterranean countries, some people believe that light colored meat lamb and goat comes from young animals. Spanish consumers in particular thinks that meat from suckling kids and lambs had better sensory quality than older animals and they are willing to pay higher prices (Sañudo *et al.*, 1998). The meat color of young small ruminants is influenced by factors in the management system (Alcalde y Negueruela, 2001) such as breed, age/weight at slaughter, pH and the use of milk replacers (Argüello *et al.*, 2005). In addition to the influence of milk replacer use on meat color, consumers' visual appraisal of kid meat quality is affected by the conditioning associated with their socio-demographic characteristics (Panea *et al.*, 2010c). Accordingly, a fresh appearance and light color in lamb were more highly valued by traditional consumers (Bernués *et al.*, 2012) and can determine purchase intention. However, in other species such as beef, the influence of demographic factors on acceptability are less important (Holman *et al.*, 2017).

In 1931, the Comite International de L'Eclairage (CIE) recommended the use of illuminant C. However, in current times, this illuminant has seemed inadequate due to a deficient spectral distribution in the ultraviolet region. The Illuminant A is frequently used in North America (Tapp III *et al.*, 2011). AMSA (2012) recommended the use of the illuminant A when the detection of redness differences between treatments is the priority because illuminant A places more emphasis on the proportion of red wavelengths; this results in higher a^* values than with the use of D65 (Yancey y Kropf, 2008). However, kid meat has a low heminic pigment content, resulting in a pale meat with a low redness index (Ripoll *et al.*, 2011a). Consequently, it is unclear which illuminant should receive preferential use to correctly relate the instrumental color of the kid meat with the visual appraisal of consumers. In this article, we argue that consumers perform their visual appraisal of meat by means of knowledge that can be computationally schematized. This approach has been applied before to beef color, demonstrating that the relationship between CIEL*a*b* color variables and the perception of beef color by humans is not linear (Ripoll *et al.*, 2012b).

The aim of this experiment was to study the shelf life of the meat of kids reared with dam's milk or milk replacers and to determine which muscles of the leg are more important in the visual appraisal by consumers and which illuminant and instrumental color variables are used by consumers as criterion to evaluate in their visual appraisal.

5.3. MATERIAL AND METHODS

Carcass sampling

Suckling male kids of the Cabra del Guadarrama breed reared with milk replacers (MR) or natural milk from their dams (NM) were selected from two farms. Fifteen MR kids and 16 NM kids were slaughtered following standard commercial procedures according to the European norms for the protection of animals at the time of killing (E.U., 2009). Kids had a liveweight of 8.6 ± 0.27 kg and age of 40 - 45 d old ($P > 0.05$). A head-only electrical stunning (1.00 A) was applied to the kids, which were then were exsanguinated and dressed with a hot carcass weight of $5.8 \text{ kg} \pm 0.17 \text{ kg}$ ($P > 0.05$). Carcasses were hung by the Achilles tendon and transported at 4°C to the facilities of the CITA Research Institute at Zaragoza. Then, the carcasses were chilled for 24 h at 4°C

in total darkness. The right hind leg was separated from the carcass, vacuum packed and stored at -20°C until sampling.

Color measurement of the chops

The shelf life of meat of suckling lambs and kid's goat are around a week (Alcalde *et al.*, 2017; Lobón *et al.*, 2017). Because the very small size of legs of kids, only four of the leg chops were enough big to measure the color of the different muscles. Hence, the 31 frozen legs were sliced into four chops assigned to 8, 6, 3 and 1 days before the day of the visual appraisal by consumers (day 0). On the assigned day, the chops were thawed and placed in polystyrene trays covered with oxygen permeable film and then stored for 24 h at 4°C in total darkness until the day of the visual appraisal. The *semimembranosus*, *semitendinosus* and *biceps femoris* muscles of the leg were located (Popesko, 1977; Jones *et al.*, 2004), and their instrumental color measured. These muscles were selected because they are the muscles that represent most of the area of the chop. Color measurements were repeated two or three times depending on the reading area of the muscle. The spectrophotometer was rotated 90° on the horizontal plane, and the mean of these 2-3 readings was used for analysis (Warner *et al.*, 2017).

Muscle colors were measured using a Minolta CM-2006d spectrophotometer (Konica Minolta Holdings, Inc, Osaka, Japan) in CIEL*a*b* space (CIE, 1986) with the specular component included, 0 % UV, an observer angle of 10° and zero and white calibration. The integrating sphere had a 52 mm diameter, and the measurement area (diameter of 8 mm) was covered with a CM-A149 dust cover (Konica Minolta Holdings, Inc, Osaka, Japan). The illuminants used were D65, C and A. The lightness (L*), redness (a*) and yellowness (b*) indexes were recorded using the software SpectraMagic NX (Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan), and the hue angle (h_{ab}) and chroma (C_{ab}^*) indexes were calculated as $h_{ab} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \cdot 57.29$ and expressed in degrees as $C_{ab}^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$.

When the color of every chop was measured, four MR and four NM chops from each time of storage (1 d, 3 d, 6 d and 8 d), with values of L*, h_{ab} and C_{ab}^* for the three muscles representative of the 31 chops (Table 1), were selected for the visual appraisal of the consumers. L*, h_{ab} and C_{ab}^* were chosen because these parameters are similar to

the color perception of human beings (Ripoll, Panea, & Albertí, 2012; Wyszecki & Styles, 1982).

Evaluation of the appearance of the chops

On the day of the visual appraisal, the eight chops were identified with 3 digit random numbers and randomly placed in a refrigerated island display case, Carrier Multinor 1540/80, with a display area of 1 m² (1.3 m x 0.8 m) (Carrier Refrigeración Ibérica SA, Spain) at 0-2 °C. Samples were available from 8:00 am to 16:00 pm, and to avoid the possible effects of the order of presentation, and first-order and carry-over effects, the samples were moved randomly three times through the test day. The lightning was provided by LED bulbs with a luminous flux of 816 lumen, a color temperature of 4000 K, a color rendering index >80 and a standard deviation color matching equal to 3 MacAdam ellipses (MacAdam, 1942). The illuminance on the surface of the chops was approximately 1300 lx, ensuring the minimum level of illuminance in areas with high visual requirements (B.O.E., 1997).

The participation of naïve consumers in the experiment was voluntary and anonymous. Consumers were recruited among students and workers, without relation with the current research, of Aula Dei Campus. Personal data as identification or electronic mail were not required, and there was no financial compensation. Participants were clearly informed of aim of the study and gave implicit consent for research use of the supplied information according to European regulations (U.E., 2010). Each consumer was provided with a form in which they were asked about their gender and age. Regarding the chops, the consumers were asked to evaluate from 1 (very bad) to 10 (very good) the color-based appearance of the chops. Additionally, they were asked about their purchase intention (yes/no). The leg chops displayed on the island case were evaluated by 56 respondents: 67.9 % female and 32.1 % male. Their ages were equally distributed by sex ($P>0.05$): 5.7 % were younger than 24 years, 26.4 % were between 26 and 40 years, 39.6 % were between 41 and 55 years, and 28.3 % were older than 55 years. Participants took 10-20 min to complete the required tasks.

Statistical analysis

Statistical analyses were performed with SAS 9.4 (SAS Institute Inc., EE.UU.) (S.A.S., 2014). Instrumental color variables were analyzed using the GLM procedure with the rearing system, the time of storage and the muscle as fixed effects. Visual appraisal was analyzed using the GLM procedure, with the rearing system and the time of storage as fixed effects. Least square means were estimated, and differences were tested at a 0.05 level of significance. The Pearson correlations between the visual appraisal and the instrumental color of the three muscles with the two used standard illuminants were calculated with the residuals of each observation.

The association between the rearing system and time of display for the purchase intention was analyzed by a chi-square test. The meat shelf life according to the consumer's purchase intention was studied using the survival analysis of Kaplan-Meier with the LIFETEST procedure. The log rank test was used to examine the differences between the survival curves. The estimate of the shelf life was the median, that is, the day on which 50 % of the consumers rejected the samples. A machine learning algorithm Cubist 2.09 (Rulequest, 2016) was used to generate rule-based predictive models from the color variables of the muscles studied. This algorithm uses the input data to generate a decision tree with linear functions in all leaves. The relative error magnitude is the ratio of the average error magnitude to the error magnitude that would result from always predicting the mean value; for useful models, this should be less than 1. The correlation coefficient measures the agreement between the cases' actual values for the target attribute and those values predicted by the model (Rulequest, 2016).

5.4. RESULTS

The leg chops selected to be exposed in the display case were representative of the other leg chops because they had similar L^* , h_{ab} and C_{ab}^* values for each muscle ($P>0.005$) (Table 22). The instrumental colors of the leg chops are shown in Table 23. The rearing system had a significant effect on every color variable, except C_{ab}^* ($P=0.056$). Accordingly, MR had greater L^* , b^* and h_{ab} but lower a^* ($P<0.05$). Values of a^* and C_{ab}^* decreased with the time of display ($P<0.05$), but the other variables did not change with time ($P>0.05$). The three muscles differed in terms of a^* , b^* and C_{ab}^* ($P<0.005$). The

muscles *biceps femoris* and *semimembranosus* had the same a^* and b^* values ($P>0.05$), although *semimembranosus* and *semitendinosus* muscles had similar C_{ab}^* values ($P>0.05$).

Table 22. Significance of the representability test for selected chops.

	L^*	h_{ab}	C_{ab}^*
Population of chops (P) ¹	0.093	0.062	0.767
Muscle (M)	0.267	0.145	0.332
P*M	0.785	0.851	0.601

¹Population of chops: selected chops vs. the whole population of chops. The test was performed with the values measured with illuminant D65. $h_{ab} = \text{hue angle} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \cdot 57.29$; $C_{ab}^* = \text{chroma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$

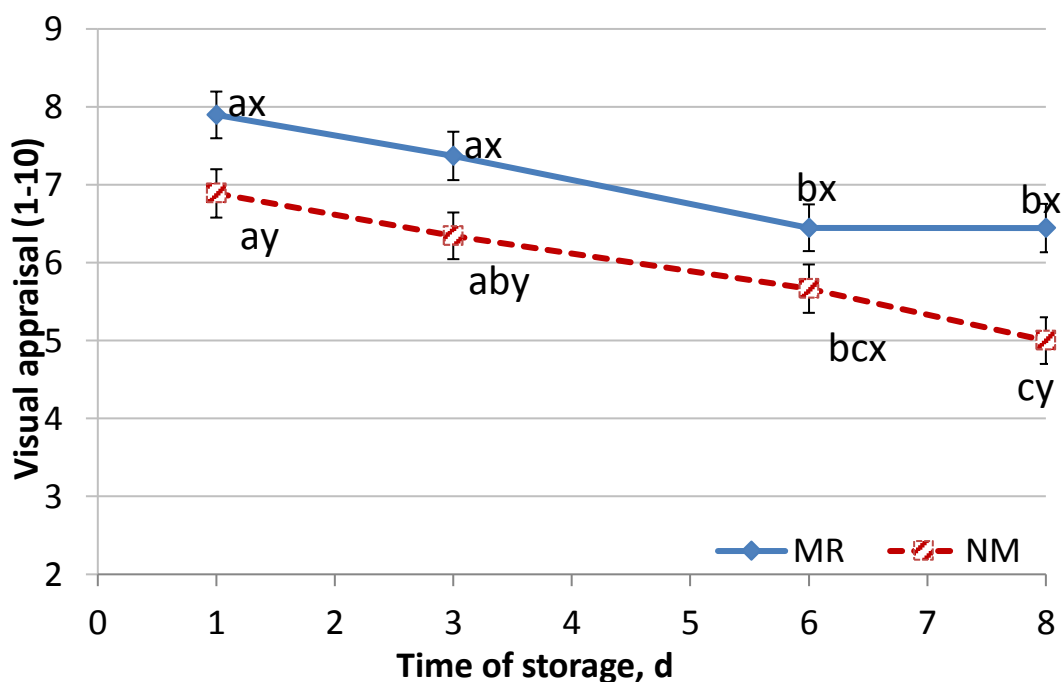
Table 23. Instrumental color of leg chops from kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM).

	L^*	a^*	b^*	h_{ab}	C_{ab}^*
Rearing system					
MR	42.35	7.98	6.37	38.26	10.23
NM	39.65	9.36	5.48	30.02	10.94
s.e.	0.439	0.203	0.267	1.223	0.252
Time of storage					
1 d	40.27	9.88 ^a	6.68	34.34	12.04 ^a
3 d	40.98	8.85 ^b	6.16	34.41	10.85 ^b
6 d	41.02	8.19 ^{bc}	5.44	33.08	9.91 ^{bc}
8 d	41.71	7.77 ^c	5.41 ^b	34.73	9.54 ^c
s.e.	0.619	0.287	0.378	1.730	0.357
Muscle					
<i>biceps femoris</i>	41.48	8.23 ^b	5.29 ^b	32.08	9.85 ^b
<i>semimembranosus</i>	40.46	8.42 ^b	5.40 ^b	33.27	10.08 ^a
<i>semitendinosus</i>	41.06	9.37 ^a	7.07 ^a	37.07	11.83 ^a
s.e.	0.536	0.282	0.304	1.498	0.303
Significance[†]					
Rearing system	<0.001	<0.001	0.025	<0.001	0.056
Time of display	0.452	<0.001	0.069	0.911	0.001
Muscle	0.409	0.006	<0.001	0.063	<0.001

MR, milk replacer; NM, natural milk from dams; s.e., standard error. [†] Interactions were not significant ($p > 0.05$). $h_{ab} = \text{hue angle} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \cdot 57.29$; $C_{ab}^* = \text{chroma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$

The visual appraisal of leg chops throughout the time of display is shown in Figure 11. The effect of the rearing system and the effect of time of display were significant ($P < 0.001$), but the interaction was not ($P = 0.746$). MR showed greater visual appraisal than NM over all times of display, with the exception of 6 days ($P > 0.05$). Leg chops from both rearing systems decreased significantly in the visual appraisal from 1 d to 6 d. Visual appraisal at 8 d was also lower than that at 3 d ($P < 0.05$). The visual appraisal of MR was always greater than 6, while the visual appraisal of NM was between 5 and 6 from the 6th day.

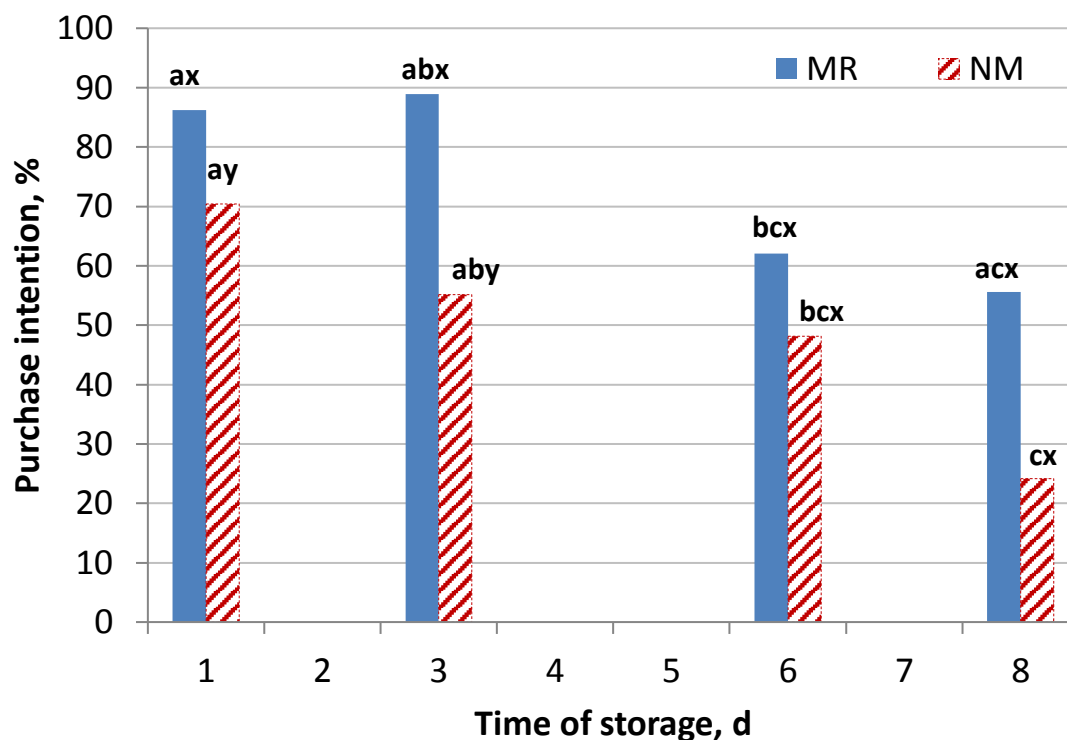
Figure 11. Visual appraisal of leg chops of kids from two rearing systems through 8 days of display.



MR, milk replacer; NM, natural milk from dams. a, b, different letters indicate significant differences among times of display within a rearing system. x, y, different letters indicate significant differences among rearing systems.

The purchase intention of consumers at each time of display is shown in Figure 11. Visual appraisal of leg chops of kids from two rearing systems through 8 days of display. The rearing system and time of display were independent effects ($P = 0.997$). The purchase intention was greater for MR than NM throughout the whole time of display. Hence, more than the 50 % of consumers purchased the MR leg chops at any time of display, while fewer than 50 % of consumers purchased NM leg chops at 6 and 8 d.

Figure 12. Purchase intention for leg chops of kids from two rearing systems through 8 days of display.



MR, milk replacer; NM, natural milk from dams. a, b, c, different letters indicate significant differences among times of display within a rearing system. x, y, different letters indicate significant differences among rearing systems.

The median shelf life of leg chops (Table 24) estimated according the purchase intention was affected by the rearing system ($P=0.005$), but the sex and age of consumers did not have an effect ($P>0.1$). The global shelf life of leg chops was $6 \text{ d} \pm 0.6$. However, the shelf life for MR was 8 d, while the shelf life for NM was 6.

Table 24. Shelf life of leg chops according to the purchase intention of consumers estimated by survival analysis.

	Strata	Median, d	s.e.	Significance
Rearing system	MR	8	1.0	0.005
	NM	6	0.8	
Sex	Women	6	0.6	0.112
	Men	6	0.9	
Age, yr.	<25	6	2.3	0.655
	26-40	6	1.2	
	41-55	6	1.0	
	>55	6	1.2	

MR, milk replacer; NM, natural milk from dams

Table 25. Pearson correlations of the residuals of visual appraisal and instrumental

Muscle	Semitendinosus						Muscles average ¹		
	D65		C		A		D65	C	A
Color variable	a*	C _{ab} *	a*	C _{ab} *	a*	C _{ab} *	L*	L*	L*
Correlation (r)	0.17	0.21	0.16	0.21	0.19	0.19	-0.22	-0.22	-0.21
Significance	0.012	0.001	0.015	0.002	0.004	0.005	0.001	0.001	0.002

color for each muscle and illuminant.

¹ Correlations between the average L* of the three muscles. $C_{ab}^* = chroma = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$. Only significant correlations with P < 0.05 are shown. *Biceps femoris* and *semimembranosus* color variables were not significantly correlated with visual appraisal and these data are not shown in the table.

Table 26. Statistics for the tested machine learning models.

	Illuminant ²				Muscles ³		
	Global ¹	D65	C	A	BF	SM	ST
Average error	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2
Relative error	0.81	0.79	0.79	0.85	0.8	0.8	0.8
Correlation	0.52	0.55	0.55	0.49	0.4	0.5	0.5
Variables included in each model in the algorithm							
	L*(\bar{X}^4 -D65)	L*(\bar{X}^4)	L*(\bar{X}^4)	b*(ST)	L*	a*	L*
	b*(SM-D65)	$h_{ab}(\bar{X}^4)$	$h_{ab}(\bar{X}^4)$	b*(BF)	a*	h_{ab}	a*
	$h_{ab}(SM-D65)$	$h_{ab}(SM)$	$h_{ab}(SM)$	$h_{ab}(BF)$	b*	C _{ab} *	b*
	L*(ST-D65)	$h_{ab}(ST)$	$h_{ab}(ST)$		h_{ab}		h_{ab}
	a*(ST-D65)	$h_{ab}(BF)$	$h_{ab}(BF)$		C _{ab} *		
	$h_{ab}(ST-A)$	C _{ab} *(ST)	C _{ab} *(ST)				
		a*(ST)	a*(ST)				
		b*(ST)	b*(ST)				

¹ Data for the five color variables of the three muscles measured, with the three illuminants used as inputs. ² Data for the five color variables of the three muscles and the averaged color measured, with each illuminant used as input. ³ Data for the five color variables of each muscle measured with the D65 illuminant used as input. ⁴ (\bar{X}) , Average color variable for the three muscles. BF, *biceps femoris*; SM, *semimembranosus*; ST, *semitendinosus*; h_{ab} = hue angle = $\tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \cdot 57.29$; $C_{ab}^* = chroma = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$

Table 25 shows the significant correlations among the residuals of the visual appraisal with the color variables for each muscle and illuminant used. Significant correlations were not found for the color of *biceps femoris* and *semimembranosus* with any illuminant used for any color variable. Visual appraisal of leg chops did not correlate with a* or C_{ab}* of the *semitendinosus* when measured with any of the three illuminants. Correlations using C and D65 provided similar correlations, but a* measured with illuminant A correlated more closely than when measured with C and D65. Conversely,

C_{ab}^* when measured with illuminant A correlated less than when measured with C and D65. When the three muscles were averaged, L^* was negative and highly correlated with visual appraisal, providing similar results to the three illuminants used.

The quality statistics of several models proposed by the machine learning algorithm are shown in Table 26. In this table, the color variables included in each model are also provided. The global model using the averaged color variables of the three muscles was measured with the three illuminants and had a relative error of 0.81, as well as a correlation between the real visual appraisal of consumers and the predicted values of 0.52. The models that used the colors of all three muscles and their averaged color variables when measured with D65 and C showed better statistical correlation. The use of both illuminants also provided better results than the use of the same model with illuminant A. Due to the good results found for illuminant D65, this illuminant was used to develop separate models with each muscle. As a result, these three models showed less consistent statistical results than the model that included the three muscles averaged and measured with illuminant D65; however, the results were still more similar than those which used illuminant A. Consequently, the best model was the model which used the color measurements for the three muscles and their average color, measured with the illuminant D65. The machine learning algorithm proposed two linear regression equations depending on the averaged L^* . That is:

-If $L^* (\bar{X}) > 40.77$ then:

$$\text{Visual appraisal} = -11.2 + 12.418 \cdot h_{ab}(\bar{X}) - 4.185 \cdot h_{ab}(\text{BF}) - 4.13 \cdot h_{ab}(\text{SM}) - 3.821 \cdot h_{ab}(\text{ST}) - 1.89 \cdot b^*(\text{ST}) + 1.73 \cdot C_{ab}^*(\text{ST}) + 0.14 \cdot b^*(\text{ST}) + 0.14 \cdot a^*(\text{ST})$$

-If $L^* (\bar{X}) \leq 40.77$ then:

$$\text{Visual appraisal} = -16.1 + 4.539 \cdot h_{ab}(\bar{X}) - 1.679 \cdot h_{ab}(\text{BF}) - 1.428 \cdot h_{ab}(\text{SM}) - 1.321 \cdot h_{ab}(\text{ST}) - 0.65 \cdot b^*(\text{ST}) + 1.98 \cdot C_{ab}^*(\text{ST}) - 0.21 \cdot a^*(\text{ST}),$$

where BF is *biceps femoris*, ST is *semitendinosus*, SM is *semimembranosus* and \bar{X} is the averaged value of the three muscles.

Both equations use the averaged h_{ab} and the h_{ab} of the three muscles, followed by the a^* , b^* and C_{ab}^* of the *semitendinosus*, which is the muscle with greater values of these variables.

5.5. DISCUSSION

Meat from suckling kids with very light carcass weight (approximately 5 kg) is characterized by high L^* and low a^* and b^* values, resulting in a lighter, paler and duller meat (Morales-De la Nuez *et al.*, 2011; De Palo *et al.*, 2015) compared with other meats such as beef, even for suckling kids with heavier carcasses (Ozcan *et al.*, 2014; Yakan *et al.*, 2016) and concentrate-fed kids (Emami *et al.*, 2015). Changes in the color of kid meat with increases in age/weight have been reported by other authors, especially the increase in redness intensity (Berge *et al.*, 2003; Ripoll *et al.*, 2012a; Borgogno *et al.*, 2015a) and the decrease in lightness (Bonvillani *et al.*, 2010; Ripoll *et al.*, 2012a) and hue angle (Marichal *et al.*, 2003).

Diet strongly affects the meat color of preruminants such as suckling lambs and kids (Joy *et al.*, 2012b; Ozcan *et al.*, 2014). The lightness of meat is influenced by pH and protein structures (MacDougall, 1982) more than diet (Renerre, 1982). Hence, milk replacer does not affect the L^* of fresh kid meat, independent of the measured muscle (Bañón *et al.*, 2006; Zurita-Herrera *et al.*, 2013; De Palo *et al.*, 2015). However, frozen/thawed meat could show a different behavior due to the denaturalization of sarcoplasmic proteins. In agreement with our results, De Palo *et al.* (2015) found that the *longissimus thoracis* of kids fed with goat milk had lower b^* and h_{ab} than that of those fed with milk replacer. Additionally, they also did not find differences in C_{ab}^* . The use of milk replacers affects the color of *semimembranosus* by decreasing b^* (Zurita-Herrera *et al.*, 2013) compared with natural goat milk. However, the composition of the goat milk is dependent on the management system of the goats (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008), and this influences the color of meat, especially a^* .

Meat discoloration is produced during storage as deoxymyoglobin is converted to metmyoglobin. Meat discoloration is important because this meat cannot be sold easily (Liu *et al.*, 1995). Therefore, increases in h_{ab} and decreases in C_{ab}^* have been used as indicators of red meat discoloration (MacDougall, 1982; Albertí *et al.*, 2005b; Lee *et*

et al., 2005; Ripoll *et al.*, 2011b; Ripoll *et al.*, 2012b; De Palo *et al.*, 2015; Holman *et al.*, 2017). This is in agreement with the results of our study, which showed a decrease in a^* and C_{ab}^* . However, Ozcan *et al.* (2014) studied the meat color of Gokceada suckling kids raised extensively and concluded that while a^* and b^* seemed not to change from 1 d to 5 d, L^* decreased slightly. Morales-De la Nuez *et al.* (2011) did not report changes in L^* and a^* of meat from Majorera kids stored for 7 days; however, b^* and h_{ab} increased while C_{ab}^* decreased. Changes in h_{ab} and C_{ab}^* with storage time can be a result of the oxidation of myoglobin to metmyoglobin and the loss of hemic pigments due to the freeze/thaw process.

Some studies of diverse muscle colors for lamb (Tschirhart-Hoelscher *et al.*, 2006) and beef (Jones *et al.*, 2004) reported greater differences in L^* than in a^* and b^* between the studied muscles. Regarding a^* and b^* , Torrescano *et al.* (2003) found results similar to those in our study with frozen beef. However, these authors also found differences between the three muscles in L^* . *M. biceps femoris* could have lower C_{ab}^* because it has more type IIb (white) fibers, while *semitendinosus* and *semimembranosus* have fiber types IIa and IIb (red) in almost the same proportions (Totland y Kryvi, 1991).

Consumers showed a clear preference for MR meat, demonstrating that kid meat with greater L^* and h_{ab} is preferred (Sañudo *et al.*, 1998). In addition, the discoloration of kid meat and the rejection of consumer are shown to relate to C_{ab}^* rather than h_{ab} , likely due to the paleness of this kind of meat. Other authors also reported the importance of the relation between the visual appraisal of meat and ratios between a^* and b^* instead of individual trichromatic coordinates (Lee *et al.*, 2005; Morrissey *et al.*, 2008; Ripoll *et al.*, 2012b). There is consistency between the existing correlations and the rules proposed by the machine learning algorithm. A strong relationship between visual color assessment and L^* has been reported previously (Eikelenboom *et al.*, 1992; Denoyelle y Berny, 1999; Hulsegge *et al.*, 2001). Consumers used L^* as a principal cue to evaluate the suckling kid meat, but as a threshold or boundary rather than as the source for their complete evaluation. In addition to L^* , consumers assessed the appearance of whole chop rather than individual muscles and focused on h_{ab} . h_{ab} and C_{ab}^* have been reported, together with L^* , as variables easily interpretable by human beings. Conversely, b^* is not intuitively related with the color of meat (MacDougall, 1982;

Mancini *et al.*, 2005; Ripoll *et al.*, 2012b), and its use by evaluators is complex (O'Sullivan *et al.*, 2003). Khliji *et al.* (2010) used only L^* and a^* to score fresh lamb meat, but when browning was studied, the 630/580 nm ratio was included in the ranking models. Holman *et al.* (2017) found that a^* provided the best prediction of consumer acceptance of beef color, but the use of h_{ab} and C_{ab}^* improved precision. It seems clear that a^* is the best cue to assess fresh meat. However, when browning or discoloration appears, the best parameters to assess meat are those that consider a^* and b^* together, e.g., b^*/a^* or a^*/b^* ratios, h_{ab} , C_{ab}^* , or reflectance ratios such as 630/580 nm. Regarding the illuminants used, illuminant A focuses on red wavelengths and is recommended to relate the visual assessment to instrumental color (AMSA, 2012). However, D65 was more useful to find a relationship between the visual appraisals of the light and pale meat of goat kids. Results for illuminant C were closer to D65 because the illuminants differed in the ultraviolet region, which is not visible.

5.6. CONCLUSIONS

Meat from kids reared with milk replacers was more valuable and had a longer shelf life than meat from kids reared with natural milk.

Consumers used the color of the whole surface of the leg chop, then the color of *semitendinosus*, to assess the appearance of meat. Lightness and hue angle were the primary cues used to evaluate the suckling kid meat. Both of these parameters were more important cues than the redness index when fresh and discolored meats were shown together. Illuminant D65 was more useful in relating the visual appraisal to the instrumental color using a machine learning algorithm.

The machine learning algorithms showed that the underlying rules used by consumers to evaluate the appearance of suckling kid meat are not at all linear and can be computationally schematized into a simple algorithm.

6. WEB-BASED SURVEY OF CONSUMER PREFERENCES FOR THE VISUAL APPEARANCE OF MEAT FROM SUCKLING KIDS

Este apartado ha dado lugar a la publicación:

Ripoll G., Alcalde M.J., Argüello A., Panea B. 2019. Web-based survey of consumer preferences for the visual appearance of meat from suckling kids. *Italian Journal of Animal Science*, 18: 284-1293

6.1. RESUMEN

El objetivo de esta publicación fue investigar las preferencias del consumidor respecto de la apariencia de la carne de cabrito lechal criados con leche de sus madres o con lactoreemplazantes. El color de la carne fue el principal criterio utilizado para elegir la carne preferida. La carne de cabritos de la raza Cabra del Guadarrama criada con lactoreemplazantes fue preferida por el 72 % de los consumidores. Estos consumidores prefirieron la carne con mayor luminosidad y tono. El sistema de lactancia no modificó la preferencia durante el tiempo de exposición. Las encuestas *online* facilitaron una información similar a la recogida con encuestas presenciales utilizando carne real en lugar de fotografías. El color de la carne aparece como una característica intrínseca recurrente a la hora de valorar la preferencia del consumidor. En general, los consumidores prefirieron la carne de cabrito lechal criada con lactoreemplazantes porque esta es luminosa, tiene un tono alto y poca saturación de color.

6.2. INTRODUCTION

Consumer behavior is complex and is determined by psychological, marketing and sensory factors, and visual appearance is one type of sensory factor (Font-i-Furnols y Guerrero, 2014). The choice of meat at the point of purchase is determined by visual appearance characteristics, such as color and marbling, because these intrinsic quality cues are highly related to expectations of meat quality (Banović *et al.*, 2012). From these cues, the appearance of freshness and color has been reported to be the most important (Bernués *et al.*, 2012; Gracia y de Magistris, 2013; Ripoll *et al.*, 2018b). Meat color is

defined by the concentration and chemical state of the muscle pigment, which can be measured using the hue angle (h_{ab}) and chroma (C_{ab}^*) parameters of CIE L*a*b* (Renner, 1982). There are some studies relating CIE L*a*b* color to consumer preferences, but most are focused on beef or heavy lambs (Khliji *et al.*, 2010; Holman *et al.*, 2016). However, consumer color preferences are different when assessing red meat and light meat and consequently use different color cues. Thus, consumers of heavy lambs preferred the reddest meat (Khliji *et al.*, 2010), while consumers of light lambs preferred pale meat (Bernués *et al.*, 2012; Ripoll *et al.*, 2018b). In beef, a^* provides the best prediction of the consumer acceptance of color (Holman *et al.*, 2016), while C_{ab}^* is an important indication of color (Ripoll *et al.*, 2012b). Albertí *et al.* (2002) used an artificial intelligence algorithm to find a function yield a score beef from 1 (light pink meat) to 5 (dark red meat). The function found selected L^* and h_{ab} as the most explanatory variables. Also, Liu *et al.*, (1996) recommend the use of h_{ab} because it is precise and easily understandable. The relationship between consumers visual appraisal and instrumental color remains unclear. However, in order to gain greater knowledge on the subject, a study should be carried out with a greater variety of types of meat. Hence, L^* is the most important CIE L*a*b parameter used for the consumer judgement of light suckling kid meat (Ripoll *et al.*, 2018a); This meat is characterized by high L^* and h_{ab} and low C_{ab}^* (Morales-De la Nuez *et al.*, 2011; De Palo *et al.*, 2015).

