



UNIVERSIDAD DE MURCIA

FACULTAD DE VETERINARIA

Estrategias Productivas y Alimentarias para
Mejorar la Calidad de la Canal y de la Carne de
Chato Murciano.

Dña. Sonia Mariella Auqui Silvera
2014

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas a quienes debo gratitud y deseo de todo corazón que el sentimiento que siento por cada uno de Ustedes, hoy plasmado en estas líneas, quede guardado en vuestros corazones.

El más profundo y eterno agradecimiento siempre será para ti, mi siempre Doctora María Dolores Garrido Fernández. Gracias por todo el apoyo brindado desde el primer momento en que escribí aquel email solicitándote una carta de invitación. Gracias por haber confiado en mí, por la paciencia y la dirección de este trabajo. Gracias por el cariño demostrado, por ser un ejemplo a seguir, extraordinaria persona y gran profesional.

Agradezco también a la Dra. María Belén Linares Padierna, mi segunda directora de tesis y amiga. Gracias por la paciencia, el apoyo y el ánimo que me brindaste para culminar este trabajo.

A los profesores y amigos María Belén López, José Laencina y Eduardo Ferrandini que con cada una de vuestras palabras de apoyo y muestras de cariño han participado en el desarrollo de este trabajo. Gracias también a mis queridos compañeros, mejor decir grandes amigos, que me apoyaron y me permitieron entrar en sus vidas. Rocío, Macarena, Miriam, Víctor, Pedro, Silvia y Khalid, mil gracias.

Cada una de las personas arriba mencionadas, integran el grupo de investigación del departamento de Tecnología de Alimentos, que tuve el honor de formar parte. Recuerden siempre que son parte de mi familia.

No quiero dejar de agradecer a muchos otros amigos y compañeros que han formado parte de esta gran travesía, amigos que de manera directa e indirecta me

han demostrado su cariño. Gracias amigos del departamento: Paola, Adriana, Rafa, Jordi, Inés, Esther, Yolanda, Naiara, Belén, Vicente, a los técnicos Carmen y Antoñico, Doña Cari, amigos de bromatología y amigos del mundo: Karen, Xchotil, Kassia, Albeni, Cristian, Luisito y muchos más.

Así mismo, expresar mi agradecimiento a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) perteneciente al Ministerio de Asuntos Exteriores, por la concesión de la beca sin la cual no hubiese sido posible llevar a cabo este proyecto.

Un agradecimiento a mi familia Peruana-Española:

A mis padres Filomeno y Angélica, que a pesar de la distancia siempre estuvieron atentos al desarrollo de este proceso. Infinitamente agradecida con ustedes, por darme la vida, hacer de mí una mujer de bien y por todo el sacrificio que hicieron por darme educación. Ustedes son el cimiento de lo que hoy estoy consiguiendo.

A mis hermanos: Rosa, Erika, Mónica, Víctor, Marco, Diego; por acompañarme y animarme a continuar en esta aventura. Gracias por comprender mi ausencia familiar y por estar siempre dispuestos a echarme una mano cuando lo necesitaba.

A mis suegros Pepe y Maricarmen, por el cariño que siempre me han demostrado y por todo el apoyo brindado.

A mi hija, mi princesita, mi tesorito. Lo más hermoso que me ha dado Dios y la vida. Illary, eres mi fuerza y este logro también te pertenece.

Y especialmente, agradecer a mi esposo Txarly que desde un principio hasta ahora sigues dándome ánimo para terminar este proceso. Gracias por darme tu amor, tu comprensión, por ser mi complemento y por permitirme formar una familia contigo.

Mariella

*Nuestra recompensa se encuentra
en el esfuerzo y no en el resultado,
un esfuerzo total
es una victoria completa.*

Mahatma Gandhi

A mi hija Illary, por ser mi luz en cada amanecer.

A mi esposo, por su amor y comprensión.

A mis padres, por ser mi ejemplo de vida.

A mis hermanos, mis amigos de toda la vida.

INDICE

I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	7
III. REVISION BIBLIOGRÁFICA	11
3.1. LA RAZA PORCINA CHATO MURCIANO	13
3.1.1. Antecedentes y situación actual	13
3.2. CARACTERISTICAS DE LA CANAL PORCINA	17
3.2.1 Peso y rendimiento de la canal	17
3.2.2. Estudio morfométrico.....	21
3.3. CALIDAD DE LA CARNE DE CERDO Y PRODUCTOS CARNICOS	22
3.3.1. Calidad y deterioro de la carne y productos cárnicos.....	22
3.3.1.1. Parámetros físico-químicos	26
3.3.1.1.1. pH.....	26
3.3.1.1.2 Color	27
3.3.1.1.3. Capacidad de retención de agua	31
3.3.1.1.4. Grasa intramuscular	33
3.3.1.1.5. Oxidación de lípidos	36
3.3.1.2. Parámetros sensoriales	41
3.3.1.2.1. Color.....	41
3.3.1.2.2. Textura	42
3.3.1.2.3. Flavor, sabor y olor	44

3.3.1.2.4. Métodos para evaluar la calidad sensorial.....	45
3.3.1.3. Parámetros microbiológicos	49
3.3.1.3.1. Aerobios mesófilos	54
3.3.1.3.2. Psicrófilos	54
3.3.1.3.3. Bacterias ácido lácticas.....	54
3.3.1.3.4. Enterobacterias	55
3.3.1.3.5. Mohos y levaduras.....	55
3.4. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA	
CARNE DE CERDO Y PRODUCTOS CARNICOS.....	56
3.4.1. Factores intrínsecos.....	56
3.4.1.1. Raza, sexo, peso y edad	56
3.4.2. Factores extrínsecos	58
3.4.2.1. Incorporación de extractos naturales.....	60
3.4.2.1.1. Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).....	62
3.4.2.2. Sistemas de envasado.....	65
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	71
4.1. ANIMALES.....	73
4.1.1. Ensayo I.....	73
4.1.2. Ensayo II y III	73
4.2. ALIMENTACIÓN Y SACRIFICIO.....	75
4.3. MEDIDAS REALIZADAS SOBRE LA CANAL.....	77
4.3.1 Longitud de la canal (Lc).....	77
4.3.2. Espesor de tocino dorsal (ETD).....	77
4.3.3. Rendimiento de la canal (Rc).....	78

4.4. OBTENCIÓN Y PROCESADO DE LAS MUESTRAS DE CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS	78
4.4.1 Obtención y preparación de muestra	78
4.4.2. Elaboración de productos cárnicos crudo-curado.....	81
4.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LA CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS	84
4.5.1. Análisis físico-químico.....	84
4.5.1.1. Humedad.....	84
4.5.1.2. Proteínas totales.....	85
4.5.1.3. Grasa total.....	86
4.5.1.4. Cenizas	87
4.5.1.5. Capacidad de retención de agua (CRA)	87
4.5.1.6. Colesterol.....	88
4.5.1.7. Perfil de ácidos grasos	90
4.5.1.8. Color CIELab	92
4.5.1.9. pH	93
4.5.1.10. Oxidación de lípidos.....	94
4.5.1.11. Actividad de agua (a_w).....	95
4.5.1.12. Nitrito residual.....	96
4.5.1.13. Acidez total.....	99
4.5.1.14. Perfil de textura	99
4.5.2. Análisis microbiológico.....	101
4.5.2.1. Bacterias aerobios.....	102
4.5.2.2. Bacterias psicrófilos	102
4.5.2.3. Bacterias ácido lácticas.....	102

4.5.2.4. Enterobacterias.....	103
4.5.2.5. Coliformes totales	103
4.5.2.6. Pseudomonas.....	103
4.5.2.7. Mohos y levaduras	103
4.5.3. Análisis sensorial	103
4.5.3.1. Entrenamiento panel de catadores	104
4.5.3.2. Análisis sensorial	107
4.5.3.2.1. Análisis sensorial en carne fresca.....	108
4.5.3.2.2. Análisis sensorial en carne cocinada	110
4.5.3.2.3. Análisis sensorial en productos cárnicos crudo-curado.....	112
4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	112
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	115
5.1. EFECTO DEL PESO SOBRE LA CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE DE CERDO RAZA CHATO MURCIANO	117
5.1.1. Calidad de la canal	117
5.1.2. Calidad de la carne.....	122
5.2. EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE EXTRACTO DE ROMERO EN LA ALIMENTACION DEL ANIMAL SOBRE LA CALIDAD DE LA CARNE FRESCA DE CERDO RAZA CHATO MURCIANO (EFECTO ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANO).....	135
5.2.1. Características físico-químicas de la carne fresca.....	135
5.2.1.1. Composición proximal	135
5.2.1.2. Evolución del pH durante el almacenamiento.....	137

5.2.2. Efecto antioxidante del extracto de romero	138
5.2.2.1. Oxidación lipídica (TBARs)	138
5.2.2.2. Color.....	140
5.2.3. Efecto antimicrobiano del extracto de romero	144
5.2.4. Evaluación sensorial de la carne de cerdo Chato Murciano	151
5.2.4.1. En carne fresca	151
5.2.4.2. En carne cocinada	153
5.3. EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE EXTRACTO DE ROMERO EN LA ALIMENTACION ANIMAL SOBRE LA VIDA ÚTIL DE PRODUCTOS CÁRNICOS CRUDO- CURADO (SALCHICHÓN Y LONGANIZA IMPERIAL) ELABORADOS CON CARNE DE CERDO RAZA CHATO MURCIANO	157
5.3.1. Composición proximal	157
5.3.2. Parámetros físico-químicos	161
5.3.2.1. pH.....	161
5.3.2.2. Actividad de agua (Aw)	163
5.3.2.3. Acidez	165
5.3.2.4. Nitrito residual	166
5.3.3. Análisis de los parámetros de color.....	170
5.3.4. Evaluación del índice de oxidación lipídica (TBARs)	176
5.3.5. Recuentos microbiológicos.....	179
5.3.5.1. Bacterias aerobios mesófilos y psicrofilos.....	181
5.3.5.2. Bacterias ácido lácticas	184
5.3.5.3. Enterobacterias y pseudomonas	185

5.3.5.4. Coliformes totales.....	186
5.3.6. Textura	187
5.3.7. Análisis sensorial de los productos cárnicos.....	192
VI. CONCLUSIONES.....	207
VII. RESUMEN	213
VIII. ENGLISH SUMMARY	217
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	221

Índice de Tablas

Tabla 1: Modificaciones generadas durante la maduración que influyen en la oxidación de lípidos de la carne	37
Tabla 2: Parámetros establecidos para la identificación de microorganismos alimentarios según Norma ISO (International Standar Organization).....	53
Tabla 3: Efectividad y porcentaje de inhibición bacteriana de hierbas y especias	64
Tabla 4: Ingredientes y composición del pienso comercial suministrado a los cerdos Chato Murciano durante la fase de engorde	76
Tabla 5: Ingredientes empleados para la fabricación de salchichón y longaniza imperial	81
Tabla 6: Definición de los parámetros del perfil de textura según Bourne, (1978).....	101
Tabla 7: Relación y descripción de los atributos sensoriales propuestos para carne fresca y cocinada	105
Tabla 8: Relación y descripción de los atributos sensoriales propuestos para productos cárnicos: salchichón y longaniza imperial.....	106
Tabla 9: Efecto del peso sobre las características de la canal (media \pm d.s.).....	120
Tabla 10: Composición proximal (media (%) \pm d.s.) de los grupos de peso evaluados en el carne de cerdo (<i>Longissimus dorsi</i>)	124
Tabla 11: Efecto del peso sobre la calidad de la carne (<i>Longissimus dorsi</i>) de cerdo Chato Murciano (media \pm d.s.).....	131
Tabla 12: Perfil de ácidos grasos (%) de la carne de cerdo Chato Murciano con diferentes pesos (media \pm d.s.).....	134

Tabla 13: Composición proximal (media (%) \pm d.s.) de la carne de cerdo Chato Murciano alimentados con extracto de romero (ER).....	136
Tabla 14: Efecto de la alimentación y del tiempo de almacenamiento sobre los valores de pH de la carne de cerdo envasada y almacenada bajo condiciones controladas (media \pm d.s.).....	138
Tabla 15: Índice de oxidación (TBARs) (expresado en mg MDA/ Kg) de carne de cerdo alimentado con extracto de romero y almacenados en condiciones controladas (media \pm d.s.).....	139
Tabla 16: Influencia de la alimentación con extracto de romero y del tiempo de almacenamiento sobre las coordenadas de color CIELab en carne fresca de cerdo envasada y almacenada bajo condiciones controladas (media \pm d.s.)	142
Tabla 17: Efecto de la alimentación y del tiempo de almacenamiento, sobre el recuento microbiológico (log ufc/ g) en carne fresca de cerdo envasados y almacenados en condiciones controladas (media \pm d.s.).....	146
Tabla 18: Efecto de la alimentación y del almacenamiento sobre los atributos sensoriales en carne fresca de cerdos Chato Murciano envasada y almacenadas bajo condiciones controladas (media \pm d.s.).....	152
Tabla 19: Efecto de la alimentación y del almacenamiento sobre los atributos sensoriales en carne de cerdo cocinada envasada y almacenada bajo condiciones controladas (media \pm d.s.).....	155
Tabla 20: Composición Proximal (media (%) \pm d.s.) de diferentes lotes de salchichón evaluados al inicio y final almacenamiento.....	158
Tabla 21: Composición Proximal (media (%) \pm d.s.) de diferentes lotes de longaniza imperial evaluados al inicio y final almacenamiento	159
Tabla 22: Contenido de humedad (media (%) \pm d.s.) de los diferentes lotes de salchichón (S) y longaniza (L) evaluados en el producto fresco y curado.	160