Spain is a great producer of kid meat, and 80 % of this kid meat originates from the light suckling kid category (MAPAMA, 2016b). Most of the suckling kids are raised on milk farms oriented toward cheese production. When goats are suckling their kids, the milk protein and fat quantity and quality decrease (Caravaca *et al.*, 2004). As a result, some goat farmers remove the kids from their dams at a very young age and rear them with milk replacers. However, some farmers still rear kids with their dams because they believe that the meat from suckled kids is more tender than the meat from kids reared on artificial suckling systems (Argüello *et al.*, 2005). The proximate composition of milk could modify kid meat color, and, consequently, this could affect the consumer preference (Ripoll *et al.*, 2018a). Some studies have shown that the leg chops of kids reared with milk replacers were preferred by consumers because the meat was paler and dull, with a greater hue angle and a lower redness and chroma (Ripoll *et al.*, 2018a).

Most of the studies examining consumer visual appraisal are carried out with real product; nevertheless, this technique is expensive and time-consuming, and, because of this, other techniques have been developed in recent years. Web-based surveys using pictures have been demonstrated as a valid method to relate the instrumental color of meat to consumer visual appraisal (Holman *et al.*, 2016). At the same time, the lack of representativeness of the studied population, which was the principal weakness of web surveys, is quickly disappearing each year as more people around the world gain internet access (Evans y Mathur, 2005; Evans y Mathur, 2018) .

Consequently, the aim of the current study was to study consumer preference for the visual appearance of meat from suckling kids reared with milk replacers or natural milk as well as to determine the choice criteria used during the process.

6.3. MATERIALS AND METHODS

Carcass sampling

All procedures were conducted according to the guidelines of Directive 2010/63/EU on the protection of animals used for experimental and other scientific purposes (E.U., 2010).

Suckling male kids of the Cabra del Guadarrama, Majorera, Palmera and Tinerfeña breeds reared with milk replacers (MR) or natural milk from their dams (NM) were selected from two farms for each breed. Sixteen kids per breed were fed NM; and 15 kids were fed MR for Guadarrama and Palmera while, and 16 kids were fed MR for Majorera and Tinerfeña. The kids were slaughtered following standard commercial procedures according to the European norms for the protection of animals at the time of killing (E.U., 2009). The kids had a liveweight of 8.2 ± 0.1 kg and an age of 40 - 45 d old. A head-only electrical stunning (1.00 A) was applied to the kids, and they were then exsanguinated and dressed. The kids had an average hot carcass weight of $4.5 \text{ kg} \pm 0.1$ kg. The carcasses were hung by the Achilles tendon and chilled for 24 h at 4 °C in total darkness. The right hind leg was separated from the carcass, vacuum packed and stored at -20°C until sampling.

Instrumental color measurement of the chops

The shelf life of the meat of suckling lambs and kids is approximately one week (Alcalde *et al.*, 2017). Because of the very small size of the kid legs, only four of the leg chops were sufficiently large enough to measure the color of the different muscles. With these boundaries, we used a reversed storage design (Giménez *et al.*, 2012). Hence, the 126 frozen legs were sliced into four 2-cm thick chops and assigned to 8, 6, 3 and 1 d before taking a picture (d 0). On the assigned day, the chops were thawed and placed in expanded polystyrene trays covered with retractile oxygen-permeable plastic film (water vapor permeability: $10 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot 24^{-1}\text{h}$, oxygen transmission rate: $200 \text{ cm}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot 24^{-1}\text{h}$, CO_2 transmission rate: $650 \text{ cm}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot 24^{-1}\text{h}$) (LINPAC Packaging Limited, Featherstone, UK). Then, the chops were stored for 24 h at 4 °C in total darkness until the day of picture capture.

Muscle colors were measured at 0 % UV with an observer angle of 10° and zero and white calibration using a Minolta CM-2006d spectrophotometer (Konica Minolta Holdings, Inc., Osaka, Japan) in CIE $L^*a^*b^*$ 1986 space with the specular component included. The measurement area (diameter of 8 mm) was covered with a CM-A149 dust cover (Konica Minolta Holdings, Inc., Osaka, Japan). The illuminant used was D65. The lightness (L^*), redness (a^*) and yellowness (b^*) indexes were recorded using the software SpectraMagic NX (Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan), and the hue angle $\left[h_{ab} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \cdot \frac{180}{\pi} \right]$ and chroma $\left[C_{ab}^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \right]$ were calculated. The color of the *semimembranosus*, *semitendinosus* and *biceps femoris* leg muscles were measured because they represent most of the chop area. Color measurements were repeated three times, and the spectrophotometer was rotated on the horizontal plane before each measurement. The mean of the 3 readings was used for statistical analysis.

Capture of the images of the chops

Following each measurement, the chops were individually positioned in a Cubelite Lastolite portable studio (Vitec Imaging Distribution UK, Leicestershire, UK) above a black background. The studio was placed beneath two lightbulbs with 5 Cromalite bulbs (Cromalite S.L, Barcelona, Spain). Each lightbulb contained 28 W, 5.200 K and 1.600 lm, delivering 1.200 average lx to the sample surface. An Olympus Pen E-

PL1 12.3 Mpx camera with a M.Zuiko digital 14-42 mm 1:3.5-5.6 L lens (Olympus Imaging Corp., Shinjuku-ku, Tokyo) was placed overhead the sample with a tripod. The camera's exposure settings were manually adjusted to an ISO of 400, a lens aperture of F5.6 and a shutter speed of 1:125. All images were downloaded in raw format, and no flash, filters or other lenses were applied. Additionally, no other image editing or processing of manipulation was applied other than the cropping of the image.

When the chop color was measured and all chops were photographed, an assortment of pictures was selected for the surveys. The chops with L^* , h_{ab} and C_{ab}^* values representative of their breed and rearing systems were selected for visual appraisal by consumers. L^* , h_{ab} and C_{ab}^* were chosen because these parameters are similar to the color perception of human beings (Ripoll *et al.*, 2012b).

Survey design and dissemination

Two surveys were designed for this study. The geographical scope of the surveys was restricted to Spain, ruling out the responses of consumers from other countries. This study was conducted using an *online* survey service (www.encuestafacil.com), and the survey data were converted to an MS Excel sheet. The questionnaires were tested by researchers who may or may not have been involved in the study and adapted until the final version was approved. Moreover, a compromise had to be reached between thoroughness, simplicity, and shortness.

The questionnaires were distributed using social media websites, university mailing lists and survey mailing lists. A divulgation message was included that asked receivers to further broadcast the web link to other persons in their respective electronic mailing lists. For those receivers willing to participate in the survey, the survey welcome page was immediately accessible after they clicked on the web link. The questionnaire was anonymous to guarantee a higher level of participation and honesty. Personal data, such as identification or electronic mail address, were not required, and there was no financial compensation. Participants were clearly informed of the aim of the study and gave implicit consent for the use of their supplied information in the research according to European regulations (U.E., 2010). This study was conducted according to the Declaration of Helsinki for studies on human subjects.

The surveys comprised several sets of pictures of chops from different rearing systems and times of display but of similar breeds, and the respondent had to choose the picture with their preferred chop. The effects of the rearing system and time of display were tested with the first survey (Survey RS+TD). This survey only used pictures of Cabra del Guadarrama, and 8 sets of 4 pictures each were shown to respondents. The time of display was compared in 4 sets of pictures, and the rearing system within each time of display was compared in the other 4 sets of pictures. A second survey (Survey RS) was conducted to study the effect of the rearing system involving the 4 breeds at 1 d of display. Therefore, 4 sets of 2 pictures were shown, and consumers were asked to choose between the rearing systems within each breed. The chop shape and size were balanced within and between the picture sets. Questionnaire and pictures are shown in Appendix A. Both surveys had a common sociodemographic section. The information gathered in this section included gender (woman, man), age (less than 25 yr, between 26 yr and 40 yr, between 41 yr and 55 yr, and more than 55 yr), living environment, “Have you ever tasted meat from light suckling kids?” (yes/no), and “If the response is yes, do you like it?” (yes/no). A last question common for both surveys asked about the choice criteria used to select the picture of the preferred chop. The options were a) meat color, b) fat color, c) meat brightness, d) chop size and e) chop shape.

Statistical analysis

For both surveys, the χ^2 test was used to analyze the frequencies of consumer answers (gender, age, the criteria used to choose the pictures, the frequency of consumers who had previously tasted meat from light suckling kids, and the frequency of people who liked the meat from light suckling kids). Picture selection according the rearing system, time of display and breed were also tested using the χ^2 test, as were the criterion used for picture selection according to breed. The level of significance was 0.05. When one of the cells had a frequency of less than five, which makes the use of the χ^2 statistic inadvisable, the likelihood ratio statistic was used at the same probability level. To interpret the patterns of association between the studied variables, the corrected standardized residual between the observed and expected cases within each cell greater than $|1.96|$ was considered.

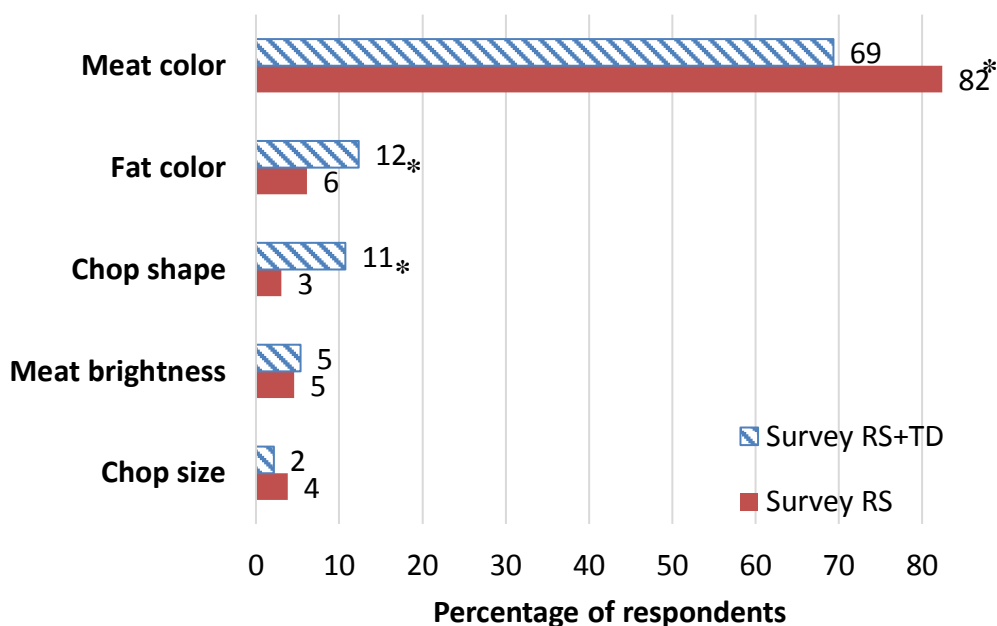
Instrumental color variables were analyzed with an analysis of variance with rearing system, muscle and breed as fixed effects. The Duncan test was used to compare means, and the level of significance was $P < 0.05$.

6.4. RESULTS

Sample characterization and the choice criteria used by consumers

The survey RS+TD, which investigated the effects of the rearing system and time of display, was completed by 186 consumers, and the survey RS, which investigated the effects of the rearing system, was completed by 399 consumers.

Figure 13. Choice criteria used by the respondents within each survey. Survey RS+TD compared the rearing systems and time of display, and survey RS compared the rearing systems.

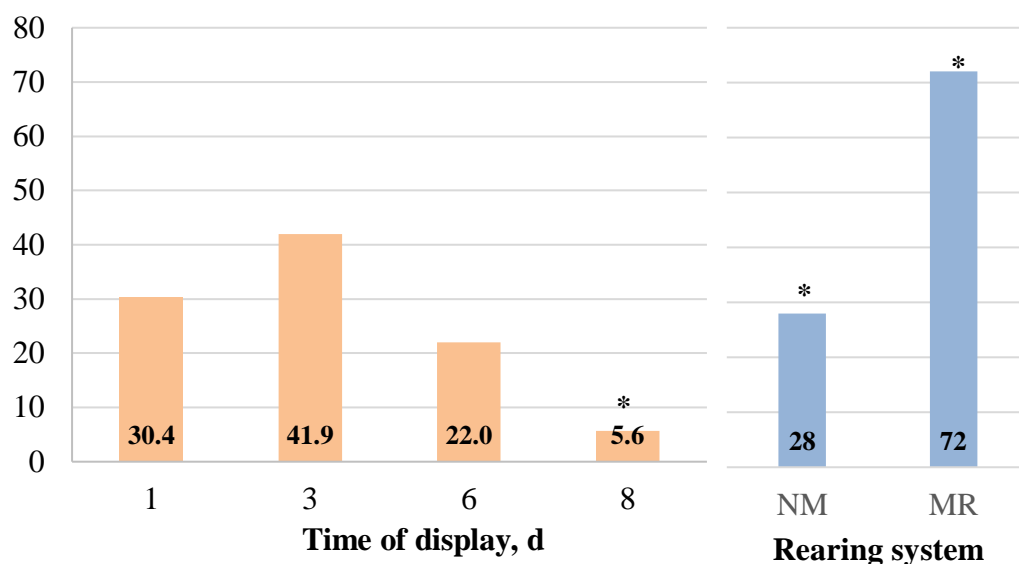


The distribution of frequencies of each survey was independent ($\chi^2 = 23.5$; $P < 0.001$). The observed frequencies with asterisks are significantly different ($P < 0.05$) between surveys.

The gender distributions in the RS+TD and RS surveys were similar ($\chi^2 = 0.02$; $P < 0.9$), with 59 % and 60 % women, respectively. Similarly, both surveys had the same distribution of ages ($\chi^2 = 3.2$; $P = 0.3$). There were 14 % and 19 % of people between 18 yr and 25 yr, 30 % and 29 % of people between 26 yr and 40 yr, 40 % and 34 % of people between 41 yr and 55 yr and 17 % and 18 % of people older than 55 yr in the RS+TD and RS surveys, respectively. Population of Spain were 51 % woman, and there were 10 % of people between 18 yr and 25 yr, 27 % of people between 26 yr and 40 yr, 30 % of people

between 41 yr and 55 yr and 25 % of people older than 55 yr (INE, 2016). Therefore, younger people and older people were under- and over represented although both intermediate segments were well represented. Eighty-eight percent of the respondents had tasted meat from light suckling kids, and there was no difference in this number between the surveys ($\chi^2 = 1.26$; $P = 0.3$). From these respondents, 94 % confirmed that they liked this meat, also without differences between the surveys ($\chi^2 = 1.9$; $P = 0.2$).

Figure 14. Percentage of the Cabra del Guadarrama chops preferred by consumers according to the time of display ($\chi^2=208.4$; $P<0.0001$) and rearing system ($\chi^2=144.6$; $P<0.0001$).



NM, natural milk; MR, milk replacer. The observed frequencies with asterisks are significantly different ($P<0.05$) from the expected frequencies.

The criteria used by the respondents to choose their preferred chops are shown in Figure 13. The choice criteria were different for each survey ($\chi^2 = 23.5$; $P < 0.001$), but meat color was the major criterion for both surveys. A significantly higher percentage of respondents in survey RS (82 %) used meat color as a criterion than that in survey RS+TD (60 %). However, more respondents of survey RS+TD used fat color (12 %) and chop shape (11 %) as criterion than did the respondents of survey RS (6 % and 3 %, respectively). Meat brightness and chop size were less frequently used and did not show differences ($P > 0.05$) between the surveys, with 5 % and 3 % of respondents, respectively. The choice criterion was not conditioned by gender, age or the living environment of the consumer on both surveys ($P > 0.2$).

Consumer preference and the instrumental color of the chops displayed for 8 d

The percentage of the chops preferred by the survey RS+TD respondents according to the rearing system and time of display are shown in Figure 14. The respondents similarly chose both rearing systems through the time of display ($P > 0.05$), but the rearing system and the time of display affected the percentage of preferred chops ($P < 0.0001$).

Table 27. Instrumental color of the leg chops from the Cabra del Guadarrama kids reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM). Pictures of these leg chops were used on survey RS+TD (rearing system and time of display).

	L^*	a^*	b^*	h_{ab}	C_{ab}^*
Rearing system					
MR	42.70	7.34	6.77	40.85	10.80
NM	39.54	9.98	5.84	29.74	11.60
s.e.	0.395	0.254	0.254	1.291	0.260
Time of display					
1 d	40.30 ^b	9.91 ^a	6.71 ^{ab}	34.31 ^{ab}	12.14 ^a
3 d	40.96 ^b	8.86 ^{ab}	6.11 ^{ab}	34.39 ^{ab}	10.95 ^a
6 d	41.12 ^{ab}	8.17 ^b	5.43 ^b	32.99 ^b	9.95 ^b
8 d	42.20 ^a	8.49 ^b	6.90 ^a	39.35 ^a	11.17 ^a
s.e.	0.586	0.375	0.376	1.910	0.351
Muscle					
<i>biceps femoris</i>	41.18	8.60	5.65 ^b	32.86 ^y	10.40 ^y
<i>semimembranosus</i>	40.59	8.74	5.94 ^b	34.55 ^y	10.66 ^y
<i>semitendinosus</i>	41.59	9.23	7.32 ^x	38.48 ^x	11.92 ^x
s.e.	0.472	0.301	0.302	1.537	0.310
Significance[†]					
Rearing system	<0.001	<0.001	0.006	<0.001	0.001
Time of display	0.041	0.025	0.018	0.019	0.009
Muscle	0.283	0.265	<0.001	0.023	0.001

s.e., standard error; L^* , lightness; a^* , redness; b^* , yellowness; h_{ab} , hue angle; C_{ab}^* , chroma.

[†] Interactions were not significant ($p > 0.05$). Different superscripts (a, b) indicate significant differences between times of display ($P < 0.05$). Different superscripts (x, y) indicate significant differences between muscles ($P < 0.05$). $h_{ab} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$; $C_{ab}^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$

The chops at 7 d of display were significantly less preferred ($P < 0.05$) than the chops at other display times. The chops displayed for 3 d were the most preferred, although this preference was not statistically relevant ($P > 0.05$). The chops from the kids fed MR were preferred in 72 % of consumers, while 28 % preferred the chops from

the kids fed NM ($P < 0.0001$). The rearing system preference was not affected ($P > 0.4$) by age, gender, or the living environment of consumers at any time of display. The instrumental color of the chops shown to the consumers in survey RS+TD is shown in Table 27. There were no significant interactions between the studied effects ($P > 0.05$) for any variable. The rearing system affected all variables ($P < 0.05$). The meat from the kids fed MR had a greater L^* , b^* h_{ab} and a lower a^* and C_{ab}^* . Therefore, the difference in color between MR and NM was $\Delta E_{ab}^* = 4$. The time of display also affected all color variables ($P < 0.05$). Lightness increased slightly from 1 d to 8 d ($P < 0.05$). Conversely, redness decreased steadily over the time of display, with significant differences from 1 d to 8 d ($P < 0.05$). Yellowness and hue angle showed similar patterns, with a slight decrease from 1 d to 6 d ($P > 0.05$) and an increase from 6 d to 8 d ($P < 0.05$). The chroma decreased from 3 d to 6 d ($P < 0.05$) and increased from 6 d to 8 d ($P < 0.05$). The three muscles had similar L^* and a^* ($P > 0.05$). The BF and SM muscles had similar b^* , h_{ab} and C_{ab}^* ($P > 0.05$), while the ST muscle was different from both the BF and SM muscles ($P < 0.05$).

Consumer preference and the instrumental color of the chops from the 4 breeds

The percentage of the chops preferred by the survey RS respondents according the rearing system and choice criteria are shown in Table 28. The total percentage of the selection of NM was higher (52.3 %) than that of MR ($\chi^2 = 6.7$; $P = 0.009$). However, the preference for the rearing system was not the same for each breed ($\chi^2 = 84.1$; $P < 0.0001$). As a result, consumers preferred the chops from the Cabra del Guadarrama fed NM and the chops from the Palmera and Tinerfeña fed MR ($P < 0.05$). There was no preference for the rearing system of Majorera ($P > 0.05$). The preference for the rearing system was not affected ($P > 0.5$) by age, gender, or the living environment of consumers at any time of display. However, the choice criteria also affected the percentage of preferred chops. Therefore, the consumer preference, using meat color as a criterion, was different according to the breed ($\chi^2 = 80.4$; $P < 0.0001$). Consumers also preferred the chops from the Cabra del Guadarrama fed NM and the chops from the Palmera and Tinerfeña fed MR ($P < 0.05$), but with different proportions than the total consumer sample. However, when considering fat color ($\chi^2 = 13.0$; $P = 0.005$), consumers also preferred the Palmera and Tinerfeña fed MR ($P < 0.05$) but preferred the Majorera fed

NM ($P < 0.05$). Additionally, the consumers did not show a preference for any rearing systems when choosing the chops of Cabra del Guadarrama ($P > 0.05$). Finally, when considering meat brightness ($\chi^2 = 4.2$; $P = 0.2$), chop shape ($\chi^2 = 1.7$; $P = 0.6$) and chop size ($\chi^2 = 1.1$; $P = 0.8$), consumers did not prefer one rearing system more than another.

Table 28. Percentages of the preference for the rearing systems in the general sample ($\chi^2=84.1$; $P<0.0001$) and the consumers that used meat color ($\chi^2 = 80.4$; $P < 0.0001$) and fat color ($\chi^2 = 13.0$; $P=0.005$) as decision criteria.

	General sample		Choice criteria			
	MR	NM	Meat color		Fat color	
Breed	MR	NM	MR	NM	MR	NM
Cabra del Guadarrama	29.3	70.7*	26.5	73.5*	44.0	56.0
Majorera	48.1	51.9	48.5	51.5	32.0	68.0*
Palmera	60.4*	39.6	58.5*	41.5	80.0*	20.0
Tinerfeña	52.9*	47.1	53.0*	47.0	60.0*	40.0
Total	47.7	52.3	46.6	53.4	54.0	46.0

Cells with an asterisk have percentages higher from the expected ($P < 0.05$). MR, milk replacer; NM, Natural milk

The instrumental color at 1 d of display of the chops shown to the consumers in survey RS is shown in Table 29. There were no significant interactions between the studied effects ($P>0.05$) for any variable. The rearing system affected all variables ($P < 0.05$) except b^* ($P = 0.4$). The meat from the kids fed MR had a greater L^* , b^* , h_{ab} , and a lower a^* and C_{ab}^* . Therefore, the difference in the color between MR and NM was $\Delta E_{ab}^* = 2.4$. In general, these results are consistent with those of survey RS+TD. The breed affected all variables ($P < 0.05$). Cabra del Guadarrama was clearly different compared with the other breeds because they had a lower L , b^* and h_{ab} , and a higher a and C_{ab}^* ($P < 0.05$). Majorera, Tinerfeña and Palmera had similar b^* and h_{ab} ($P > 0.05$). Majorera and Palmera had different L^* , a^* and C_{ab}^* ($P < 0.05$), while Tinerfeña had intermediate values among the breeds ($P > 0.05$). There were differences in L^* , b^* and C_{ab}^* ($P < 0.05$) between the muscles. As in the results noted when chops were shown to consumers in survey RS+TD, the differences between the SM and BF muscles were higher than the differences between the BF and SM. Hence, ST had a higher L^* , a^* and C_{ab}^* ($P < 0.05$) than SM, while BF had intermediate values of C_{ab}^* ($P > 0.05$) and similar values of L^* and b^* to SM ($P > 0.05$).

Table 29. Instrumental color of the leg chops from the kids of the 4 breeds reared with milk replacer (MR) or natural milk from their dams (NM) at 1 d of display. Pictures of these leg chops were used on survey RS (rearing system).

	L*	a*	b*	h_{ab}	C_{ab}^*
Rearing system					
MR	45.48	6.03	8.22	54.89	10.45
NM	43.59	7.54	8.00	47.44	11.32
s.e.	0.462	0.337	0.225	1.770	0.240
Breed					
Cabra del Guadarrama	40.27 ^c	9.88 ^a	6.68 ^b	34.34 ^b	12.04 ^a
Majorera	45.07 ^b	6.53 ^b	8.74 ^a	53.52 ^a	11.02 ^b
Palmera	46.87 ^a	4.95 ^c	8.31 ^a	59.98 ^a	9.87 ^c
Tinerfeña	45.93 ^{ab}	5.78 ^{bc}	8.60 ^a	56.82 ^a	10.59 ^{bc}
s.e.	0.618	0.466	0.307	2.494	1.563
Muscle					
<i>biceps femoris</i>	44.15 ^y	7.05	8.09 ^y	50.04	11.01 ^{xy}
<i>semimembranosus</i>	43.53 ^y	6.77	7.17 ^z	48.23	10.24 ^y
<i>semitendinosus</i>	45.92 ^x	6.54	9.01 ^x	55.22	11.41 ^x
s.e.	0.350	0.397	0.174	2.122	0.288
Significance[†]					
Rearing system	0.003	0.002	0.40	0.04	0.014
Breed	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Muscle	0.006	0.664	<0.001	0.06	0.017

s.e., standard error; L*, lightness; a*, redness; b*, yellowness; h_{ab} , hue angle; C_{ab}^* , chroma.

[†] Interactions were not significant ($p > 0.05$).

6.5. DISCUSSION

There is a well-founded consensus in the literature that the principal criterion used in meat choice is color due to its relationship with freshness (Kubberød *et al.*, 2002; Bernués *et al.*, 2012; Gracia y de Magistris, 2013; Ripoll *et al.*, 2018b). However, visible fat content is also a main cue used to assess meat quality (Kubberød *et al.*, 2002; Banović *et al.*, 2016). Nevertheless, meat from light suckling kids has no apparent fat. Consequently, in both surveys, color was the most important cue. Meat from light suckling kids has high L* and low a* and b* values. Therefore, this meat is lighter, paler and duller (Morales-De la Nuez *et al.*, 2011; De Palo *et al.*, 2015) than the meat of heavy suckling kids (Ozcan *et al.*, 2014; Yakan *et al.*, 2016) and of concentrate-fed kids (Emami *et al.*, 2015). Because of this paleness, it could be expected that “meat brightness” was

used as a criterion by more consumers, as L^* (lightness) has been reported as the main color variable used by consumers to assess suckling kid meat (Ripoll *et al.*, 2018a). In addition to L^* , consumers assessed the appearance of the whole chop rather than the individual muscles and focused on h_{ab} (Ripoll *et al.*, 2018a). The relationship between the visual appraisal of meat color and L^* has been reported previously (Eikelenboom *et al.*, 1992; Denoyelle y Berny, 1999; Hulsegge *et al.*, 2001). In contrast, b^* is not naturally associated with meat color (Mancini *et al.*, 2005; Ripoll *et al.*, 2012b), and its use by human beings is unclear (O'Sullivan *et al.*, 2003). Khlijji *et al.* (2010) only used L^* and a^* to score lamb meat. Holman *et al.* (2017) reported a^* as the best predictor of consumer acceptance of beef, but h_{ab} and C_{ab}^* increased the prediction precision.

The results of survey RS+TD showed a clear preference of consumers for MR meat, demonstrating that the kid meat with greater L^* and h_{ab} and low C_{ab}^* is preferred. However, survey RS was not so clear because the difference in color (Δ_{ab}^*) between the rearing systems was considerably higher for survey RS+TD ($\Delta_{ab}^* = 4.0$) than that for survey RS ($\Delta_{ab}^* = 2.4$). This latter color difference is close to the concept of the 'just noticeable difference' between two stimuli reported by some authors (Stokes *et al.*, 1992; ISO, 2004). However, defining a visually detectable threshold is difficult because it depends largely on where the two compared colors are located in the color space (Lee, 2005). Abril *et al.* (2001) reported that Δ_{ab}^* for beef greater than 0.9 were visually detectable. However, theoretically, when Δ_{ab}^* is below 2.2, the stimuli are not discriminable different from each other (Stokes *et al.*, 1992). Other authors reported that Δ_{ab}^* below 1 is imperceptible and differences between 1 and 4 may or may not be perceptible (Ebner, 2007). Also is important the physical and temporal distance between the stimuli (Wyszecki y Stiles, 1982). In fact, Babiker *et al.* (1990) reported that goat and lamb meat with $\Delta_{ab}^* = 1.97$ was not detected by consumers when not are showed together. Carrasco *et al.* (2009) reported that trained evaluators were not able to differentiate fat colors with $\Delta_{ab}^* = 5.2$ because colour stimuli were not evaluated next to each other. In addition, the rearing systems compared on survey RS had values of L^* above 40.77, which has been reported as the first threshold to assess suckling kid meat (Ripoll *et al.*, 2018a). Therefore, according to these latter authors, both rearing systems would achieve similar visual appraisal. Diet strongly affects the meat color of

preruminants, such as suckling lambs and kids (Joy *et al.*, 2012b; Ozcan *et al.*, 2014). Meat lightness is influenced by pH and protein structures (MacDougall, 1982) more than diet (Renner, 1982). Hence, some authors reported that milk replacers do not affect the L^* of fresh kid meat, independent of the measured muscle (Bañón *et al.*, 2006; Zurita-Herrera *et al.*, 2013; De Palo *et al.*, 2015). However, in agreement with Ripoll *et al.* (2018a), frozen/thawed meat could show a different behavior due to the denaturalization of sarcoplasmic proteins. In agreement with our results, De Palo *et al.* (2015) found that the meat of kids fed with natural milk had lower b^* and h_{ab} than that of those fed with milk replacers. Additionally, the authors also did not find differences in C_{ab}^* . Compared with the use of natural goat milk, the use of milk replacers affects the color of the *semimembranosus* muscle by decreasing b^* (Zurita-Herrera *et al.*, 2013). However, the composition of goat milk is dependent on the feeding/management system of the goats (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008), and this influences the color of meat, especially a^* . Some authors explained that the meat from kids reared with natural milk has lower a^* and greater h_{ab} because natural goat milk is poor in Fe (Sañudo *et al.*, 2012). However, a higher level of Fe was found in the kids fed with milk replacer (Wittek, 2002). In contrast with the Fe insufficiency, Bañón *et al.* (2006) and Argüello *et al.* (2005) reported that the meat from kids reared with MR had greater h_{ab} and the same L^* as those reared with NM, but the results disagree concerning C_{ab}^* . Zurita-Herrera *et al.* (2013) reported the same L^* , a^* and b^* in both rearing systems. To our current knowledge, there are no studies in the literature examining the visual appraisal or purchase intentions of kid meat through times of display. However, some authors have reported that consumers significantly reject the meat of light (Panea *et al.*, 2005; Joy *et al.*, 2012b) or heavy lambs after 5 d (Kennedy *et al.*, 2004). Meat discoloration is important because discolored meat cannot be easily sold (Liu *et al.*, 1995). Meat discoloration is produced during storage as deoxymyoglobin is converted to metmyoglobin. A stronger relationship between visual assessment and h_{ab} , C_{ab}^* and the a^* to b^* ratio has been reported, rather than with the standalone trichromatic coordinates (Lee *et al.*, 2005; Morrissey *et al.*, 2008; Ripoll *et al.*, 2012b). Therefore, increases in h_{ab} and decreases in C_{ab}^* have been used as indicators of red meat discoloration (MacDougall, 1982; Albertí *et al.*, 2005b; Lee *et al.*, 2005; Ripoll *et al.*, 2011b; Ripoll *et al.*, 2012b; De Palo *et al.*, 2015; Holman *et al.*, 2017). The browning of

beef has been related to the decrease of chroma (Renner y Mazuel, 1985). This finding is in agreement with the results of our study, as the discoloration of the kid meat and the rejection from consumers were related to a decrease of C_{ab}^* rather than h_{ab} due to the paleness of this type of meat. However, Ozcan *et al.* (2014) studied the meat color of Gokceada suckling kids and concluded that while a^* and b^* seemed to not change from 1 d to 5 d, L^* decreased slightly. (Morales-De la Nuez *et al.* (2011)) did not report changes in L^* and a^* of the meat from Majorera kids stored for 7 d; however, b^* and h_{ab} increased while C_{ab}^* decreased. The changes in h_{ab} and C_{ab}^* observed with storage time can be a result of myoglobin oxidation to metmyoglobin and the loss of hemic pigments due to the freeze/thaw process.

6.6. CONCLUSIONS

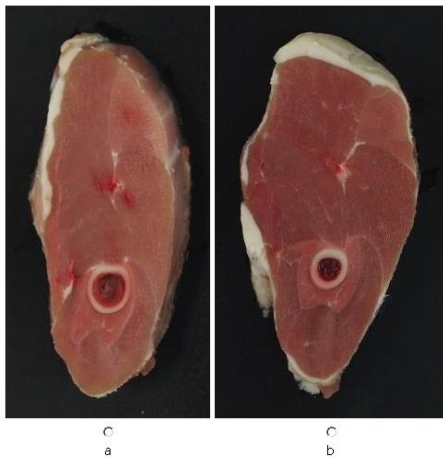
The just noticeable difference in the consumer color detection was similar when the consumer assessed pictures of meat instead of actual meat samples. Consequently, web-based surveys provided similar information compared with surveys using actual product instead of pictures. Meat color appears as a recurring cue to assess consumer preference, and this cue is used consistently across the sociodemographic characteristics of the consumer. However, a minority of consumers choose other kinds of meat because they use other cues, such as fat color and chop shape/size. In general, consumers preferred the meat of light suckling kids reared on milk replacers because this meat has an increased lightness, hue angle and low chroma. However, when the meat of both rearing systems has lightness levels above 40.77 and small differences in color, the consumer preference for a rearing system is dependent on the breed. Finally, the relationship between instrumental color of meat and consumer visual appraisal remains unclear, especially in suckling light goat kids because the literature focused on this topic is scarce.

Appendix A.

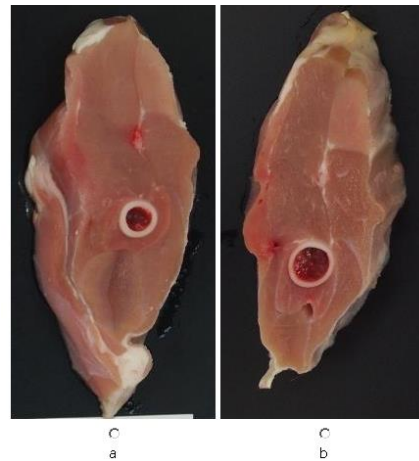
S1. Questionnaire of survey RS.

- Gender:
 - Woman
 - Man
- Age:
 - less than 25 yr
 - between 26 yr and 40 yr
 - between 41 yr and 55 yr
 - More than 55 yr
- Living environment: Name of city or town
- Have you ever tasted meat from light suckling kids?
 - Yes
 - No
- If the response is yes, do you like it?
 - Yes
 - No

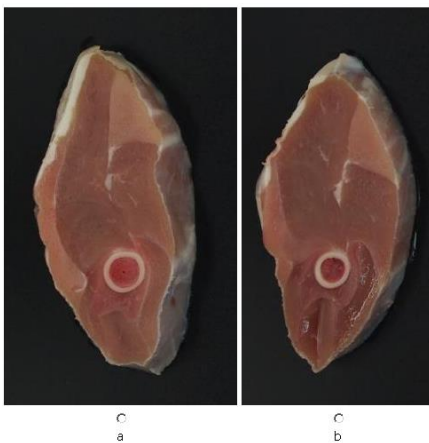
What chop do you prefer?



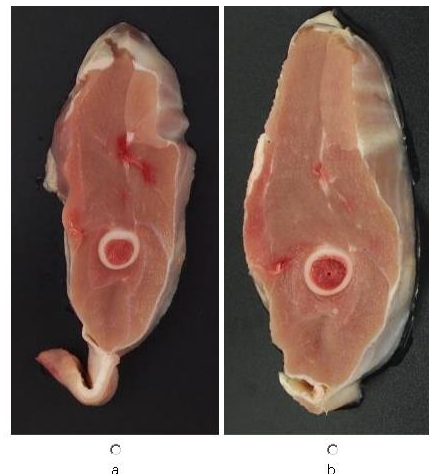
What chop do you prefer?



What chop do you prefer?



What chop do you prefer?



- What criteria did you used to select the picture of the preferred chop: meat color, b) fat color, c) meat brightness, d) chop size and e) chop shape

Appendix A.

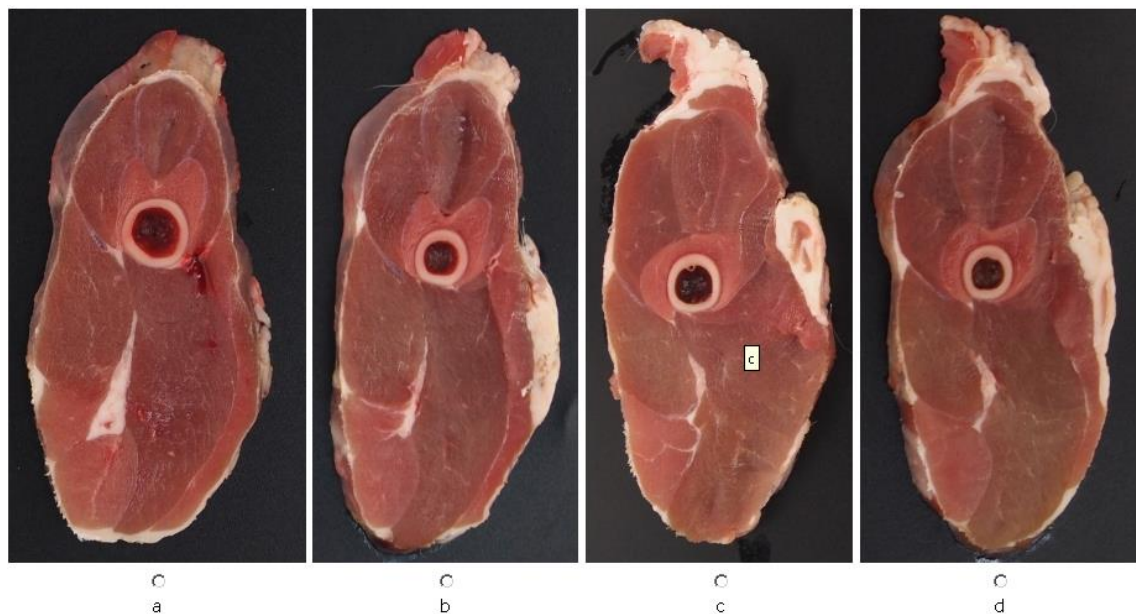
S2. Questionnaire of survey RS+TD

- Gender:
 - Woman
 - Man
- Age:
 - less than 25 yr
 - between 26 yr and 40 yr
 - between 41 yr and 55 yr
 - More than 55 yr
- Living environment: Name of city or town
- Have you ever tasted meat from light suckling kids?
 - Yes
 - No
- If the response is yes, do you like it?
 - Yes
 - No

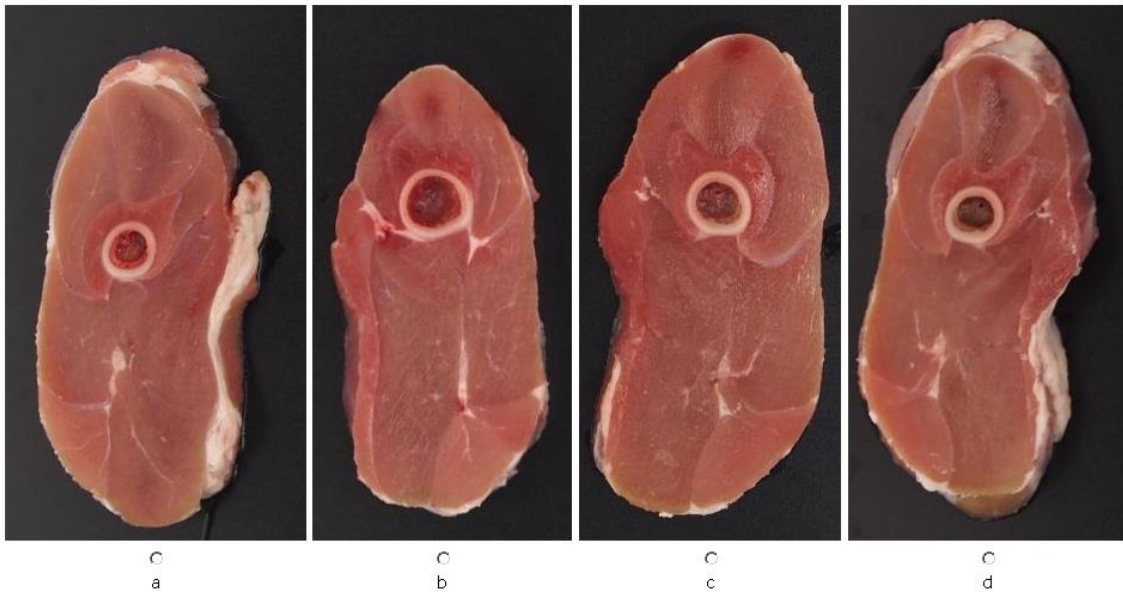
What chop do you prefer?



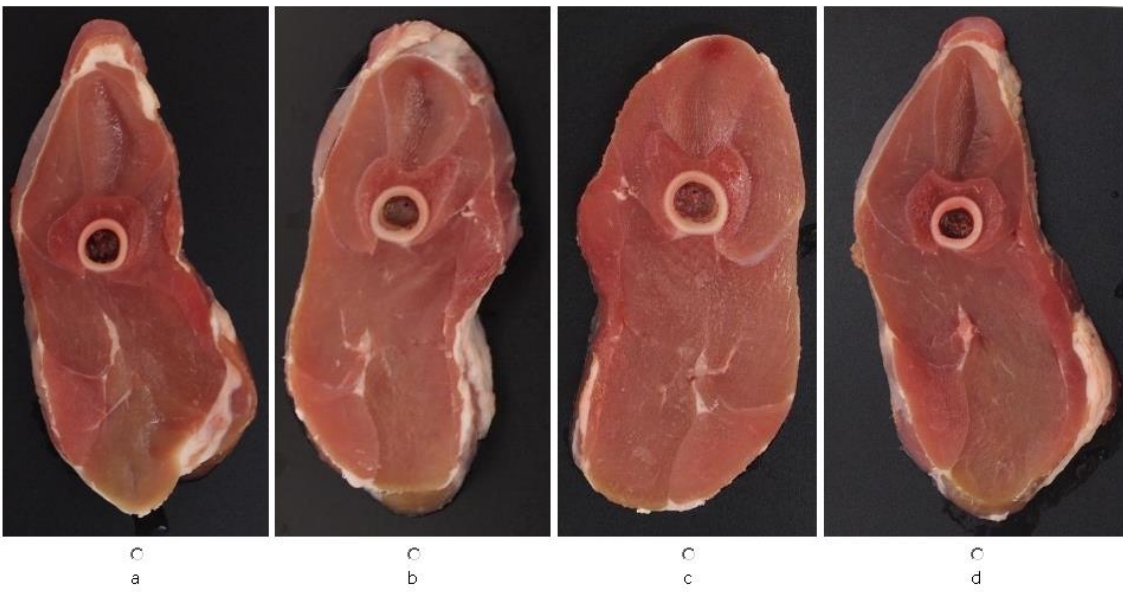
What chop do you prefer?



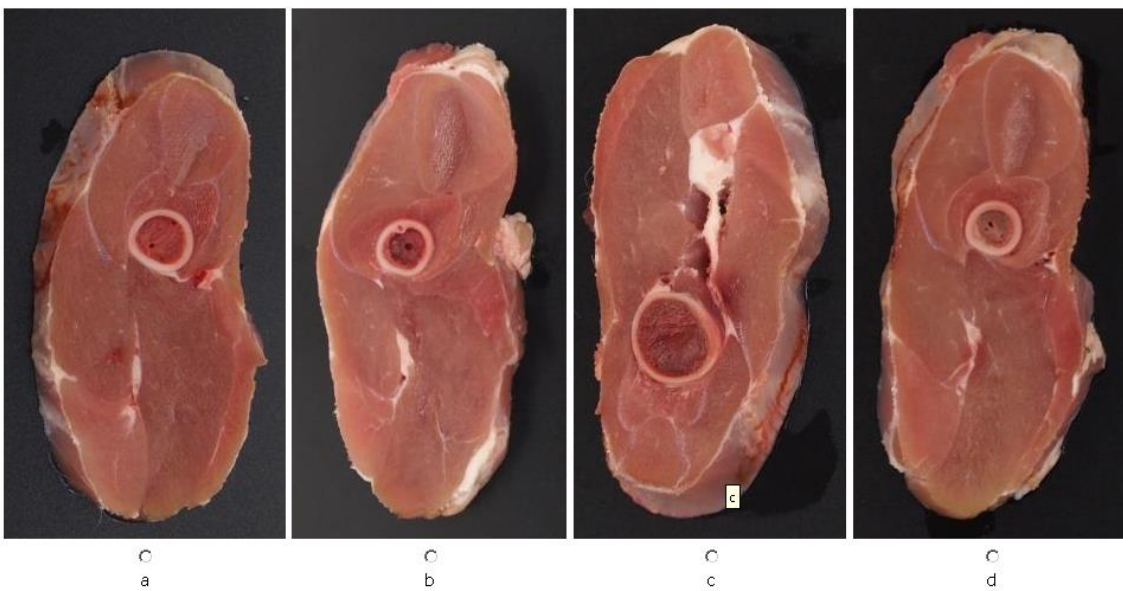
Appendix A.



What chop do you prefer?

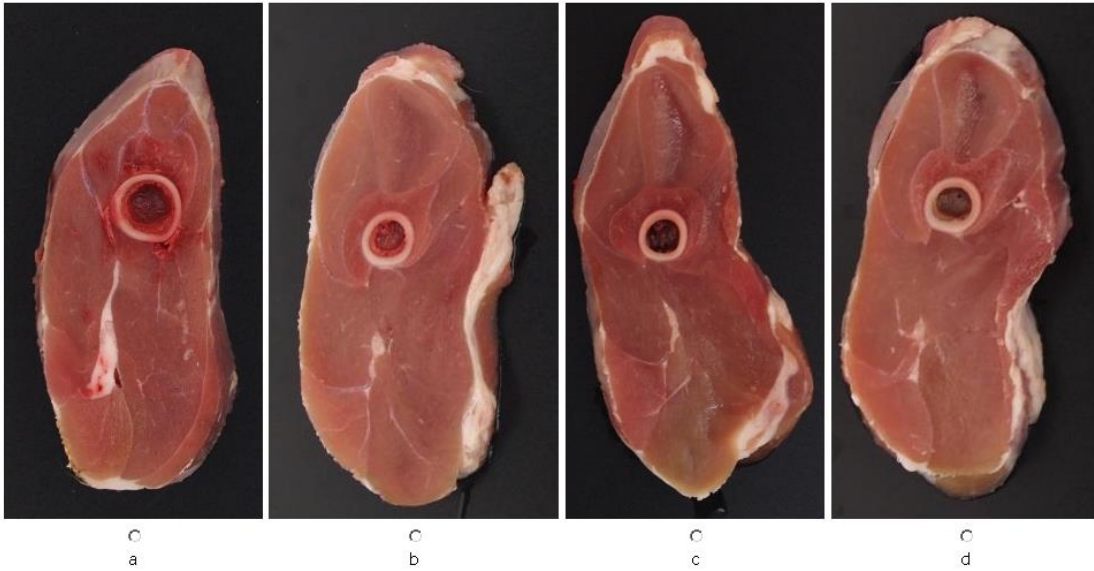


What chop do you prefer?



Appendix A.

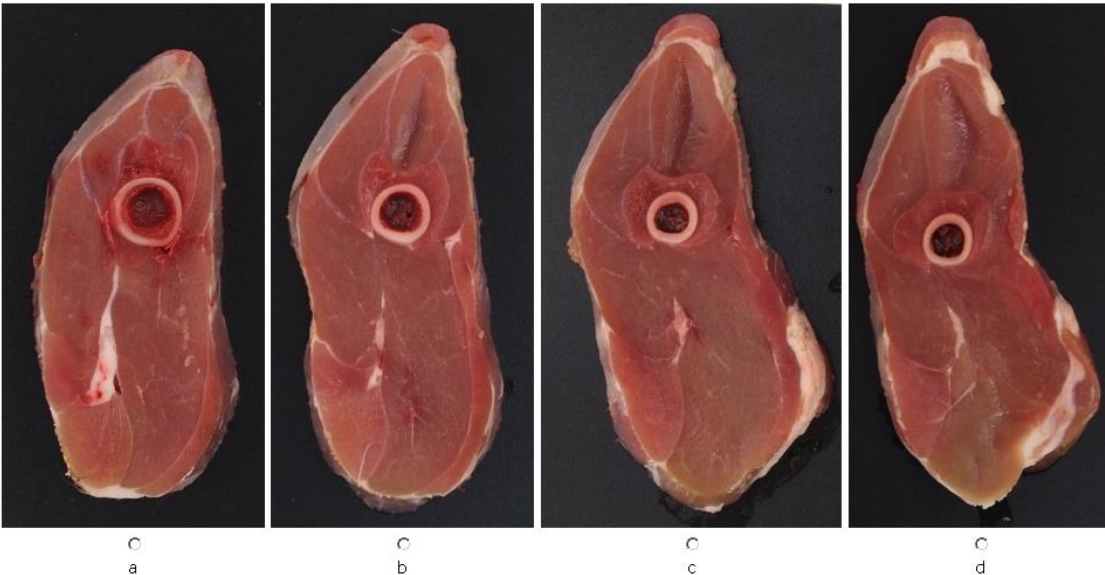
What chop do you prefer?



What chop do you prefer?



What chop do you prefer?



- What criteria did you used to select the picture of the preferred chop: meat color, b) fat color, c) meat brightness, d) chop size and e) chop shape.

DISCUSIÓN GENERAL

1. COMPOSICIÓN PROXIMAL Y ÁCIDOS GRASOS DEL CALOSTRO Y LA LECHE

La composición química de la leche cambia en los primeros días de lactación de manera que el calostro de cabra tiene más proteína y grasa, y menos lactosa que la leche de cabra (Linzell y Peaker, 1974; Sanchez-Macias *et al.*, 2010; Sanchez-Macias *et al.*, 2014; Pecka-Kiełb *et al.*, 2018). De acuerdo con este hecho, en la presente tesis se muestra cómo los porcentajes de proteína y grasa disminuyeron y el de lactosa se incrementó desde el inicio de la lactación hasta el día 10 de lactación. Sin embargo, una vez ha finalizado la producción de calostro, la composición de la leche es casi constante en el tiempo porque la glándula mamaria ha desarrollado evolutivamente una gran tolerancia a factores externos, como puede ser la dieta (Bobe *et al.*, 2007; Almeida *et al.*, 2019), para preservar sus funciones y asegurar la supervivencia de los rumiantes recién nacidos (Hernandez-Castellano *et al.*, 2015). Esta resiliencia es, además, extensible a la composición de ácidos grasos (Palma *et al.*, 2017). Los resultados obtenidos de la composición del calostro están de acuerdo con otros autores que encontraron en Majorera valores de proteína entre 7-10 %, grasa entre 8-9% y lactosa entre 2-4 % (Argüello *et al.*, 2006; Moreno-Indias *et al.*, 2012b). Resultados similares se han encontrado en Murciano-Granadina en proteína, grasa y lactosa (6,2 %, 7,4 % y 4,1 %, respectivamente) (Romero *et al.*, 2013). Sin embargo, valores más bajos de proteína y grasa fueron descritos en calostro de Tinerfeña (Capote *et al.*, 2008). Respecto a la composición química de la leche hemos encontrado porcentajes más altos de proteína y grasa, pero más bajos de lactosa que la leche de Majorera y Payoya a tiempos de lactación comparables (Delgado-Pertíñez *et al.*, 2009a; Sanchez-Macias *et al.*, 2010; Sanchez-Macias *et al.*, 2014); y valores similares de grasa y proteína, pero menores de lactosa que en la raza Sarda (Nudda *et al.*, 2015). En promedio, la leche de los animales de esta tesis tuvo un mayor contenido en grasa y proteína que los encontrados por otros autores (Rota *et al.*, 1993; Delgado-Pertíñez *et al.*, 2009b; Zervas y Tsiplakou, 2011; Sanchez-Macias *et al.*, 2014; Torres *et al.*, 2014; Hernandez-Castellano *et al.*, 2016; Kusza *et al.*, 2018). Sin embargo, la leche tuvo valores de lactosa similares (Zervas y Tsiplakou, 2011; Hernandez-Castellano *et al.*, 2016; Kusza *et al.*, 2018) o menores que los

encontrados por otros autores (Delgado-Pertíñez *et al.*, 2009b; Torres *et al.*, 2014; Margatho *et al.*, 2018). Tanto la proteína como la grasa están relacionadas con la energía de la dieta, aunque de maneras opuestas. La subnutrición, que generalmente solo ocurre en pastoreo, resulta en una disminución de la proteína y un incremento de la grasa debido a la movilización de la grasa corporal de la madre (Zervas y Tsiplakou, 2011). Sin embargo, el alto porcentaje en proteína en nuestros resultados demuestra que las cabras tuvieron un nivel energético de alimentación adecuado.

Existe poca bibliografía que compare la composición en ácidos grasos del calostro y de la leche de cabra. Lou *et al.* (2018) encontraron valores más altos de ácidos grasos saturados y más bajos de ácidos grasos monoinsaturados en leche de cabra de raza Laoshan que en calostro, de acuerdo con nuestros resultados. También estos autores (Lou *et al.*, 2018) encontraron un rango de ácidos grasos saturados del 70 % al 80 %, de acuerdo con nuestros resultados, mientras que Marziali *et al.* (2018) encontraron que el calostro de Murciano-Granadina tenía entre un 48 % y un 58 % de ácidos grasos saturados. Por otra parte, el menor porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados de la leche comparada con el calostro, se debió principalmente al menor porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados del grupo *cis* en la leche, siendo el cambio menos importante en el grupo *trans*. De igual manera, aunque el total de ácidos grasos poliinsaturados fue menor en la leche que en el calostro debido a la disminución de ácidos grasos n-6, los ácidos grasos n-3 solo disminuyeron en la leche en las razas Cabra del Guadarrama y Tinerfeña. Así, las proporciones relativas de diferentes grupos de ácidos grasos y el tipo de estos ácidos grasos difieren entre el calostro y la leche. Esto puede tener un reflejo en la composición química de la carne de los cabritos lechales. La leche de rumiantes es la mayor fuente de ácido linolénico conjugado (Almeida *et al.*, 2019), y el C18:1c9 es uno de los ácidos grasos más abundantes tanto en leche como en calostro, de acuerdo con Marziali *et al.* (2018). Como encontraron otros autores (LeDoux *et al.*, 2002; Andueza *et al.*, 2013), el ácido graso C18:1, tanto *cis* como *trans*, es frecuentemente encontrado en la leche de cabra, con una preeminente frecuencia del C18:1 t11. Sin embargo, desde un punto de vista sensorial, los ácidos grasos C8:0, C10:0 y el 4-metiloctanoico son los más que más influyen en el flavor de la leche, y de forma más pronunciada en la de cabra que en la de vaca u oveja (Ha y Lindsay, 1993; Lou *et al.*, 2018). La ramificación con un

único grupo metil en ácidos grasos de cadena corta (C4-C6) solo se ha encontrado en leche de cabra y está implicada en el aporte de sabores a “cabra” (Haenlein, 2004). Respecto a los ácidos grasos ramificados, LeDoux *et al.* (2002) encontraron un 2 % en leche de cabra y un 3 % en leche de vaca. Estos valores son mucho más altos que los encontrados en esta tesis. La presencia de ácidos grasos ramificados en la leche se explica por la incorporación de lípidos producidos por las bacterias del rumen, mientras que la síntesis endógena es muy limitada (Vlaeminck *et al.*, 2006). Esta diferencia de resultados puede derivar de factores como la dieta usada y merece más atención en un futuro. En la bibliografía podemos ver que algunos ácidos grasos han sido ampliamente estudiados por distintas razones. Por ejemplo, los ácidos linoleico y alfa linolénico son los únicos ácidos grasos esenciales (Albenzio *et al.*, 2016), y algunos ácidos grasos de cadena larga como el ácido docosahexanoico, el ácido eicosapentanoico y el araquidónico son precursores de moléculas bioactivas como prostaglandinas, tromboxanos, leucotrienos y otros (Calder, 2011). Además de todos estos, como apuntaron Vlaeminck *et al.* (2006), el ácido linolénico conjugado es un componente menos importante en cantidad que los ácidos grasos ramificados, aunque ambos tienen similar potencial anticancerígeno. Aunque la leche y los productos lácteos son muy ricos en ácidos grasos saturados, se ha visto que su efecto sobre la salud cardiovascular humana es neutro o incluso positivo (Lordan *et al.*, 2018). Quizá los ácidos grasos ramificados estén desarrollando un papel importante en la salud humana y debería ser investigado en mayor profundidad.

2. CALIDAD INSTRUMENTAL DE LA CARNE

2.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y TEXTURA

La composición química de la carne de cabrito lechal, especialmente la grasa intramuscular, estuvo influida principalmente por la raza, aunque el sistema de lactación también tuvo efecto. Zurita-Herrera *et al.* (2013) y Argüello *et al.* (2005) no encontraron diferencias en la composición química del músculo *longissimus thoracis et lumborum* de cabritos alimentados con leche de sus madres o con lactoreemplazantes, en concordancia con los resultados de esta tesis. Se confirma también que la muy baja

cantidad de grasa intramuscular es característica del cabrito lechal (Ripoll *et al.*, 2012a; Vacca *et al.*, 2014), siendo habitual en el ganado caprino que los depósitos de grasa visceral aumenten antes que la grasa intramuscular (Banskalieva *et al.*, 2000). Sin embargo, la excepción fue la Cabra del Guadarrama, que tuvo un porcentaje de grasa intramuscular mayor del 4 %.

No se han podido encontrar en la bibliografía estudios de análisis de perfil de textura en carne de cabrito lechal, ni cruda ni cocinada. Tampoco se han encontrado estudios de análisis de perfil de textura en cordero lechal sacrificado a pesos comparables. Choi *et al.* (2018) encontró que la carne de cordero australiano tuvo mayor dureza y adhesividad, similar elasticidad y masticabilidad y menor cohesividad que la carne de cabrito lechal. Comparando otros tipos de carne con la de cabrito lechal, la pechuga de pollo presenta mayor dureza, menor masticabilidad y elasticidad, y similar cohesividad y resiliencia que la de cabrito lechal (Rabeler y Feyissa, 2018; Khan *et al.*, 2019). De forma similar, Romero de Ávila *et al.* (2014) describió que el jamón cocido tuvo mayor dureza y menor adhesividad, cohesividad y elasticidad que la carne de cabrito lechal. Cuando Wee *et al.* (2018) estudiaron el perfil de textura de 59 tipos distintos de alimentos encontraron correlaciones significativas entre la composición química y las propiedades reológicas de los mismos. Estos autores encontraron que a mayor porcentaje de glúcidos la dureza disminuye. La adhesividad fue el parámetro que más influido estuvo por la composición química, de tal manera que la humedad aumentaba la adhesividad y más proteína y grasa la disminuían. Respecto al efecto del cocinado, Ruiz de Huidobro *et al.* (2005) encontró que la dureza, la masticabilidad y la elasticidad de la carne bovina se aumentaba con el cocinado, en desacuerdo con los resultados de esta tesis. Sin embargo, como el análisis de perfil de textura no está perfectamente estandarizado como método, las variaciones en los parámetros de configuración de los texturómetros, como la ratio de compresión y la velocidad, y las dimensiones de las muestras dificultan la comparación de resultados (Novaković y Tomašević, 2017). Un ejemplo de esta falta de estandarización es que, mientras que en el método de Warner-Bratzler y en el de compresión siempre o casi siempre se indica la dirección de las fibras del músculo en relación a la cizalla o a la compresión, en el TPA esta información no se suele aportar.

Si la información sobre el análisis de perfil de textura de carne de cabrito lechal es escasa, hay más estudios sobre carne de cabrito y cordero lechal utilizando la célula de Warner-Bratzler. En general, la bibliografía encontrada que compara los dos tipos de sistemas de lactancia lo hace en una sola raza, por lo que las conclusiones sobre la influencia del uso de lactoreemplazantes en la calidad de la carne no se pueden extrapolar a la carne de cabrito lechal en general. Así, se encuentra que la dureza de la carne no está influida por el sistema de lactancia cuando el cordero o el cabrito lechal son sacrificados a muy bajo peso (Argüello *et al.*, 2005; Osorio *et al.*, 2008), debido a que el contenido en colágeno y su solubilidad están más influidos por la edad (Lawrie, 1998) que por el sistema de lactancia (Argüello *et al.*, 2005; Bañón *et al.*, 2006; Zurita-Herrera *et al.*, 2013). Sin embargo, en los resultados de esta tesis hemos encontrado que la dureza de la carne de razas como la Payoya y la Retinta, se ven influidas por el sistema de lactancia de forma diferente. La carne de cabritos de raza Payoya alimentados con leche natural fue más dura que la de los cabritos alimentados con lactoreemplazantes, mientras que en la raza Retinta sucedió lo contrario. Desafortunadamente, no se han encontrado trabajos centrados en estas razas que pudieran aportar más información. Zurita-Herrera *et al.* (2013) encontraron valores de dureza Warner-Bratzler a 1 día *post-mortem* más bajos en la carne de cabritos de Murciano-Granadina alimentados con lactoreemplazantes que en los animales de lactancia natural. La carne de cabritos y *caprettos* sacrificados a muy bajo peso tiene valores de dureza, con una maduración de 1 o 2 días, de 30 N aproximadamente (Dhanda *et al.*, 2003b; Zurita-Herrera *et al.*, 2013; De Palo *et al.*, 2015), de acuerdo con nuestros resultados. Otros autores (Alcalde *et al.*, 2017; Rotondi *et al.*, 2018; Yalcintan *et al.*, 2018a; Yalcintan *et al.*, 2018b) han encontrado valores superiores a 30 N en carne de cabrito madurada entre 1 y 3 días. Sin embargo, estos valores siguen siendo más bajos que los de otro tipo de carnes, como el vacuno (Babiker *et al.*, 1990; Ripoll *et al.*, 2013; Calvo *et al.*, 2014) (Huffman *et al.*, 1996; Miller *et al.*, 2001). Shackelford *et al.* (1991) encontraron que la carne de vacuno con valores de dureza Warner-Bratzler mayores de 51 N es considerada como dura por los consumidores. Sin embargo, Miller *et al.* (2001) describen que la transición entre carne dura y tierna ocurre entre los 42 N y 48 N. En esta tesis, la carne cocinada fue ligeramente más tierna que la carne cruda, ya que el cocinado hace que el tejido conectivo sea más tierno, pero endurece las miofibrillas. Está bien estudiado que la

dureza de la carne depende de la temperatura y el tiempo de cocinado (Lawrie, 1998). Machlik y Draudt (1963) estudiaron la influencia del tiempo y temperatura de cocinado en cilindros muy pequeños de carne. Estos autores concluyeron que calentar rápidamente la carne a 71 °C disminuía la dureza durante los primeros 9 minutos de cocinado, para después incrementarse. Como las muestras de cabrito lechal fueron muy pequeñas, y las muestras llegaron a la temperatura final muy rápido, la dureza disminuyó debido a la rotura de los enlaces peptídicos y de los enlaces entrecruzados maduros (Lawrie, 1998).

2.2. COLOR INSTRUMENTAL

La carne de cabritos lechales muy ligeros, con canales de unos 5 kg, tiene valores altos de L* y bajos de a* y b*, resultando en una carne más luminosa, pálida y de color menos vivo (Morales-De la Nuez *et al.*, 2011; Ripoll *et al.*, 2011a; De Palo *et al.*, 2015; Ripoll *et al.*, 2018a) que la de otros animales de abasto como, p. ej., la de ternera. Esta carne es más pálida también que la de cabritos lechales con canales más pesadas (Ozcan *et al.*, 2014; Yakan *et al.*, 2016) o que la carne de cabritos alimentados con pienso (Emami *et al.*, 2015). Con el incremento de la edad y peso, el color de la carne de cabrito cambia, especialmente aumenta la intensidad de rojo (Berge *et al.*, 2003; Ripoll *et al.*, 2012a; Borgogno *et al.*, 2015a) y disminuyen la luminosidad (Bonvillani *et al.*, 2010; Ripoll *et al.*, 2012a) y el tono (Marichal *et al.*, 2003). Según algunos autores, la carne caprina es más luminosa y menos amarilla que la ovina (Casey y Webb, 2010). Sin embargo, cuando comparamos animales lechales, la carne de cabrito también es más luminosa, pero tiene mayor b* y menor a* que la de cordero lechal (Lobón *et al.*, 2017).