Tabla 23: Valores de pH (media \pm d.s.) de los distintos lotes de salchichón (S) y longaniza (L) obtenidos en el producto fresco y curado.....	162
Tabla 24: Valores de a_w (media \pm d.s.) de los distintos lotes de salchichón (S) y longaniza (L) obtenidos en el producto fresco y curado	164
Tabla 25: Contenido de acidez (% de ácido láctico) de los distintos lotes de salchichón (S) y longaniza (L) obtenidos en el producto fresco y curado (media \pm d.s.).....	166
Tabla 26: Contenido de nitrito residual (ppm NaNO_2 / 100g muestra) de los distintos lotes de salchichón (S) y longaniza (L) obtenidos en el producto fresco y curado (media \pm d.s.).....	168
Tabla 27: Evolución del color CIELab (media \pm d.s.) de los distintos lotes de salchichón (S) obtenidos en el producto fresco y curado.....	171
Tabla 28: Evolución del color CIELab (media \pm d.s.) de los distintos lotes de longaniza (L) obtenidos en el producto fresco y curado	173
Tabla 29: Índice de TBARs (mg MDA/ kg muestra) de los distintos lotes de salchichón (S) y longaniza (L) obtenidos en el producto fresco y curado (media \pm d.s.).....	177
Tabla 30: Recuento microbiológico (log ufc/ g muestra) de los distintos lotes de salchichón (S) obtenidos en el producto fresco y curado (media \pm d.s.)	180
Tabla 31: Recuento microbiológico (log ufc/ g muestra) de los distintos lotes de longaniza (L) obtenidos en el producto fresco y curado (media \pm d.s.).....	182
Tabla 32: Perfil de Textura (TPA) de los diferentes lotes de salchichón (S) evaluados en producto curado (media \pm d.s.).....	188
Tabla 33: Perfil de Textura (TPA) de los diferentes lotes de longaniza (L) evaluados en producto curado (media \pm d.s.).....	189

Tabla 34: Atributos sensoriales de apariencia de los diferentes lotes de salchichón (S) evaluados durante el almacenamiento (media \pm d.s.).....	193
Tabla 35: Atributos sensoriales de apariencia de los diferentes lotes de longaniza (L) evaluados durante el almacenamiento (media \pm d.s.).....	194
Tabla 36: Atributos sensoriales de olor de los diferentes lotes de salchichón (S) evaluados durante el almacenamiento (media \pm d.s.).....	196
Tabla 37: Atributos sensoriales de olor de los diferentes lotes de longaniza (L) evaluados durante el almacenamiento (media \pm d.s.).....	197
Tabla 38: Atributos sensoriales de sabor y aroma de los diferentes lotes de salchichón (S) evaluados durante el almacenamiento (media \pm d.s.).....	199
Tabla 39: Atributos sensoriales de sabor y aroma de los diferentes lotes de longaniza (L) evaluados durante el almacenamiento (media \pm d.s.).....	200
Tabla 40: Atributos sensoriales de textura de los diferentes lotes de salchichón (S) evaluados durante el almacenamiento (media \pm d.s.).....	202
Tabla 41: Atributos sensoriales de textura de los diferentes lotes de longaniza (L) evaluados durante el almacenamiento (media \pm d.s.).....	203

Índice de Figuras

Figura 1. Cerdo Murciano, variedad Gabana	14
Figura 2. Cerdo Murciano, variedad Pintada	14
Figura 3. Cerdo Chato Murciano	16
Figura 4. Esquema de las medidas morfométricas realizadas sobre la canal.....	22
Figura 5. Inter-conversión redox de los pigmentos de la carne	29
Figura 6. Representación del espacio del color CIELab.....	30
Figura 7. Mecanismo de la peroxidación lipídica, en relación a la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) en presencia de radicales libres	38
Figura 8. Fases del proceso oxidativo de los lípidos.....	39
Figura 9. Estructura química de los componentes mayoritarios del romero.....	63
Figura 10. Esquema de las medidas morfométricas realizadas sobre la canal.....	77
Figura 11. Esquema del fileteado en la preparación de muestras de los ensayos I y II	79
Figura 12. Materia prima empleado para la elaboración de los productos cárnicos (ensayo III).....	80
Figura 13. Diagrama de flujos del procesamiento de los productos cárnicos (Salchichón y Longaniza imperial)	82
Figura 14. Ecuación de regresión lineal de la curva de calibrado del TBARs	95
Figura 15. Recta patrón para determinación de nitritos	98
Figura 16. Curva tipo para el Análisis del Perfil de Textura (TPA)	100

Figura 17. Ficha de cata para el análisis sensorial de carne fresca.....	109
Figura 18. Ficha de cata para el análisis sensorial de carne cocinada.....	111
Figura 19. Ficha de cata de productos cárnicos.....	113

INTRODUCCION

I. INTRODUCCION

Dentro de la Unión Europea, España se sitúa en el segundo puesto como mayor productor porcino. A nivel nacional, un 35% de la producción ganadera procede de dicho sector, siendo la producción de razas autóctonas un hito casi anecdótico en comparación con la gran demanda de cerdos procedentes de cruces comerciales, con mayor velocidad de crecimiento y que aportan interesantes beneficios económicos, desplazando a las razas autóctonas a su práctica desaparición.

La Región de Murcia, ubicada al sureste de España, posee una raza porcina autóctona denominada “Chato Murciano” catalogada por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (B.O.E. 21/11/1997) como una raza de protección especial y en peligro de extinción. El Chato Murciano, ha sido explotado desde inicios del siglo XX en sistemas extensivos, actualmente se produce en sistemas semi-intensivos ubicándose mayoritariamente en la zona suroccidental de la Región de Murcia, en el municipio de Lorca. Se caracteriza por poseer gran aptitud chacinera que proporciona piezas cárnicas de importante valor para la industria cárnica. Posee cualidades muy favorables tanto desde el punto de vista nutricional como sensorial, sin embargo, dado la rusticidad de la raza, no puede competir con las razas mejoradas de cerdo blanco, suponiendo en muchos casos un abandono de su explotación y consumo. Ante esta situación, la Administración Regional de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia ha realizado esfuerzos importantes por recuperar y fomentar la cría del cerdo Chato Murciano, aplicando políticas de I+D en este campo a través de distintas instituciones regionales.

Es importante señalar los diferentes factores que pueden afectar la calidad de la canal y de la carne de cerdo Chato Murciano y de productos cárnicos derivados. Por un lado, el elevado peso (180 kg. aproximadamente) y la edad a la que son sacrificados estos animales (16-18 meses), supone un aumento en el coste de la producción, y por consiguiente, en el precio final de la canal. Sin embargo, no se

ha comprobado si este hecho contribuye a mejorar la calidad de la canal y de la carne o si por el contrario no revierte en una mejora significativa de la misma.

La carne de cerdo de raza Chato Murciano, posee alto contenido de materia grasa, con elevado porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), lo cual aunque resulta de interés desde el punto de vista de la salud, puede acarrear problemas tecnológicos tales como tiempos de curación muy prolongados, consistencias blandas, oxidación lipídica (Abuja y Albertini, 2001), etc., que afectan negativamente a la calidad y vida útil de la carne y de los productos cárnicos. Este hecho es de gran importancia si tenemos en cuenta que la industria elaboradora de productos de Chato suele ser pequeña y en muchos casos de carácter artesanal, y carecen de infraestructuras que les permitan controlar estas cuestiones inherentes a la materia prima.

La calidad puede verse afectada, además de por procesos de oxidación, por el crecimiento microbiano y cambios sensoriales, lo que genera olores desagradables y cambios en el color de la carne y la textura. A tal efecto, existen estrategias para controlar este deterioro mediante el empleo de antioxidantes, antimicrobianos y el uso de diferentes sistemas de conservación y/o envasado (Witkowska et al., 2011).

En los últimos años, el empleo de antioxidantes naturales procedentes de plantas (hierbas y especias) ha ido en aumento debido a que poseen compuestos biológicamente muy activos y apropiados para su uso alimentario. Diversas hierbas, principalmente de la familia *Labiatae*: romero, tomillo, orégano y salvia, han sido ampliamente estudiadas por sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Botsoglou et al., 2002, 2007; Jordán et al., 2013). Sin embargo el extracto de romero es hasta el momento el único al cual le ha sido asignado un código E (E-392), de acuerdo con la normativa Europea (Directiva Europea 2010/67 EU. Adaptación del Real Decreto 2008).

El sureste español, posee una flora rica en plantas aromáticas y una importante industria transformadora ubicada, principalmente, en la Región de Murcia que

produce grandes cantidades de aceite esencial y extractos de plantas, entre ellos el extracto de romero, que, incorporado en el pienso, podría ayudar a controlar los procesos de deterioro de la carne de cerdo Chato Murciano, mejorando así la calidad de la misma y de productos cárnicos derivados.

OBJETIVOS

II. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es proponer estrategias productivas que contribuyan a mejorar la calidad de la canal y de la carne de cerdo de raza Chato Murciano, así como de los productos cárnicos derivados (salchichón y longaniza) típicos de la Región de Murcia.

Objetivos específicos:

1. Analizar el efecto de la edad y el peso al sacrificio sobre la calidad de la canal y de la carne, en base a índices morfométricos y parámetros de calidad respectivamente, con el fin de optimizar la relación producción/calidad.
2. Evaluar el efecto antioxidante y antimicrobiano de la incorporación de 1000 ppm de extracto de romero desodorizado en la dieta, sobre la calidad y vida útil de la carne fresca envasada en atmósfera modificada (70% O₂: 30% CO₂) y almacenada en refrigeración durante 21 días.
3. Valorar si la dieta suplementada con 1000 ppm de extracto de romero influye en la calidad y vida útil de los productos cárnicos curados elaborados, de acuerdo a los diferentes formatos considerados: salchichón (loncheado y envasado: 75%N₂ + 15%CO₂ + 10%O₂) y longaniza imperial (pieza entera).

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 LA RAZA PORCINA CHATO MURCIANO

3.1.1 Antecedentes y situación actual

El cerdo Chato Murciano, tuvo su origen a partir de la raza actualmente desaparecida, denominada Murciana Primitiva o cerdo Murciano, pertenecientes al Tronco Ibérico, de características propias y conocido comúnmente como “Gabano” (Paredes, 1983)

La raza Murciana primitiva se expandió geográficamente por toda la huerta de Murcia llegando a alcanzar casi un total de 50.000 cabezas en 1865 (Lobera, 1998) y más de 124.000 cabezas en 1929 (Ministerio de Economía, 1930 citado por Lobera, 1998). Los índices zoométricos lo describen como un animal poco armonioso, de peso y altura medios, orejas caídas y dirigidas hacia adelante, cuello parcialmente corto, dorso curvado o convexo y vientre abultado, patas largas y cerdas abundantes, largas y fuertes. Tanto la piel como las cerdas son de color negro en los cerdos de variedad Gabana ó Gabacha (Panés, 1916 citado por Lobera, 1998) y de piel oscura y cerdas amarillas con manchas rojizas en cerdos de variedad Pintada (Herranz, 1987; Lobera, 1998) (Figuras 1 y 2). Arán (1914) citado por Lobera (1998), ubica al cerdo Murciano entre las razas Ibérico y Celta, tanto en la apariencia como en sus condiciones de producción y aprovechamiento.

El cerdo Murciano se caracterizó por poseer alta fecundidad, alta rusticidad, baja precocidad (poco aptas para el engorde), motivos por los cuales, y tras la necesidad de una mayor precocidad, a mediados del siglo XIX se produjeron los primeros cruzamientos con otras razas del tronco ibérico provenientes principalmente de Extremadura, con lo cual se llegaron a obtener animales de

peso superior a 170 kg en 12 meses, consiguiendo una mejora en la producción animal de esta raza (Lobera, 1998).



Figura 1. Cerdo Murciano, variedad Gabana (Lobera, 1998)



Figura 2. Cerdo Murciano, variedad Pintada (Lobera, 1998)

A inicios del siglo XX, tras la necesidad de los ganaderos de aumentar los parámetros productivos y en acuerdo con instituciones oficiales, se optó por cruzar el cerdo Murciano primitivo existente en la Región de Murcia, con cerdos de rápido crecimiento provenientes de razas extranjeras, que además proporcionaban canales más magras y de mayor camada (en el caso de las reproductoras) (Panés, 1916 citado por Lobera, 1998; Poto et al., 2000), consiguiendo una raza de mejores parámetros productivos y adaptadas a la huerta Murciana. Dentro de las razas importadas, se puede destacar a los ejemplares de razas York, Berkshire y Colorado Extremeño como los de mayor aportación genética y las razas Alderney, Craonés y Tamworth como las de menor aportación (Panés, 1916 y Díaz, 1953 citados por Lobera, 1998), que fueron utilizados por los diferentes centros de investigación de la región tales como CIFEA (Lorca) e IMIDA (La Alberca). La descendencia de todos estos cruces dio lugar a lo que hoy se conoce como la raza “**Chato Murciano**”. Una raza que constituyó la base genética de un gran desarrollo de la porcicultura regional, principalmente en comarcas como la Huerta de Murcia y el Campo de Lorca, ambos focos de origen y desarrollo de esta raza, permitiendo no solo el abastecimiento sino también el

inicio del desarrollo de la industria cárnica regional (entre los años 1920 y 1930) y la exportación a otras regiones españolas (Lobera, 1998).

La raza de cerdo Chato Murciano se caracteriza por poseer características morfológicas propias, es submétrico, cóncavo y longilíneo (Figura 3). El autor Rafael Díaz Montilla, en su libro “Ganado Porcino” lo describe como “... un animal de cabeza pequeña, frente ancha y recta, sutura frontonasal entrante, oreja medianas erectas o con tendencia a la verticalidad, hocico achatado en ángulo muy acentuado con la frente; cuello corto, fuerte y bien unido al tronco; tronco redondeado y de mediana longitud, línea dorso-lumbar recta, cruz ancha, dorso y lomos anchos, barriga recogida, grupa ancha y horizontal o ligeramente caída, nacimiento alto de la cola; muslo y pierna bien musculados; extremidades cortas, fuertes y de esqueleto fino. El color de la capa ha sido muy variable: unas veces negro; otras negros con manchas blancas en el hocico y punta de las extremidades; y otros de color blanco uniforme, con pelos largos y fuertes. Es muy precoz y prolífico, los lechones alcanzan 20 kg a las 8 semanas, y los 120 kg a los 8-10 meses, y más de 200 kg al año, con un rendimiento de la canal del 80-85%...” (Lobera, 1998).

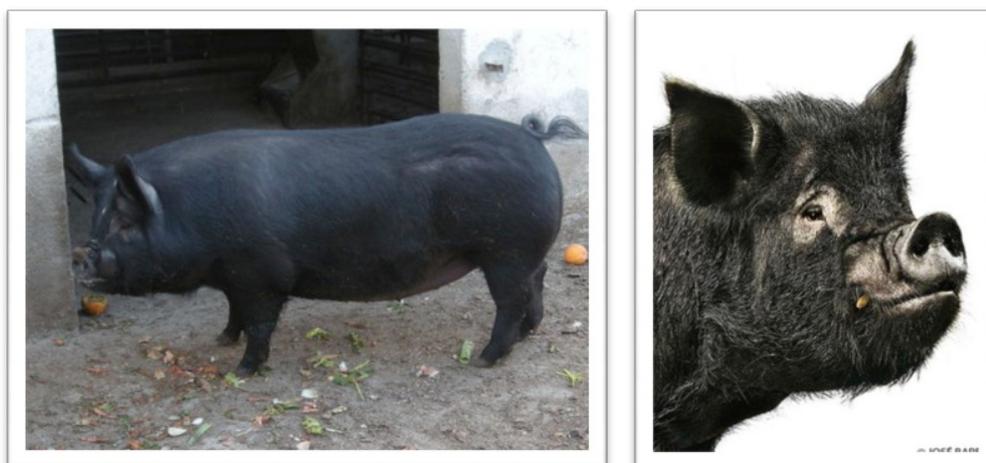


Figura 3. Cerdo Chato Murciano

Sin embargo, a partir de la década de los 50 comienza un descenso significativo de la raza Chato Murciano debido a las necesidades del mercado de hacerse con animales más precoces y productivos, y por la imposición de que el cerdo fuese de capa blanca. Sobre los años 60 otro factor que influyó sobre la producción de dicha raza fue el alto grado de engrasamiento de la carne de estos animales, que motivó cierta reticencia a su consumo por parte de un consumidor que cada vez demandaba productos más magros por una cuestión de salud. Así mismo el aumento del consumo de productos elaborados provocó que la industria cárnica importara cerdos más precoces derivados de cruces genéticos (Lobera, 1998), siendo estos factores los que conllevaron a la casi desaparición de la raza Chato Murciano.

Actualmente, el cerdo Chato Murciano se cataloga como una raza autóctona de protección especial o en peligro de extinción según el Real Decreto 1682/1997 (B.O.E. nº279 de 21 noviembre de 1997 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). Diversos proyectos de investigación están siendo llevados a cabo entre instituciones gubernamentales, universidades y asociaciones de ganaderos con el objetivo de implementar sistemas de conservación y recuperación de dicha raza y proporcionar los medios para su expansión a nivel nacional e internacional. Todos los estudios van enfocados a preservar la biodiversidad de la raza, identificar sus sistemas de producción y de transformación tecnológica en la industria cárnica, principalmente.

Dentro de los logros conseguidos se encuentra la creación de la primera Asociación de Criadores del cerdo Chato Murciano (ACHAMUR), cuyo objetivo principal es la recuperación de la raza y la representación, defensa y promoción de los intereses de los ganaderos (Galián, 2007). Desde el punto de vista nutricional y tecnológico es conocida la calidad organoléptica y sensorial que posee la carne del cerdo Chato Murciano que es una materia prima ideal para la transformación a productos cárnicos.

En cuanto al censo, desde el año 95 se viene observando una tendencia al incremento en el número de cabezas, contándose actualmente con 304 cerdas reproductoras y 22 verracos utilizados en monta natural o para inseminación artificial. El número total de cerdos de cebo oscila en 1300 ejemplares, según los datos de la Consejería de Agricultura y Agua del mes de junio del 2011 (Vicente, 2011).

3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL PORCINA

3.2.1 Peso y rendimiento de la canal

Prändl et al. (1994) define como “canal” al *cuerpo del animal sacrificado, desangrado y exento de todas las partes que no son apropiadas para el consumo humano*”.

De acuerdo con el Reglamento 3220/84 establecido por la Unión Europea, la definición específica del término “canal” en ganado porcino sería la referida al cuerpo del animal sacrificado, desangrado y eviscerado; entero o dividido por la mitad; sin lengua, cerdas, pezuñas y órganos genitales, pero conservando la manteca, los riñones y el diafragma (Galián, 2007).

La comercialización de la canal puede darse a través de canales enteras, medias canales como en el caso del ganado porcino y ovino, y cuartos de canal en ganado vacuno. Así mismo, la calidad de la canal puede clasificarse por categorías que dependerá de diversos factores y criterios a considerar desde el bienestar del animal hasta los índices morfométricos (peso, rendimiento, espesor de grasa), porcentaje y distribución del músculo y de la grasa así como la calidad de las misma.

El *peso de la canal* del cerdo y, por tanto el peso vivo del animal previo al sacrificio, dependerá de su destino final. Los animales destinados a consumo directo son sacrificados al alcanzar un peso medio entre 65-80 kg; mientras que

los cerdos más polivalentes se sacrifican entre 115-120 kg de peso vivo (Galián, 2007)

Diversos factores pueden afectar de forma directa e indirecta el peso de la canal al sacrificio (genotipo, edad, sexo, condiciones de alimentación y alojamiento) lo cual debe ser controlado con el objetivo de conseguir canales de pesos similares y/o uniformes. Los cerdos de un mismo genotipo y edad darán canales de mayor peso y contenido graso; así mismo el sexo del animal influirá en la velocidad de crecimiento, en la relación deposición de grasa y proteínas y en los índices de transformación; los cuales afectarán el peso final de la canal.

Las características del ganado porcino en España han ido evolucionando a lo largo del tiempo, probablemente debido a la demanda del consumidor de carnes menos grasas, lo que supuso que, a partir de los años 50, bajara el peso de la canal, hasta la obtención de canales de cerdo de pesos cercanos a 77,5 kg en el año 1994 (MAPA, 2004). Esta tendencia a reducir el peso de canal se ha ido invirtiendo con el objetivo de aumentar el contenido graso y a su vez mejorar las características sensoriales y tecnológicas, de manera que en la Región de Murcia, en el año 2003 el peso canal volvió a incrementarse a más de 86 kg (Galián, 2007). Sin embargo, el peso no es homogéneo y varía de un país a otro, según las normativas y preferencias del consumidor propias de cada país. En el año 2003 se comercializaban canales con pesos medios de 63 kg en Portugal, 78 kg en Dinamarca, 90 kg en Holanda, 93 kg en Alemania, 117 kg en Italia y 169 kg en Bélgica y Luxemburgo (MAPA, 2004).

Diversos estudios de investigación hacen referencia al peso vivo del animal para evaluar la calidad de la canal y de la carne. Autores como Castaing y Cazaux (2000); Lebret et al. (2000); Fischer et al. (2006) y Correa et al. (2006) han analizado la calidad de la canal y de la carne de grupos de animales sacrificados a pesos elevados alcanzados a los pocos meses del nacimiento. Por el contrario, las razas autóctonas llegan a alcanzar elevados pesos tras un largo periodo de crecimiento (Serra et al., 1998; Franci et al., 2005; Galián, 2007) generando

elevados coste de producción. Por lo general, las razas autóctonas se sacrifican a un mayor peso respecto a las razas comerciales. Diversos autores han realizado estudios comparativos de calidad de la canal y de la carne entre razas autóctonas y comerciales: cerdos de raza Negro Canario (López y Ginés, 1996), Ibérico (Mayoral, 1994; Barba et al., 2000), Cinta Senese y Nero Siciliano (Pugliese et al., 2003 y 2004a), Mora Romagnola y Casertana (Fortina et al., 2005), Creole (Renaudeau y Mourot, 2007).

La clasificación de la canal porcina ha evolucionado con el tiempo, desde una evaluación visual (método subjetivo) hasta la utilización de aparatos de medida física como sondas de penetración, ultrasonidos, conductividad eléctrica, etc. Actualmente, muchos de estos sistemas de medición generan información a partir de datos previamente suministrados (peso, edad y raza del animal destinado al consumo de carne fresca). Sin embargo, cuando se trabaja con razas autóctonas es difícil caracterizarlas debido a la heterogeneidad de información que se nos presenta, por lo que a menudo se recurre a mediciones de parámetros morfométricos de manera directa sobre la canal (espesor del tocino dorsal, longitud lineal y de perímetros, entre otros) (Poto, 2003; Peinado et al., 2004). Cabe resaltar la importancia del contenido graso de estas razas autóctonas debido a que principalmente van dirigidas a la transformación tecnológica (productos cárnicos).

El ***rendimiento de la canal*** se obtiene a partir del cociente entre el peso de la canal y el peso vivo previo al sacrificio del animal y es expresado en porcentaje (%). En el caso de la canal porcina, los valores de rendimiento son superiores respecto a otras especies debido a que, partes del cerdo como la cabeza, patas, manos y piel son considerados dentro del peso de la canal (Poto, 2003).

Existen muchos estudios que hacen referencia al rendimiento de la canal, donde se recoge que las razas tradicionales poseen mayor rendimiento que las razas comerciales, así se tiene trabajos con razas autóctonas de España y del extranjero (Barba et al., 2001; Pugliese et al., 2003 y 2004a; Peinado et al., 2004; Fortina et

al., 2005; Ramírez y Cava, 2006; Daza et al., 2006), con razas o cruces comerciales (Infocarne, 2006) y estudios comparativos entre ambas razas (Serra et al., 1998; Renaudeau y Mourot, 2007). Sin embargo, otros autores han reportado comportamiento opuesto a lo señalado anteriormente, siendo las razas comerciales las que presentan un mayor rendimiento (Tibau et al., 1997; Labroue et al., 2000; Wood et al., 2004; Franci et al., 2005; Fischer et al., 2006; Ruusunen et al., 2006).

El rendimiento medio de la canal del cerdo autóctono en España estuvo alrededor del 82% a mediados del siglo XX, lo cual variaba según el grado de engrasamiento (Barba, 1999). Actualmente, diversos estudios con razas autóctonas han señalado elevada variabilidad de rendimientos de la canal, sobre todo en la raza Ibérica (Serra et al., 1998; Barba et al., 2001; Ramírez y Cava, 2006; Daza et al., 2006), raza Chato Murciano (Peinado et al., 2004) y raza Celta (Sánchez et al., 2001). No solo la raza y el proceso de faenado son motivo de la gran variabilidad en los resultados, factores como la edad y peso al sacrificio, el sexo, sistemas de explotación y/o de alimentación puede haber influido en el rendimiento final (Tibau et al., 1997; Sather et al., 1997; Danielsen et al., 2000; Sundrum et al., 2000; Rosenvold y Andersen, 2003; Pugliese et al., 2004a; Wood et al., 2004; Edwards, 2005; Correa et al., 2006; Teye et al., 2006).