El color de la carne de pre-rumiantes, como los cabritos o corderos lechales, está afectada intensamente por el sistema de alimentación (Joy *et al.*, 2012b; Ozcan *et al.*, 2014). Sin embargo, y al igual que sucede con los estudios sobre textura de la carne de cabrito lechal, la bibliografía revisada suele comparar los dos sistemas de lactancia en una única raza. Como consecuencia, los resultados de la bibliografía son a menudo contradictorios porque las diferentes razas responden de manera diferente a la alimentación con lactoreemplazantes. De Palo *et al.* (2015) encontraron que el *longissimus thoracis* de cabritos alimentados con leche natural tuvo valores menor b* y

h_{ab} que la carne de cabritos alimentados con lactoreemplazantes, y no encontraron diferencias en C_{ab}^* . Sin embargo, Zurita-Herrera *et al.* (2013) describieron que el uso de lactoreemplazantes disminuyó el valor de b^* del músculo *semimembranosus*, y otros estudios muestran que los lactoreemplazantes no afectan a la L^* de carne fresca de cabrito, independientemente del músculo medido (Bañón *et al.*, 2006; Zurita-Herrera *et al.*, 2013; De Palo *et al.*, 2015). Sin embargo, como ya se dijo anteriormente, la composición de la leche es dependiente del sistema de manejo de la cabra (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008), lo que influye en el color de la carne y, especialmente en el índice de rojo. Algunos autores explican que la carne de cabritos alimentados con leche natural tiene menor a^* y mayor h_{ab} porque la leche de cabra es deficitaria en hierro (Sañudo *et al.*, 2012). Otros autores encontraron que las cabras que pastan tienen niveles adecuados de selenio y hierro en plasma (Schweinzer *et al.*, 2017), pero se han encontrado niveles más altos de estos mismos elementos en cabritos que se alimentaron con lactoreemplazantes (Wittek, 2002). Sin embargo, Lanza *et al.* (2006) no encontraron diferencias en h_{ab} y a^* en la carne de cabritos lechales de distintos tipos de lactancia, incluso cuando el contenido de hierro del lactoreemplazantes fue mayor que el de la leche natural (Rodríguez *et al.*, 2008). El hierro y el selenio de la leche de cabra tienen una biodisponibilidad mayor que los que se encuentran en la leche de vaca (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008), el componente principal de los lactoreemplazantes. El h_{ab} de la carne está relacionado con el estado de los pigmentos hemínicos, mientras que C_{ab}^* está relacionado con la cantidad de pigmento (Renerre, 1982). Así, un incremento del hierro debería modificar C_{ab}^* en lugar de h_{ab} . Las modificaciones del estado de los pigmentos hemínicos podrían estar relacionadas con el estado antioxidante total del músculo y con la actividad de la enzima glutatión peroxidasa, y por tanto, con el contenido en selenio orgánico. La forma orgánica o inorgánica del selenio incluido en la suplementación de cabras, o añadida a los lactoreemplazantes es muy importante. El selenito de sodio, que es la forma inorgánica, actúa como un pro-oxidante de los pigmentos hemínicos, aumentando la formación de metamioglobina (Zhan *et al.*, 2007; Ripoll *et al.*, 2011b), mientras que el selenio en formas orgánicas como la seleniometonina, ejerce actividad antioxidante (Hamilton y Tappel, 1963). Dado que no se conocen los niveles ni la forma química del selenio ingerido en la leche, ya sea natural o artificial, es difícil vincular claramente la ingestión de selenio al color. También pueden

influir en el color de la carne los carotenoides del pasto transmitidos en la leche (Lobón *et al.*, 2017). Así, se encuentran resultados contradictorios en la bibliografía sobre la influencia del sistema de lactancia en el índice de rojo. Dependiendo del estudio, la carne de cabritos alimentados con lactoreemplazantes tuvo menos a^* (y menos h_{ab}) (Zurita-Herrera *et al.*, 2013) o lo contrario (Bañón *et al.*, 2006; Osorio *et al.*, 2008). Argüello *et al.* (2005) encontraron que el músculo *longissimus thoracis et lumborum* de cabritos alimentados con lactoreemplazantes tuvieron mayor h_{ab} y la misma L^* comparado con los cabritos criados con leche natural. Sin embargo, los resultados de los valores de C_{ab}^* de la bibliografía no fueron consistentes. El efecto del sistema de lactación también fue estudiado en cabritos lechales, presentando la carne de los animales alimentados con lactoreemplazantes mayor a^* y menor b^* , y, en consecuencia, menor h_{ab} que aquellos alimentados con leche de sus madres.

Evolución del color durante el tiempo de exposición al oxígeno

Uno de los factores que altera el color de la carne es el tiempo de exposición al oxígeno de la superficie del músculo durante su almacenamiento. Es este tiempo se produce la decoloración de la carne debido a que la mioglobina se convierte en metamioglobina. La decoloración de la carne es importante porque esta carne no se puede vender fácilmente (Liu *et al.*, 1995), perdiendo valor económico. El incremento de h_{ab} y la disminución de C_{ab}^* son indicadores de la decoloración de la carne (MacDougall, 1982; Albertí *et al.*, 2005b; Lee *et al.*, 2005; Ripoll *et al.*, 2011b; Ripoll *et al.*, 2012b; De Palo *et al.*, 2015; Holman *et al.*, 2017). Esto concuerda con los resultados de esta tesis, donde se muestra la disminución de a^* y C_{ab}^* con el tiempo. Sin embargo, Ozcan *et al.* (2014) que estudiaron el color de la carne de cabritos lechales de la raza Gokceada criados en régimen extensivo concluyeron que mientras que los índices a^* y b^* parecían no cambiar durante los primeros 5 días de almacenamiento, la L^* disminuyó ligeramente. Morales-De la Nuez *et al.* (2011) no encontraron cambios en L^* y a^* de la carne de cabritos de Majorera almacenados durante 7 días. Sin embargo, b^* y h_{ab} aumentaron mientras que C_{ab}^* disminuyó. Los cambios durante el tiempo de almacenamiento en h_{ab} y C_{ab}^* pueden ser resultado de la oxidación de la mioglobina a metamioglobina, pero también de la pérdida de pigmentos hemínicos si la carne se ha sometido a un proceso de congelación y descongelación.

Color de los músculos

Algunos estudios que comparan el color de diversos músculos de cordero (Tschirhart-Hoelscher *et al.*, 2006) y vacuno (Jones *et al.*, 2004) encontraron mayores diferencias en L^* que en a^* y b^* entre los músculos estudiados. En cuanto a los índices a^* y b^* , Torrescano *et al.* (2003) encontró resultados similares a los de esta tesis en carne bovina congelada. Sin embargo, estos autores también encontraron diferencias en L^* entre los tres músculos de la pierna estudiados en la presente tesis. El músculo *biceps femoris* podría tener menor C_{ab}^* porque tiene más fibras tipo IIb (blancas) mientras que los músculos *semitendinosus* y *semimembranosus* tienen fibras IIa y IIb (rojas) casi en la misma proporción (Totland y Kryvi, 1991). El músculo *longissimus thoracis* tiene un metabolismo glicolítico y el *semimembranosus* lo tiene oxidativo y tienen distintas proporciones de fibras, con lo cual deberían tener distinto color. Sin embargo, el proceso de congelado y descongelado puede alterar el comportamiento del color debido a la desnaturalización de las proteínas sarcoplasmáticas. Argüello *et al.* (2005) encontraron similares valores de L^* y h_{ab} entre los músculos *longissimus thoracis* y *semimembranosus*, con valores de h_{ab} de aproximadamente 45 grados, de acuerdo con los resultados de los músculos de la pierna de esta tesis.

2.3. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS

El rumen de las cabras solo es totalmente funcional a partir de los 56 días de edad, aproximadamente (Van Soest, 1994). Por este motivo, la biohidrogenación ruminal está limitada antes (Valvo *et al.*, 2005), por lo que los ácidos grasos de la grasa intramuscular de los cabritos lechales debería estar influida en su mayor parte por los ácidos grasos de la dieta, es decir, de la leche; dado que la síntesis *de novo* de ácidos grasos realizada en la glándula mamaria y en el tejido adiposo supone únicamente un 6-20 %, los ácidos grasos de la grasa intramuscular deben estar condicionados por la dieta de la madre (Valvo *et al.*, 2005; Osorio *et al.*, 2007). La síntesis endógena de ácidos grasos monoinsaturados está catalizada específicamente por la enzima Δ -9 desaturasa. La actividad de la desaturasa de la glándula mamaria es más alta en animales de propósito lechero que en animales con mayor aptitud cárnica (Chilliard *et al.*, 2006; Wood *et al.*, 2008; Horcada *et al.*, 2012). Sin embargo, en esta tesis, las razas Palmera y Tinerfeña, ambas lecheras, tuvieron porcentajes más altos de ácidos grasos

monoinsaturados *trans* y de isómeros del ácido graso C18:1, pero no más cantidad de ácidos grasos monoinsaturados totales que la raza Retinta, de aptitud cárnica o que la Cabra del Guadarrama, con aptitud mixta. Se ha encontrado que la carne de cabritos de razas cárnicas tiene mayor porcentaje de ácido linolénico conjugado que la carne de cabritos de razas lecheras (Horcada *et al.*, 2014). En nuestros resultados, los isómeros más abundantes del ácido graso C18:1 fueron C18:1c9 y C18:1 t11, de acuerdo con Adeyemi *et al.* (2017). Estos isómeros son importantes porque el C18:1c9 disminuye el contenido en colesterol de la sangre (Binkoski *et al.*, 2005), mientras que al C18:1 t11 se le supone un efecto anti-aterogénico (Pariza *et al.*, 2001). Es bien conocido que la ratio n-6:n-3 es un indicador del papel de los ácidos grasos en las enfermedades coronarias, y se acepta que la ratio en la dieta humana debe ser menor de 4 (Scollan *et al.*, 2006). Las ratios de esta tesis oscilaron entre 4,78 y 13,00 de acuerdo con los resultados de otros autores (Horcada *et al.*, 2014). La grasa intramuscular de animales lecheros, como las razas Palmera y Tinerfeña tuvieron una ratio menos favorable que otras razas (Horcada *et al.*, 2012). Sin embargo, otros autores no encontraron relación entre leches ligeramente diferentes y los ácidos grasos de la grasa intramuscular de la carne de cordero lechal (Manso *et al.*, 2011).

2.4. COMPUESTOS VOLÁTILES

En el espacio de cabeza de los viales con carne cocinada se detectan muchos compuestos volátiles orgánicos. La mayoría de ellos se generan en la degradación de Strecker de los aminoácidos, como parte de las reacciones de Maillard o en la oxidación lipídica (Calkins y Hodgen, 2007). Hay poca información acerca del efecto de los sistemas de lactancia en los compuestos volátiles de la carne de cabrito lechal ligero. Sin embargo, sí hay estudios en cordero lechal (Osorio *et al.*, 2008; Wilches *et al.*, 2011). Se ha demostrado en esta tesis que el efecto del sistema de lactancia depende principalmente de la raza, porque hay razas que, al acumular grasa más rápidamente también acumulan mayores cantidades de compuestos volátiles orgánicos (Wilches *et al.*, 2011). Los compuestos volátiles que se originan típicamente en los procesos de oxidación lipídica, como los aldehídos, fueron más abundantes en la carne de cabritos alimentados con lactancia natural que en los alimentados con lactoreemplazantes (Osorio *et al.*, 2008). Estos compuestos se originan en los procesos de auto-oxidación de los ácidos grasos y

los fosfolípidos de la carne. Así, el pentanal y el hexanal se derivan de los ácidos linoleico y araquidónico, el heptanal y octanal del oleico y el linoleico y el nonanal del ácido oleico (Shahidi, 1998; Calkins y Hodgen, 2007). La presencia de aldehídos lineales es importante porque estos compuestos volátiles tienen umbrales de olor muy bajos (Drumm y Spanier, 1991) y sus aromas son descritos generalmente como frutales o de hierba recién cortada. Esto concuerda con las correlaciones positivas encontradas en esta tesis entre el hexanal y la aceptabilidad del flavor y la aceptabilidad general de la carne por parte de los consumidores. Sin embargo, cuando la concentración de aldehídos en la carne vacuna aumenta, los descriptores más frecuentes cambian desde los más deseables (graso, carne) a los menos deseables (rancio, herbáceo o disolvente/pintura) (Brewer y Vega, 1995). Cuando la carne es magra, generalmente genera menos cantidad de aldehídos, y los descriptores suelen ser positivos. Por otra parte, hay compuestos volátiles indeseables, incluyendo algunos ácidos grasos ramificados de cadena media como el 4-metiloctanoico, 4-metilnonanoico y los 4-etil-análogos. Estos compuestos volátiles son los responsables de olores desagradables a cabra y ovino, y no se encontraron en cabritos lechales ligeros porque estos compuestos aparecen en la pubertad (Young y Braggins, 1998). Sin embargo, el ácido butírico apareció en la carne de los cabritos de Cabra del Guadarrama. Los aldehídos 2-metilpropanal, 2-metilbutanal y 3-metilbutanal son generados en la degradación de Strecker de la valina, leucina e isoleucina, respectivamente, y se ha comprobado que contribuyen considerablemente al flavor general de los productos cárnicos (Andrade *et al.*, 2010). El 2-metilpropanal ha sido asociado con olor a “corral” (Frank *et al.*, 2017), mientras que el 3-metilbutanal ha sido asociado con flavor a curado (Careri *et al.*, 1993).

Aunque el hexano aparece en grandes cantidades, los hidrocarburos tienen una contribución mínima a los sabores, tanto deseables como indeseables (Drumm y Spanier, 1991). De acuerdo con Wilches *et al.* (2011), también se encontraron algunos compuestos volátiles derivados del benceno (tolueno, p-xileno, o,m-xileno). El efecto de la raza en el tolueno es importante ya que este compuesto se detectó en carne de corderos lechales de raza Churra pero no en la raza Castellana, independientemente del sistema de lactancia (Wilches *et al.*, 2011). En este sentido, Vasta *et al.* (2012) encontró tolueno en leche de ovejas, tanto en pastoreo como estabuladas.

La cetona 3-hidroxi-2-butanona fue indicativa del uso de lactoreemplazantes y parece que añade notas de mantequilla al flavor (Montel *et al.*, 1998). Otros compuestos volátiles minoritarios se han encontrado en corderos lechales como el 1-pentanol (Vieira *et al.*, 2012). El etilacetato tiene una relación positiva con el olor a corral (Frank *et al.*, 2017). Las alquil-pirazinas como la 2,5-dimetil pirazina tienen un umbral de olor muy bajo (Fors y Olofsson, 1985). Esta pirazina es un producto heterocíclico formado en las etapas finales de la reacción de Maillard y viene de la condensación de algunos aminoácidos y fructosa. La dimetil pirazinas aparecen más frecuentemente en carne bien hecha a la parrilla que en carne asada (Chen y Ho, 1998). El compuesto 2-pentil furano se detectó en casi todas las razas y sistemas de lactancia de esta tesis. Este compuesto también se detectó en cerdo cocinado, pero no en carne vacuna (Ho *et al.*, 1978). También se ha encontrado en cordero lechal alimentado con lactoreemplazantes (Morán *et al.*, 2014). El 2-pentil furano se asocia con sabores a judía, grasa (Drumm y Spanier, 1991) e hígado (Frank *et al.*, 2017).

La degradación de aminoácidos que contienen azufre y la tiamina generada en la degradación de Strecker producen compuestos azufrados como el disulfuro de carbono (CS₂) y el sulfuro de hidrógeno. Estos compuestos son importantes porque tienen umbrales de detección del olor muy bajos (Mottram, 1998a). La concentración de compuestos azufrados en carne de corderos no estuvo afectada por el sistema de lactancia (Osorio *et al.*, 2008). Aunque el compuesto azufrado más abundante en los compuestos volátiles de la carne es el sulfuro de hidrógeno (Nixon *et al.*, 1979), este no se encuentra en corderos o cabritos lechales porque se concentra en la grasa, y los cabritos tienen muy poca grasa intramuscular. Además, algunos autores proponen que la carne con pH alto, como la del cabrito lechal (Ripoll *et al.*, 2012a), tiene menos flavor (Young *et al.*, 1993). Esto es debido a que la proteólisis y la lipólisis se desarrollan más favorablemente a pH bajo (Young *et al.*, 1993; Young y Braggins, 1998). Por el contrario, el disulfuro de carbono sí que se encuentra en la carne de cordero lechal (Vieira *et al.*, 2012). El olor de este compuesto se ha descrito como dulce y agradable (Holleman *et al.*, 2001). La falta de correlación entre los compuestos volátiles minoritarios y las variables sensoriales pueden ser debidas a que las diferencias entre sistemas de

lactancia no fueron lo suficientemente grandes como para tener un impacto detectable en el flavor (Vieira *et al.*, 2012).

2.5. SISTEMA DE LACTANCIA Y PH DE LA CARNE

Los valores altos de pH en carne de cabrito son abundantes en la bibliografía, sugiriendo que las cabras son una especie propensa al estrés (Webb *et al.*, 2005; Casey y Webb, 2010) porque son muy excitables (Casey y Webb, 2010) y sensibles al manejo previo al sacrificio (transporte, descanso, etc.). Los valores de pH encontrados en nuestros cabritos son similares o incluso inferiores a los descritos en sistemas ganaderos y pesos de sacrificio similares a los nuestros (Marichal *et al.*, 2003; Bañón *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2007; Peña *et al.*, 2009a; Ripoll *et al.*, 2011a; Teixeira *et al.*, 2011; Sañudo *et al.*, 2012; Ripoll *et al.*, 2019a). La mayoría de los valores de pH de la bibliografía oscilan entre 5,5 y 5,8, lo que se considera óptimo para carne caprina (Herold *et al.*, 2007). Los cabritos son más sensibles al stress pre-sacrificio que los corderos lechales (Ripoll *et al.*, 2011a), cuyo pH no se vio afectado por el sistema de lactancia (Osorio *et al.*, 2008). Además, los cabritos jóvenes son más susceptibles al estrés emocional que los adultos (Sañudo *et al.*, 2012) porque los animales más jóvenes siguen siendo muy dependientes de sus madres (Napolitano *et al.*, 1995). Así, el haber encontrado una mayor frecuencia de carne con pH muy alto en los cabritos alimentados con lactoreemplazantes podría explicarse porque los cabritos destetados uno o dos días después del nacimiento no tienen suficiente capacidad para manejar el estrés emocional de la separación (Napolitano *et al.*, 1995).

Las consecuencias del estrés pre-sacrificio son de sobra conocidas. La depleción del glucógeno previo al sacrificio originado por el estrés da como resultado pHs altos, característicos de las carnes oscuras, conocidas como DFD (Dhanda *et al.*, 2003b). Sin embargo, la carne del grupo con valores altos de pH no mostró una alteración de su contenido en humedad, que podría ser un signo característico de una carne DFD. Watanabe *et al.* (1996) encontraron que la dureza de la carne ovina se incrementaba desde pH 5,5 a 5,8 para luego disminuir cuando el pH era más alto de 5,8. De hecho, en esta tesis la fuerza de cizalla Warner-Bratzler y la dureza de la carne cocinada fue más baja en estas carnes con pH alto que en las de pH bajo. Sin embargo, el incremento de

pH aumentó el valor de otros parámetros de textura como la masticabilidad y la adhesividad, de manera que la carne de cabrito con pH alto puede ser percibida como diferente por los consumidores. Además de la alteración de la textura, los valores altos de pH son indeseables porque el crecimiento microbiano se ve favorecido cuando los valores de pH son cercanos a 7 (Lawrie, 1998).

Respecto de la influencia del pH alto en el color, Kannan *et al.* (2003) no encontró carnes oscuras en carne de cabras afectadas por estrés en el transporte, aunque el pH sí se vio alterado. Ripoll *et al.* (2011a) estudiaron el efecto del incremento de pH en el músculo *longissimus thoracis* de cabritos lechales en un intervalo de pH similar al de esta tesis. Estos autores concluyeron que los valores de C_{ab}^* aumentan cuando el pH se aproxima a 6, pero permanecen constantes entre 6 y 7. Este hallazgo concuerda con los resultados de esta tesis, aunque Ripoll *et al.* (2011a) no encontraron efecto en L^* o h_{ab} .

Los cabritos lechales alimentados con lactoreemplazantes sufrieron mayor estrés, originando pHs altos. Este incremento del pH disminuye la dispersión de la luz, lo que permite que la luz penetre más en la carne, y la mioglobina del interior de la carne se hace más visible (Swatland, 2004). Esta carne es poco deseable debido a los valores altos de a^* y C_{ab}^* y bajos de h_{ab} , además de tener una vida útil corta (Ripoll *et al.*, 2018a). Argüello *et al.* (2005) no encontraron ninguna correlación entre el pH y los valores de C_{ab}^* o h_{ab} , probablemente porque el valor más alto en su estudio estuvo por debajo de 6. Sin embargo, los valores de pH de esta tesis, que se incrementan desde 5,48 en el Clúster 1 a 5,65 en el Clúster 2, llevaron a grandes cambios en L^* , C_{ab}^* y h_{ab} .

3. CALIDAD SENSORIAL DE LA CARNE

3.1. CATA CON CONSUMIDORES

Al igual que en el apartado de calidad instrumental, hay poca bibliografía que estudie las diferencias sensoriales entre carne de cabritos lechales o corderos alimentados con leche natural o lactoreemplazante. Más aún, la información existente es poco concluyente. De acuerdo con los resultados de esta tesis, Alcalde *et al.* (2013a) encontraron que la aceptabilidad del flavor de la carne de cabritos ligeros alimentados con leche natural era mayor que la de la carne de cabritos alimentados con lactoreemplazantes. Napolitano *et al.* (2002) encontró que los catadores pudieron detectar diferencias entre carne de corderos lechales alimentados con leche natural y lactoreemplazante, pero no informaron de la preferencia o diferencias entre la carne de los dos sistemas de lactancia. Por contra, Osorio *et al.* (2008), utilizando catadores semi-entrenados, no encontraron diferencias entre los sistemas de lactancia.

Se ha descrito que la valoración general y el flavor de carne de cordero y cabrito lechal, valorados por consumidores europeos, están relacionados entre sí (Dransfield *et al.*, 2000; Font-i-Furnols *et al.*, 2006), de acuerdo con los resultados de esta tesis. Sin embargo, la preferencia o aceptabilidad de la carne está influida por aspectos culturales y hábitos de consumo (Bernués *et al.*, 2012). Dransfield *et al.* (2000) demostraron una clara influencia de la nacionalidad del consumidor en la preferencia por la carne de cordero. Por esto, cuando se usan catadores no profesionales o consumidores, se hace necesaria la segmentación de los consumidores de acuerdo a sus características sociodemográficas o psicográficas, para evitar interpretaciones incorrectas de los resultados (Font-i-Furnols *et al.*, 2006). Por ejemplo, la percepción del flavor disminuye con la edad, y algunos autores afirman que existe una pérdida de capacidades sensoriales a partir de los 60 años (Rolls, 1999). Otros autores sugieren que la pérdida de capacidades comienza a los 40 años (Russell y Cox, 2004). Sin embargo, en esta tesis, solo las personas mayores diferenciaron entre sistemas de lactancia. Esto se podría explicar por la familiaridad con la carne, que está relacionada con la frecuencia de consumo e implicación (*involvement*) del consumidor con la carne de cabrito. Los consumidores con gran familiaridad con la carne y consumo frecuente también tienen

una implicación alta (Borgogno *et al.*, 2015b). Estos consumidores con gran implicación con ciertos productos piensan que estos son un reflejo de su imagen personal (Verbeke y Vackier, 2004), así que podrían magnificar las diferencias detectadas. Los consumidores con gran familiaridad con la carne también son propensos a dar notas más altas en flavor y terniza (Borgogno *et al.*, 2015b). Por otra parte, los consumidores poco implicados toman decisiones de manera poco reflexiva (Verbeke y Vackier, 2004). Además, los consumidores con un consumo moderado de carne mostraron más capacidad de diferenciación entre sistemas de lactancia que los otros consumidores.

3.2. VALORACIÓN VISUAL

Hay un consenso bien fundamentado en la bibliografía sobre que el color es el principal criterio para elegir carne debido a su relación con la frescura (Kubberød *et al.*, 2002; Bernués *et al.*, 2012; Gracia y de Magistris, 2013; Ripoll *et al.*, 2018b). Sin embargo, la grasa visible también es una clave principal para valorar la calidad de la carne (Kubberød *et al.*, 2002; Banović *et al.*, 2016). No obstante, la carne de cabritos lechales ligeros no tiene grasa aparente. En consecuencia, en las dos encuestas *online* realizadas, el color prevalece como la característica más importante para valorar la carne. También se hubiera podido esperar que el criterio más utilizado hubiera sido el brillo, ya que la carne de cabrito lechal ligero, en general, es luminosa y tiene índices de a^* y b^* bajos (Morales-De la Nuez *et al.*, 2011; De Palo *et al.*, 2015).

Cuando los consumidores valoraron la carne de Cabra del Guadarrama criada en los dos sistemas de lactancia y a varios tiempos de exposición, mostraron una clara preferencia por la carne de cabritos lechales alimentados con lactoreemplazantes, tanto cuando valoraron el producto real en vitrina como cuando valoraron las fotografías en la encuesta *online*. Estos resultados son consistentes con el hecho de que el consumidor prefiere la carne con mayor L^* y h_{ab} , y bajo C_{ab}^* , de acuerdo con Sañudo *et al.* (1998). Sin embargo, los resultados de la encuesta que preguntaba solo sobre los sistemas de lactación (que incluía 4 razas caprinas) fueron menos claros porque la diferencia de color (Δ_{ab}^*) entre los sistemas de lactación fue considerablemente menor ($\Delta_{ab}^* = 2,4$) que en la encuesta en la que se comparaban sistemas de lactancia y tiempos de exposición ($\Delta_{ab}^* = 4,0$). Esta última diferencia de color es cercana al concepto de Diferencia Apenas

Perceptible (Just Noticeable Difference, JND) entre dos estímulos visuales (Stokes *et al.*, 1992; ISO, 2004). Sin embargo, definir un umbral de detección de diferencias visuales es difícil porque depende en gran medida de la distancia física entre los dos colores a comparar en el espacio de color (Lee, 2005). Abril *et al.* (2001) encontraron en vacuno que diferencias de Δ_{ab}^* mayores de 0,9 eran detectables por el consumidor. Sin embargo, teóricamente, dos estímulos visuales con una diferencia de color por debajo de 2,2 no son discriminables (Stokes *et al.*, 1992). Otros autores también afirman que diferencias por debajo de 1 son imperceptibles, y que diferencias de color entre 1 y 4 pueden ser perceptibles o no dependiendo de otros factores (Ebner, 2007), como la distancia física y temporal entre los estímulos (Wyszecki y Stiles, 1982). De hecho, Babiker *et al.* (1990), en un estudio que comparaba carne de cabra y de cordero, encontraron que $\Delta_{ab}^* = 1,97$ no fue detectada por los consumidores por que no se evaluaron las dos carnes una junto a otra. Carrasco *et al.* (2009) encontró que evaluadores entrenados no pudieron diferenciar el color de grasa subcutánea de corderos con $\Delta_{ab}^* = 5,2$ por la misma razón.

No se encontraron estudios en la bibliografía en los que se examine la apreciación visual o la intención de compra de carne de cabrito durante su tiempo de exposición. Sin embargo, algunos autores han encontrado que los consumidores rechazan la carne de corderos ligeros (Panea *et al.*, 2005; Joy *et al.*, 2012b) y pesados después de 5 días de exposición (Kennedy *et al.*, 2004). Estos resultados son coherentes con los 6 días de vida útil encontrados en esta tesis.

Relación entre el color instrumental y la valoración visual de los consumidores

Holman *et al.* (2017) encontraron que si se quiere utilizar el color para predecir la aceptación del consumidor de la carne fresca bovina, el mejor predictor fue a^* , aunque el uso de h_{ab} y C_{ab}^* mejoró la precisión de la estimación. Otros autores han descrito una fuerte relación entre la valoración visual de carne bovina y L^* (Eikelenboom *et al.*, 1992; Denoyelle y Berny, 1999; Hulsegge *et al.*, 2001). De acuerdo con los autores anteriores, Khliji *et al.* (2010) usaron solo L^* y a^* para valorar la aceptabilidad de la carne fresca de cordero, pero cuando se estudió el pardeamiento de la carne, la ratio $\frac{630\text{ nm}}{580\text{ nm}}$ mejoró el modelo de valoración. Parece que cuando el tiempo de exposición genera pardeamiento o decoloración, los mejores parámetros para clasificar carne son los que

consideran las variables a^* y b^* juntas, p.ej. h_{ab} , C_{ab}^* , la ratio $\frac{b^*}{a^*}$, o las ratios de valores de reflectancia como $\frac{630\text{ nm}}{580\text{ nm}}$, en lugar de las coordenadas tricromáticas individuales (Lee *et al.*, 2005; Morrissey *et al.*, 2008; Ripoll *et al.*, 2012b). Las reglas de clasificación propuestas por el algoritmo de aprendizaje automático fueron coherentes con estos autores. Según estas reglas, los consumidores usaron la L^* como la principal clave para evaluar la carne de cabrito lechal ligero, fijando el valor de 40,77 como umbral o frontera de clasificación más que como fuente para realizar una valoración completa. Además de L^* , los consumidores valoraron el valor de h_{ab} de toda la superficie de la chuleta y no el de sus músculos individuales. El valor de h_{ab} y C_{ab}^* , junto con L^* son las variables de color más fácilmente interpretables por los humanos. Por el contrario, b^* no está relacionada con el color de la carne de una manera intuitiva (MacDougall, 1982; Mancini *et al.*, 2005; Ripoll *et al.*, 2012b), y su uso por los evaluadores o consumidores es complejo (O'Sullivan *et al.*, 2003). Las chuletas de la encuesta en la que solo se comparaban sistemas de lactancia, tuvieron medias de L^* para cada uno de los sistemas superiores a 40,77. Así, de acuerdo con las reglas de clasificación del algoritmo de aprendizaje automático, ambos sistemas de lactación tendían similar valoración visual.

Respecto de los iluminantes usados, el iluminante A prima las longitudes de onda del rojo y se ha recomendado para relacionar la valoración visual con el color instrumental (AMSA, 2012). Sin embargo, el iluminante D65 fue más útil para encontrar relaciones entre la valoración visual y el color instrumental en carne muy luminosa y pálida como es la de cabrito. Los resultados del iluminante C fueron similares a los del D65 porque estos iluminantes tienen su mayor diferencia en la región ultravioleta, que no es visible por los humanos.

CONCLUSIONES

1. El efecto del sistema de lactancia sobre la textura, el color, el perfil de ácidos grasos y los compuestos volátiles de la carne de cabrito lechal ligero estuvo condicionado por la raza.
2. Independientemente de la raza y del sistema de lactancia, la carne de cabrito lechal ligero presentó valores muy bajos de fuerza de cizalla Warner-Bratzler y de dureza, en comparación con carne de otras especies. Por lo tanto, la dureza de la carne de cabrito lechal ligero no debería ser un factor condicionante al elegir raza o sistema de lactancia, tanto por parte del ganadero como del consumidor.
3. La carne de cabrito lechal ligero tiene normalmente un pH más alto que otras especies. El pH influyó significativamente en la carne de cabrito, de manera que la carne con pH mayor de 5,6 tuvo una textura y color diferente de la carne con pH menor de 5,6.
4. La aparición de pH mayores de 6 fue más frecuente en cabritos alimentados con lactoreemplazantes, independientemente de la raza.
5. La carne cocinada de cabrito lechal ligero con pH mayor de 5,6 fue menos dura, pero presentó mayor cohesividad y adhesividad.
6. El calostro tuvo más proteína y grasa y menos lactosa que la leche. Sin embargo, la leche tuvo una composición química constante durante el tiempo estudiado.
7. En comparación con la leche de otras especies, la leche de cabra presentó un porcentaje más alto de ácidos grasos saludables, tales como el C18:1 n-7, especialmente las razas Cabra del Guadarrama y Retinta, y el C18:2 n-6, aunque la cantidad de este último fue algo menor en la Cabra de Guadarrama. Por otra parte, la cantidad de lactosa fue menor que en la leche de vaca, lo que es de interés para personas con problemas de tolerancia a la lactosa. La raza Retinta tuvo una relación n-6/n-3 menor que 4, que es el valor considerado saludable.
8. La carne de cabrito fue rica en 18:1n-7. La carne de las razas lecheras tuvo mayor porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados *trans* y de la mayoría de los isómeros del ácido C18:1 pero menor porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados y CLA que la carne de razas cárnicas.

9. La carne de cabritos alimentados con lactancia natural tuvo mayor porcentaje de CLA y de ácidos grasos de cadena ramificada, especialmente en las razas Palmera y Retinta, y menor cantidad de ácidos grasos omega 6, excepto en la raza Retinta, que la carne de cabritos alimentados con lactoreemplazantes.
10. La presencia de ácidos grasos de cadena ramificada en la carne de cabritos lechales, que aún no tienen un rumen funcional, prueba que estos provienen de la leche materna. En consecuencia, podrían aparecer en cabritos muy jóvenes los olores típicos a cabra que proporcionan estos ácidos y que son más propios de animales adultos.
11. En general, el sistema de lactancia no afectó al porcentaje de aldehídos lineales, que son los mayores responsables en el aroma de la carne. Sin embargo, el hexanal, que fue el aldehído que aparece en mayor proporción, estuvo relacionado con el uso de leche natural. Además, el hexanal estuvo correlacionado positivamente con la aceptabilidad del flavor y la aceptabilidad general de la carne por parte de los consumidores.
12. Otros compuestos minoritarios, como el 2-metil pentano, 3-metil pentano, 2-pentil furano y 2-etil-1-hexanol estuvieron correlacionados negativamente con la aceptabilidad general de la carne por parte de los consumidores.
13. La aceptabilidad sensorial de la carne de cabrito lechal ligero alimentado con leche natural fue mayor para los consumidores de mayor edad y para los consumidores con un consumo de carne moderado. El resto de los consumidores no fue capaz de encontrar diferencias sensoriales en función del sistema de lactancia.
14. Los consumidores utilizaron el color como principal atributo para valorar visualmente la apariencia de la carne, por delante del brillo, color de la grasa, forma y tamaño de la chuleta. Además, el uso de este atributo es consistente en todos los segmentos sociodemográficos de los consumidores.
15. Para valorar la apariencia de las chuletas, los consumidores usan el color de toda la superficie en primera instancia, y posteriormente el color del músculo *semitendinosus*. La luminosidad y el tono de la carne fueron los principales atributos

de color para evaluar la apariencia de la carne, con mayor importancia que el índice de rojo.