3.2.2 Estudio morfométrico

De acuerdo a la definición indicada por Poto (2003), un estudio morfométrico involucra una serie de mediciones de la conformación del animal determinada por las líneas, perfiles y ángulos corporales; los cuales están asociados a diversos factores que influye en su crecimiento como el depósito de grasa, diversos tejidos musculares y el grado de madurez (Wood, 1984; Desmoulin, 1986).

El estudio morfométrico de la canal porcina es importante para predecir la calidad de la canal en relación al componente magro (tejido muscular) y a la grasa superficial (dorsal). Es muy importante considerar en qué momento se realizarán las mediciones morfométricas, ya que la canal sufre modificaciones durante el

enfriamiento, las cuales pueden afectar a la apariencia de la grasa subcutánea (Galián, 2007).

Entre las mediciones morfométricas realizadas, están los valores de espesor de tocino dorsal (ETD), longitud de la canal (LC) y perímetro de las diferentes partes del cuerpo (Figura 4).

Estudios relacionados con el peso vivo del animal y el grado de engrasamiento han sido reportados indicando una relación directa entre ambos (Asenjo et al., 2005; Fischer et al., 2006) aunque autores como Correa et al. (2006) describieron resultados contrarios.

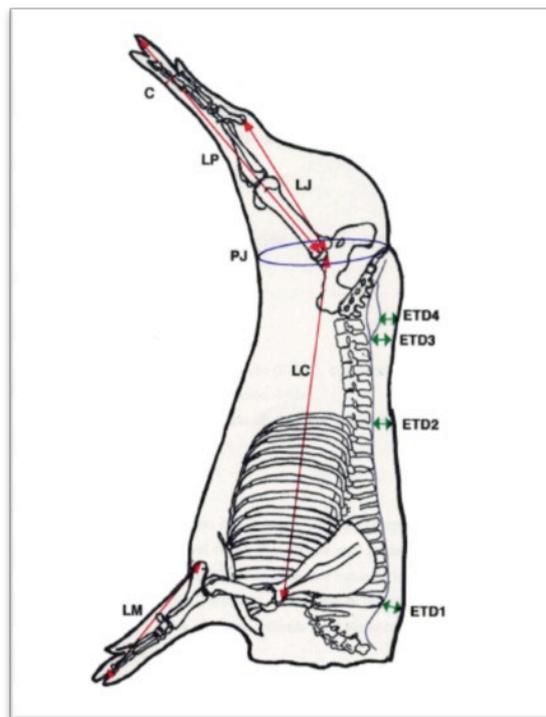


Figura 4. Esquema de las medidas morfométricas realizadas sobre la canal (Mayoral, 1994)

3.3 CALIDAD DE LA CARNE DE CERDO Y PRODUCTOS CARNICOS

3.3.1 Calidad y deterioro de la carne y productos cárnicos

El término “carne”, procedente del latín “*caro, carnis*”, es definida como toda *parte muscular comestible de animales domesticados como bovinos, ovinos, caprino, porcino, aves, etc., que son destinados al consumo humano excluyendo el grupo de pescados y mariscos* (RAE, 2005).

El Código Alimentario español (CAE) describe la carne como *toda porción comestible de los músculos de animales sanos, sacrificados bajo estricto control higiénico-sanitario*. La carne está constituida principalmente de músculos y de ciertos tejidos conjuntivo, adiposo y nervioso, de olores y colores característicos que dependen de diversos factores tales como la especie animal, raza, sexo, edad, alimentación, tipo de sacrificio, periodo de tiempo en espera tras el sacrificio etc. (Vicente, 2011). Desde el punto de vista nutricional, la carne es un alimento básico en la dieta humana, por sus proteínas de alta calidad nutritiva y el tipo de aminoácidos que la constituyen. Además, su grasa contiene ácidos grasos esenciales y es rica en vitaminas del complejo B, por ejemplo la carne de cerdo contiene de 5 a 10 veces más tiamina que otras carnes (Schweigert, 1994). Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2004), el porcentaje de grasa en carne de cerdo es de 7,8 y 9,4% para lomo y pierna respectivamente; sin embargo estos contenidos pueden variar por muchos factores, como la raza y el tipo de corte.

La composición nutricional de la carne así como la calidad de la misma, son términos que se relacionan con la aceptación del consumidor y que dependen de diversos factores.

Definir el término “calidad” es muy complejo pues depende de la etapa del proceso en la que se encuentre (producción, comercialización, etc.). Uno de los

conceptos más extendidos es el que la define como “la adecuación al uso”, es decir, la capacidad de un producto por satisfacer las necesidades del consumidor, lo que finalmente influirá en la decisión de compra del producto (Maza y Ramírez, 2004; Juran et al., 2005; Sierra, 2010). En tal sentido, el término “calidad” es un conjunto de decisiones que influyen en la aceptabilidad de un producto en el mercado, por lo que no existe la “calidad ideal” ni un único objetivo productivo, sino un conjunto de muchas situaciones intermedias (Martínez, 2001).

Issanchou (1996) señaló la importancia del término “calidad” basado en las preferencias del consumidor como aquellos relacionados con las expectativas creadas por un producto antes de su consumo y aquellas adquiridas tras el consumo del producto.

Por lo tanto, el concepto de *calidad de la carne* es muy complejo de definir, porque está sujeto a la asociación de diversos factores y varía según el elemento de la cadena que se considere (productor, transformador, distribuidor, consumidor) (Corcorán et al., 2001). Para el productor, el concepto de calidad de carne viene asociado con el óptimo rendimiento productivo de la canal, es decir un buen índice morfométrico, abundante masa muscular y poca grasa, lo que se verá reflejado en una retribución económica y por tanto, carne de calidad (Osorio y Osorio, 2005).

Para el transformador (carnicero artesanal y el industrial), la carne empieza a tener mayor importancia en función de ciertos aspectos como características de la grasa, atributos sensoriales como olor, color y textura así como la proporción magro: grasa y una prolongada vida útil (pH adecuado, menor exudación y óptima estabilidad oxidativa) (Beriaín y Horcada, 1998; Egea, 2011). Sin embargo, finalmente es el consumidor quien demandará un producto de calidad (carne y derivados) que relacione cualidades sensoriales (aspecto, sabor, dureza y jugosidad) con características nutricionales y saludables. Diestre (1986) complementa lo expuesto, señalando que la calidad de la carne es el resultado

final de diversas cualidades que contribuyen positivamente en el valor nutricional, sensorial y tecnológico de la carne.

Desde el punto de vista alimentario, la calidad de la carne abarca diversos términos:

- La **calidad higiénico-sanitaria**, es lo primero que debe tener la carne. Estar libre de agentes bacterianos y de residuos que constituyan un riesgo para el consumidor (Gracey, 1989).
- La **calidad nutricional (bromatológica)**, hace referencia al valor nutritivo de la carne que aporta los nutrientes necesarios para satisfacer las necesidades del organismo.
- La **calidad tecnológica** se relaciona con las propiedades de la carne de mantener unas características necesarias para el desarrollo de determinados procesos de transformación en la industria, de manejo y conservación (Dikeman, 1991).
- La **calidad sensorial u organoléptica**, referida a todas aquellas sensaciones percibidas por los sentidos antes y después de su consumo, que determinan la satisfacción sensorial (Sañudo, 1992).
- La **calidad de servicio y presentación**, se relaciona con ciertas cualidades culinarias o ciertos formatos de presentación que facilitan el uso del producto (preparar y/o consumir) (Sañudo, 1992).
- La **calidad simbólica**, se relaciona con ciertas características que el consumidor asocia con una mayor calidad (marca, tipo de cría, tipo de alimentación, preferencia del producto fresco al congelado, prohibiciones religiosas y/o culturales, etc.)

De todos los términos arriba señalados podemos destacar principalmente, por su importancia en la realización de este trabajo, la calidad tecnológica y la calidad sensorial u organoléptica.

La calidad tecnológica deriva de las propiedades físico-químicas de la carne, lo cual determinará finalmente las características sensoriales de la misma y su aptitud para el procesado (Coma y Piquer, 1999). La calidad sensorial u organoléptica, viene dada por parámetros de gran variabilidad, fácil modificación, objetivos y medibles, intrínsecos a la propia naturaleza de la carne y determinantes en el momento clave productivo-tecnológico, e influirán, finalmente en la palatabilidad y aceptación de la carne (textura, jugosidad, aroma, sabor y color).

Existen diversos parámetros y atributos indicativos de la calidad de la carne que no pueden ser considerados independientes, ya que están muy relacionados entre sí y su interacción proporciona las características globales de calidad: parámetros físico-químicos (pH, color, capacidad de retención de agua, nivel de oxidación lipídica y composición química y energética); parámetros sensoriales (propiedades de textura, atributos sensoriales de olor, color y sabor) y parámetros microbiológicos (flora microbiana), los cuales son detallados a continuación:

3.3.1.1 Parámetros físico-químicos

3.3.1.1.1 pH

El **pH** es un parámetro determinante de la calidad de la carne, ya que afecta a los procesos bioquímicos que tienen lugar durante la transformación del músculo en carne, influyendo directamente sobre la estabilidad y propiedades de las proteínas y características físico-químicas de la carne, así como en el color, terneza, sabor, capacidad de retención de agua y conservabilidad. Su evolución tras el sacrificio va a tener un profundo efecto sobre las propiedades sensoriales y tecnológicas de la carne (Hönikel, 1998).

El músculo de un animal vivo presenta un pH comprendido entre 7,08 y 7,30. Sin embargo, tras el sacrificio del animal se detiene el flujo sanguíneo y da comienzo la generación de adenosin trifosfato (ATP) mediante la glucólisis anaeróbica a partir de la glucosa almacenada en el músculo en forma de glucógeno (Santé et al., 2001). A medida que disminuyen los niveles de glucógeno se incrementa los metabolitos intermedios, principalmente el ácido láctico y otros ácidos orgánicos, provocando un descenso del pH que oscila entre 5,4 y 5,6 tras 24 ó 48 hrs *post-mortem* (Tarrant y Sherinton, 1980; Orcutt et al., 1984; Osoro et al., 1995; Barriada, 1995, Beltrán et al., 1997). Por otro lado, Bonneau et al. (1996) y Sañudo et al. (1998) coinciden en señalar que el descenso del pH guarda relación con las condiciones de manejo previas al sacrificio y con el tipo de músculo implicado, y no tanto por factores intrínsecos del animal (Vergara et al., 1999 y Garrido y Bañón, 2000).

Sin embargo es muy importante controlar que el descenso del valor del pH. Si el pH cae rápidamente (en 45 minutos) hasta valores cercanos al punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares, la carne puede resultar más pálida, disminuyendo la capacidad de retención de agua, dando lugar a las denominadas carnes PSE (pale, soft, exudative). Por el contrario, cuando la caída del pH se produce muy lentamente, se mantiene un pH final por encima de 6, por lo que la carne será oscura, firme y seca, es decir carnes DFD (dark, firm y dry) (Hoffman, 1987).

Diversos estudios con razas porcinas autóctonas han reportado valores de pH final superiores (Serra et al., 1998; Pugliese et al., 2004a y 2004b; Galián, 2007; Renaudeau y Mourot, 2007) a los reportados para razas comerciales (Lebret et al., 2002; Fisher et al., 2006; Ruusunen et al., 2006).

La determinación del valor del pH se realiza a través de una medición instrumental con un aparato denominado pH-metro, el cual se basa en el registro de la diferencia de potencial eléctrico entre un electrodo y otro de referencia, a una temperatura conocida (Garrido y Bañón, 2000). Existen diferentes tipos de

electrodos clasificados según el material que están contruidos (metálicos y de vidrio) y según su forma y función (de inmersión u homogeneizado y de penetración). Así mismo, existen equipos que llevan acoplado un control de temperatura, ya que el valor del pH puede verse por ello siendo necesario realizar las correspondientes correcciones.

3.3.1.1.2 Color

Es una de las cualidades más importantes de la carne, ya que es el primer atributo que el consumidor puede apreciar y por lo tanto motivará su adquisición o no en el momento de la compra (Issanchou, 1996). Además el color o apariencia externa de la carne se asocia inmediatamente con el término de frescura y salubridad del producto (Santé et al., 2001). El color de la carne dependerá de la estructura y tipo de músculo, de la concentración de pigmentos hemínicos que contenga el músculo y del estado de oxidación del mismo (Diestre, 1986).

El principal pigmento determinante del color de la carne y de los productos cárnicos de la carne es la mioglobina (Lawrie, 1998a), en sus diferentes formas. El contenido de este pigmento en el músculo depende de diversos factores productivos (especie, raza, edad, sexo, músculo, tipo de alimentación, etc.) mientras que su estado de oxidación o desnaturalización dependerá de diversos procesos *post-mortem* tales como la reducción de temperatura y el descenso del pH así como también el tiempo de almacenamiento y las condiciones de comercialización (Hönikel, 1998; Sierra, 2010). Dependiendo del estado de oxidación del átomo hierro del grupo hemo se pueden diferenciar tres formas del pigmento que proporcionará distinta tonalidad a la carne (Figura 5).

En ausencia de oxígeno, el pigmento mioglobina estará en forma de deoximioglobina ó mioglobina reducida presentando un átomo de hierro en estado reducido (Fe^{2+}) originando en la carne un color rojo-púrpura. Por el contrario, en contacto con el aire, la mioglobina se oxigena y se transforma en oximioglobina (proceso de *blooming*) mientras que el hierro se mantiene en su forma reducida

(Fe^{2+}) proporcionando un color rojo brillante a la carne muy atractiva y deseable para el consumidor. La oxidación del pigmento mioglobina hace que el oxígeno pueda reaccionar con algunas de las otras dos formas (deoximioglobina o oximioglobina) y generar la llamada metamioglobina, caracterizándose por un color parduzco que los consumidores asocian con una pérdida de calidad del producto (Mancini y Hunt, 2005).

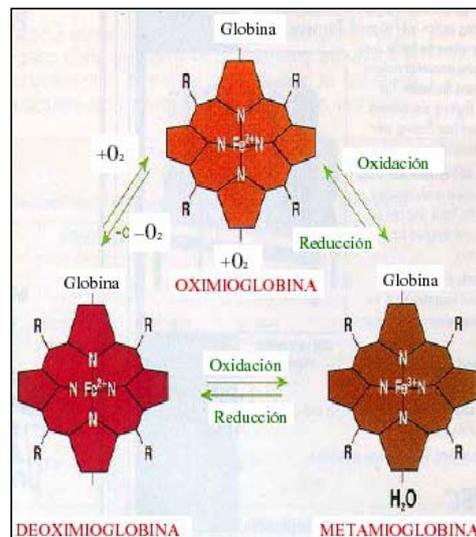


Figura 5. Interconversión redox de los pigmentos de la carne (Galián, 2007)

El color percibido puede definirse técnicamente como “*el atributo visual que se compone de una combinación de cualquiera de los contenidos cromáticos y acromáticos*” (Commission Internationale d’Eclairage. CIE, 1978). La determinación del color de modo objetivo está siendo el sistema más utilizado actualmente, y se basa en la transformación del color en valores triestímulos del espectro visible: rojo (X), verde (Y) y azul (Z), a partir de los cuales son transformados matemáticamente en coordenadas de color, siendo las más comunes aquellas del espacio del color CIE definidas como: L^* (Luminosidad), a^* (rojo-verde), b^* (amarillo-azul) (Figura 6).

Cada coordenada está representada en una escala: la coordenada L^* varía de 0 (toda la luz es absorbida: negro) a 100 (toda la luz es reflejada: blanco); la coordenada a^* representa el índice rojo que oscila de +60 (rojo) a -60 (verde) y la coordenada b^* representa el índice de amarillo y tiene un rango de variación de +60 (amarillo) a -60 (azul) (CIE, 1978).

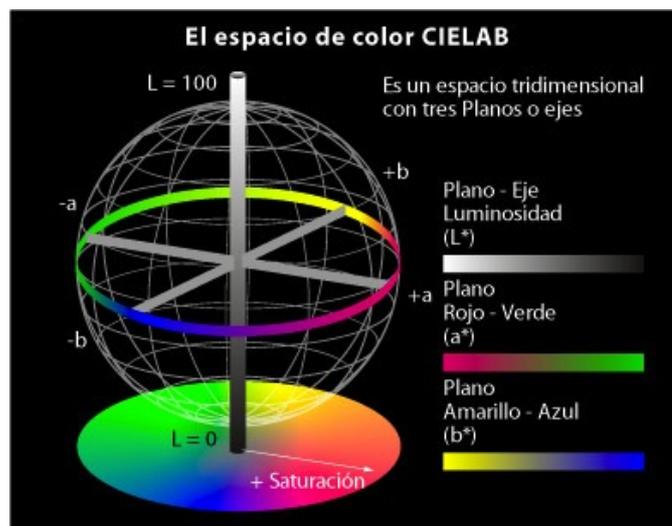


Figura 6. Representación del espacio del color CIELab (CIE, 1978)

Los métodos para determinar el color de la carne pueden agruparse de tipo objetivo y subjetivo:

Dentro del método subjetivo:

- *Análisis sensorial* realizado a través de una escala visual de color con un grupo de catadores (Cross et al., 1986).
- *Escala de preferencia de color* con una variación de 1 a 10, desarrollada por el National Pork Producers Council (NPPC, 1999).

En cuanto a los métodos objetivos:

- *Análisis químico del contenido de pigmentos*, desarrollado por Hornsey (1956). Este método se basa en la determinación del hierro hemo, el cual es extraído a través de solventes orgánicos. La intensidad del color es medido por espectrofotometría y comparado con un estándar de hematina. Es importante indicar las longitudes de onda para cada tipo de absorción de los diferentes estados de oxido-reducción de la mioglobina que permitan analizar el color de las muestras de carne. La mioglobina tiene una absorción máxima de 555 nm, mientras que la deoximioglobina y metamioglobina se absorben entre rangos de 542-580nm y 505-630 nm respectivamente. Además, a 525 nm la absorción de luz es idéntica para las tres formas del pigmento (Stewart et al., 1995).
- *Medición de reflectancia superficial “Colorimetría”*, realizado mediante instrumentos denominados colorímetros. Se basa en la determinación superficial de las coordenadas CIELab (L*, a*, b* y sus componente Chroma y °Hue). Las mediciones se harán sobre zonas homogéneas y representativas, libres de grasa intramuscular y de manchas de sangre, los filetes deben ser de unos 2 cm de grosor (Alberti, 2000).

3.3.1.1.3 Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua (CRA) se define como la cualidad que presenta la carne para mantener el agua de constitución durante la aplicación de fuerzas externas como pueden ser la gravedad, corte, calentamiento, picado o presión (Zhang et al., 2005), siendo importante ya que puede afectar al peso y al valor económico de la carne y parámetros de calidad tales como la jugosidad, terneza y aspecto (Hamm, 1975; James y Swain, 1986; Offer and Knight, 1988b).

La parte muscular de los mamíferos contiene cerca del 75 % de agua inmediatamente después del sacrificio (Lawrie, 1991) lo cual puede variar con la especie, la edad, el músculo y el contenido de grasa. Sin embargo, transcurrido el

sacrificio este contenido de agua disminuye como consecuencia de diversos procesos como la evaporación producida durante el almacenamiento, pérdidas por gravedad y/o presión como consecuencia de la sección de los tejidos, y principalmente durante el cocinado donde las pérdidas pueden superar el 40%.

Dentro de los factores que pueden influir en la CRA, destacan los siguientes (Rosenvold y Andersen, 2003):

- Sistema de aturdimiento empleado: la estimulación eléctrica produce una caída muy rápida del pH y por consiguiente menor valor de CRA frente al empleo de cámara de CO₂.
- Suplementación con vitamina E: mejora la CRA en porcino.
- Ayuno previo al sacrificio: mejora la CRA al disminuir los depósitos musculares de glucógeno y, por tanto aumenta el pH₂₄.
- Enfriamiento excesivamente rápido de la canal: tiene un efecto negativo sobre la CRA, especialmente si el nivel de energía del músculo es muy elevado.

En cuanto a los métodos para determinar la capacidad de retención de agua, Hamm (1986) propuso cuatro maneras diferentes de medir este atributo, según la forma en que se presente el músculo y a los mecanismos que la retienen en él:

- *Pérdidas por goteo* (drip loss): determinada por la formación de exudado sobre la carne sin la aplicación de fuerzas externas, por acción de la gravedad.
- *Pérdidas por descongelación* (thawing loss): determinada por el agua exudada tras el proceso de congelación y descongelación sin la aplicación de fuerzas externas.
- *Pérdidas por cocinado* (cooking loss): determinado por los fluidos liberados por el calentamiento o cocinado de la carne, sin aplicación de fuerzas externas.

- *Pérdidas por Presión* (jugo exprimible): se realiza en carne cruda y algunas veces descongelada a la cual se le aplican fuerzas externas originadas por compresión, centrifugación o succión.

3.3.1.1.4 Grasa intramuscular

Después del contenido de agua y proteínas, el porcentaje de grasa es el tercer componente mayoritario en la carne. Sin embargo muchos factores influyen sobre su contenido, tales como la especie, raza, genotipo, sexo, estado fisiológico, alimentación, sistema de manejo, tipo de músculo, etc.; los cuales no solo afectan al contenido total de grasa intramuscular sino también al perfil lipídico de la misma, siendo de gran interés desde el punto de vista de la salud humana y, además puede tener efectos sobre determinados atributos sensoriales como el *flavor*, la textura y el color, y puede afectar la estabilidad oxidativa de la carne durante la maduración *post-mortem* (Farmer, 1994; Wood et al., 2003).

En la carne, los lípidos se encuentran localizados en el tejido adiposo (subcutáneo e intramuscular) y en el tejido muscular. La grasa subcutánea, generalmente es destinada a la industria cárnica como materia prima mientras que, la grasa intramuscular, por sus propias características, proporciona jugosidad a la carne, así mismo actúa como aislante durante los tratamientos térmicos al que es sometido evitando pérdidas de calidad, sin embargo es la más susceptible a los procesos oxidativos.

La grasa intramuscular, es la fracción lipídica que se localiza entre las fibras musculares dando un aspecto de veteado (*marbling*). Su composición es similar al del tejido adiposo pero es más susceptible a alteraciones oxidativas por estar en contacto con sustancias del músculo. Está compuesta por una mezcla de sustancias constituidas por triacilglicéridos (90-95%), di- y mono-acilglicéridos

(1-2%), ácidos grasos libres (0,5%), fosfolípidos (3-7%) y otros compuestos lipídicos presentes en menor cantidad (Onega, 2003; Galián, 2007).

En general, los lípidos intramusculares realizan funciones metabólicas de reserva energética, tal es el caso de triacilglicéridos en las células adiposas del tejido conjuntivo interfibrilar; además cumplen funciones estructurales formando parte de las membranas de todos los órganos celulares (Díaz et al., 2005). Los fosfolípidos son componentes esenciales de las membranas celulares, ayudan a regular el metabolismo celular y su contenido es relativamente constante en los tejidos magros (0,8-1,0%). Cuando son expuestos al aire ocurren cambios en el aroma, el color y el flavor de la carne, que se aceleran con el calentamiento (Onega, 2003). El colesterol, aunque es un componente minoritario de los lípidos, tiene importantes funciones fisiológicas y aparece en todos los tejidos animales como componente esencial de la membrana celular. Los músculos magros de vacuno, cerdo y cordero contienen 60-80 mg de colesterol total por 100 g, del que más del 90% se encuentra en forma libre (Tu et al., 1967; Lawrie, 1981).

En cuanto a la composición de ácidos grasos presentes en los lípidos de la carne, predominan los ácidos grasos libres y esterificados que presentan cadenas de 2 a 30 carbonos, de tipo saturado o insaturado (Prändl et al., 1994). La composición en ácidos grasos, además de ser importante para la consistencia, influye en la calidad organoléptica. Cuanto mayor es el índice o presencia de ácidos grasos no saturados, mayor es la probabilidad de oxidación, lo que va en detrimento de la calidad. Los ácidos grasos insaturados más comunes en la grasa cárnica son: el ácido oleico, el linoleico y el linolénico (Bodwell y Anderson, 1986) que además son esenciales para el ser humano ya que el organismo no puede sintetizarlos (Dugan, 1994).

La presencia de ácidos grasos en la carne se debe fundamentalmente a la alimentación del animal, ya que gran parte de estos ácidos son proporcionados en la dieta, los cuales no se modifican en el curso de la digestión, sino que son absorbidos y depositados en los tejidos adiposos (Raimondi et al., 1975; Asghar et

al., 1990). Sin embargo, la suplementación de estos ácidos depende del poder del organismo del animal de generarlos, ya que por ejemplo los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) no pueden ser sintetizados por el animal por lo que es necesario su presencia en la dieta, mientras que los ácidos grasos saturados (AGS) y monoinsaturados (AGMI) si puede ser sintetizados por lo que su presencia en la dieta es menos indispensable (Wood, 1984; Rosenvold y Andersen, 2003). Así mismo, existe el interés por modificar la composición de la grasa del animal (% AGS, AGMI, AGPI), de tal forma que al ingerir la carne se puede alcanzar las recomendaciones dietéticas-nutricionales requeridas (un ratio mínimo de 0,4 de la relación AGPI/AGS) (Ministerio de Salud y Seguridad Social del Reino Unido, 1994). Por otro parte, las carnes con alto porcentaje de AGPI puede presentar cierta consistencia “blanda” y mayor inestabilidad oxidativa con lo cual perjudicaría su calidad tecnológica (Wood y Enser, 1997; Wood et al., 2003; Rosenvold y Andersen, 2003).

El contenido de grasa intramuscular comprendido entre 2-3% ayuda a mejorar la calidad sensorial de la carne (Daszkiewicz et al., 2004) mientras que porcentajes menores de 1,5% disminuirían su calidad (Mörlein, 2005). Por otro lado, Fernández et al. (1999) señalaron que valores altos de grasa intramuscular mejorarían la calidad sensorial de la carne, pero por encima del 3,5% provocaría un rechazo al consumidor debido al aspecto visual de excesivo veteado que se relaciona con un exceso de grasa.