16. La apariencia de las chuletas de pierna de cabrito lechal ligero alimentado con lactoreemplazantes fue mejor valorada que la de cabrito alimentado con leche natural, tanto cuando se valoraba la chuleta *in situ* como cuando se valoró mediante encuesta *online* con fotografías. Además, esta mejor apariencia de las chuletas de cabrito lechal ligero alimentado con lactoreemplazantes se mantuvo a lo largo del tiempo de exposición en vitrina, permitiendo alargar el tiempo de vida útil.
17. Esta mayor preferencia del consumidor por la carne de cabrito alimentado con reemplazantes fue debida a que tenía mayor luminosidad y tono, y menor saturación. No obstante, cuando la carne tenía una luminosidad mayor de 40,77 y la diferencia de color entre las chuletas era pequeña, la preferencia por un sistema de lactancia y otro dependía de la raza.
18. El iluminante D65 fue más adecuado que los iluminantes A y C para relacionar la valoración visual de la carne con el color instrumental.
19. El uso de algoritmos de aprendizaje automático evidenció que las reglas subyacentes usadas por los consumidores para evaluar la apariencia de la carne no son lineales y pueden ser esquematizadas en un algoritmo simple.
20. La mínima diferencia apreciable en la detección del color del consumidor fue similar cuando el consumidor tuvo que evaluar la carne o fotos de la carne. Así, las encuestas web con fotografías pueden conseguir una información similar a la de las encuestas con producto real.

BIBLIOGRAFÍA

- Aaslyng, M. D., Broge, E. H. L., Brockhoff, P. B., Christensen, R. H. B. (2016). **The effect of skatole and androstenone on consumer response towards fresh pork from m. *longissimus thoracis et lumborum* and m. *semimembranosus*.** *Meat Science*, 116, 174-185. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.01.013.
- Aaslyng, M. D., Meinert, L. (2017). **Meat flavour in pork and beef - from animal to meal.** *Meat Science*, 132, 112-117. doi: 10.1016/j.meatsci.2017.04.012.
- Abril, M., Campo, M. M., Onenc, A., Sañudo, C., Albertí, P., Negueruela, A. I. (2001). **Beef color evolution as a function of ultimate ph.** *Meat Science*, 58, 69-78. doi: 10.1016/S0309-1740(00)00133-9.
- Acosta, J., Martínez, A., Pestano, J., Cabello, A., Brown, R., Sarah-Rey, S., Delgado, J. V. (2005). **Caracterización genética de la cabra majorera de fuerteventura con microsatélites.** *Archivos de Zootecnia*, 54(206), 261-266.
- Adeyemi, K. D., Shittu, R. M., Sabow, A. B., Karim, R., Sazili, A. Q. (2017). **Myofibrillar protein, lipid and myoglobin oxidation, antioxidant profile, physicochemical and sensory properties of caprine *longissimus thoracis* during postmortem conditioning.** *Journal of food processing and preservation*, 41(4), e13076. doi: 10.1111/jfpp.13076.
- Alasnier, C., David-Briand, E., Gandemer, G. (2000). **Lipolysis in muscles during refrigerated storage as related to the metabolic type of the fibres in the rabbit.** *Meat Science*, 54(2), 127-134. doi: 10.1016/S0309-1740(99)00075-3.
- Albenzio, M., Santillo, A., Avondo, M., Nudda, A., Chessa, S., Pirisi, A., Banni, S. (2016). **Nutritional properties of small ruminant food products and their role on human health.** *Small Ruminant Research*, 135, 3-12. doi: 10.1016/j.smallrumres.2015.12.016.
- Albertí, P., Panea, B., Ripoll, G., Sañudo, C., Olleta, J. L., Negueruela, I., Campo, M. M., Serra, X. (2005a). **Medición del color.** En: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (Ed.), *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes* (Vol. 3, pp. 216-225). Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria,.

- Albertí, P., Ripoll, G., Casasús, I., Blanco, M., Chapullé, J. L. G., Santamaría, S. (2005b). **Effect of the addition of antioxidants to finishing diets of young bulls on meat quality.** *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 101, 91-100.
- Albertí, P., Sañudo, C., Bahamonde, A., Olleta, J. L., Panea, B., Goyache, F., Alonso, J., Díez, J., Fernandez, I. (2002, 25-30 August 2002). **Spectrophotometric characterisation of colour classification system of beef meat.** Presentado en 48th International Congress of Meat Science and Technology, 454-455. Rome, Italy.
- Alcalde, M. J., Negueruela, A. I. (2001). **The influence of final conditions on meat colour in light lamb carcasses.** *Meat Science*, 57(2), 117-123. doi: 10.1016/S0309-1740(00)00041-3.
- Alcalde, M. J., Ripoll, G., Campo, M. M., Horcada, A., Panea, B. (2013a, 18-20 de Septiembre de 2013). **Valoración sensorial de la carne de cabritos de razas lecheras por comensales y cocineros.** Presentado en XXXVIII Congreso nacional y XIV Internacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, 273-276. Málaga, España.
- Alcalde, M. J., Ripoll, G., Panea, B. (2010). **La producción de carne caprina en Andalucía.** *La producción de carne en Andalucía.* (pp. 317-340). Sevilla, España: Junta de Andalucía.
- Alcalde, M. J., Ripoll, G., Panea, B. (2013b). **Consumer attitudes towards meat consumption in Spain with special reference to quality marks and kid meat.** *Consumer attitudes to food quality products* (97-107). Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- Alcalde, M. J., Suárez, M. D., Rodero, E., Álvarez, R., Sáez, M. I., Martínez, T. F. (2017). **Effects of farm management practices and transport duration on stress response and meat quality traits of suckling goat kids.** *Animal*, 11(9), 1626-1635. doi: 10.1017/S1751731116002858.
- Almeida, O. C., Ferraz, M. V. C., Susin, I., Gentil, R. S., Polizel, D. M., Ferreira, E. M., Barroso, J. P. R., Pires, A. V. (2019). **Plasma and milk fatty acid profiles in goats fed diets supplemented with oils from soybean, linseed or fish.** *Small Ruminant Research*, 170, 125-130. doi: 10.1016/j.smallrumres.2018.11.002.
- Almodóvar, P. (2017). **Aspectos productivos de la Cabra de Guadarrama.** Grupo Asís Biomedica, S.L. Accedido el 06/02/2017, 2017, en: albeitar.portalveterinaria.com

/noticia/7223/articulos-rumiantes-archivo/aspectos-productivos-de-la-cabra-de-guadarrama.html

- Alonso, L., Fontecha, F. J., Fraga, M. J., Juárez, M., Lozada, L. (1999). **Fatty acid composition of caprine milk: Major, branched-chain, and trans fatty acids.** *Journal of Dairy Science*, 82, 878-884. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75306-3.
- AMSA. (2012). **Guidelines for meat color evaluation** (pp. 124). Champaign, Illinois, USA: American Meat Science Association.
- Andrade, M. A., Cordoba, J. J., Casado, E. M., Cordoba, M. G., Rodriguez, M. (2010). **Effect of selected strains of *debaryomyces hansenii* on the volatile compound production of dry fermented sausage "salchichon".** *Meat Science*, 85(2), 256-264. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.01.009.
- Andueza, D., Rouel, J., Chilliard, Y., Leroux, C., Ferlay, A. (2013). **Prediction of the goat milk fatty acids by near infrared reflectance spectroscopy.** *European Journal of Lipid Science and Technology*, 115(6), 612-620. doi: 10.1002/ejlt.201200315.
- AOAC. (2000). **Official methods of analysis. Association of official analytical chemist.** (17th ed.). Arlington, VA, EEUU.: W. Horwitz, G.Latimer.
- Aparnathi, K., Mehta, B., Velpula, S. (2017). **Goat milk in human nutrition and health – a review.** *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6, 1781-1792. doi: 10.20546/ijcmas.2017.605.194.
- Argüello, A., Bañón, S., Castro, N., Vila, R., Capote, J., Garrido, M. D. (2004). **Influencia de la suplementación con ácido linoleico conjugado y de la elevación del peso al sacrificio sobre la calidad sensorial de la carne de cabritos criados mediante un lactorreemplazante** Presentado en XXIX Jornadas científicas y VIII internacionales de la SEOC, Lérida, España.
- Argüello, A., Castro, N., Álvarez, S., Capote, J. (2006). **Effects of the number of lactations and litter size on chemical composition and physical characteristics of goat colostrum.** *Small Ruminant Research*, 64(1-2), 53-59. doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.03.016.
- Argüello, A., Castro, N., Capote, J., Solomon, M. (2005). **Effects of diet and live weight at slaughter on kid meat quality.** *Meat Science*, 70(1), 173-179. doi: 10.1016/j.meatsci.2004.12.009.

- Argüello, A., Castro, N., Capote, J., Solomon, M. B. (2007). **The influence of artificial rearing and live weight at slaughter on kid carcass characteristics.** *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6(1), 20-25.
- Azor, P. J., Monteagudo, L. V., Luque, M., Tejedor, M. T., Rodero, E., Sierra, I., Herrera, M., Rodero, A., Arruga, M. V. (2005). **Phylogenetic relationships among spanish goats breeds.** *Animal Genetics*, 36(5), 423-425. doi: 10.1111/j.1365-2052.2005.01327.x.
- B.O.E. (1967). Decreto 2484/1967, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el texto del código alimentario español, 248, 14180-14187
- B.O.E. (1997). Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, 8669, 12918-12926.
- B.O.E. (2001). Ley 17/2001, de 7 de diciembre, de marcas, 23093, 45579-45603.
- B.O.E. (2011). Resolución de 19 de diciembre de 2011, de la Dirección General de recursos agrícolas y ganaderos, por la que se aprueba la guía del etiquetado facultativo de carne de cordero y cabrito, 20577, 146362-146367.
- B.O.E. (2013). Real Decreto 505/2013, de 28 de junio, por el que se regula el uso del logotipo “raza autóctona” en los productos de origen animal, 8048, 54321-54328.
- Babiker, S., El Khider, I., Shafie, S. (1990). **Chemical composition and quality attributes of goat meat and lamb.** *Meat Science*, 28(4), 273-277. doi: 10.1016/0309-1740(90)90041-4.
- Baena, M. (1993). Tesis doctoral. **Caracterización de la Agrupación Caprina Canaria basándose en determinados polimorfismos bioquímicos.** Universidad de Córdoba, Córdoba, España.
- Baltar, F., Brunet, I. (2012). **Social research 2.0: Virtual snowball sampling method using facebook.** *Internet Research*, 22(1), 57-74. doi: 10.1108/10662241211199960.
- Banović, M., Chrysochou, P., Grunert, K. G., Rosa, P. J., Gamito, P. (2016). **The effect of fat content on visual attention and choice of red meat and differences across gender.** *Food Quality and Preference*, 52, 42-51. doi: 10.1016/j.foodqual.2016.03.017.

- Banović, M., Fontes, M. A., Barreira, M. M., Grunert, K. G. (2012). **Impact of product familiarity on beef quality perception.** *Agribusiness*, 28(2), 157-172. doi: 10.1002/agr.21290.
- Banovic, M., Grunert, K. G., Barreira, M. M., Fontes, M. A. (2009). **Beef quality perception at the point of purchase: A study from Portugal.** *Food Quality and Preference*, 20(4), 335-342. doi: 10.1016/j.foodqual.2009.02.009.
- Banskalieva, V., Sahlu, T., Goetsch, A. L. (2000). **Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: A review.** *Small Ruminant Research*, 37(3), 255-268. doi: 10.1016/S0921-4488(00)00128-0.
- Bañón, S., Vila, R., Price, A., Ferrandini, E., Garrido, M. D. (2006). **Effects of goat milk or milk replacer diet on meat quality and fat composition of suckling goat kids.** *Meat Science*, 72(2), 216-221. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.07.004.
- Barbut, S. (2001). **Effect of illumination source on the appearance of fresh meat cuts.** *Meat Science*, 59(2), 187-191. doi: 10.1016/S0309-1740(01)00069-9.
- Bas, P., Morand-Fehr, P. (2000). **Effect of nutritional factors on fatty acid composition of lamb fat deposits.** *Livestock Production Science*, 64(1), 61-79. doi: 10.1016/S0301-6226(00)00176-7.
- Bello, L., Calvo, D. (2000). **The importance of intrinsic and extrinsic cues to expected and experienced quality: An empirical application for beef.** *Food Quality and Preference*, 11(3), 229-238. doi: 10.1016/S0950-3293(99)00059-2.
- Benito, M. J., Núñez, F., Córdoba, M. G., Martín, A., Córdoba, J. J. (2005). **Generation of non-protein nitrogen and volatile compounds by penicillium chrysogenum pg222 activity on pork myofibrillar proteins.** *Food Microbiology*, 22(6), 513-519. doi: 10.1016/j.fm.2004.11.010.
- Berge, P., Sanudo, C., Sanchez, A., Alfonso, M., Stamataris, C., Thorkelsson, G., Piasentier, E., Fisher, A. (2003). **Comparison of muscle composition and meat quality traits in diverse commercial lamb types.** *Journal of Muscle Foods*, 14(4), 281-300. doi: 10.1111/j.1745-4573.2003.tb00707.x.
- Bernués, A., Ripoll, G., Panea, B. (2012). **Consumer segmentation based on convenience orientation and attitudes towards quality attributes of lamb meat.** *Food Quality and Preference*, 26(2), 211-220. doi: 10.1016/j.foodqual.2012.04.008.

- Binkoski, A. E., Kris-Etherton, P. M., Wilson, T. A., Mountain, M. L., Nicolosi, R. J. (2005). **Balance of unsaturated fatty acids is important to a cholesterol-lowering diet: Comparison of mid-oleic sunflower oil and olive oil on cardiovascular disease risk factors.** *Journal of the American Dietetic Association*, 105(7), 1080-1086. doi: 10.1016/j.jada.2005.04.009.
- Bligh, E. G., Dyer, W. J. (1959). **A rapid method of total lipid extraction and purification.** *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8), 911-917. doi: 10.1139/y59-099.
- Bobé, G., Zimmerman, S., Hammond, E. G., Freeman, A. E., Porter, P. A., Luhman, C. M., Beitz, D. C. (2007). **Butter composition and texture from cows with different milk fatty acid compositions fed fish oil or roasted soybeans.** *Journal of Dairy Science*, 90(6), 2596-2603. doi: 10.3168/jds.2006-875.
- Bonvillani, A., Peña, F., de Gea, G., Gómez, G., Petryna, A., Perea, J. (2010). **Carcass characteristics of criollo cordobés kid goats under an extensive management system: Effects of gender and liveweight at slaughter.** *Meat Science*, 86(3), 651-659. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.05.018.
- Borgogno, M., Corazzin, M., Saccà, E., Bovolenta, S., Piasentier, E. (2015a). **Influence of familiarity with goat meat on liking and preference for capretto and chevon.** *Meat Science*, 106, 69-77. doi: 10.1016/j.meatsci.2015.04.001.
- Borgogno, M., Favotto, S., Corazzin, M., Cardello, A. V., Piasentier, E. (2015b). **The role of product familiarity and consumer involvement on liking and perceptions of fresh meat.** *Food Quality and Preference*, 44, 139-147. doi: 10.1016/j.foodqual.2015.04.010.
- Bourne, M. (1982). **Food texture and viscosity: Concept and measurement.** . Cambridge, Estados Unidos: Academic Press.
- Bouvard, V., Loomis, D., Guyton, K. Z., Grosse, Y., El Ghissassi, F., Benbrahim-Tallaa, L., Guha, N., Mattock, H., Straif, K. (2015). **Carcinogenicity of consumption of red and processed meat.** *The Lancet Oncology*, 16(16), 1599-1600. doi: 10.1016/S1470-2045(15)00444-1.
- Bratzler, L. (1949). **Determining the tenderness of meat by use of the warner-bratzler method.** Presentado en Proceedings of the 2nd Annual Reciprocal Meat Conference, 117-121. Chicago, EEUU.

- Bratzler, L. J. (1932). Tesis doctoral. **Measuring the tenderness of meat by means of a mechanical shear.** (Master of Science), Kansas State College of Agriculture and applied Science, Kansas, EEUU.
- Brennan, J. (1980). **Measurement of food texture.** *Advances in food analysis.* Eds. ND King y RL Kenchington. Applied Science Publishers. Londres, Reino Unido.
- Brennand, C. P., Ha, J. K., Lindsay, R. C. (1989). **Aroma properties and thresholds of some branched-chain and other minor volatile fatty acids occurring in milk fat and meat lipids.** *Journal of Sensory Studies*, 4(2), 105-120. doi: 10.1111/j.1745-459X.1989.tb00461.x.
- Brewer, M. S., Jensen, J., Prestat, C., Zhu, L. G., McKeith, F. K. (2002). **Visual acceptability and consumer purchase intent of enhanced pork loin roasts.** *Journal of Muscle Foods*, 13(1), 53-68. doi: 10.1111/j.1745-4573.2002.tb00320.x.
- Brewer, M. S., Vega, J. D. (1995). **Detectable odor thresholds of selected lipid oxidation compounds in a meat model system.** *Journal of Food Science*, 60(3), 592-595. doi: 10.1111/j.1365-2621.1995.tb09834.x.
- Brono, C. (2008). **La raza caprina Palmera.** *Feagas*, 34, 175-180.
- C.E. (1986). Directiva del consejo de 24 de noviembre de 1986 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los estados miembros respecto a la protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L358/1-L358/28.
- C.E. (2005). Reglamento (CE) Nº 1/2005 del consejo de 22 de diciembre de 2004 relativo a la protección de los animales durante el transporte y las operaciones conexas y por el que se modifican las directivas 64/432/CEE y 93/119/CE y el reglamento (CE) Nº 1255/97, Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L3/1-L3/43.
- Caine, W. R., Aalhus, J. L., Best, D. R., Dugan, M. E. R., Jeremiah, L. E. (2003). **Relationship of texture profile analysis and Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks.** *Meat Science*, 64(4), 333-339. doi: 10.1016/s0309-1740(02)00110-9.
- Calder, P. C. (2011). **Fatty acids and inflammation: The cutting edge between food and pharma.** *European journal of pharmacology*, 668, S50-S58. doi: 10.1016/j.ejphar.2011.05.085.

- Calkins, C. R., Hodgen, J. M. (2007). **A fresh look at meat flavor**. *Meat Science*, 77(1), 63-80. doi: 10.1016/j.meatsci.2007.04.016.
- Calvo, J. H., Iguácel, L. P., Kirinus, J. K., Serrano, M., Ripoll, G., Casasús, I., Joy, M., Pérez-Velasco, L., Sarto, P., Albertí, P., Blanco, M. (2014). **A new single nucleotide polymorphism in the calpastatin (cast) gene associated with beef tenderness**. *Meat Science*, 96(1), 775-782. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.10.003.
- Callow, E. (1937). **The ultimate pH of muscular tissue**. *Annual reports of food investigation board*, 2, 49-51.
- Canavari, M., Nocella, G., Scarpa, R. (2005). **Stated willingness-to-pay for organic fruit and pesticide ban: An evaluation using both web-based and face-to-face interviewing**. *Journal of Food Products Marketing*, 11(3), 107-134. doi: 10.1300/J038v11n03_07.
- Capote, J., Argüello, A., Lopez, J., Montedeoca, M., Amill, M., Tejera. (2002). **Introducción de caprinos en las Islas Canarias y América: Una visión desde punto de vista etnológico e histórico**. Presentado en XXVII Jornadas científicas y VI jornadas internacionales de la sociedad española de ovinotecnia y caprinotecnia, 811-818. Valencia, España.
- Capote, J., Castro, N., Caja, G., Fernández, G., Briggs, H., Argüello, A. (2008). **Effects of the frequency of milking and lactation stage on milk fractions and milk composition in Tinerfeña dairy goats**. *Small Ruminant Research*, 75(2-3), 252-255. doi: 10.1016/j.smallrumres.2007.11.004.
- Capote, J., Delgado, J., Fresno, M., Camacho, M., Molina, A. (1998). **Morphological variability in the Canary goat population**. *Small Ruminant Research*, 27(2), 167-172. doi: 10.1016/S0921-4488(97)00047-3.
- Caputi-Jambrenghi, A., Colonna, M., Giannico, F., Coluccia, A. (2009). **Meat quality in suckling kids reared by different production systems**. *Progress in Nutrition*, 11(1), 36-46.
- Caputi-Jambrenghi, A., Colonna, M. A., Giannico, F., Cappiello, G., Vonghia, G. (2007). **Effect of goat production systems on meat quality and conjugated linoleic acid (CLA) content in suckling kids**. *Italian Journal of Animal Science*, 6(sup1), 612-614. doi: 10.4081/ijas.2007.1s.612.

- Caravaca, F. P., Guzmán, J. L., Delgado-Pertiñez, M., Baena, J. A., López, R., Romero, L., Alcalde, M. J., Gonzalez-Redondo, P. (2004). **Influencia del tipo de lactancia sobre la composición química de la leche de cabra de las razas Payoya y Florida sevillana**. Presentado en XXIX Jornadas científicas y VIII internacionales de la SEOC, Lérida, España.
- Careri, M., Mangia, A., Barbieri, G., Bouoni, L., Virgili, R., Parolari, G. (1993). **Sensory property relationships to chemical data of italian-type dry-cured ham**. *Journal of Food Science*, 58(5), 968-972. doi: 10.1111/j.1365-2621.1993.tb06090.x.
- Carrasco, S., Panea, B., Ripoll, G., Sanz, A., Joy, M. (2009). **Influence of feeding systems on cortisol levels, fat colour and instrumental meat quality in light lambs**. *Meat Science*, 83(1), 50-56. doi: DOI 10.1016/j.meatsci.2009.03.014.
- Casey, N. H., Webb, E. C. (2010). **Managing goat production for meat quality**. *Small Ruminant Research*, 89(2-3), 218-224. doi: 10.1016/j.smallrumres.2009.12.047.
- Castel, J. M., Mena, Y., Delgado-Pertiñez, M., Camúñez, J., Basulto, J., Caravaca, F., Guzmán-Guerrero, J. L., Alcalde, M. J. (2003). **Characterization of semi-extensive goat production systems in southern Spain**. *Small Ruminant Research*, 47(2), 133-143. doi: 10.1016/S0921-4488(02)00250-X.
- Castel, J. M., Mena, Y., Ruiz, F. A., Gutiérrez, R. (2012). **Situación y evolución de los sistemas de producción caprina en España**. *Tierras Caprino*, 1, 24-37.
- Castro, N., Sanchez-Macias, D., Moreno-Indias, I., Morales-DelaNuez, A., Arguello, A., Capote, J. (2008). **Effects of milk replacer supplementation with conjugated linoleic acid and live weight at slaughter on growth and carcass and meat quality of kids**. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(2), 196-202.
- CIE. (1986). **Colorimetry** (2 ed. Vol. nº 15.2). Vienna: Centre International de L'eclairage.
- Colomer-Rocher, F., Kirton, A., Mercer, G., Duganzich, D. (1992). **Carcass composition of new zealand Saanen goats slaughtered at different weights**. *Small Ruminant Research*, 7(2), 161-173. doi: 10.1016/0921-4488(92)90205-I.
- Chamorro, A., Miranda, F. J., Rubio, S., Valero, V. (2012). **Innovations and trends in meat consumption: An application of the Delphi method in Spain**. *Meat Science*, 92(4), 816-822. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.07.007.
- Chemineau, P. (1993). **Medio ambiente y reproducción animal**. *World Animal Review*, 77(1), 2-14.

- Chen, J., Ho, C. T. (1998). **The flavour of pork**. En F. Shahidi (Ed.), *Flavor of meat, meat products and seafoods*. Blackie academic and professional, London (pp. 61-83). Suffolk, Reino Unido: Blackie Academic and Professional.
- Chilliard, Y., Rouel, J., Leroux, C. (2006). **Goat's alpha-s1 casein genotype influences its milk fatty acid composition and delta-9 desaturation ratios**. *Animal Feed Science and Technology*, 131(3-4), 474-487. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.05.025.
- Chilliard, Y., Sauvant, D., Bas, P., Pascal, G., Morand-Fehr, P. (1981). **Importance relative et activités métaboliques des différents tissus adipeux de la chèvre laitière**. En P. Morand-Fehr, A. Bourbouze y M. Simiane (Eds.), *Nutrition and systems of goat feeding* (pp. 90-100). Paris, Francia: ITOVIC-INRA.
- Cho, S., Park, B., Ngapo, T., Kim, J., Dransfield, E., Hwang, I., Lee, J. (2007). **Effect of meat appearance on South Korean consumers choice of pork chops determined by image methodology**. *Journal of Sensory Studies*, 22, 99-114. doi: 10.1111/j.1745-459X.2007.00098.x.
- Choi, M. J., Abduzokhurov, T., Park, D. H., Kim, E. J., Hong, G. P. (2018). **Effects of deep freezing temperature for long-term storage on quality characteristics and freshness of lamb meat**. *Korean J Food Sci Anim Resour*, 38(5), 959-969. doi: 10.5851/kosfa.2018.e28.
- De Leeuw, E., Dillman, D. A., Hox, J. J. (2008). **Mixed mode surveys: When and why**. En E. D. De Leeuw, J. J. Hox y D. A. Dillman (Eds.), *International handbook of survey methodology* (pp. 299-316). Nueva York, EEUU: Lawrence Erlbaum Associates and Asociación Europea de Metodología.
- De Palo, P., Maggiolino, A., Centoducati, N., Tateo, A. (2015). **Effects of different milk replacers on carcass traits, meat quality, meat color and fatty acids profile of dairy goat kids**. *Small Ruminant Research*, 131, 6-11. doi: 10.1016/j.smallrumres.2015.09.001.
- Delgado-Pertíñez, M., Guzmán-Guerrero, J. L., Caravaca, F. P., Castel, J. M., Ruiz, F. A., González-Redondo, P., Alcalde, M. J. (2009a). **Effect of artificial vs. Natural rearing on milk yield, kid growth and cost in Payoya autochthonous dairy goats**. *Small Ruminant Research*, 84(1-3), 108-115. doi: 10.1016/j.smallrumres.2009.06.014.

- Delgado-Pertíñez, M., Guzmán-Guerrero, J. L., Mena, Y., Castel, J. M., González-Redondo, P., Caravaca, F. P. (2009b). **Influence of kid rearing systems on milk yield, kid growth and cost of Florida dairy goats.** *Small Ruminant Research*, 81(2-3), 105-111. doi: 10.1016/j.smallrumres.2008.12.007.
- Denoyelle, C., Berny, F. (1999). **Objective measurement of veal color for classification purposes.** *Meat Science*, 53(3), 203-209. doi: 10.1016/S0309-1740(99)00056-X.
- Devkota, N., Paudel, K. P., Fannin, J. M., Hall, L. M., Caffey, R. H. (2007). **Calibrating online survey sample for economic impact analysis.** Presentado en 2007 Annual Meeting, February 4-7, 2007, Mobile, Alabama.
- Dhanda, J., Taylor, D., Murray, P., Pegg, R., Shand, P. (2003a). **Goat meat production: Present status and future possibilities.** *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 16(12), 1842-1852. doi: 10.5713/ajas.2003.1842
- Dhanda, J. S., Taylor, D. G., Murray, P. J. (2003b). **Part 1. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: Effects of genotype and liveweight at slaughter.** *Small Ruminant Research*, 50(1-2), 57-66. doi: 10.1016/s0921-4488(03)00112-3.
- Díaz de Rada, V. (2012). **Ventajas e inconvenientes de la encuesta por internet.** *Papers: revista de sociologia*, 97(1), 193-223.
- DOOR. (2016). **Database of origin & registration of european commision.** Accedido el 23/12/2016. En: ec.europa.eu/agriculture/quality/door/list.html?&recordStart=0&filter.dossierNumber=&filter.comboName=&filterMin.milestone__mask=&filterMin.milestone=&filterMax.milestone__mask=&filterMax.milestone=&filter.country=PT&filter.category=PDOPGI_CLASS_11&filter.type=&filter.status=
- Dransfield, E., Martin, J. F., Fisher, A., Nute, G. R., Zygyiannis, D., Stamataris, C., Thorkelsson, G., Valdimarsdóttir, T., Piasentier, E., Mills, C., Sañudo, C., Alfonso, M. (2000). **Home placement testing of lamb conducted in six countries.** *Journal of Sensory Studies*, 15(4), 421-436. doi: 10.1111/j.1745-459X.2000.tb00280.x.
- Dransfield, E., Ngapo, T. M., Nielsen, N. A., Bredahl, L., Sjöden, P. O., Magnusson, M., Campo, M. M., Nute, G. R. (2005). **Consumer choice and suggested price for pork as influenced by its appearance, taste and information concerning country of origin and organic pig production.** *Meat Science*, 69(1), 61-70. doi: 10.1016/j.meatsci.2004.06.006.

- Drumm, T. D., Spanier, A. M. (1991). **Changes in the content of lipid autoxidation and sulfur-containing compounds in cooked beef during storage.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(2), 336-343. doi: 10.1021/jf00002a023.
- Dubeuf, J.-P., Morand-Fehr, P., Rubino, R. (2004). **Situation, changes and future of goat industry around the world.** *Small Ruminant Research*, 51(2), 165-173. doi: 10.1016/j.smallrumres.2003.08.007.
- Duncan, W. R. H., Garton, G. A. (2007). **Differences in the proportions of branched-chain fatty acids in subcutaneous triacylglycerols of barley-fed ruminants.** *British Journal of Nutrition*, 40(1), 29-33. doi: 10.1079/BJN19780092.
- Council regulation (EC) Nº 1099/2009 of 24 september 2009 on the protection of animals at the time of killing (2009).
- Ebner, M. (2007). **Color constancy** (Vol. 6): John Wiley & Sons.
- Eikelenboom, G., Hoving-Bolink, A. H., Hulsegge, B. (1992). **Evaluation of invasive instruments for assessment of veal colour at time of classification.** *Meat Science*, 31(3), 343-349.
- Ekiz, B., Ozcan, M., Yilmaz, A., Tölü, C., Savas, T. (2010). **Carcass measurements and meat quality characteristics of dairy suckling kids compared to an indigenous genotype.** *Meat Science*, 85(2), 245-249. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.01.006.
- Emami, A., Nasri, M. H., Ganjkanlou, M., Zali, A., Rashidi, L. (2015). **Effects of dietary pomegranate seed pulp on oxidative stability of kid meat.** *Meat Science*, 104, 14-19. doi: 10.1016/j.meatsci.2015.01.016.
- Esteban, C., Tejón, D. (1980). **Catálogo de razas autóctonas españolas. I. Especies ovina y caprina** (Vol. 1). Madrid, España: Ministerio de Agricultura. Dirección General de la Producción Agraria.
- Eurostat. (2019). **Eurostat. Agricultural statistics.** Accedido el 10/10/2019, desde Statistical Office of the European Communities, appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/setupDownloads.do
- Evans, J. R., Mathur, A. (2005). **The value of online surveys.** *Internet Research*, 15(2), 195-219. doi: 10.1108/10662240510590360.
- Evans, J. R., Mathur, A. (2018). **The value of online surveys: A look back and a look ahead.** *Internet Research*, 28(4), 854-887. doi: 10.1108/IntR-03-2018-0089.