Para la carne destinada a la elaboración de productos cárnicos, los niveles óptimos podrían situarse entre 3,5 y 4% (Reixach, 2004). Los productos transformados cárnicos de muy alta calidad, derivados de razas autóctonas españolas presentan porcentajes de grasa infiltrada muy superiores, desde el 4,76 % al 16,10 %, (Benito et al, 1998; Solís et al, 2001; Poto, 2003, Galián, 2007).

En la fracción liposoluble se concentran los aromas característicos de la especie animal en estudio y del tipo de alimentación a la que fue sometida. Estos aromas pueden ser agradables o desagradables, como el olor sexual del verraco (Patterson,

1968; Thompson, 1972 citados por Onega, 2003) o el WOF: “warmer over flavor” (Tims y Watts, 1958), que se desarrolla en la carne cocida y refrigerada durante 48 horas, debido a la oxidación catalítica que provoca la desnaturalización por el calor de la mioglobina. Así mismo, la grasa intramuscular de la carne puede influir en la textura (dureza y jugosidad) (Murray et al., 1983; Barton-Gade et al., 1988; Miller, 1994; Barriada, 1995) y en la velocidad de desecación de la carne (Riley et al., 1983; Pearson, 1986; Carballo y López de Torre, 1991).

Existen múltiples metodologías utilizadas para la determinación de la cantidad de grasa intramuscular. Fundamentalmente, el proceso consiste en extraer la grasa mediante disolventes orgánicos, evaporarlos y pesar el residuo que queda en el balón de evaporación, tomado como referencia de Norma ISO R-1443 y el Método de Análisis de Productos Cárnicos (BOE 29/8/79) (Olivan et al., 2000).

Dentro de los métodos novedosos para determinar la grasa intramuscular podemos citar el análisis de frecuencia por ultrasonidos que consiste en la penetración de ciertas ondas que reflejan o refractan las distintas zonas del músculo, es un método rápido, no invasivo ni destructivo (Park et al., 1994); también existe el método por espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) muy utilizado para la cuantificación de componentes de la carne (grasa, agua, etc.) y consiste en medir la cantidad de radiación del infrarrojo cercano absorbido por la carne, es una técnica rápida y no destructiva (Hildrum et al., 1994); el análisis de imagen es otra técnica que se utiliza para medir la cantidad de grasa, puede ser muy útil en clasificación, aunque presenta el inconveniente de ser destructiva, requiere un corte del músculo y no se puede hacer “on-line” (las dos anteriores sí).

3.3.1.1.5 Oxidación de lípidos

La oxidación de los lípidos es uno de los principales factores que limita la calidad y aceptabilidad de la carne y productos cárnicos, junto con el crecimiento microbiano (Botsoglou et al., 1994; Ruiz et al., 2001; Carreras et al., 2004). Este fenómeno puede provocar la pérdida de capacidad de retención de agua,

alteraciones en el color de la carne, generación de aromas anómalos ó la producción de compuestos potencialmente tóxicos (Min y Ahn, 2005).

Este proceso de oxidación comienza en el animal vivo como consecuencia de la aparición de sustancias capaces de reaccionar con el O₂ y que actúan como catalizadores del proceso, contribuyendo a la iniciación de la cadena de reacciones (Abuja y Albertini, 2001). Así mismo, las modificaciones que se van produciendo durante la maduración *post mortem* en las fibras musculares comprende un descenso de la defensa antioxidante y un incremento del grado de oxidación de lípidos y proteínas debido a la acción de radicales libres (Renner, 1999). En la Tabla 1 se resumen las modificaciones que se producen durante la maduración de la carne.

La oxidación de lípidos de la carne es principalmente de naturaleza no enzimática, aunque ciertos investigadores atribuyen la implicación de la enzima lipooxigenasa en la formación de radicales libres (Germán y Kinsella, 1985). De forma resumida, se puede señalar que la oxidación de lípidos es un proceso que implica, principalmente, la participación de los AGI y el oxígeno, formándose hidroperóxidos a partir de los ácidos grasos, en especial AGPI.

Tabla 1: Modificaciones generadas durante la maduración que influyen en la oxidación de lípidos de la carne.

Interrupción de la circulación sanguínea
Bajada del pH hasta 5,5 debido al metabolismo anaerobio
Pérdida de función del sistema enzimático de defensa (glutación peroxidasa, catalasa)
Pérdida de función de las proteínas secuestradores de hierro (transferrina, ceruloplamina)
Salida de Ca^{2+} del interior del retículo sarcoplasmático
Actuación de las enzimas proteolíticas Ca^{2+} dependientes sobre las proteínas musculares
Destrucción parcial de la compartimentación celular
Liberación de hierro unido a proteínas
Reacciones en cadena catalizadas por hierro
Inicio de la oxidación de los lípidos de las membranas celulares.

(Morrissey et al., 1994)

En la Figura 7 se presenta el mecanismo de peroxidación de los ácidos grasos poliinsaturados

La fase de Iniciación, cuando se extrae un átomo de hidrógeno de una molécula de ácido graso se forma un radical alquilo debido a la actuación de un agente iniciador de la oxidación lipídica. Estos agentes iniciadores pueden ser: la exposición a la luz, el calor, otros ácidos grasos oxidados, sistemas enzimáticos o químicos productores de especies reactivas de oxígeno (ROS), metales de transición, oxígeno molecular, hierro hemo (mioglobina y hemoglobina) o no hemo en estado oxidativo (Kanner, 1993, Rodríguez 2011).

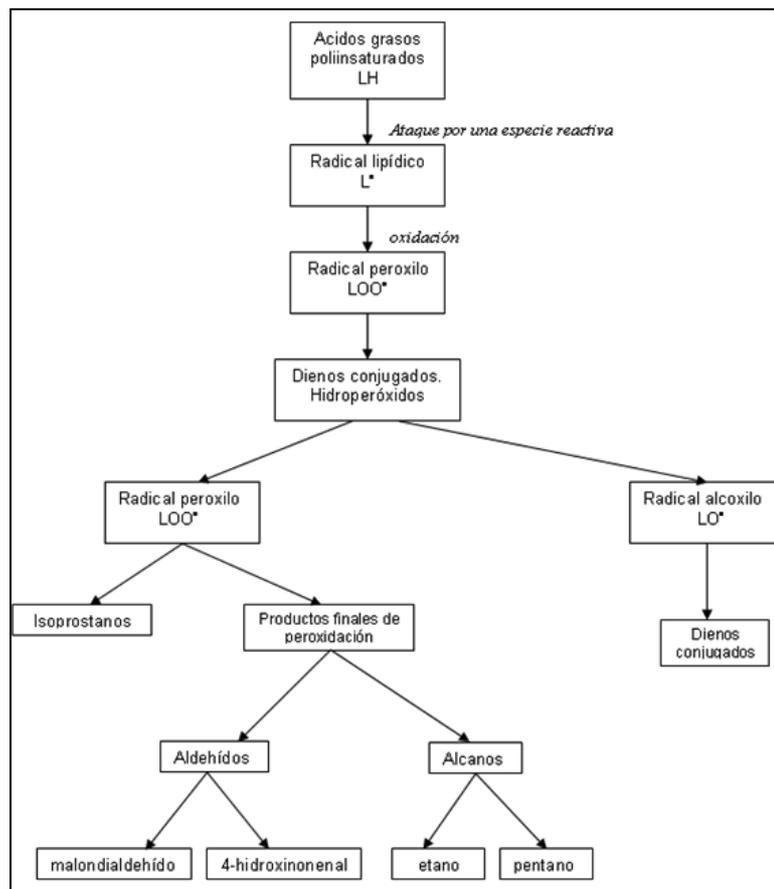


Figura 7. Mecanismo de la peroxidación lipídica, en relación a la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) en presencia de radicales libres.

Los procesos oxidativos consta de una serie de fases denominadas: iniciación, propagación, ramificación y terminación (Figura 8).

Con la liberación de peróxidos lipídicos se da comienzo a la *fase de propagación*, que consiste en la reacción del radical libre (R^*) con el oxígeno molecular para formar el radical peróxido (ROO^*). Este radical puede sustraer un átomo de hidrógeno de otro ácido graso insaturado y propagar la reacción de cadena. Los hidroperóxidos ($ROOH$) formados pueden sufrir una separación homolítica para formar radicales hidróxilos (OH^*) y alcóxido (RO^*) que serán los promotores de propagar las posteriores oxidaciones y llevar a cabo la cadena de ramificación (Hamilton et al., 1997; Morrissey et al., 1998).

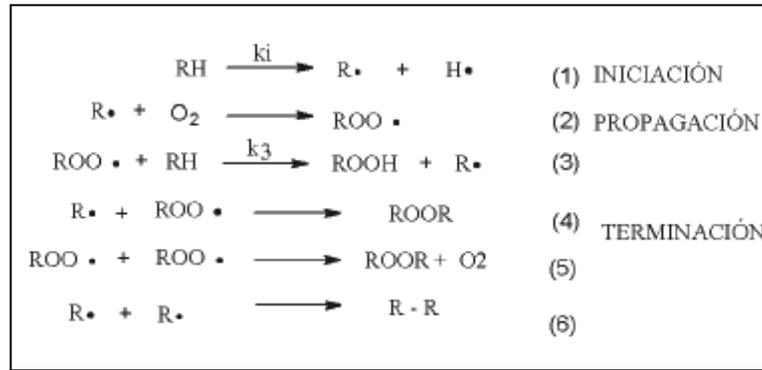


Figura 8. Fases del proceso oxidativo de los lípidos

Finalmente, la reacción de auto-oxidación termina por la neutralización de moléculas radicalarias entre sí, dando lugar a moléculas no radicalarias, o por descomposición de los peróxidos en otros compuestos como aldehídos, cetonas y alcoholes (Frank et al., 1982).

Existen numerosos procedimientos para determinar el estado oxidativo de la carne y de los productos cárnicos, desde procedimientos que se basan en sencillas pruebas sensoriales hasta otras más complejas como el análisis químico (Estévez et al., 2009).

La evaluación de la oxidación lipídica para determinar los productos primarios (que se generaron durante las etapas de iniciación y propagación) puede realizarse a partir de técnicas analíticas como: métodos espectrofotométricos, con la determinación de dienos y trienos conjugados con AGPI; métodos colorimétricos, basado en la capacidad de los peróxidos para oxidar el Fe^{2+} en Fe^{3+} ; y los métodos iodométricos que se basan en la reducción del grupo hidropéroxidos con el ion yoduro (Shahidi y Wanasundara, 2002). Otro método alternativo para determinar el índice de peróxidos son las técnicas basadas en cromatografía (Dobarganes y Velasco, 2002).

El método más utilizado para determinar la oxidación de lípidos en alimentos, y en particular en la carne, es el índice de TBARS, que mide la cantidad de

malondialdehído (MDA) que se produce como resultado de la peroxidación de las grasas y que generalmente está altamente correlacionado con la calidad sensorial.

Uno de los métodos más utilizados es la extracción en medio ácido (ácido tricloroacético), tanto por la gran cantidad de muestras que permite analizar, como también por el hecho de que las muestras reaccionan con el TBA y es cuantificado mediante absorbancia a un pico máximo de 532 nm (emisión del color rosa), siendo la intensidad del color directamente proporcional a la concentración de MDA. Los cálculos son obtenidos a partir de una recta de calibrado previamente preparada con diferentes concentraciones de TEP (tetraetoxipropano) el cual pasa por un proceso de hidrólisis y genera MDA (Fernández et al., 1997).

De acuerdo con Bou et al. (2001) valores de MDA de 0.5-2 mg/kg son suficientes para la detección de cierta rancidez en la carne. Otros autores como López-Bote y Menoyo (2000) indicaron que un nivel de oxidación lipídica a partir del cual comienza a ser detectable la rancidez de la carne se estima por encima de 1,5-2 mg de MDA/kg. Para Insausti et al. (2001), 5 mg/kg es un umbral de oxidación ciertamente elevado donde la rancidez es fácilmente detectable. Algunos estudios sugieren que los grupos amida resultantes de la proteólisis durante la maduración de embutidos podrían influir en la determinación de TBARs (Bedia, 2011).

3.3.1.2 Parámetros sensoriales

La calidad organoléptica o sensorial de la carne viene dada por una serie de parámetros altamente variables, intrínsecos a la propia naturaleza de la carne y determinantes en todo proceso productivo-tecnológico. Por otro lado, los parámetros de calidad sensorial de los productos cárnicos difieren mucho de la calidad sensorial inicial de la carne debido a los diversos procesos físico-químicos y tecnológicos al que fueron sometidos durante su procesamiento y maduración.

Dentro de las parámetros sensoriales que van a influir en la palatabilidad de la carne y productos cárnicos podemos citar a, la textura, la jugosidad, el aroma, el sabor y el color. Todos estos atributos dependerán, fundamentalmente, de la

especie, la raza, la edad, el sexo, la dieta y el manejo post mortem; y en los productos cárnicos, también influirá el tipo de embutido, la materia prima utilizada, la tecnología aplicada, etc. Las características sensoriales de muchos embutidos están muy relacionadas con el desarrollo de los mohos y levaduras de la superficie (Lücke, 2000).

3.3.1.2.1 Color

La apariencia de la carne variará dependiendo de los procesos químicos de oxidación y oxigenación de la mioglobina, por lo que las determinaciones físico químicas del color de la grasa y del músculo deben realizarse en un tiempo establecido.

La oxidación de lípidos puede modificar las características del color de la carne y de los productos cárnicos, como consecuencia de la relación existente entre la oxidación y la conformación química de los pigmentos hemínicos (Gray et al., 1996; Frankel, 1998).

Existen numerosos factores que intervienen en el color inicial de la carne y su estabilidad durante el almacenamiento. Por un lado, aquellos relacionados con el músculo como el contenido y estado químico del pigmento muscular, el consumo tisular de oxígeno, la reducción de metamioglobina o la evolución del pH muscular; así como también factores ambientales como la luz, temperatura, etc. (Madhavi y Carpenter, 1993) y la carga microbiana de la carne (Faustman y Cassens, 1990).

3.3.1.2.2 Textura

La textura de los alimentos es un conjunto de sensaciones distintas, un parámetro multidimensional, y por ello es complicado definirla. Diversos autores han señalado que la textura es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista, el oído, y que se manifiesta cuando el alimento

sufre una deformación (Brennan, 1980; Bourne, 1982; Anzaldúa-Morales, 1994) por lo que no se puede hablar de la textura de un alimento como una propiedad única de éste, sino debe referirse a los atributos o propiedades de textura de ese alimento (Anzaldúa-Morales, 1994).

La dureza, es uno de los atributos de textura más utilizados, de los más importantes para determinar la calidad sensorial de la carne y productos cárnicos. Esta influenciado por tres componentes de la carne (Carballo y López de Torre, 1991): las fibras musculares (distintos tipos de fibras presentan diferentes capacidades de contracción y de retención de agua); la longitud del sarcómero y de las miofibrillas (cuanto mayor es el estado de contracción mayor es la dureza) y la cantidad y naturaleza del tejido conjuntivo (Nakamura et al., 1975). Otros factores también puede influir en la dureza de la carne (raza, sexo, edad, alimentación, etc.), la mejora del nivel de alimentación conduce a un descenso de la dureza, relacionado con un descenso de la tasa de conjuntivo, un veteado más abundante, un pH final ligeramente más elevado y un aumento de las fibras musculares blancas (Monin, 1989).

Por otro lado, la textura de los productos cárnicos crudo-curado está directamente relacionada con la solubilidad de las proteínas. Una mayor proteólisis otorgará una mejor textura a los embutidos (Beriain et al., 2000).

El consumidor confiere una mayor importancia a la dureza como principal atributo de la textura, siendo uno de los criterios determinantes de la calidad de la carne (Lawrie, 1998b) y en la elección de compra (Dransfield et al., 1984 y Seideman et al., 1989). Otros autores señalan que tanto la dureza como el color de la carne son los parámetros principales que determinan las preferencias del consumidor. Por otro lado, Glitsch (1997) señala a la dureza y el flavor como los atributos más importantes de la calidad sensorial.

Así mismo, la jugosidad está muy relacionada (desde la fase inicial de la masticación) con la capacidad de retención de agua (CRA), siendo de gran

importancia económica y sensorial, ya que una carne con una menor CRA implica mayores pérdidas por oreo (entre 5 y 7%) y también mayores pérdidas durante el almacenamiento. Durante el cocinado habrá una rápida salida de jugo, agravada por una pre-contracción del colágeno y una desnaturalización proteica, llegando las pérdidas al 50% (Hamm, 1966).

La jugosidad, es un atributo sensorial evaluado principalmente en carne cocinada. Se relaciona íntimamente con la dureza, ya que a menor dureza (más tierna) se liberan rápidamente los jugos a masticar y produce más jugo. Quizá el parámetro más importante que influye sobre la jugosidad de la carne cocinada es el proceso mismo de cocinado (Price y Schweigert, 1994).

Por otro lado, la sensación de jugosidad en productos cárnicos crudo-curados se relaciona con el contenido de grasa, por lo que gran parte de los parámetros que condicionan el contenido de grasa intramuscular se verán reflejados en esta percepción de jugosidad. La carne bien vetada de los animales maduros, que es más grasa, podría ser más jugosa que la de los animales jóvenes con menor contenido de grasa intramuscular (Sañudo, 1992). En general, los tratamientos que producen la mayor retención de fluidos y de grasa originan las carnes y productos cárnicos más jugosos.

3.3.1.2.3 Flavor, Sabor y Olor

Podemos definir el término flavor de un alimento, al conjunto de sensaciones olfativas y gustativas generadas tras el consumo del mismo. El flavor se desarrolla desde antes de la introducción del alimento en la boca, durante la masticación y durante y después de la deglución (Patterson, 1975).

El flavor engloba al olor (ligado a la existencia de compuestos volátiles) y al sabor del alimento (originario de algunas sustancias solubles) (Miller, 1994; Hornstein y Wasserman, 1987). Estos compuestos químicos están presentes en

concentraciones muy pequeñas, que no afectan al valor nutritivo, pero sí a la aceptabilidad del producto.

La carne fresca tiene un débil olor característico a ácido láctico (Cross et al., 1986). Diversos factores pueden influir en la percepción del flavor, la carne de animales viejos presenta un olor más fuerte que la de animales jóvenes de la misma especie así como también el genotipo, la susceptibilidad al estrés previo al sacrificio y, por lo tanto al pH de la carne (Miller, 1994), la dieta del animal (Melton, 1983; Field et al., 1983), cambios en la composición de la carne producido durante la maduración y el procesamiento (Miller, 1994), la temperatura y tiempo de almacenamiento (Prändl et al., 1994).

En cuanto al flavor de la carne cocinada, este es más intenso comparado con la carne cruda, habiendo sido afectado por el método de cocinado, el tipo de carne y el tratamiento previo al cocinado (Cross et al., 1986; Barton-Gade et al., 1988). Sin embargo, existen olores de la carne cruda que se mantienen en la carne cocinada y que puede llegar a intensificarse, ejemplo el olor sexual del cerdo (Cross et al., 1986).

Por otro parte, tanto el aroma como el sabor de los productos cárnicos está directamente relacionado con la proteólisis, mientras que la lipólisis y oxidación de lípidos proporcionan cambios sensoriales en estos productos debido a la presencia de ácidos grasos libres y compuestos carbonilo liberados (Bedia, 2011). Por otro lado, los aminoácidos libres guardan relación con el olor y el sabor (Kato et al., 1989). Ordóñez et al. (1999), señalan que el aroma y sabor característico de un producto cárnico es el resultado de la combinación de las especias, la actividad de enzimas endógenas de la carne, la actividad microbiana, la auto-oxidación y la interacción entre los componentes.

El procesado de estos embutidos influye en el flavor de estos productos. Montel et al. (1998) señalaron que las salchichas de corto periodo de curación otorgan características sensoriales propias del curado, con predominio del sabor ácido, el

cual depende del valor de pH ya que elevadas concentración de ácido acético pueden otorgar un sabor amargo al producto. Por otro lado, en las salchichas de tiempos prolongados de maduración actúan otros microorganismos, como mohos y levaduras, que proporcionan los componentes volátiles de aroma y sabor característicos de estos productos cárnicos (Rantsiou y Cocolin, 2006).

3.3.1.2.4 Métodos para evaluar la calidad sensorial

La calidad sensorial de la carne y de los productos cárnicos es evaluada a través del análisis sensorial, una disciplina científica ampliamente utilizada para medir, analizar e interpretar la respuesta a las propiedades de los alimentos (Hollander, 1998). La importancia de realizar este análisis viene dado por el hecho de que, a través de ella, se puede ir dando respuesta a las preferencias y demandas del consumidor (Bianchi, 2005) buscando, en última instancia, su satisfacción personal (Stone y Sidel, 1993).

Dentro de los tipos de pruebas para el análisis sensorial, se puede diferenciar entre pruebas de consumidores y pruebas analíticas los cuales son descritos a continuación (Teruel, 2011):

- **Pruebas de Consumidores**

- *Pruebas afectivas o de preferencia-aceptación*

Mediante esta prueba se pretende evaluar el grado de aceptación y preferencia de un producto, empleando como herramienta de trabajo la valoración de los catadores, que en la mayoría de casos son consumidores (catadores no entrenados) basando sus respuestas en su estimación personal. Las hojas de cata son preguntas simples, de frases sencillas y lógicas que el consumidor puede identificar fácilmente (Noble et al., 1997; Owens, 2002) y deben ser enfocadas en decisión de compra y aceptación general (Muñoz, 1998).

Dentro de este grupo de pruebas, se pueden distinguir:

1. *Pruebas de aceptación*: la presentación de la muestra, es similar a la de una prueba pareada simple diferenciándose únicamente en el tipo de respuesta; aceptación o rechazo. Si se evalúan más de dos productos, es posible emplear una escala. Existen escalas con representación gráfica (de caras) que generalmente va dirigido a población infantil.
2. *Pruebas hedónicas*: Puede ser pareada o de categorías. Las primeras evalúan un producto frente a otro respondiendo a preguntas como ¿Cuál prefieres?, mientras que la segunda establece una escala ascendente o descendente en orden de preferencia o gusto.

- **Pruebas Analíticas**

- *Pruebas Discriminatorias*

Este tipo de pruebas se caracteriza por establecer la existencia o no de diferencias entre dos o más muestras, y muchas veces evaluar la magnitud de estas diferencias. Tiene por finalidad identificar o diferenciar entre grupos de muestras a través de panelistas semi-entrenados. Según la normativa UNE, las más utilizadas son:

1. *Prueba de comparación por pareja* (UNE 87005: 1992): consiste en presentar a cada catador, uno o más pares de muestras pidiéndole que las compare según atributos sensoriales de interés para el estudio y que identifique cuál de ellos presenta mayor intensidad. Estas pruebas tiene la ventaja de tener una interpretación de datos muy sencilla y un bajo número de muestras a catar por cada panelista, evitando así el riesgo de hastío y de resultados negativos. Sin embargo solo presenta un 50% de probabilidad al acierto, lo que disminuye la fiabilidad de los resultados.
2. *Prueba dúo-trío* (UNE 87010: 1993): consiste en presentar a cada panelista, una muestra de referencia y dos muestras problema, siendo una

de ellas idéntica a la de referencia. El catador debe identificar la muestra problema. Presenta como principal inconveniente la elevada probabilidad de acierto (50%).

3. *Prueba triangular* (UNE 87006: 1992): consiste en presentarle al catador, tres muestras simultáneamente, previamente codificadas, de las cuales dos son iguales y se le pide identificar la muestra diferente. Las muestras se deben presentar igual número de veces en cada una de las posiciones que corresponden a las dos series de las tres permutaciones distintas: BAA, ABB, AAB, BBA, ABA, BAB. Este tipo de pruebas presenta una probabilidad de acierto del 33%, así mismo puede obtenerse información complementaria de alguna diferencia observada por el catador.

- Pruebas Descriptivas

Este tipo de pruebas permite describir, comparar y valorar las características de las muestras en función de unas categorías, definidos previamente y de carácter típicamente analíticas. Los catadores deben ser semi-entrenados o entrenados. Presentan una escala de descriptores que va de 10 a 20 los cuales puede ser usados en diferentes caracteres (Nalan, 2002).

Dentro de este grupo de pruebas, las de mayor aplicación son:

1. *Perfil Descriptivo*: es una técnica altamente descriptiva, basada en los criterios establecidos por los catadores entrenados, los cuales trabajan en equipo hasta alcanzar un consenso (Guerrero y Guardia, 1999). A través de esta metodología, se pueden evaluar atributos cualitativos y/o cuantitativos que definan el flavor, estableciendo si la influencia de un determinado efecto es alto, medio o bajo.
2. *Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA)*: esta metodología surgió en respuesta a la falta de un tratamiento estadístico de los datos obtenidos con

los métodos de perfil. Es una técnica basada en caracterizar atributos sensoriales en términos cuantitativos. El objetivo del QDA es similar al de Perfil Descriptivo, pero se diferencia en el tipo de escalas empleadas en la valoración, las cuales son de intervalos numéricos o mixtos. Normalmente, cada panelista realiza varias mediciones sobre un mismo producto empleando una escala lineal no estructurada de 10 cm. Además, ofrece mayor información en cuanto a descripción de atributos y realiza una evaluación conjunta de muchos de ellos como, aspecto, aroma, flavor y textura. Es por tanto, el método descriptivo más utilizado en los últimos años.

En general, el análisis sensorial a través de un panel entrenado es un método muy extendido. Consiste en un entrenamiento para determinar descriptores sensoriales de olor, sabor, aroma y textura. Los métodos, tanto de entrenamiento, como del análisis sensorial, están estandarizados y recogidos en las Normas ISO 8586-1 (1992) (Guía general para la selección, entrenamiento y control de jueces) e ISO 4121 (2003) (Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas) respectivamente.