- FAO. (2017). **Faostat livestock primary**. Accedido el 15/07/2019. www.fao.org/faostat/en/#data/QL
- FAO. (2019). **Faostat food and agriculture data**. Accedido el 10/01/2019. www.fao.org/faostat/en/#home
- Faustman, C., Cassens, R. (1990). **The biochemical basis for discoloration in fresh meat: A review**. *Journal of Muscle Foods*, 1(3), 217-243. doi: 10.1111/j.1745-4573.1990.tb00366.x.
- Fernandes, R. T. V., Arruda, A. M. V. d., Costa, M. K. d. O., Lima, P. d. O., Santos, L. O. G. d., Melo, A. d. S., Marinho, J. B. M. (2016). **Physicochemical and microbiological parameters of frozen and chilled chicken meat**. *Revista Brasileira de zootecnia*, 45, 417-421.
- Fleming, C. M., Bowden, M. (2009). **Web-based surveys as an alternative to traditional mail methods**. *Journal of Environmental Management*, 90(1), 284-292. doi: 10.1016/j.jenvman.2007.09.011.
- Folch, J., Lees, M., Stanley, G. (1957). **A simple method for the isolation and purification of lipids from animal tissues**. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497-509.
- Font-i-Furnols, M., Guerrero, L. (2014). **Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview**. *Meat Science*, 98(3), 361-371. doi: 10.1016/j.meatsci.2014.06.025.
- Font-i-Furnols, M., San Julián, R., Guerrero, L., Sañudo, C., Campo, M. M., Olleta, J. L., Oliver, M. A., Cañeque, V., Álvarez, I., Díaz, M. T., Branscheid, W., Wicke, M., Nute, G. R., Montossi, F. (2006). **Acceptability of lamb meat from different producing systems and ageing time to german, spanish and british consumers**. *Meat Science*, 72(3), 545-554. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.09.002.
- Forrest, J., Aberle, D., Hedrick, B., Judge, D., Merkel, A. (1979). **Fundamentos de ciencia de la carne**. Editorial acribia. Zaragoza, España, 21.
- Fors, S. M., Olofsson, B. K. (1985). **Alkylpyrazines, volatiles formed in the Maillard reaction. I. Determination of odour detection thresholds and odour intensity functions by dynamic olfactometry**. *Chemical senses*, 10(3), 287-296. doi: 10.1093/chemse/10.3.287.
- Frank, D., Raeside, M., Behrendt, R., Krishnamurthy, R., Piyasiri, U., Rose, G., Watkins, P., Warner, R. (2017). **An integrated sensory, consumer and olfactometry study**

- evaluating the effects of rearing system and diet on flavour characteristics of australian lamb.** *Animal Production Science*, 57(2), 347-362. doi: 10.1071/AN15006.
- Fricker, R. D. J. (2008). **Sampling methods for web and e-mail surveys.** En N. Fielding, R. M. Lee y G. Blank (Eds.), *The sage handbook of online research methods* (pp. 195-216). Londres, Reino Unido: SAGE.
- Gagaoua, M., Picard, B., Monteils, V. (2018). **Associations among animal, carcass, muscle characteristics, and fresh meat color traits in charolais cattle.** *Meat Science*, 140, 145-156. doi: 10.1016/j.meatsci.2018.03.004.
- Gibb, M. J., Cook, J. E., Treacher, T. T. (1993). **Performance of british Saanen, Boer x british Saanen and Anglo nubian castrate male kids from 8 weeks to slaughter at 28, 33 or 38 kg live weight.** . *Animal Production*, 57, 263-271. doi: 10.1017/S0003356100006875.
- Giménez, A., Ares, F., Ares, G. (2012). **Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches.** *Food Research International*, 49(1), 311-325. doi: 10.1016/j.foodres.2012.07.008.
- González-Martínez, A., Herrera, M., Luque, M., Rodero, E. (2014). **Influence of farming system and production purpose on the morphostructure of spanish goat breeds.** *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12(1), 117. doi: 10.5424/sjar/2014121-4673.
- González, J., González, A. (2003). **El sector caprino en la comunidad autónoma de Extremadura.** *Feagas*(24), 40-46.
- Gracia, A., de Magistris, T. (2013). **Preferences for lamb meat: A choice experiment for spanish consumers.** *Meat Science*, 95(2), 396-402. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.05.006.
- Griffis, S. E., Goldsby, T. J., Cooper, M. (2003). **Web-based and mail surveys: A comparison of response, data and cost.** *Journal of Business Logistics*, 24(2), 237-258. doi: 10.1002/j.2158-1592.2003.tb00053.x.
- Grunert, K. G., Bredahl, L., Brunso, K. (2004). **Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector-a review.** *Meat Science*, 66(2), 259-272. doi: 10.1016/S0309-1740(03)00130-X.

- Grunert, K. G., Brunsø, K., Bredahl, L., Bech, A. C. (2001). **Food-related lifestyle: A segmentation approach to european food consumers** *Food, people and society* (pp. 211-230): Springer.
- Grunert, K. G., Larsen, H. H., Madsen, T. K., Baadsgaard, A. (1996). **Market orientation in food and agriculture**. Netherlands: Kluwer Academic publisehrs.Springer.
- Guerrero, A., Campo, M. M., Cilla, I., Olleta, J. L., Alcalde, M. J., Horcada, A., Sañudo, C. (2014). **A comparison of laboratory-based and home-based tests of consumer preferences using kid and lamb meat**. *Journal of Sensory Studies*, 29(3), 201-210. doi: 10.1111/joss.12095.
- Guerrero, A., Lemes, J. S., Campo, M. M., Olleta, J. L., Muela, E., Resconi, V. C., Guerra, V. M., Assis-Macedo, F., Sañudo, C. (2016). **Carcass and meat characteristics from commercial products of Bermeya goat breed. A comparative study in relation with Ternasco de Aragón light lamb and Murciano-Granadina kids**. *ITEA- Información Técnica Económica Agraria*, 112(3), 271-285. doi: 10.12706/itea.2016.017.
- Guzmán, J. L., De-La-Vega, F., Angel Zarazaga, L., Argüello, A., Delgado-Pertíñez, M. (2019a). **Carcase and meat quality of blanca andaluza kids fed exclusively with milk from their dams under organic and conventional grazing-based management systems**. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 1186-1191.
- Guzmán, J. L., de la Vega, F., Zarazaga, L. Á., Argüello, A., Delgado-Pertíñez, M. (2019b). **Carcass characteristics and meat quality of conventionally and organically reared suckling dairy goat kids of the Payoya breed**. *Annals of Animal Science*, 19(4), 1143-1159. doi: 10.2478/aoas-2019-0047.
- Ha, J. K., Lindsay, R. (1991). **Volatile alkylphenols and thiophenol in species-related characterizing flavors of red meats**. *Journal of Food Science*, 56(5), 1197-1202. doi: 10.1111/j.1365-2621.1991.tb04733.x.
- Ha, J. K., Lindsay, R. (1993). **Release of volatile branched-chain and other fatty acids from ruminant milk fats by various lipases**. *Journal of Dairy Science*, 76(3), 677-690. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(93)77391-9.
- Haenlein, G. (2004). **Goat milk in human nutrition**. *Small Ruminant Research*, 51(2), 155-163. doi: 10.1016/j.smallrumres.2003.08.010.

- Hamilton, J., Tappel, A. (1963). **Lipid antioxidant activity in tissues and proteins of selenium-fed animals.** *Journal of Nutrition*, 79, 493-502. doi: 10.1093/jn/79.4.493.
- Hernandez-Castellano, L. E., Almeida, A. M., Renaut, J., Arguello, A., Castro, N. (2016). **A proteomics study of colostrum and milk from the two major small ruminant dairy breeds from the Canary Islands: A bovine milk comparison perspective.** *Journal of dairy science*, 83(3), 366-374. doi: 10.1017/S0022029916000273.
- Hernandez-Castellano, L. E., Arguello, A., Almeida, A. M., Castro, N., Bendixen, E. (2015). **Colostrum protein uptake in neonatal lambs examined by descriptive and quantitative liquid chromatography-tandem mass spectrometry.** *Journal of dairy science*, 98(1), 135-147. doi: 10.3168/jds.2014-8143.
- Herold, P., Snell, H., Tawfik, E. S. (2007). **Growth, carcass and meat quality parameters of purebred and crossbred goat kids in extensive pasture.** *Archives Animal Breeding*, 50(2), 186-196.
- Herrera, M., Luque, M. (2008). **Las razas caprinas andaluzas de protección especial: Blanca serrana andaluza, Negra serrana o castiza y Payoya.** En Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía (Ed.), *Las razas ganaderas de andalucía. Patrimonio ganadero andaluz* (Vol. II, pp. 169-194). Sevilla, España: Servicio de Publicaciones y Divulgación de la Junta de Andalucía,.
- Ho, C. T., Smagula, M. S., Chang, S. S. (1978). **The synthesis of 2-(1-pentenyl) furan and its relationship to the reversion flavor of soybean oil.** *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 55(2), 233-237. doi: 10.1007/BF02676931.
- Holman, B. W. B., Mao, Y., Coombs, C. E. O., van de Ven, R. J., Hopkins, D. L. (2016). **Relationship between colorimetric (instrumental) evaluation and consumer-defined beef colour acceptability.** *Meat Science*, 121, 104-106. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.05.002.
- Holman, B. W. B., van de Ven, R. J., Mao, Y., Coombs, C. E., Hopkins, D. L. (2017). **Using instrumental (CIE and reflectance) measures to predict consumers' acceptance of beef colour.** *Meat Science*, 127, 57-62. doi: 10.1016/j.meatsci.2017.01.005.
- Holleman, A., Wiberg, E., Wiberg, N. (2001). *Inorganic chemistry*: Academic Press, London, UK.

- Hopkins, D. L., Fogarty, N. M. (1998). **Diverse lamb genotypes—2. Meat ph, colour and tenderness.** *Meat Science*, 49(4), 477-488. doi: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00051-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00051-5).
- Horcada, A., Campo, M. D. M., Polvillo, O., Alcalde, M. J., Cilla, I., Sañudo, C. (2014). **A comparative study of fatty acid profiles of fat in commercial spanish suckling kids and lambs.** *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12(2), 427. doi: [10.5424/sjar/2014122-4566](https://doi.org/10.5424/sjar/2014122-4566).
- Horcada, A., Ripoll, G., Alcalde, M. J., Sanudo, C., Teixeira, A., Panea, B. (2012). **Fatty acid profile of three adipose depots in seven spanish breeds of suckling kids.** *Meat Science*, 92(2), 89-96. doi: [10.1016/j.meatsci.2012.04.018](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.018).
- Huerta-Leidenz, N., Cross, H., Lunt, D., Pelton, L., Savell, J., Smith, S. (1991). **Growth, carcass traits, and fatty acid profiles of adipose tissues from steers fed whole cottonseed.** *Journal of Animal Science*, 69(9), 3665-3672. doi: [10.2527/1991.6993665x](https://doi.org/10.2527/1991.6993665x).
- Huffman, K. L., Miller, M. F., Hoover, L. C., Wu, C. K., Brittin, H. C., Ramsey, C. B. (1996). **Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant.** *Journal of Animal Science*, 74(1), 91-97. doi: [10.2527/1996.74191x](https://doi.org/10.2527/1996.74191x).
- Hukerdi, Y. J., Fathi, M. H., Rashidi, L., Ganjkhanelou, M., Emami, A. (2019). **Effects of dietary olive leaves on performance, carcass traits, meat stability and antioxidant status of fattening mahabadi male kids.** *Meat Science*, 153, 2-8. doi: [10.1016/j.meatsci.2019.03.002](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.002).
- Hulsegge, B., Engel, B., Buist, W., Merkus, G. S. M., Klont, R. E. (2001). **Instrumental colour classification of veal carcasses.** *Meat Science*, 57(2), 191-195. doi: [10.1016/S0309-1740\(00\)00093-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00093-0).
- IARC. (2018). **Consumption of red meat and processed meat.** *IARC monogr. Eval. Carcinog. risks hum.* (Vol. 114). Lyon, France: International Agency for Research on Cancer.
- Imafidon, G. I., Spanier, A. M. (1994). **Unraveling the secret of meat flavor.** *Trends in Food Science & Technology*, 5(10), 315-321.

- Immonen, K., Ruusunen, M., Hissa, K., Puolanne, E. (2000). **Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate ph.** *Meat Science*, 55(1), 25-31. doi: S0309-1740(99)00121-7 [pii].
- INE. (2016). **Inebase. Cifras de población y censos demográficos. Cifras de población. Cifras detalladas desde 2002.** Accedido el 20/05/2019, 2019, en: www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=9663&L=0
- Infante-Rodríguez, F., Salinas-Chavira, J., Montañó-Gómez, M. F., Manríquez-Nuñez, O. M., González-Vizcarra, V. M., Guevara-Florentino, O. F., Ramírez De León, J. A. (2016). **Effect of diets with different energy concentrations on growth performance, carcass characteristics and meat chemical composition of broiler chickens in dry tropics.** *SpringerPlus*, 5(1), 1937. doi: 10.1186/s40064-016-3608-0.
- Insausti, K., Beriain, M. J., Purroy, A., Alberti, P., Gorraiz, C., Alzueta, M. J. (2001). **Shelf life of beef from local spanish cattle breeds stored under modified atmosphere.** *Meat Science*, 57(3), 273-281. doi: 10.1016/S0309-1740(00)00102-9.
- ISO. (2004). **Iso 12647. Graphic technology. Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints.** *International Standard Organization*, 26.
- Jenkins, T. (1993). **Lipid metabolism in the rumen.** *Journal of dairy science*, 76(12), 3851-3863. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(93)77727-9.
- Jones, S. J., Guru, A., Singh, V., Carpenter, B., Calkins, C. R., Johnson, D. (2004). **Bovine myology and muscle profiling.** Accedido, 2017, en: <http://bovine.unl.edu>
- Joy, M., Ripoll, G., Molino, F., Dervishi, E., Alvarez-Rodriguez, J. (2012a). **Influence of the type of forage supplied to ewes in pre- and post-partum periods on the meat fatty acids of suckling lambs.** *Meat Science*, 90(3), 775-782. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.11.013.
- Joy, M., Sanz, A., Ripoll, G., Panea, B., Ripoll-Bosch, R., Blasco, I., Alvarez-Rodriguez, J. (2012b). **Does forage type (grazing vs. Hay) fed to ewes before and after lambing affect suckling lambs performance, meat quality and consumer purchase intention?** *Small Ruminant Research*, 104(1-3), 1-9. doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.09.048.

- Juárez, M., Micheo, J. M., García, E., Peña, F., Polvillo, O. (2009). **"Chivo lechal malagueño" meat quality as affected by carcass weight.** *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 105(1), 28-35.
- Kannan, G., Kouakou, B., Terrill, T. H., Gelaye, S. (2003). **Endocrine, blood metabolite, and meat quality changes in goats as influenced by short-term, preslaughter stress.** *Journal of Animal Science*, 81(6), 1499-1507. doi: 10.2527/2003.8161499x.
- Kennedy, C., Buckley, D. J., Kerry, J. P. (2004). **Display life of sheep meats retail packaged under atmospheres of various volumes and compositions.** *Meat Science*, 68(4), 649-658. doi: 10.1016/j.meatsci.2004.05.018.
- Kesava Rao, V., Kowale, B. N., Verma, A. K. (2003). **Effect of feeding water washed neem (*Azadirachta indica*) seed kernel cake on the quality, lipid profile and fatty acid composition of goat meat.** *Small Ruminant Research*, 47(3), 213-219. doi: 10.1016/S0921-4488(02)00256-0.
- Khan, M. A., Ali, S., Yang, H., Kamboh, A. A., Ahmad, Z., Tume, R. K., Zhou, G. (2019). **Improvement of color, texture and food safety of ready-to-eat high pressure-heat treated duck breast.** *Food Chemistry*, 277, 646-654. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.11.006.
- Khlijji, S., van de Ven, R., Lamb, T. A., Lanza, M., Hopkins, D. L. (2010). **Relationship between consumer ranking of lamb colour and objective measures of colour.** *Meat Science*, 85(2), 224-229. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.01.002.
- Koohmaraie, M., Shackelford, S., Wheeler, T. (2005). **Biological bases that determine beef tenderness.** Presentado en Proceedings of Eighth Annual Langford Food Industry Conference, British Society of Animal Science, 21-26.
- Kubberød, E., Ueland, Ø., Tronstad, Å., Risvik, E. (2002). **Attitudes towards meat and meat-eating among adolescents in norway: A qualitative study.** *Appetite*, 38(1), 53-62. doi: 10.1006/appe.2002.0458.
- Kusza, S., Czyszter, L. T., Ilie, D. E., Sauer, M., Padeanu, I., Gavojdian, D. (2018). **Kompetitive allele specific pcr (kasp) genotyping of 48 polymorphisms at different caprine loci in french Alpine and Saanen goat breeds and their association with milk composition.** *PeerJ*, 6, e4416. doi: 10.7717/peerj.4416.
- Kuttappan, V. A., Lee, Y. S., Erf, G. F., Meullenet, J. F., McKee, S. R., Owens, C. M. (2012). **Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying**

- degrees of white striping.** *Poultry Science*, 91(5), 1240-1247. doi: 10.3382/ps.2011-01947.
- Lanza, M., Bella, M., Priolo, A., Barbagallo, D., Galofaro, V., Landi, C., Pennisi, P. (2006). **Lamb meat quality as affected by a natural or artificial milk feeding regime.** *Meat Science*, 73(2), 313-318. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.12.006.
- Lawrie, R. A. (1998). *Meat science* (3th ed.). Zaragoza, España: Acribia, S.A.
- LeDoux, M., Rouzeau, A., Bas, P., Sauvant, D. (2002). **Occurrence of *trans*-c18: 1 fatty acid isomers in goat milk: Effect of two dietary regimens.** *Journal of dairy science*, 85(1), 190-197. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74067-8.
- Lee, H.-C. (2005). *Introduction to color imaging science*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Lee, S., Decker, E., Faustman, C., Mancini, R. (2005). **The effects of antioxidant combinations on color and lipid oxidation in n- 3 oil fortified ground beef patties.** *Meat Science*, 70(4), 683-689. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.02.017.
- Lee, S. H., Joo, S. T., Ryu, Y. C. (2010). **Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality.** *Meat Science*, 86(1), 166-170. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.04.040.
- Lepetit, J. (1989). **Deformation of collagenous, elastin and muscle fibres in raw meat in relation to anisotropy and length ratio.** *Meat Science*, 26(1), 47-66. doi: 10.1016/0309-1740(89)90056-9.
- Linzell, J., Peaker, M. (1974). **Changes in colostrum composition and in the permeability of the mammary epithelium at about the time of parturition in the goat.** *The Journal of Physiology*, 243(1), 129-151. doi: 10.1113/jphysiol.1974.sp010746.
- Liu, Q., Lanari, M. C., Schaefer, D. M. (1995). **A review of dietary vitamin e supplementation for improvement of beef quality.** *Journal of Animal Science*, 73(10), 3131-3140. doi: 10.2527/1995.73103131x.
- 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(1), 106-116. doi: 10.2527/1996.741106x.
- Lobón, S., Sanz, A., Blanco, M., Ripoll, G., Joy, M. (2017). **The type of forage and condensed tannins in dams' diet: Influence on meat shelf life of their suckling**

- lambs. *Small Ruminant Research*, 154, 115-122. doi: 10.1016/j.smallrumres.2017.08.005.
- Longobardi, F., Sacco, D., Casiello, G., Ventrella, A., Contessa, A., Sacco, A. (2012). **Garganica kid goat meat: Physico-chemical characterization and nutritional impacts.** *Journal of Food Composition and Analysis*, 28(2), 107-113. doi: 10.1016/j.jfca.2012.08.007.
- Lordan, R., Tsoupras, A., Mitra, B., Zabetakis, I. (2018). **Dairy fats and cardiovascular disease: Do we really need to be concerned?** *Foods*, 7(3), 29. doi: 10.3390/foods7030029.
- Lou, X., Li, J., Zhang, X., Wang, J., Wang, C. (2018). **Variations in fatty acid composition of Laoshan goat milk from partum to 135 days postpartum.** *Animal Science Journal*, 89(11), 1628-1638. doi: 10.1111/asj.13098.
- Lunde, K., Skuterud, E., Hersleth, M., Egelanddal, B. (2010). **Norwegian consumers' acceptability of boar tainted meat with different levels of androstenone or skatole as related to their androstenone sensitivity.** *Meat Science*, 86(3), 706-711. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.06.009.
- Luque, M. (2011). Tesis doctoral. **Caracterización y evaluación de las razas caprinas autóctonas españolas de orientación cárnica.** Universidad de Córdoba, Córdoba, España.
- Llauradó, O. (2006). **El trabajo de campo online: Qué hemos aprendido en los últimos diez años.** *Investigación y Marketing*, 91, 25-40.
- MacAdam, D. L. (1942). **Visual sensitivities to color differences in daylight.** *Journal of the Optical Society of America*, 32(5), 247-274. doi: 10.1364/JOSA.32.000247.
- MacDougall, D. B. (1982). **Changes in the colour and opacity of meat.** *Food Chemistry*, 9, 74-88. doi: 10.1016/0308-8146(82)90070-X.
- MacDougall, D. B. (1994). **Colour of meat.** En A. M. Pearson y T. R. Dutson (Eds.), *Advances in meat research series. Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products* (Vol. 9, pp. 79-93). Londres, Reino Unido: Blackie Academic & Professional.
- Machlik, S. M., Draudt, H. N. (1963). **The effect of heating time and temperature on the shear of beef semitendinosus muscle.** *Journal of Food Science*, 28(6), 711-718. doi: 10.1111/j.1365-2621.1963.tb01678.x.

- Maldonado, K., Herrera, M., Rodero, E. (2000). **El color de la capa en la raza caprina Payoya**. *El arca*, 4(1), 21-23.
- Mancini, R. A., Hunt, M. C. (2005). **Current research in meat color**. *Meat Science*, 71(1), 100-121. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.03.003.
- Mancini, R. A., Hunt, M. C., Hachmeister, K. A., Seyfert, M. A., Kropf, D. H., Johnson, D. E., Cusick, S., Morrow, C. (2005). **The utility of lactate and rosemary in beef enhancement solutions: Effects on longissimus color changes during display**. *Journal of Muscle Foods*, 16, 27-36. doi: 10.1111/j.1745-4573.2004.07204.x.
- Manso, T., Bodas, R., Vieira, C., Mantecon, A. R., Castro, T. (2011). **Feeding vegetable oils to lactating ewes modifies the fatty acid profile of suckling lambs**. *Animal*, 5(10), 1659-1667. doi: 10.1017/S1751731111000632.
- Manzano, V., Andréu, J. (2000). **Formatos para ítems en las encuestas electrónicas. Antecedentes y propuestas**. *Metodología de Encuestas*, 2(1), 61-101.
- MAPA. (2018a). **El sector ovino y caprino de carne en cifras: Principales indicadores económicos** (pp. 71). Madrid, España: Subdirección General de Productos Ganaderos, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios.
- MAPA. (2018b). **Resultados técnico-económicos del ganado caprino de leche en 2015**. En Estudios de costes y rentas de las explotaciones agrarias. ECREA. (Ed.).
- MAPA. (2019a). **Datos censales del catálogo de razas ganaderas**. Accedido el 14/10/2019, en: www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/
- MAPA. (2019b). **Encuesta de sacrificio de ganado del ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente. Resultados definitivos por provincias y comunidades autónomas de años anteriores (censo exhaustivo)**. Accedido el 14/10/2019, en: www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/encuestas-sacrificio-ganado/
- MAPA. (2019c). **Encuesta de sacrificio de ganado. Sacrificio de ganado 2018-2017. Por categorías y especie**. Accedido el 10/10/2019, en: www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletin2018-web_tcm30-503512.xls
- MAPA. (2019d). **Estadística láctea anual. Producción anual y destinos de la leche (todas las clases de leches) en las industrias lácteas**. Accedido el 10/10/2019, En:

www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/cuadro_b_2018_tcm30-512516.xlsx

- MAPA. (2019e). **Presentación de los datos de consumo alimentario en el hogar y fuera del hogar en España 2012**. Accedido el 07/02/2020, desde Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/panel-de-consumo-alimentario/series-anuales/
- MAPAMA. (2016a). **Catálogo oficial de razas ganaderas**. Accedido el 29/11/2016, En: www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/
- MAPAMA. (2016b, 18/11/2016). **Encuesta de sacrificio de ganado del ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente**. Accedido en: www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/encuestas-sacrificio-ganado/
- Margatho, G., Rodríguez-Estévez, V., Medeiros, L., Simões, J. (2018). **Seasonal variation of serrana goat milk contents in mountain grazing system for cheese manufacture**. *Revue de Medecine Veterinaire*, 169(7-9), 157-165.
- Marichal, A., Castro, N., Capote, J., Zamorano, N., Arguello, A. (2003). **Effects of live weight at slaughter (6, 10 and 25 kg) on kid carcass and meat quality**. *Livestock Production Science*, 83(2-3), 247-256. doi: 10.1016/S0301-6226(03)00113-1.
- Marsico, G., Vicenti, A., Centoducati, P., Braghieri, A. (1993). **Influence of weaning age on productive performance of kids slaughtered at 107 days of age**. *Small Ruminant Research*, 12(3), 321-328. doi: 10.1016/0921-4488(93)90067-R.
- Martín-Cerdeño, V. J. (2018). **Consumo y gasto en carne y productos cárnicos**. *Distribución y consumo*, 2, 5-14.
- Martinez-Cerezo, S., Sañudo, C., Panea, B., Medel, I., Delfa, R., Sierra, I., Beltran, J. A., Cepero, R., Olleta, J. L. (2005). **Breed, slaughter weight and ageing time effects on physico-chemical characteristics of lamb meat**. *Meat Science*, 69(2), 325-333. doi: 10.1016/j.meatsci.2004.08.002.
- Marventano, S., Kolacz, P., Castellano, S., Galvano, F., Buscemi, S., Mistretta, A., Grosso, G. (2015). **A review of recent evidence in human studies of n-3 and n-6 puFA intake on cardiovascular disease, cancer, and depressive disorders: Does the**

- ratio really matter?** *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66(6), 611-622. doi: 10.3109/09637486.2015.1077790.
- Marziali, S., Guerra, E., Cerdán-García, C., Segura-Carretero, A., Caboni, M. F., Verardo, V. (2018). **Effect of early lactation stage on goat colostrum: Assessment of lipid and oligosaccharide compounds.** *International Dairy Journal*, 77, 65-72. doi: 10.1016/j.idairyj.2017.09.004.
- Massart-Leën, A. M., De Pooter, H., Decloedt, M., Schamp, N. (1981). **Composition and variability of the branched-chain fatty acid fraction in the milk of goats and cows.** *Lipids*, 16(5), 286-292. doi: 10.1007/bf02534951.
- Mena, Y., García, C., Ruiz, F. A., Castel, J. M., Navarro, L. (2013). **Ganadería caprina ecológica: Manejo, gestión y comercialización** (pp. 103). Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- MERCASA. (2016). **Alimentación en España 2015. Producción, industria, distribución y consumo** (M.-D. y consumo Ed.). Madrid, España.
- Michalczuk, M., Jóźwik, A., Damaziak, K., Zdanowska-Sasiadek, Z., Marzec, A., Gozdowski, D., Strzałkowska, N. (2016). **Age-related changes in the growth performance, meat quality, and oxidative processes in breast muscles of three chicken genotypes.** *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 40(4), 389-398. doi: 10.3906/vet-1502-64.
- Miller, M. F., Carr, M. A., Ramsey, C. B., Crockett, K. L., Hoover, L. C. (2001). **Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness.** *Journal of Animal Science*, 79(12), 3062-3068. doi: 10.2527/2001.79123062x.
- Molkentin, J., Precht, D. (2000). **Validation of a gas-chromatographic method for the determination of milk fat contents in mixed fats by butyric acid analysis.** *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102(3), 194-201. doi: 10.1002/(SICI)1438-9312(200003)102:3<194::AID-EJLT194>3.0.CO;2-3.
- Montel, M. C., Masson, F., Talon, R. (1998). **Bacterial role in flavour development.** *Meat Science*, 49, S111-S123. doi: 10.1016/S0309-1740(98)90042-0.
- Morales-De la Nuez, A. J., Falcón, A., Castro, N., Briggs, H., Hernández-Castellano, L. E., Capote, J., Argüello, A. (2011). **The effects of modified atmosphere packaging on goat kid meat quality.** *Journal of Applied Animal Research*, 39(4), 353-358. doi: 10.1080/09712119.2011.621533.

- Morales-de la Nuez, A., Moreno-Indias, I., Sánchez-Macias, D. S., Capote, J., Castro, N. (2009). **Effects of various packaging systems on the quality characteristic of goat meat.** *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(3), 428-432. doi: 10.5713/ajas.2009.80488.
- Morán, L., Andrés, S., Mateo, J., Blanco, C., Soto, S., Giráldez, F. J. (2014). **Effect of dietary carnolic acid on meat quality from suckling lambs.** *Small Ruminant Research*, 121(2-3), 314-319. doi: 10.1016/j.smallrumres.2014.08.003.
- Moreno-Indias, I., Morales-delaNuez, A., Hernandez-Castellano, L., Sanchez-Macias, D., Capote, J., Castro, N., Argüello, A. (2012a). **Docosahexaenoic acid in the goat kid diet: Effects on immune system and meat quality.** *Journal of Animal Science*, 90(11), 3729-3738. doi: 10.2527/jas2011-4351.
- Moreno-Indias, I., Sánchez-Macías, D., Castro, N., Morales-delaNuez, A., Hernández-Castellano, L. E., Capote, J., Argüello, A. (2012b). **Chemical composition and immune status of dairy goat colostrum fractions during the first 10h after partum.** *Small Ruminant Research*, 103(2-3), 220-224. doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.09.015.
- Moreno-Indias, I., Sánchez-Macías, D., Martínez-de la Puente, J., Morales-de la Nuez, A., Hernández-Castellano, L. E., Castro, N., Argüello, A. (2012c). **The effect of diet and dha addition on the sensory quality of goat kid meat.** *Meat Science*, 90(2), 393-397. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.08.004.
- Morrissey, E. R., Jacob, R. H., Pluske, J. M. (2008). **Perception of red brown colour by consumers.** Presentado en 54th International Congress of Meat Science and Technology, Cape Town, South Africa.
- Mottram, D. S. (1998a). **The chemistry of meat flavour.** En F. Shahidi (Ed.), *Flavor of meat, meat products and seafoods*. (2nd ed., pp. 472). Londres: Blackie Academic and Professional.
- Mottram, D. S. (1998b). **Flavour formation in meat and meat products: A review.** *Food Chemistry*, 62(4), 415-424. doi: 10.1016/S0308-8146(98)00076-4.
- Mottram, D. S., Edwards, R. A., Macfie, H. J. H. (1982). **A comparison of the flavor volatiles from cooked beef and pork meat systems.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33(9), 934-944. doi: 10.1002/jsfa.2740330917.

- Muñoz, M. E., Sanchez, M., García, J. (2004). **Origen, evolución y situación actual de la raza Florida**. *PR: Pequeños rumiantes*, 5(3), 14-16.
- Napolitano, F., Cifuni, G. F., Pacelli, C., Riviezi, A. M., Girolami, A. (2002). **Effect of artificial rearing on lamb welfare and meat quality**. *Meat Science*, 60(3), 307-315. doi: 10.1016/S0309-1740(01)00140-1.
- Napolitano, F., Marino, V., De Rosa, G., Capparelli, R., Bordi, A. (1995). **Influence of artificial rearing on behavioral and immune response of lambs**. *Applied Animal Behaviour Science*, 45(3-4), 245-253. doi: 10.1016/0168-1591(95)00637-8.
- Ngapo, T. M., Dransfield, E. (2006). **British consumers preferred fatness levels in beef: Surveys from 1955, 1982 and 2002**. *Food Quality and Preference*, 17(5), 412-417. doi: 10.1016/j.foodqual.2005.05.006.
- Ngapo, T. M., Martin, J. F., Dransfield, E. (2007). **International preferences for pork appearance: I. Consumer choices**. *Food Quality and Preference*, 18(1), 26-36. doi: 10.1016/j.foodqual.2005.07.001.
- Nielsen, J. S. (2011). **Use of the internet for willingness-to-pay surveys: A comparison of face-to-face and web-based interviews**. *Resource and energy economics*, 33(1), 119-129. doi: 10.1016/j.reseneeco.2010.01.006.
- Nixon, L. N., Wong, E., Johnson, C. B., Birch, E. J. (1979). **Nonacidic constituents of volatiles from cooked mutton**. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 27(2), 355-359. doi: 10.1021/jf60222a044.
- Norman, G., Lawrie, R. (1991). **The potential of meat from the goat**. En R. A. Lawrie (Ed.), *Developments in meat science* (pp. 57-87). Londres, Reino Unido: Elsevier Applied Science.
- Novaković, S., Tomašević, I. (2017). **A comparison between Warner-Bratzler shear force measurement and texture profile analysis of meat and meat products: A review**. Presentado en IOP: Earth and Environmental Science, 85, 10.1088/1755-1315/85/1/012063
- Nudda, A., Battacone, G., Bee, G., Boe, R., Castanares, N., Lovicu, M., Pulina, G. (2015). **Effect of linseed supplementation of the gestation and lactation diets of dairy ewes on the growth performance and the intramuscular fatty acid composition of their lambs**. *Animal*, 9(5), 800-809. doi: 10.1017/S175173111400305X.

- Nudda, A., Palmquist, D. L., Battacone, G., Fancellu, S., Rattu, S. P. G., Pulina, G. (2008). **Relationships between the contents of vaccenic acid, CLA and n-3 fatty acids of goat milk and the muscle of their suckling kids.** *Livestock Science*, 118(3), 195-203. doi: 10.1016/j.livsci.2008.01.020.
- O'Keefe, M., Hood, D. E. (1982). **Biochemical factors influencing metmyoglobin formation on beef from muscles of differing color stability.** *Meat Science*, 7(3), 209-228. doi: 10.1016/0309-1740(82)90087-0.
- O'Sullivan, M. G., Byrne, D. V., Martens, H., Gidskehaug, L. H., Andersen, H. J., Martens, M. (2003). **Evaluation of pork colour: Prediction of visual sensory quality of meat from instrumental and computer vision methods of colour analysis.** *Meat Science*, 65(2), 909-918. doi: 10.1016/s0309-1740(02)00298-x.
- Ochoa, C., Castro, V. (2015). **Investigación móvil: ¿al servicio del investigador o del investigado?** *Investigación y Marketing*, 128.
- Önenç, S., Özdoğan, M., Aktümsek, A., Taşkın, T. (2015). **Meat quality and fatty acid composition of chios male lambs fed under traditional and intensive conditions.** *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(8), 636. doi: 10.9755/ejfa.2015.04.068.
- ONTSI. (2013). **La sociedad en red. Informe anual 2012.** Madrid, España: Ministerio de industria, energía y turismo.
- ONTSI. (2017). **Las TIC en los hogares españoles. Estudio de demanda y uso de servicios de telecomunicaciones y sociedad de la información.** Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (Ed.) (pp. 71). Disponible en www.ontsi.red.es/ontsi/sites/ontsi/files/LIII%20Oleada%20Panel%20Hogares%20%283T%202016%29.pdf
- ONTSI. (2019a). **Las TIC en los hogares españoles, estudio de demanda y uso de servicios de telecomunicaciones y sociedad de la información.** Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (Ed.) (pp. 71). Disponible en: www.ontsi.red.es/ontsi/sites/ontsi/files/LIII%20Oleada%20Panel%20Hogares%20%283T%202016%29.pdf doi: 10.30923/1989-7766-LXI
- ONTSI. (2019b). **Perfil sociodemográfico de los internautas. Análisis de datos INE 2018** Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (Ed.) (pp. 40). Disponible en: www.ontsi.red.es

/ontsi/sites/ontsi/files/LIII%20leada%20Panel%20Hogares%20%283T%202016%29.pdf doi:10.30923/PerSocInt2018

- Osorio, M. T., Zumalacárregui, J. M., Cabeza, E. A., Figueira, A., Mateo, J. (2008). **Effect of rearing system on some meat quality traits and volatile compounds of suckling lamb meat.** *Small Ruminant Research*, 78(1-3), 1-12. doi: 10.1016/j.smallrumres.2008.03.015.
- Osorio, M. T., Zumalacarregui, J. M., Figueira, A., Mateo, J. (2007). **Fatty acid composition in subcutaneous, intermuscular and intramuscular fat deposits of suckling lamb meat: Effect of milk source.** *Small Ruminant Research*, 73(1-3), 127-134. doi: 10.1016/j.smallrumres.2006.12.005.
- Ozcan, M., Yalcintan, H., Tölü, C., Ekiz, B., Yilmaz, A., Savaş, T. (2014). **Carcass and meat quality of Gokceada goat kids reared under extensive and semi-intensive production systems.** *Meat Science*, 96(1), 496-502. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.08.008.
- PAHO/WHO. (2007). **Trans fats free americas. Conclusions and recommendations** (pp. 5). Washington DC, USA.
- Palma, M., Alves, S. P., Hernandez-Castellano, L. E., Capote, J., Castro, N., Arguello, A., Matzapetakis, M., Bessa, R. J. B., de Almeida, A. M. (2017). **Mammary gland and milk fatty acid composition of two dairy goat breeds under feed-restriction.** *J Dairy Res*, 84(3), 264-271. doi: 10.1017/S0022029917000371.
- Palma, M., López, J. L., Gines, R., Argüello, A., Afonso, J. M. (1994). **Caracterización genética del ADN mitocondrial de la Agrupación Caprina Canaria (ACC).** Presentado en Actas de las XIX Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, 177-181. Burgos, España.
- Panea, B., Carrasco, S., Ripoll, G., Joy, M. (2011). **Diversification of feeding systems for light lambs: Sensory characteristics and chemical composition of meat. (Diversificación de los sistemas de producción de corderos ligeros: Características sensoriales y composición química de la carne).** *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(1), 74-85. doi: 10.5424/sjar/20110901-089-10.
- Panea, B., Joy, M., Ripoll, G., Boscolo, J., Albertí, P. (2010a). **Carcass and meat characteristics of suckling lambs from Ansontana breed: Sex effect.**

- (Características de la canal y de la carne de lechal de raza Ansotana: Efecto del sexo).** *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 106(4), 229-244.
- Panea, B., Ripoll, G., Alberti, P., Joy, M., Teixeira, A. (2012a). **Atlas of dissection of ruminant's carcass. (Atlas de disección de la canal de los rumiantes).** *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 108(1), 3-105.
- Panea, B., Ripoll, G., Horcada, A., Sañudo, C., Teixeira, A., Alcalde, M. J. (2012b). **Influence of breed, milk diet and slaughter weight on carcass traits of suckling kids from seven spanish breeds.** *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(4), 1025-1036. doi: 10.5424/sjar/2012104-2659.
- Panea, B., Ripoll, G., Horcada, A., Sañudo, C., Teixeira, A., Alcalde, M. J. (2012c). **Influence of breed, milk diet and slaughter weight on carcass traits of suckling kids from seven spanish breeds.** *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(4), 1025. doi: 10.5424/sjar/2012104-2659.
- Panea, B., Ripoll, G., Sañudo, C., Alcalde, M. J., Horcada, A., Teixeira, A. (2008). **Estudio integral del cabrito lechal español. Una propuesta de indicación geográfica protegida y de clasificación.** *Feagas*, 34, 61-66.
- Panea, B., Ripoll, G., Teixeira, A., Horcada, A., Alcalde, M. J. (2010b, 22-24 de septiembre de 2010). **Estudio mediante encuesta del primer eslabón del canal de distribución de la carne de cabrito.** Presentado en XXXV Congreso de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, 466-469. Valladolid, España.
- Panea, B., Sañudo, C., Juárez, M., Casado, P., Ramas, E. (2005). **Efecto de la adición de vitamina E en la dieta sobre la valoración visual de carne de corderos de la i.G.P. Ternasco de aragón.** *Eurocarne*, 142, 103-106.
- Panea, B., Teixeira, A., Lorenzo, J. M. (2019, 24-25 octubre 2019). **Marcas de calidad en la península ibérica.** Presentado en Congreso Iberoamericano de marcas de calidad de carne y de productos cárnicos, 123-131. Bragança, Portugal.
- Panea, P., Alcalde, M. J., Ripoll, G., Horcada, A., Sañudo, C. (2010c, 5-8 de septiembre de 2010). **Multiple correspondence analysis as tool to study the consumer's appraisal about suckling kid meat.** Presentado en Fourth European conference on sensory and consumer research. Eurosense 2010., Vitoria, España.
- Paramo, R. (2001). **Estándares de calidad para la realización de encuestas por internet** (pp. 13): Mehrwert Durch Qualität.

- Pariza, M. W., Park, Y., Cook, M. E. (2001). **The biologically active isomers of conjugated linoleic acid.** *Progress in lipid research*, 40(4), 283-298. doi: 10.1016/S0163-7827(01)00008-X.
- Pecka-Kiełb, E., Zachwieja, A., Wojtas, E., Zawadzki, W. (2018). **Influence of nutrition on the quality of colostrum and milk of ruminants.** *Mljekarstvo: časopis za unapređenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 68(3), 169-181. doi: 10.15567/mljekarstvo.2018.0302.
- Peña, F., Bonvillani, A., Freire, B., Juárez, M., Perea, J., Gómez, G. (2009a). **Effects of genotype and slaughter weight on the meat quality of Criollo cordobes and Anglonubian kids produced under extensive feeding conditions.** *Meat Science*, 83(3), 417-422. doi: 10.1016/j.meatsci.2009.06.017.
- Peña, F., Domenech, V., Acero, R., Perea, J., Garcia, A. (2009b). **Effect of sex and feed (maternal milk vs. milk substitute) on the growth and carcass characteristics in Florida goat kids.** *Revista Científica-Facultad De Ciencias Veterinarias*, 19(6), 619-629.
- Peña, F., Herrera, M., Subires, J., Aparicio Macarro, J. (1985). **Consumo de leche y crecimiento en peso vivo en chivos de raza Malagueña durante la fase de lactación. (Milk consumption and growth of Malagueña suckling kids).** *Archivos de zootecnia*, 34(130), 301-314.
- Peña, F., Perea, J., García, A., Acero, R. (2007). **Effects of weight at slaughter and sex on the carcass characteristics of Florida suckling kids.** *Meat Science*, 75(3), 543-550. doi: 10.1016/j.meatsci.2006.09.004.
- Pérez, P., Maino, M., Morales, M., Soto, A. (2001). **Effect of goat milk and milk substitutes and sex on productive parameters and carcass composition of Creole kids.** *Small Ruminant Research*, 42(1), 87-94. doi: 10.1016/S0921-4488(01)00233-4.
- Platter, W. J., Tatum, J. D., Belk, K. E., Chapman, P. L., Scanga, J. A., Smith, G. C. (2003). **Relationships of consumer sensory ratings, marbling score, and shear force value to consumer acceptance of beef strip loin steaks.** *Journal of Animal Science*, 81(11), 2741-2750. doi: 10.2527/2003.81112741x.
- Połtowicz, K., Nowak, J., Wojtysiak, D. (2015). **Effect of feed restriction on performance, carcass composition and physicochemical properties of the m. Pectoralis**

- superficialis of broiler chickens.** *Annals of Animal Science*, 15(4), 1019-1029. doi: 10.1515/aoas-2015-0036.
- Ponnampalam, E. N., Hopkins, D. L., Bruce, H., Li, D., Baldi, G., Bekhit, A. E.-d. (2017). **Causes and contributing factors to “dark cutting” meat: Current trends and future directions: A review.** *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 16(3), 400-430. doi: 10.1111/1541-4337.12258.
- Popesko, P. (1977). **Atlas of topographical anatomy of the domestic animals.** Bratislava, Slovakia: Vydavateľstvo Priroda.
- Pophiwa, P., Webb, E. C., Frylinck, L. (2020). **A review of factors affecting goat meat quality and mitigating strategies.** *Small Ruminant Research*, 183, 106035. doi: 10.1016/j.smallrumres.2019.106035.
- Price, J. F., Schweighet, B. S. (1994). **Ciencia de la carne y de los productos cárnicos.** Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.
- Pulido, F., Rodríguez de Ledesma, A., Escribano, M. (1994). **Estructura social de los titulares de explotaciones caprinas de Extremadura.** Presentado en XVIII Jornadas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, 605-608. Albacete, España.
- Purslow, P. P., Warner, R. D., Clarke, F. M., Hughes, J. M. (2020). **Variations in meat colour due to factors other than myoglobin chemistry; a synthesis of recent findings (invited review).** *Meat Science*, 159, 107941. doi: 10.1016/j.meatsci.2019.107941.
- Quintana, R., González, R. (2009). **La raza caprina Tinerfeña.** *Mundo rural de Tenerife*, 4, 6-8.
- Rabeler, F., Feyissa, A. H. (2018). **Modelling the transport phenomena and texture changes of chicken breast meat during the roasting in a convective oven.** *Journal of Food Engineering*, 237, 60-68. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2018.05.021.
- Ran-Ressler, R. R., Devapatla, S., Lawrence, P., Brenna, J. T. (2008). **Branched chain fatty acids are constituents of the normal healthy newborn gastrointestinal tract.** *Pediatric research*, 64(6), 605. doi: 10.1203/PDR.0b013e318184d2e6.
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., Chilliard, Y. (2008). **Composition of goat and sheep milk products: An update.** *Small Ruminant Research*, 79(1), 57-72. doi: 10.1016/j.smallrumres.2008.07.009.

- Renerre, M. (1982). **La couleur de la viande et sa mesure.** *Bulletin Technique CRZV*, 47, 47-54.
- Renerre, M., Mazuel, J. P. (1985). **Relationships between instrumental and sensory measurement methods of meat color.** *Sciences des aliments*, 5(4), 541-557.
- Ribeiro, R. D. X., Medeiros, A. N., Oliveira, R. L., de Araújo, G. G. L., Queiroga, R. d. C. d. E., Ribeiro, M. D., Silva, T. M., Bezerra, L. R., Oliveira, R. L. (2018). **Palm kernel cake from the biodiesel industry in goat kid diets. Part 2: Physicochemical composition, fatty acid profile and sensory attributes of meat.** *Small Ruminant Research*, 165, 1-7. doi: 10.1016/j.smallrumres.2018.05.014.
- Ripoll, G., Alberti, P., Casaus, I., Blanco, M. (2013). **Instrumental meat quality of veal calves reared under three management systems and color evolution of meat stored in three packaging systems.** *Meat Science*, 93(2), 336-343. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.09.012.
- Ripoll, G., Alberti, P., Panea, B. (2015). **Consumer segmentation based on food-related lifestyles and perception of chicken breast.** *International Journal of Poultry Science*, 14(5), 262-275. doi: 10.3923/ijps.2015.262.275.
- Ripoll, G., Alcalde, M. J., Argüello, A., Córdoba, M. G., Panea, B. (2018a). **Consumer visual appraisal and shelf life of leg chops from suckling kids raised with natural milk or milk replacer.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(7), 2651-2657. doi: 10.1002/jsfa.8758.
- Ripoll, G., Alcalde, M. J., Argüello, A., Córdoba, M. G., Panea, B. (2019a). **Effect of the rearing system on the color of four muscles of suckling kids** *Food Science & Nutrition*, 7, 1502-1511. doi: 10.1002/fsn3.994.
- Ripoll, G., Alcalde, M. J., Argüello, A., Panea, B. (2019b). **Web-based survey of consumer preferences for the visual appearance of meat from suckling kids** *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 284-293. doi: 10.1080/1828051X.2019.1649990.
- Ripoll, G., Alcalde, M. J., Horcada, A., Campo, M. M., Sanudo, C., Teixeira, A., Panea, B. (2012a). **Effect of slaughter weight and breed on instrumental and sensory meat quality of suckling kids.** *Meat Science*, 92(1), 62-70. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.04.011.

- Ripoll, G., Alcalde, M. J., Horcada, A., Panea, B. (2011a). **Suckling kid breed and slaughter weight discrimination using muscle colour and visible reflectance.** *Meat Science*, 87(2), 151-156. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.10.006.
- Ripoll, G., Blanco, M., Albertí, P., Panea, B., Joy, M., Casasús, I. (2014). **Effect of two spanish breeds and diet on beef quality including consumer preferences.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 983–992. doi: 10.1002/jsfa.6348.
- Ripoll, G., Córdoba, M. G., Alcalde, M. J., Martín, A., Argüello, A., Casquete, R., Panea, B. (2019c). **Volatile organic compounds and consumer preference for meat from suckling goat kids raised with natural or replacers milk.** *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 1259-1270. doi: 10.1080/1828051X.2019.1646107.
- Ripoll, G., Joy, M., Muñoz, F. (2011b). **Use of dietary vitamin E and selenium (Se) to increase the shelf life of modified atmosphere packaged light lamb meat.** *Meat Science*, 87(1), 88-93. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.09.008.
- Ripoll, G., Joy, M., Panea, B. (2018b). **Consumer perception of the quality of lamb and lamb confit.** *Foods*, 7(5), 80-93. doi: 10.3390/foods7050080.
- Ripoll, G., Panea, B. (2019). **The effect of consumer involvement in light lamb meat on behavior, sensory perception, and health-related concerns.** *Nutrients*, 11(6), 1200. doi: 10.3390/nu11061200.
- Ripoll, G., Panea, B., Albertí, P. (2012b). **Visual appraisal of beef: Relationship with CIELab colour space.** *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 108(2), 222-232. doi: 10.13140/RG.2.2.25240.19201.
- Rodero, E., Herrera, M. (2000). **El concepto de raza. Un enfoque epistemológico.** *Archivos de Zootecnia*, 49(185-186), 5-16.
- Rodríguez, A. B., Landa, R., Bodas, R., Prieto, N., Mantecón, A. R., Girádez, F. J. (2008). **Carcass and meat quality of Assaf milk fed lambs: Effect of rearing system and sex.** *Meat Science*, 80(2), 225-230. doi: 10.1016/j.meatsci.2007.11.023.
- Rodríguez, P., Tovar, J., Rota, A., Rojas, A., Martín, L. (1990). **Morphology of the Verata goat.** *Archivos de Zootecnia*, 39(143), 43-57.
- Rolls, B. J. (1999). **Do chemosensory changes influence food intake in the elderly?** *Physiology & behavior*, 66(2), 193-197. doi: 10.1016/S0031-9384(98)00264-9.
- Romero de Ávila, M. D., Cambero, M. I., Ordóñez, J. A., de la Hoz, L., Herrero, A. M. (2014). **Rheological behaviour of commercial cooked meat products evaluated**

- by tensile test and texture profile analysis (TPA).** *Meat Science*, 98(2), 310-315. doi: doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.003.
- Romero, T., Beltrán, M. C., Rodríguez, M., De Olives, A. M., Molina, M. P. (2013). **Short communication: Goat colostrum quality: Litter size and lactation number effects.** *Journal of dairy science*, 96(12), 7526-7531. doi: 10.3168/jds.2013-6900.
- Rota, A. M., Rodríguez, P., Rojas, A., Martín, L., Tovar, J. (1993). **Evolution of the quantitative and quality characteristics in the goat milk (Verata breed) through the lactation.** *Archivos de zootecnia*, 42(157), 137-146.
- Rotondi, P., Colonna, M. A., Marsico, G., Giannico, F., Ragni, M., Facciolongo, A. M. (2018). **Dietary supplementation with oregano and linseed in Garganica suckling kids: Effects on growth performances and meat quality.** *Pakistan Journal of Zoology*, 50(4). doi: 10.17582/journal.pjz/2018.50.4.1421.1433.
- Ruiz de Huidobro, F., Miguel, E., Blazquez, B., Onega, E. (2005). **A comparison between two methods (Warner-Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat.** *Meat Science*, 69(3), 527-536. doi: 10.1016/j.meatsci.2004.09.008.
- Ruiz, F., Sayadi, S., Calatrava, J. (2011). **Goat systems of eastern Andalusia (Spain): Characterization and classification.** *Options Méditerranéennes. Séries A. Mediterranean Seminars.*, 100, 53-57.
- Ruiz, F. A., Navarro, L., Mena, Y., Gutierrez, R., Castel, J. M., Gonzalez, O. (2014). **Situación actual y perspectivas de futuro de los productos lácteos vinculados a la raza Payoya.** *Feagas*, 38, 103-108.
- Rulequest. (2016). **Www.Rulequest.Com/cubist-info.Html.** Accedido el 29/12/2016, 2016, en: www.rulequest.com/cubist-info.html
- Russell, C. G., Cox, D. N. (2004). **Understanding middle-aged consumers' perceptions of meat using repertory grid methodology.** *Food Quality and Preference*, 15(4), 317-329. doi: 10.1016/s0950-3293(03)00073-9.
- S.A.S. (2014). **Sas/stat 9.3 user's guide:** SAS Institute.
- Sanchez-Macias, D., Fresno, M., Moreno-Indias, I., Castro, N., Morales-de-la-Nuez, A., Alvarez, S., Arguello, A. (2010). **Physicochemical analysis of full-fat, reduced-fat, and low-fat artisan-style goat cheese.** *Journal of Dairy Science*, 93(9), 3950-3956. doi: 10.3168/jds.2010-3193.

- Sanchez-Macias, D., Moreno-Indias, I., Castro, N., Morales-Delanuez, A., Arguello, A. (2014). **From goat colostrum to milk: Physical, chemical, and immune evolution from partum to 90 days postpartum.** *Journal of Dairy Science*, 97(1), 10-16. doi: 10.3168/jds.2013-6811.
- Sánchez, M. (2008). **Las razas caprinas andaluzas de fomento: Malagueña, Murciano-Granadina y Florida.** En Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca (Ed.), *Las razas ganaderas de Andalucía. Patrimonio ganadero andaluz* (Vol. II, pp. 169-194). Sevilla, España: Servicio de Publicaciones y Divulgación de la Junta de Andalucía.
- Sánchez, M., Gómez, A., Mata, C., Domenech, V., López, D., Romero, A., Cubero, S., Cabello, A. (2000). **Resultados productivos del rebaño experimental de raza Florida.** *Feagas*, 1(18), 105-107.
- Santa Cruz, M. J., Martínez, C., Varela, P. (2005). **Principios básicos de análisis sensorial.** En G. Hough y S. Fiszman (Eds.), *Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos* (pp. 111). Madrid: CYTED.
- Santos, V. A. C., Silva, A. O., Cardoso, J. V. F., Silvestre, A. J. D., Silva, S. R., Martins, C., Azevedo, J. M. T. (2007). **Genotype and sex effects on carcass and meat quality of suckling kids protected by the PCI "Cabrito de Barroso".** *Meat Science*, 75(4), 725-736. doi: 10.1016/j.meatsci.2006.10.003.
- Santos, V. A. C., Silva, S. R., Azevedo, J. M. T. (2008). **Carcass composition and meat quality of equally mature kids and lambs.** *Journal of Animal Science*, 86(8), 1943-1950. doi: 10.2527/jas.2007-0780.
- Sanz-Sampelayo, M., Fernández, J., Ramos, E., Hermoso, R., Extremera, F. G., Boza, J. (2006). **Effect of providing a polyunsaturated fatty acid-rich protected fat to lactating goats on growth and body composition of suckling goat kids.** *Animal Science*, 82(3), 337-344. doi: 10.1079/ASC200646.
- Sanz-Sampelayo, M. R. (1994). **La calidad nutritiva de la carne de corderos y cabritos.** *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, 7, 51-64.
- Sañudo, C., Campo, M. M., Muela, E., Olleta, J. L., Delfa, R., Jiménez-Badillo, R., Alcalde, M. J., Horcada, A., Oliveira, I., Cilla, I. (2012). **Carcass characteristics and**

- instrumental meat quality of suckling kids and lambs.** *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(3), 690. doi: 10.5424/sjar/2012103-670-11.
- Sañudo, C., Sanchez, A., Alfonso, M. (1998). **Small ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality.** *Meat Science*, 49, S29-S64. doi: 10.1016/S0309-1740(98)90037-7.
- Sayadi, S., Calatrava, J. (2006). **Small ruminants projects in leader-proder european rural development programs in the south of Spain: A survey analysis.** *Publication-European Association form Animal Production*, 119, 307.
- Scollan, N., Hocquette, J. F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., Moloney, A. (2006). **Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality.** *Meat Science*, 74(1), 17-33. doi: 10.1016/j.meatsci.2006.05.002.
- Scollan, N. D., Richardson, I., Moloney, A. P. (2005). **Effect of beef systems on meat composition and quality.** Presentado en 18th annual Langford food industry conference, 1-5. Bristol, Reino Unido.
- Scott Blair, G. (1976). **Rheology and texture in food quality.** *JM deMan, PW Vbisey, VF Rasper, DW Stanley, eds*, 1-7.
- Scheffler, T. L., Park, S., Gerrard, D. E. (2011). **Lessons to learn about postmortem metabolism using the ampkgamma3(r200q) mutation in the pig.** *Meat Science*, 89(3), 244-250. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.04.030.
- Scholl, N., Mulders, S., Drent, R. (2002). **On-line qualitative market research: Interviewing the world at a fingertip.** *Qualitative Market Research: An International Journal*, 5(3), 210-223. doi: 10.1108/13522750210697596.
- Schweinzer, V., Iwersen, M., Drillich, M., Wittek, T., Tichy, A., Mueller, A., Krametter-Froetscher, R. (2017). **Macromineral and trace element supply in sheep and goats in Austria.** *Veterinarni Medicina*, 62(2), 62-73. doi: 10.17221/243/2015-vetmed.
- SEOC. (2013). **Informe de la sociedad española de ovinotecnia y caprinotecnia del sector ovino y caprino en españa: Año 2012** Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (Ed.) (pp. 249). Disponible en http://seoc.eu/wp-content/uploads/2016/06/seoc_informe_ovino_caprino_2012.pdf

- Serra, A., Mele, M., La Comba, F., Conte, G., Buccioni, A., Secchiari, P. (2009). **Conjugated linoleic acid (CLA) content of meat from three muscles of massese suckling lambs slaughtered at different weights.** *Meat Science*, 81(2), 396-404. doi: 10.1016/j.meatsci.2008.09.001.
- Serrano, M., Díez de Tejada, P., Hernández, D., Jurado, J. J. (2001). **La Cabra del Guadarrama: Una raza en expansión.** *Mundo Ganadero*, 133, 27-30.
- Shackelford, S. D., Morgan, J. B., Cross, H. R., Savell, J. W. (1991). **Identificación of threshold levels for Warner-Bratzler shear force in beef top loin steaks.** *Journal of Muscle Foods*, 2(4), 289-296. doi: 10.1111/j.1745-4573.1991.tb00461.x.
- Shahidi, F. (1998). **Flavour of muscle foods: An overview.** En F. Shahidi (Ed.), *Flavor of meat, meat products and seafoods. Blackie academic and professional, london* (pp. 1-14). Suffolk, REino Unido: Blackie Academic and Professional.
- Shrestha, J. N. B., Fahmy, M. H. (2007). **Breeding goats for meat production 2. Crossbreeding and formation of composite population.** *Small Ruminant Research*, 67(2-3), 93-112. doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.10.018.
- Smulders, F., Marsh, B., Swartz, D., Russell, R., Hoenecke, M. (1990). **Beef tenderness and sarcomere length.** *Meat Science*, 28(4), 349-363. doi: 10.1016/0309-1740(90)90048-B.
- Srinivasan, K., Moorjani, M. (1974). **Essential amino acid content of goat meat in comparison with other meats.** *Journal of Food Science and Technology, India*, 11(3), 123-124.
- Steenkamp, J. B. E. M. (1997). **Dynamics in consumer behaviour with respect to agricultural and food products.** En B. Wierenga, A. van Tilburg, K. Grunert, J.-B. E. M. Steenkamp y M. Wedel (Eds.), *Agricultural marketing and consumer behaviour in a changing world* (pp. 143-188): Kluwer Academic Publishers.
- Stokes, M., Fairchild, M. D., Berns, R. S. (1992). **Precision requirements for digital color reproduction.** *Acm Transactions on Graphics*, 11(4), 406-422. doi: 10.1145/146443.146482.
- Swatland, H. J. (2004). **Progress in understanding the paleness of meat with a low pH.** *South African Journal of Animal Science*, 34, 1-7. doi: 10.4314/sajas.v34i6.3816.
- Swatland, H. J. (2012). **Optical properties of meat.** Presentado en Proceedings of the 65th Reciprocal Meat Conference, 1-7.

- Szczesniak, A. S. (1963). **Classification of textural characteristics.** *Journal of Food Science*, 28(4), 385-389. doi: 10.1111/j.1365-2621.1963.tb00215.x.
- Takahashi, K. (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. doi: 10.1016/0309-1740(96)00056-3.
- Tapp III, W. N., Yancey, J. W. S., Apple, J. K. (2011). **How is the instrumental color of meat measured?** *Meat Science*, 89(1), 1-5. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.11.021.
- Teixeira, A. (2016). **Marcas de calidad de carne de ovino y caprino ¿un hecho o una ficción?** *Archivos de Zootecnia*, 65(251), 303-308.
- Teixeira, A., Jimenez-Badillo, M. R., Rodriguez, S. (2011). **Effect of sex and carcass weight on carcass traits and meat quality in goat kids of cabrito Transmontano.** *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(3), 753-760. doi: 10.5424/sjar/20110903-248-10.
- Tejón, D., Delgado, R., García, O., De la Fuente, J. (1996). **Caracterización de las explotaciones de la raza caprina del Guadarrama en la Comunidad de Madrid.** *Feagas*, 9, 30-39.
- Thompson, J. (2002). **Managing meat tenderness.** *Meat Science*, 62(3), 295-308. doi: 10.1016/S0309-1740(02)00126-2.
- Todaro, M., Corrao, A., Alicata, M. L., Schinelli, R., Giaccone, P., Priolo, A. (2004). **Effects of litter size and sex on meat quality traits of kid meat.** *Small Ruminant Research*, 54(3), 191-196. doi: 10.1016/j.smallrumres.2003.11.011.
- Todaro, M., Corrao, A., Barone, C. M. A., Schinelli, R., Occidente, M., Giaccone, P. (2002). **The influence of age at slaughter and litter size on some quality traits of kid meat.** *Small Ruminant Research*, 44(1), 75-80. doi: Pii S0921-4488(02)00035-4.
- Toplu, H. D. O., Goksoy, E. O., Nazligul, A., Kahraman, T. (2013). **Meat quality characteristics of turkish indigenous hair goat kids reared under traditional extensive production system: Effects of slaughter age and gender.** *Tropical animal health and production*, 45(6), 1297-1304. doi: 10.1007/s11250-013-0360-0.
- Tornberg, E. (1996). **Biophysical aspects of meat tenderness.** *Meat Science*, 43, 175-191. doi: 10.1016/0309-1740(96)00064-2.

- Torres, A., Hernandez-Castellano, L. E., Morales-delaNuez, A., Sanchez-Macias, D., Moreno-Indias, I., Castro, N., Capote, J., Arguello, A. (2014). **Short-term effects of milking frequency on milk yield, milk composition, somatic cell count and milk protein profile in dairy goats.** *J Dairy Res*, 81(3), 275-279. doi: 10.1017/S0022029914000211.
- 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(1), 85-91. doi: 10.1016/S0309-1740(02)00165-1.
- Totland, G. K., Kryvi, H. (1991). **Distribution patterns of muscle fibre types in major muscles of the bull (*bos taurus*).** *Anatomy and embryology*, 184(5), 441-450. doi: 10.1007/BF01236050.
- Tschirhart-Hoelscher, T. E., Baird, B. E., King, D. A., McKenna, D. R., Savell, J. W. (2006). **Physical, chemical, and histological characteristics of 18 lamb muscles.** *Meat Science*, 73(1), 48-54. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.10.015.
- Tsiplakou, E., Papadomichelakis, G., Sparaggis, D., Sotirakoglou, K., Georgiadou, M., Zervas, G. (2016). **The effect of maternal or artificial milk, age and sex on three muscles fatty acid profile of Damascus breed goat kids.** *Livestock Science*, 188, 142-152. doi: 10.1016/j.livsci.2016.04.014.
- U.E. (2006). Reglamento (CE) N° 510/2006 del consejo de 20 de marzo de 2006 sobre la protección de las indicaciones geográficas y de las denominaciones de origen de los productos agrícolas y alimenticios, Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L93/12-L93/24.
- U.E. (2009). Reglamento (CE) N° 1099/2009 del consejo de 24 de septiembre de 2009 relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L303/1-L303/30
- U.E. (2010). Directiva 95/46/CE del parlamento europeo y del consejo de 24 de octubre de 1995 relativa a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de esos datos. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 31-50.

- U.E. (2010). Directive 2010/63/EU of the european parliament and of the council of 22 september 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L276/33-L276/79.
- Vacca, G., Dettori, M., Paschino, P., Manca, F., Puggioni, O., Pazzola, M. (2014). **Productive traits and carcass characteristics of Sarda suckling kids.** *Large Animal Review*, 20(4), 169-173.
- Valvo, M. A., Lanza, M., Bella, M., Fasone, V., Scerra, M., Biondi, L., Priolo, A. (2005). **Effect of ewe feeding system (grass v. Concentrate) on intramuscular fatty acids of lambs raised exclusively on maternal milk.** *Animal Science*, 81, 431-436. doi: 10.1079/ASC50480431.
- Van Laack, R., Kauffman, R., Greaser, M. (2001). **Determinants of ultimate ph of meat.** Presentado en International congress of meat science and technology, 22-27.
- Van Niekerk, W., Casey, N. (1988). **The boer goat. li. Growth, nutrient requirements, carcass and meat quality.** *Small Ruminant Research*, 1(4), 355-368. doi: 10.1016/0921-4488(88)90061-2.
- Van Soest, P. (1994). **Function of the ruminant forestomach.** *Nutritional ecology of the ruminant*, 230-252.
- Vasta, V., D'Alessandro, A. G., Priolo, A., Petrotos, K., Martemucci, G. (2012). **Volatile compound profile of ewe's milk and meat of their suckling lambs in relation to pasture vs. Indoor feeding system.** *Small Ruminant Research*, 105(1-3), 16-21. doi: 10.1016/j.smallrumres.2012.02.010.
- Verbeke, W., Pérez-Cueto, F. J. A., Barcellos, M. D. d., Krystallis, A., Grunert, K. G. (2010). **European citizen and consumer attitudes and preferences regarding beef and pork.** *Meat Science*, 84(2), 284-292. doi: 10.1016/j.meatsci.2009.05.001.
- Verbeke, W., Vackier, I. (2004). **Profile and effects of consumer involvement in fresh meat.** *Meat Science*, 67(1), 159-168. doi: 10.1016/j.meatsci.2003.09.017.
- Vieira, C., Fernandez-Diez, A., Mateo, J., Bodas, R., Soto, S., Manso, T. (2012). **Effects of addition of different vegetable oils to lactating dairy ewes' diet on meat quality characteristics of suckling lambs reared on the ewes' milk.** *Meat Science*, 91(3), 277-283. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.02.003.
- Vlaeminck, B., Fievez, V., Cabrita, A. R. J., Fonseca, A. J. M., Dewhurst, R. J. (2006). **Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review.** *Animal*

- Feed Science and Technology*, 131(3-4), 389-417. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.06.017.
- Warner, R. D., Kearney, G., Hopkins, D. L., Jacob, R. H. (2017). **Retail colour stability of lamb meat is influenced by breed type, muscle, packaging and iron concentration.** *Meat Science*, 129, 28-37. doi: 10.1016/j.meatsci.2017.01.008.
- Warris, P. (2000). *Meat science. An introductory text.* New York, EEUU.: CABI Publishing.
- Watanabe, A., Daly, C., Devine, C. (1996). **The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing.** *Meat Science*, 42(1), 67-78. doi: 10.1016/0309-1740(95)00012-7.
- Watkins, P. J., Kearney, G., Rose, G., Allen, D., Ball, A. J., Pethick, D. W., Warner, R. D. (2014). **Effect of branched-chain fatty acids, 3-methylindole and 4-methylphenol on consumer sensory scores of grilled lamb meat.** *Meat Science*, 96(2 Pt B), 1088-1094. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.08.011.
- Webb, E. C., Casey, N. H., Simela, L. (2005). **Goat meat quality.** *Small Ruminant Research*, 60(1-2), 153-166. doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.06.009.
- Weber, H., Meyer, K. (1933). **Colloidal behavior of muscle proteins. V. Quantitative relationship between muscle proteins and its significance for the structure of striated rabbit muscle.** *Biochem. Z.*, 266, 137.
- Wee, M. S. M., Goh, A. T., Stieger, M., Forde, C. G. (2018). **Correlation of instrumental texture properties from textural profile analysis (tpa) with eating behaviours and macronutrient composition for a wide range of solid foods.** *Food & Function*, 9(10), 5301-5312. doi: 10.1039/c8fo00791h.
- Wilches, D., Rovira, J., Jaime, I., Palacios, C., Luruena-Martinez, M. A., Vivar-Quintana, A. M., Revilla, I. (2011). **Evaluation of the effect of a maternal rearing system on the odour profile of meat from suckling lamb.** *Meat Science*, 88(3), 415-423. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.01.020.
- Williamson, C., Foster, R., Stanner, S., Buttriss, J. (2005). **Red meat in the diet.** *Nutrition Bulletin*, 30(4), 323-355. doi: 10.1111/j.1467-3010.2005.00525.x.
- Wittek, T. (2002). **Influence of feeding of whole goat milk or of goat milk replacer on parameters of mineral metabolism in goat kids.** *Tierärztliche Praxis Ausgabe Grosstiere Nutztiere*, 30(2), 84-88.

- Woo, A., Lindsay, R. (1984). **Concentrations of major free fatty acids and flavor development in italian cheese varieties.** *Journal of Dairy Science*, 67(5), 960-968. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(84)81394-6.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hughes, S. I., Whittington, F. M. (2008). **Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review.** *Meat Science*, 78(4), 343-358. doi: 10.1016/j.meatsci.2007.07.019.
- 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(1), 21-32. doi: 10.1016/s0309-1740(03)00022-6.
- Wyszecki, G., Stiles, W. S. (1982). **Colour science: Concepts and methods, quantitative data and formulae** (2nd ed.). New York, EEUU: John Wiley & Sons.
- Yakan, A., Ates, C. T., Alasahan, S., Odabasioglu, F., Unal, N., Ozturk, O. H., Gungor, O. F., Ozbeyaz, C. (2016). **Damascus kids' slaughter, carcass and meat quality traits in different production systems using antioxidant supplementation.** *Small Ruminant Research*, 136, 43-53. doi: 10.1016/j.smallrumres.2016.01.002.
- Yalcintan, H., Akin, P. D., Ozturk, N., Ekiz, B., Kocak, O., Yilmaz, A. (2018a). **Carcass and meat quality traits of Saanen goat kids reared under natural and artificial systems and slaughtered at different ages.** *Acta Veterinaria Brno*, 87(3), 293-300.
- Yalcintan, H., Ekiz, B., Ozcan, M. (2018b). **Comparison of meat quality characteristics and fatty acid composition of finished goat kids from indigenous and dairy breeds.** *Tropical animal health and production*, 50(6), 1261-1269. doi: 10.1007/s11250-018-1553-3.
- Yancey, J. W. S., Kropf, D. H. (2008). **Instrumental reflectance values of fresh pork are dependant on aperture size.** *Meat Science*, 79(4), 734-739. doi: 10.1016/j.meatsci.2007.11.006.
- Yang, Z., Liu, S., Chen, X., Chen, H., Huang, M., Zheng, J. (2000). **Induction of apoptotic cell death and in vivo growth inhibition of human cancer cells by a saturated branched-chain fatty acid, 13-methyltetradecanoic acid.** *Cancer Research*, 60(3), 505-509.
- Yeom, K.-H., Van Trierum, G., Hovenier, R., Schellingerhout, A., Lee, K.-W., Beynen, A. (2002). **Fatty acid composition of adipose tissue in goat kids fed milk replacers**

- with different contents of α -linolenic and linoleic acid.** *Small Ruminant Research*, 43(1), 15-22. doi: 10.1016/S0921-4488(01)00244-9.
- Yeom, K.-H., Van Trierum, G., Lee, K.-W., Beynen, A. (2003). **Influence of feeding a milk replacer deficient in α -linolenic acid on fatty acid composition of various tissues in goat kids.** *Small Ruminant Research*, 48(2), 141-148. doi: 10.1016/S0921-4488(03)00004-X.
- Young, O., Berdagué, J.-L., Viallon, C., Rousset-Akrim, S., Theriez, M. (1997). **Fat-borne volatiles and sheepmeat odour.** *Meat Science*, 45(2), 183-200. doi: 10.1016/S0309-1740(96)00100-3Get.
- Young, O., Reid, D., Scales, G. (1993). **Effect of breed and ultimate pH on the odour and flavour of sheep meat.** *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 36(3), 363-370. doi: 10.1080/00288233.1993.10417733.
- Young, O. A., Braggins, T. J. (1998). **Sheepmeat odour and flavour.** En F. Shahidi (Ed.), *Flavor of meat, meat products and seafoods.* Blackie academic and professional, london (pp. 101-130). Suffolk, Reino Unido: Blackie Academic and Professional.
- Zervas, G., Tsiplakou, E. (2011). **The effect of feeding systems on the characteristics of products from small ruminants.** *Small Ruminant Research*, 101(1-3), 140-149. doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.09.034.
- Zhan, X. A., Wang, M., Zhao, R. Q., Li, W. F., Xu, Z. R. (2007). **Effects of different selenium source on selenium distribution, loin quality and antioxidant status in finishing pigs.** *Animal Feed Science and Technology*, 132(3-4), 202-211. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.03.020.
- Zurita-Herrera, P., Delgado Bermejo, J. V., Argüello Henríquez, A., Camacho Vallejo, M. E., Germano Costa, R. (2015). **Improvement of fatty acid profiles in kid meat from Murciano-Granadina goats under semi-arid environment.** *Journal of Applied Animal Research*, 43(1), 97-103. doi: 10.1080/09712119.2014.928216.
- Zurita-Herrera, P., Delgado, J. V., Argüello, A., Camacho, M. E., Germano, R. (2011). **Effects of extensive system versus semi-intensive and intensive systems on growth and carcass quality of dairy kids.** *Revista Brasileira de zootecnia*, 40(11), 2613-2620. doi: 10.1590/s1516-35982011001100045.
- Zurita-Herrera, P., Delgado, J. V., Argüello, A., Camacho, M. E., Germano, R. (2013). **Effects of three management systems on meat quality of dairy breed goat kids.**

Journal of Applied Animal Research, 41(2), 173-182. doi:
10.1080/09712119.2012.739564.

CONGRESOS

-
- Ripoll, G., Córdoba, M.G., Alcalde, M.J., Martín, A., Argüello, A., Casquete, R., Panea, B. **2018**. Efecto del uso de lactoreemplazantes sobre los compuestos volátiles de la carne de cabrito lechal de ocho razas españolas. XLIII Congreso Nacional y XIX Congreso Internacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Zaragoza, España. 19-21 de septiembre de 2018. Publicado en: XLIII Congreso Nacional y XIX Congreso Internacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, pp. 485-489.
- Ripoll G., Panea, B., Argüello, A., Córdoba, M.G., Alcalde, M.J. **2017**. Estudio de la influencia del color de los músculos de la pierna en la apreciación visual del consumidor mediante un algoritmo de aprendizaje automático. International Goat Association-VII foro nacional de caprino. Carmona, España. 11-12 de mayo de 2017.
- Panea, B., Ripoll, G., Albertí, P., Argüello, A., Alcalde, M.J. **2017**. Apreciación visual de la carne de cabrito por parte de los consumidores e intención de compra: Efecto del sistema de lactancia y tiempo de exposición al oxígeno. XLII Congreso Nacional y XVIII Congreso Internacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Salamanca, España. 20-22 de septiembre de 2017. Publicado en: XLII Congreso Nacional y XVIII Congreso Internacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, pp. 237-241
- Panea, B., Ripoll, G., Albertí, P., Argüello, A., Alcalde, M.J. **2016**. Efecto del sistema de lactancia sobre las características de la canal de cabritos de 10 razas españolas. XLI Congreso Nacional y XVII Congreso Internacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Talavera de la Reina, España. 14-16 septiembre de 2016. Publicado en: XLI Congreso Nacional y XVII Congreso Internacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, pp. 186-190.
- Panea, B., Ripoll, G., Albertí, P., Álvarez, P., Córdoba, M.G., Argüello, A., Alcalde, M.J. **2015**. Efecto de la raza y el sistema de lactancia sobre el color de la carne de cabritos de 5 razas españolas. XVI Jornadas sobre Producción animal de AIDA. Zaragoza, España. 19-20 de mayo de 2015. Publicado en: XVI Jornadas sobre Producción animal de AIDA, pp. 624-626. Álvarez-Rodríguez, J, Panea, B., Calvo, J.H., Blanco, M., Abecia, A., Villalba, D. and Latorre, M. A. (Eds).

Panea, B., Ripoll, G., Albertí, P., Córdoba, M.G., Argüello, A., Alcalde, M.J. **2015**. Efecto de la raza y el sistema de lactancia sobre la calidad de la canal de cabritos de 5 razas españolas. XVI Jornadas sobre Producción animal de AIDA. Zaragoza, España. 19-20 de mayo de 2015. Publicado en: XVI Jornadas sobre Producción animal de AIDA, pp. 627-629. Álvarez-Rodríguez, J, Panea, B., Calvo, J.H., Blanco, M., Abecia, A., Villalba, D. and Latorre, M. A. (Eds).

Panea, B., Ripoll, G., Albertí, P., Córdoba, M.G., Alcalde, M.J. **2015**. Influencia del sistema de lactancia sobre la valoración sensorial de la carne de cabrito: Opinión de los consumidores. XXL congreso nacional y XVI congreso internacional SEOC. Castellón de la Plana, España. 16-18 de septiembre de 2015. Publicado en: Libro de actas de SEOC, pp. 248-253.

Panea, B., Ripoll, G., Albertí, P., Álvarez, R., Córdoba, M.G., Argüello, A., Alcalde, M.J. **2015**. Efecto de la raza y el sistema de lactancia sobre el pH y la textura de la carne de cabritos de 5 razas españolas. VIII Congreso CYTA/CESIA. Badajoz (España). 7-10 de abril de 2015. Publicado en: Libro de ponencias y comunicaciones del VII Congreso CYTA/CESIA ISBN: 978-84-606-6881-7.

Ripoll, G., Albertí, P., Argüello, A., Alcalde, M.J. Panea, B. **2014**. Efecto del sistema de lactancia sobre la calidad de la canal y de la carne de la Cabra de Guadarrama. XXXIX Jornadas Científicas y XV Jornadas Internacionales de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC). Ourense (España). 17-19 de septiembre de 2014. Publicado en: Actas del congreso, pp. 255-261.

PUBLICACIONES

Calidad instrumental de la carne de cabrito lechal. Revisión bibliográfica.

G. Ripoll,^{1,2*} M.J. Alcalde,³ y B. Panea^{1,2}

¹Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 – (CITA-Universidad de Zaragoza). C/ Miguel Servet, 177, 50013, España.

² Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avda. Montañana, 930. 50.059 Zaragoza, España.

³Universidad de Sevilla. 41.013 Crta. Utrera, Sevilla, España.

doi: 10.12706/itea.2020.016



Resumen

El ganado caprino es de gran importancia en España, tanto por censo como por su repercusión en la Producción Final Ganadera. Esta revisión bibliográfica se ha realizado de manera sistemática con los estudios encontrados en revistas científicas sobre cabrito lechal con un peso vivo de menos de 13 kg y alimentado exclusivamente con leche. El peso de la canal de estos cabritos se distribuye en dos grandes grupos, con pesos por encima y por debajo de 5 kg. A ambos pesos de canal, la carne de cabrito lechal se confirma como una fuente de proteína baja en grasa. No se puede concluir que exista una relación lineal del sistema de lactancia o del peso canal con el pH. La carne de cabritos alimentados con leche natural tiene un índice de amarillo más alto que los de la carne de cabritos alimentados con lactorreemplazantes. No se apreció una influencia marcada del peso de la canal ni del sistema de lactación en la dureza, que tuvo un valor medio fue de 35 N. En líneas generales, la carne de canales de más de 5 kg tuvo menor porcentaje de ácidos grasos saturados y mayor de insaturados, y una ratio n-6/n-3 mayor que la de carne

* Corresponding author: Guillermo Ripoll; email: gripoll@aragon.es. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Avda. Montañana, 930, 50059, Zaragoza, Spain. Tel.: +34 976 716 452, Fax:+34 976 716 335

Article

Influence of the Use of Milk Replacers and pH on the Texture Profiles of Raw and Cooked Meat of Suckling Kids

Guillermo Ripoll ^{1,2,*} , María J. Alcalde ³ , María G. Córdoba ⁴, Rocío Casquete ⁴, Anastasio Argüello ⁵, Santiago Ruiz-Moyano ⁴ and Begoña Panea ^{1,2} 

¹ Instituto Agroalimentario de Aragón, IA2, CITA-Universidad de Zaragoza, C/Miguel Servet, 177, 50013 Zaragoza, Spain; bpaneaa@aragon.es

² Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, Avda. Montañana, 930, 50059 Zaragoza, Spain

³ Department of Agroforestry Science. Universidad de Sevilla. Crta. Utrera, 41013 Sevilla, Spain; aldea@us.es

⁴ Instituto Universitario de Investigación de Recursos Agrarios (INURA), Nutrición y Bromatología, Escuela de Ingeniería Agrarias, Universidad de Extremadura, Avda. Adolfo Suarez s/n, 06007 Badajoz, Spain; mdeguia@unex.es (M.G.C.); rociocp@unex.es (R.C.); srmsh@unex.es (S.R.-M.)

⁵ Department of Animal Pathology, Animal Production and Science and Technology of Foods, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35416 Las Palmas, Spain; tacho@ulpgc.es

* Correspondence: gripoll@aragon.es; Tel.: +34-976-716-452

Received: 31 October 2019; Accepted: 14 November 2019; Published: 19 November 2019



Abstract: The aim of this work was to study the texture profile of fresh and cooked *longissimus thoracis et lumborum* muscle from suckling kids raised with natural milk or milk replacers. Suckling male kids from eight goat breeds (Florida, FL; Cabra del Guadarrama, GU; Majorera, MA; Palmera, PL; Payoya, PY; Retinta, RE; Tinerfeña, TI; Verata, VE), all of single parturition, were raised with milk replacers (MR) or with natural milk from the dams (NM). The meat pH, Warner-Bratzler shear force, texture profile analysis and chemical composition were determined. Kids were clustered based on their pH by k-means clustering. The effect of the rearing system on the textural profile was strongly modulated by breed. The values of Warner-Bratzler shear force and hardness found in these breeds under both rearing systems were very low. Hence, the toughness of very light suckling kids should not be a determining factor in choosing a breed or rearing system. Nevertheless, the use of milk replacers increased the presence of meat with high pH, which modified the textural parameters, decreasing the shear force but increasing cohesiveness and adhesiveness. Consequently, depending on the commercial strategy of the farm, the election of the breed and rearing system must be considered together.

Keywords: rearing system; stress; DFD; TPA; hardness; toughness; shear force; Warner-Bratzler

1. Introduction

Approximately 4.7 million head of goats and kids were slaughtered within the European Union in 2017 [1]). Meat from goats is considered healthy because it is low in calories and fat [2]. However, Mediterranean goat farms are mainly focused on production of cheese and milk products because they have higher prices than cow milk [3–5]. When kid goats are reared with their dams, the availability of milk for cheese production is decreased, and the quality of milk may change. Although most of the incomes per goat on the dairy farm come from the sale of milk, 20% of the total income comes from the sale of kids [6]. These kids are weaned very early and reared with milk replacers. Milk replacers specifically formulated for kids result in good daily weight gain. The kids are mostly slaughtered at a

Effect of the rearing system on the color of four muscles of suckling kids

Guillermo Ripoll^{1,2}  | María Jesús Alcalde³ | Anastasio Argüello⁴ |
María de Guía Córdoba⁵ | Begoña Panea^{1,2}

¹Instituto Agroalimentario de Aragón—IA2—(CITA-Universidad de Zaragoza), Zaragoza, Spain

²Animal Production and Health Unit, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, Zaragoza, Spain

³Department of Agroforestry Science, Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain

⁴Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, Spain

⁵Department of Food and Nutrition, Instituto Universitario de Investigación de Recursos Agrarios (INURA), Escuela de Ingeniería Agrarias, Universidad de Extremadura, Badajoz, Spain

Correspondence

Guillermo Ripoll, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza, Spain.
Email: gripoll@aragon.es

Funding information

INIA, Grant/Award Number: RTA2012-0023-C03; CYTED Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Grant/Award Number: 116RT0503

Abstract

Most suckling kids are raised on farms for cheese production, and many goat farmers rear kids with milk replacers. The aim of this work was to study the influence of the use of milk replacers on the color of four muscles. A total of 246 suckling kids of eight breeds were slaughtered to achieve carcasses of 5 kg. The color of the *biceps femoris*, *semimembranosus*, *semitendinosus*, and *longissimus thoracis* muscles was measured with a spectrophotometer, and CIELab coordinates were registered. In addition, the pH of *longissimus thoracis* was measured. The effect of the rearing system (RS) on the color of the studied muscles is strongly modulated by breed. In general terms, there are two groups of kids according to the color of meat. The first group has great lightness and hue angle including Malagueña, Palmera, and Tinerfeña fed natural and artificial milk. The second group with great redness includes Retinta, Payoya, and Verata fed natural and artificial milk together with Florida fed natural milk and Cabra del Guadarrama fed milk replacers. Hence, farms should consider selecting a breed and RS together. Most of the kid meat with high pH comes from kids raised on milk replacers. Because artificial RSs use very early weaning, which might induce a high pH and dark meat, two artificial rearing strategies can be proposed. The first strategy is to choose less sensitive breeds that produce meat with a normal pH. The second strategy is to restrict suckling of natural milk but minimize separation from the mother.

KEYWORDS

biceps femoris, chop, milk replacer, semimembranosus, semitendinosus

1 | INTRODUCTION

Spain produces 10.9% of kid meat in the European Union, and 80% of this kid meat originates from the light suckling kid category (*cabrito*) (MAPAMA, 2016). Goat milk is a valuable product. Therefore, some goat farmers remove kids from their dams at a very young age and rear them with milk replacers to produce cheese

from the mother's milk. When kid goats are reared with their dams, the quantity and quality of milk available for cheese production may change. Hence, milk from Florida, with no suckling kids, has more fat, protein, and nonfat dry extract than milk from dams' suckling kids (Delgado-Pertíñez, Guzmán-Guerrero, Mena, et al., 2009), although other breeds only show a tendency to increase fat and protein in milk from dams with no suckling kids (Delgado-Pertíñez,

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© 2019 The Authors. *Food Science & Nutrition* published by Wiley Periodicals, Inc.

Article

Effect of Rearing System on the Straight and Branched Fatty Acids of Goat Milk and Meat of Suckling Kids

Guillermo Ripoll ^{1,2,*}, María Jesús Alcalde ³, Anastasio Argüello ⁴, María de Guía Córdoba ⁵
and Begoña Panea ^{1,2}

¹ Instituto Agroalimentario de Aragón–IA2–(CITA-Universidad de Zaragoza), C/Miguel Servet, 177, 50013 Zaragoza, Spain; bpaneaa@aragon.es

² Animal Production and Health Department, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, Avda. Montañana, 930, 50059 Zaragoza, Spain

³ Department of Agroforestry Science, Universidad de Sevilla, Crta. Utrera, 41013 Sevilla, Spain; aldea@us.es

⁴ Department of Animal Pathology, Animal Production and Science and Technology of Foods, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35416 Las Palmas, Spain; tacho@ulpgc.es

⁵ Nutrición y Bromatología, Instituto Universitario de Investigación de Recursos Agrarios (INURA), Nutrición y Bromatología, Escuela de Ingeniería Agrarias, Universidad de Extremadura, Avda. Adolfo Suarez s/n, 06007 Badajoz, Spain; mdeguia@unex.es

* Correspondence: gripoll@aragon.es; Tel.: +34-976-716-452

Received: 26 February 2020; Accepted: 8 April 2020; Published: 9 April 2020



Abstract: Goat meat is considered healthy because it has fewer calories and fat than meat from other traditional meat species. It is also rich in branched chain fatty acids that have health advantages when consumed. We studied the effects of maternal milk and milk replacers fed to suckling kids of four breeds on the straight and branched fatty acid compositions of their muscle. In addition, the proximal and fatty acid compositions of colostrum and milk were studied. Goat colostrum had more protein and fat and less lactose than milk. Goat milk is an important source of healthy fatty acids such as C18:1 c9 and C18:2 n–6. Suckling kid meat was also an important source of C18:1c9. Dairy goat breeds had higher percentages of *trans* monounsaturated fatty acids (MUFAs) and most of the C18:1 isomers but lower amounts of total MUFAs than meat breeds. However, these dairy kids had meat with a lower percentage of conjugated linoleic acid (CLA) than meat kids. The meat of kids fed natural milk had higher amounts of CLA and branched chain fatty acids (BCFAs) and lower amounts of n–6 fatty acids than kids fed milk replacers. Both milk and meat are a source of linoleic, α -linolenic, docosahexaenoic, eicosapentaenoic and arachidonic fatty acids, which are essential fatty acids and healthy long-chain fatty acids.

Keywords: goat; milk; BCFA; replacer; methyl; colostrum

1. Introduction

Approximately 119,000 tons of caprine meat were produced in Europe in 2017 [1]. However, Mediterranean goat farms are mainly focused on dairy production, including cheese and milk products, because they have higher prices than cow milk [2]. In addition, goat milk is also generating great interest for human consumption due to its nutritional advantages and lack of allergenicity compared to cow milk [3]. Accordingly, Europe produces 2,824,715 tons of goat milk, and 45% is produced in South Europe [1]. Although most income per goat on the dairy farm comes from the sale of milk, 20% of the total income comes from the sale of kids [4]. These kids are weaned very early and reared with milk replacers. These milk replacers are specifically formulated for kids, resulting in good daily weight gain. Moreover, this meat is perceived by consumers to be high-quality meat, with most kids being slaughtered at the very light carcass weight of 5–7 kg [5]. However, some farmers, especially those

Volatile organic compounds and consumer preference for meat from suckling goat kids raised with natural or replacers milk

Guillermo Ripoll^{a,b} , María de Guía Córdoba^c , María Jesús Alcalde^d , Alberto Martín^c , Anastasio Argüello^e, Rocío Casquete^c and Begoña Panea^{a,b} 

^aUnidad de Producción y Sanidad Animal, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, Zaragoza, Spain;

^bInstituto Agroalimentario de Aragón – IA2 – (CITA-Universidad de Zaragoza), Zaragoza, Spain; ^cInstituto Universitario de Investigación en Recursos Agrarios, University of Extremadura, Badajoz, Spain; ^dDepartamento de Ciencias Agroforestales, University of Sevilla, Crta. Utrera, Sevilla, Spain; ^eDepartamento de Producción Animal, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, Spain

ABSTRACT

Most of European Union goats are slaughtered with carcase weights between 5 kg and 11 kg. Some farmers rear kids with milk replacers to produce cheese with the dams' milk. The aim of this experiment was to study the volatile compounds (VOCs) of meat of suckling light kids reared with natural milk or milk replacers and to study the influence of consumers' psychographic characteristics on the sensory preference for meat. Gas chromatography-mass spectrometry was performed to identify the VOCs and consumers evaluated the flavour, juiciness and overall acceptability. Thirty-five VOCs were detected and 44.3%, 25.1%, 6.9% and 2.3%, were aldehydes, hydrocarbons, ketones and alcohols, respectively. The influence of the rearing system on VOCs clearly depended on the breed. The use of milk replacers did not affect the percentage of linear aldehydes compared to the use of natural milk. However, the major aldehyde, hexanal (34.8%), was related to the use of natural milk and correlated positively with both the flavour ($r = 0.21$) and overall acceptability ($r = 0.24$). On the other hand, hydrocarbons such as hexane were related to MR, and 2-methyl-pentane and 3-methyl pentane were correlated with the acceptability of flavour ($r = -0.22$ and -0.25 , respectively) and with the overall acceptability ($r = -0.21$ and -0.24). The 2-pentyl furan and 2-ethyl-1-hexanol were correlated with the overall acceptability ($r = -0.22$ and -0.22 , respectively). Therefore, the acceptability of meat from suckling kids fed natural milk was greater for older consumers and people with a moderate consumption of meat.

HIGHLIGHTS

- Goat farmers remove the kids from their dams at a very young age and rear them with milk replacers, but this practice may alter the flavour of meat.
- The major aldehyde, hexanal, was related to the use of natural milk and correlated positively with the flavour and overall acceptability.
- Acceptability of meat from suckling kids fed natural milk was greater for older consumers and people with a moderate consumption of meat.

ARTICLE HISTORY

Received 29 March 2019

Revised 24 June 2019

Accepted 15 July 2019



KEYWORDS

Food chemistry; goats; meat flavour; meat: sensory score; meat composition

Introduction

Spain has one of the largest goat populations in the European community, producing 20% of the milk goats and 10.9% of the kid meat in the European Union (MAPAMA 2016). In addition, suckling kid sales are 20% of the final income per goat of the dairy farm (Castel et al. 2012). Eighty per cent of this kid meat comes from the light suckling kid category (*cabrito*) (MAPAMA 2016). These light suckling kids have a live

weight of 10–11 kg and carcase weight of 5–7 kg, and are perceived by consumers to be high-quality meat (Marichal et al. 2003). In fact, 88% of European Union goats are raised and slaughtered as kids with carcase weights between 5 kg and 11 kg (Shrestha and Fahmy 2007). When kid goats are reared with their dams, the availability of milk for cheese production decreases. Therefore, some goat farmers remove the kids from their dams at a very young age and rear them with

CONTACT Dr Guillermo Ripoll  gripoll@aragon.es  Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Avda. Montañana, 930, Zaragoza 50059, Spain

© 2019 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Consumer visual appraisal and shelf life of leg chops from suckling kids raised with natural milk or milk replacer

Guillermo Ripoll,^{a*}  María J Alcalde,^b Anastasio Argüello,^c María G Córdoba^d and Begoña Panea^a

Abstract

BACKGROUND: The use of milk replacers to feed suckling kids could affect the shelf life and appearance of the meat. Leg chops were evaluated by consumers and the instrumental color was measured. A machine learning algorithm was used to relate them. The aim of this experiment was to study the shelf life of the meat of kids reared with dam's milk or milk replacers and to ascertain which illuminant and instrumental color variables are used by consumers as criteria to evaluate that visual appraisal.

RESULTS: Meat from kids reared with milk replacers was more valuable and had a longer shelf life than meat from kids reared with natural milk. Consumers used the color of the whole surface of the leg chop to assess the appearance of meat. Lightness and hue angle were the prime cues used to evaluate the appearance of meat.

CONCLUSION: Illuminant D65 was more useful for relating the visual appraisal with the instrumental color using a machine learning algorithm. The machine learning algorithms showed that the underlying rules used by consumers to evaluate the appearance of suckling kid meat are not at all linear and can be computationally schematized into a simple algorithm.

© 2017 Society of Chemical Industry

Keywords: rearing system; survival analysis; color; machine learning; muscles; appearance

INTRODUCTION

Goats are regarded worldwide as an important species owing to their contributions to the development of rural areas and communities.¹ Spain has one of the largest goat populations in Europe, producing 20% of the goat milk and 10.9% of the kid meat in the European Union.² In addition to this, the sale of suckling kids makes up 20% of the total income per goat on the dairy farm,³ and 80% of this kid meat originates from the suckling kid category (*cabrito*).⁴ These suckling kids have a live weight of 10–11 kg and a carcass weight of 5–7 kg and are perceived by consumers to be a high-quality meat.⁵ In fact, 88% of European Union goats are raised extensively and slaughtered as kids, with carcass weights of between 5 and 11 kg.⁶ When kid goats are reared with their dams, the availability of milk for cheese production is decreased. Therefore some goat farmers remove the kids from their dams at a very young age and rear them with milk replacers. Milk replacers specifically formulated for kids can result in good daily weight gain. However, some farmers are disinclined to use milk replacers because this type of rearing involves greater labor costs, although total costs are equal to or greater than those of natural suckling systems.^{7,8}

Meat color is an extremely important factor influencing consumer purchase decisions, as it is deemed a visual measure of freshness and quality⁹ and plays a major role in the purchase decision.^{10,11} In Mediterranean countries, some people believe that light-colored meat of lamb and goat comes from young animals. Spanish consumers in particular think that meat from suckling kids

and lambs has better sensory quality than meat from older animals and thus are willing to pay higher prices.¹² The meat color of young small ruminants is influenced by factors in the management system¹³ such as breed, age/weight at slaughter, pH and the use of milk replacers.¹⁴ In addition to the influence of milk replacer use on meat color, consumers' visual appraisal of kid meat quality is affected by the conditioning associated with their socio-demographic characteristics.¹⁵ Accordingly, a fresh appearance and light color in lamb were more highly valued by traditional consumers¹¹ and can determine purchase intention. However, in other species such as beef, the influence of demographic factors on acceptability is less important.¹⁶

In 1931, the Commission International de l'Éclairage (CIE) recommended the use of illuminant C. However, in current times, this

* Correspondence to: G Ripoll, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza, Spain. E-mail: gripoll@aragon.es

a Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza, Spain

b Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain

c Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, Spain

d Nutrición y Bromatología, Instituto Universitario de Investigación de Recursos Agrarios (INURA), Escuela de Ingeniería Agrarias, Universidad de Extremadura, Badajoz, Spain

Web-based survey of consumer preferences for the visual appearance of meat from suckling kids

Guillermo Ripoll^a , María J. Alcalde^b , Anastasio Argüello^c and Begoña Panea^a 

^aUnidad de Producción y Sanidad Animal. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 CITA, University of Zaragoza, Zaragoza, Spain; ^bDepartamento de Ciencias Agroforestales, University of Sevilla, Sevilla, Spain; ^cDepartamento de Producción Animal, University of Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, Spain

ABSTRACT

Most suckling kids are raised on farms oriented toward cheese production, and many goat farmers' rear kids with milk replacers. The aim of the current study was to investigate the consumer preferences for the visual appearance of meat from suckling kids reared with milk replacers or natural milk. Meat colour was the major criterion used to select meat. The meat of Cabra del Guadarrama reared with milk replacers was preferred by 72% of consumers and had a preferred lightness and hue angle. The rearing system did not influence preference through the time of display. Web-based surveys provided similar information to information recorded with live surveys using actual products instead of pictures. Meat colour appears to be a recurring intrinsic cue to assess consumer preference. In general, consumers preferred meat of light suckling kids reared on milk replacers because this meat had a high lightness and hue angle as well as a low chroma.

HIGHLIGHTS

- Meat colour was the major criterion used to choose meat.
- Rearing system did not influence consumer's preference through time of display.
- Consumers preferred meat with high lightness and hue angle, and low chroma.

ARTICLE HISTORY

Received 19 February 2019
Revised 30 May 2019
Accepted 25 July 2019



KEYWORDS


Rearing system; milk replacer; colour; visual appraisal; muscles; choice

Introduction

Consumer behaviour is complex and is determined by psychological, marketing and sensory factors, and visual appearance is one type of sensory factor (Font-i-Furnols and Guerrero 2014). The choice of meat at the point of purchase is determined by visual appearance characteristics, such as colour and marbling, because these intrinsic quality cues are highly related to expectations of meat quality (Banović et al. 2012). From these cues, the appearance of freshness and colour has been reported to be the most important (Bernués et al. 2012; Gracia and de Magistris 2013; Ripoll et al. 2018b). Meat colour is defined by the concentration and chemical state of the muscle pigment, which can be measured using the hue angle (h_{ab}) and chroma (C_{ab}^*) parameters of CIE $L^*a^*b^*$ (Renner 1982). There are some studies relating CIE $L^*a^*b^*$ colour to consumer preferences, but most are focussed on beef

or heavy lambs (Khlijji et al. 2010; Holman et al. 2016). However, consumer colour preferences are different when assessing red meat and light meat and consequently use different colour cues. Thus, consumers of heavy lambs preferred the reddest meat (Khlijji et al. 2010), while consumers of light lambs preferred pale meat (Bernués et al. 2012; Ripoll et al. 2018b). In beef, a^* provides the best prediction of the consumer acceptance of colour (Holman et al. 2016), while C_{ab}^* is an important indication of colour (Ripoll et al. 2012). Albertí et al. (2002) used an artificial intelligence algorithm to find a function yield a score beef from 1 (light pink meat) to 5 (dark red meat). The function found selected L^* and h_{ab} as the most explanatory variables. Also, Liu et al. (1996) recommend the use of h_{ab} because it is precise and easily understandable. The relationship between consumers visual appraisal and instrumental colour remains unclear. However, in

CONTACT Dr. Guillermo Ripoll  gripoll@aragon.es  Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Avda, Montañana 930, 50059 Zaragoza, Spain.

 Supplemental data for this article can be accessed [here](#).

© 2019 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.