3.3.1.3 Parámetros microbiológicos

Las características microbiológicas y la composición química de la carne la convierten en un excelente sustrato para microorganismos tanto de tipo alterante como patógenos,

Los microorganismos presentes tanto la carne como en los productos cárnicos pueden crecer hasta ciertos valores que podrían ocasionar una serie de modificaciones en la misma, o alcanzar valores que resulten dañinos para el consumidor, por lo que es importante saber diferenciarlas cuando están presente en la carne y derivados.

Las bacterias patógenas presentes en recuentos elevados pueden generar trastornos alimentarios en el consumidor, y como generalmente su crecimiento no va

necesariamente asociado a cambios sensoriales en el alimento, su ingesta puede llegar a producirse fácilmente por parte del consumidor. Por otro lado, la contaminación microbiana puede darse a través de una alteración en el alimento, en este caso los microorganismos necesitan estar presente en un número muy elevado para alterar las características del alimento.

El medio externo es el principal factor que contribuye a la contaminación microbiana de la carne. Durante el sacrificio, los procesos de faenado hace que entren en contacto las partes externas del animal (piel, pezuña, pelos) con el tracto digestivo; así como con los microorganismos presentes en el suelo, agua, pienso y estiércol. Por otro lado, diversos procesos que involucran manipulación de la carne (medios de transporte, aire, personal, maquinarias de procesamiento, tipo de envasado, condiciones de almacenamiento, pH inicial de la carne, etc.) pueden contribuir a tal incremento microbiano. Dado que existe una gran variedad de fuentes de contaminación se genera una gran diversidad de microorganismos presentes en la carne como mohos de tipo *Cladosporium*, *Mucor*, *Penicillium* y *Monilia*; levaduras no esporuladas; bacterias psicrotróficos de género *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Flavobacterium*, *Enterobacter*, *Clostridium*, *E.coli* y *Salmonella* (Sofos et al., 2000; Bejarano, 2001), muchas de las cuales se generan durante la refrigeración de la carne.

La conservación de la carne supone una combinación de métodos. Si el enfriamiento de la carne es muy rápido, las bacterias mesófilos no tendrían opción a reproducirse. Las condiciones de almacenamiento por refrigeración varían de -1 a 2,2°C en un tiempo determinado, y dependerá de las condiciones de almacenamiento (%HR – humedad relativa, T°- temperatura y de la especie animal) (Williams, 1991).

Los cambios que se producen tras la contaminación microbiana se traducen en pérdida de textura, aumento de viscosidad, exudación debida a la alteración de las

proteínas, cambios en el olor (ácido, pútrido, etc.) y color, aparición de limos, ablandamiento, pérdida de elasticidad, opacidad, etc. (Nieto, 2009).

Igual importancia toma la evaluación de los parámetros microbiológicos de los productos cárnicos. Uno de los primeros puntos a considerar es la materia prima, ya que la carne que se destina a la elaboración de productos cárnicos contiene una carga microbiana muy heterogénea, de manera que los aditivos utilizados y las operaciones de manipulación incrementan dicha carga microbiana inicial llegando a alcanzar hasta 10^6 ufc/g, los cuales se componen fundamentalmente de bacilos psicrotróficos Gram negativos como *Pseudomonas*, *Achromobacter* y *Flavobacterium*; enterobacterias, mohos y levaduras. También se pueden encontrar, aunque en menor número, microorganismos Gram positivos, como bacterias lácticas y micrococáceas, que serán las responsables de los principales cambios producidos en el embutido. Todas ellas pueden ser controladas y de esta manera asegurar la calidad tecnológica de los embutidos.

En cuanto a los microorganismos patógenos se han detectado algunas especies como *Salmonella* sp, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum* y *Staphylococcus aureus*. Su presencia generalmente se atribuye a una deficiente higiene y/o a una inadecuada manipulación de las materias primas durante su procesado. Las primeras horas tras la elaboración son críticas para estos microorganismos, ya que existen unas condiciones de elevado pH y a_w que favorecen el crecimiento de estas especies.

Durante la fase de estufaje los embutidos son mantenidos a temperaturas entre 20-27° C y humedad relativa en torno a 90 % durante aproximadamente 48 horas. Estas condiciones van a favorecer el desarrollo de la flora Gram positiva y, posiblemente, estimular el crecimiento de las especies patógenas. En esta fase dan comienzo dos fenómenos que van a condicionar todo el proceso y donde el papel que desempeñan las bacterias es fundamental: primero, la reducción de los nitratos a cargo de las micrococáceas y segundo, la fermentación de los azúcares a cargo de las bacterias lácticas (Mata, 1999)

Tras el estufaje comienza la maduración, propiamente dicha, donde los valores de temperatura y humedad relativa se reducen sensiblemente. Durante esta etapa se produce la deshidratación del producto, que pierde hasta un 40 % del peso inicial, esto conlleva un descenso de la a_w que también contribuye a crear unas condiciones desfavorables para el crecimiento de la mayor parte de la flora indeseable. La flora láctica es la que mejor soporta estas condiciones de acidez y desecación y en un plazo de pocos días, las bacterias lácticas se instauran como flora predominante de la maduración en el embutido crudo curado. Asimismo, los bacilos Gram negativos llegan a desaparecer después de un período de 8-10 días. No obstante en los procesos de maduración lenta (poca adición de azúcar y bajas temperaturas de estufaje, en torno a 18° C) la flora Gram negativa dispone de un ambiente más favorable para su crecimiento y no desaparecen en el curso de la maduración (Lücke, 1985).

Hoy en día existen diferentes sistemas para determinar los microorganismos presentes en la carne y los productos cárnicos, los cuales pueden ser divididos en tradicionales o moleculares (Rantsiou y Cocolin, 2006).

Dentro de los métodos tradicionales, podemos citar aquellos basados en el crecimiento en medios de cultivo y posterior recuento de las colonias así como la identificación bioquímica.

El primero, es un método estandarizado según las normas ISO para cada tipo de microorganismo, a través de este método se obtienen información de tipo cualitativa y cuantitativa eficaz del crecimiento microbiano, sin embargo presenta el inconveniente de ser lento y laborioso. En la Tabla 2 se resume los parámetros estandarizados según la norma ISO para cada tipo de microorganismos.

El segundo método considerado dentro del grupo de tradicionales, es la de Identificación bioquímica, el cual consiste en determinar la actividad de una vía metabólica a partir de un sustrato que se incorpora en un medio de cultivo y que la

bacteria al crecer la incorpora o no. Dentro de las pruebas más utilizadas se encuentra la prueba de la catalasa, de la oxidasa, Coagulasa, MIO (Motilidad-Indol-Ornitina), TSI (Triple Azúcar Hierro), Agar Citrato, Indol, Rojo Metilo, LIA (Agar Lisina Hierro) o Vogues Proskauer (Rantsiou y Cocolin, 2006).

Tabla 2: Parámetros establecidos para la identificación de microorganismos alimentarios según Norma ISO (International Estándar Organization)

Microorganismo	Método Normalizado*	Medio de Cultivo	Parámetro de crecimiento
Bacterias aerobias	ISO 4833:2003	PCA (Plate Count Agar)	37°C durante 2 días
Bacterias Psicrotróficos	ISO 17410:2001	PCA (Plate Count Agar)	4°C durante 7-10 días
Bacterias Ácido Lácticas	ISO 15240:1998	MRS (Mand, Rogosa y Sharpe)	30°C durante 2-3 días
Enterobacterias	NMP (número más probable) ISO 21528-2:2004	VRBG (Agar con Lactosa y Glucosa, Rojo neutro y Cristal violeta)	35-37°C durante 24 h
Coliformes Totales		VRBA (Agar con Bilis, Rojo neutro y Cristal violeta)	37°C durante 24 h
Pseudomonas		Pseudomonas Agar Base	25-30°C durante 24 h
Mohos y Levaduras	ISO 21527-2:2008 ISO 21527:2008	RBC (Agar Rosa de Bengala con Cloranfenicol)	25°C durante 3-5 días

(*) El recuento se realiza a través del número de colonias formadas y se expresa en log ufc/ml o log ufc/g de muestra

Uno de los métodos más actuales para evaluar la calidad higiénica-sanitaria de los alimentos son los métodos moleculares, que se caracterizan por ser rápidos, reproducibles y fiables (Charteris et al., 1997). Estos métodos pueden realizarse a partir de un cultivo previo o no, aunque actualmente se inclinan por métodos de cultivo-independientes con lo cual puede obtenerse información y caracterización más real de la microflora (Ben Omar y Ampe, 2000; Hugenholtz et al., 1998). El método de cultivo-independiente se basa en la identificación específica de fracciones de ADN y ARN de un microorganismo en concreto, a través de una mezcla de poblaciones microbianas, siguiendo el procedimiento habitual de la

reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Esta técnica consiste en la utilización de primers comparables a regiones genómicas bacterianas relativamente constantes o específicas de especie para identificarlas en el material genómico previamente fragmentado (Collins et al., 1991; Rantsiou y Cocolin, 2006).

A continuación se describe ciertas características de los microorganismos alimentarios:

3.3.1.3.1 Aerobios mesófilos

Incluye a todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 30 °C en las condiciones establecidas. Estima la microflora total sin especificar tipo de microorganismos. Refleja la calidad sanitaria de un alimento, condiciones de manipulación y condiciones higiénicas de la materia prima. Un recuento bajo de mesófilos no garantiza la ausencia de patógenos o sus toxinas, así mismo un elevado recuento no significa presencia de flora patógena. El método normalizado ISO 4833:2003 describe la técnica para su determinación.

3.3.1.3.2 Psicrófilos

Incluye a todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse entre 4 y 7°C o por debajo de las condiciones establecidas, los cuales son determinados según el método normalizado ISO 17410:2001.

3.3.1.3.3 Bacterias ácido lácticas

Estas bacterias constituyen un amplio conjunto de microorganismos, dotados de propiedades similares, que fabrican ácido láctico como producto final del proceso de fermentación. El método empleado para su determinación es el citado por la ISO 15240:1998.

3.3.1.3.4 Enterobacterias

Su determinación es utilizada como indicador de contaminación fecal y para evaluar las buenas prácticas de fabricación. Es indicador de calidad microbiológica de alimentos procesados, ya que recuentos elevados representa una elaboración inadecuada y/o una contaminación posterior, implicando riesgo higiénico-sanitario.

El recuento de enterobacterias puede ser obtenido a través de dos métodos normalizados. El primero es utilizado cuando la sospecha de contaminación es baja (1-100 log ufg/ gramo o mililitro de muestra). La siembra se realiza en tubos de medios de doble concentración, con una cantidad determinada de muestra. Luego son incubados entre 35-37°C durante 24 horas. A partir del número de tubos positivos se calcula el número más probable (NMP) de enterobacterias por mililitro o gramo de muestra empleando la tabla de NMP. Y el segundo método de determinación es el establecido por la Norma ISO 21528:2004.

3.3.1.3.5 Mohos y levaduras

Los mohos son estructuras multicelulares filamentosas cuyo crecimiento en un alimento se reconoce por su aspecto aterciopelado. Las levaduras crecen formando colonias características en los alimentos. Está asociado a las condiciones higiénicas de la materia prima y al proceso de manipulación y su significado es similar al de los aerobios mesófilos.

En la actualidad, existen dos normas ISO que establecen el recuento de mohos y levaduras, los cuales están en función de la actividad de agua del alimento a analizar. Si un alimento presenta a_w superior a 0,95 se debe emplear la norma ISO 21527:1 (2008), de otro modo debe utilizarse la norma ISO 21527:2 (2008) el cual establece temperatura y tiempo de incubación. El medio de cultivo empleado contiene Cloranfenicol unido al RBC (Agar Rosa de Bengala), este suplemento

tiene la función de inhibir el crecimiento de las bacterias y favorecer la proliferación de mohos y levaduras.

3.4 FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE LA CARNE DE CERDO Y PRODUCTOS CÁRNICOS

La calidad de la carne dependerá de diversos factores de tipo intrínsecos como extrínsecos.

3.4.1 Factores intrínsecos

Los factores intrínsecos, hacen referencia a las características propias del animal que no son modificables por el hombre (especie, raza, peso al sacrificio, sexo, genotipo, edad, tipo de músculo, etc.) (Sañudo et al., 1998; Hambrecht y Eissen, 2004).

3.4.1.1 Raza, sexo, peso y edad

La **raza** es un factor importante porque puede afectar a diversas características productivas de los animales y por tanto, a la calidad de la carne. La composición nutricional, el color de la carne, la textura, composición de la grasa y ácidos grasos (Sierra et al., 1994; Sañudo et al., 1998; Lefaucheur et al., 2010) así como también la capacidad de retención de agua (Horcada et al., 1994), entre otros parámetros, pueden variar con la raza, sin llegar a alterar excesivamente el pH de la carne (Linares, 2007). En cuanto al efecto de la raza sobre la calidad sensorial, los resultados son muy variados probablemente debido a la interacción con otros factores (edad y sexo del animal, manejo y tipo de alimentación) (Campo et al., 1999; Monson et al., 2005; Wheeler et al., 2005;). De todas formas, la raza como tal podría ser uno de los factores menos relevantes ya que otros como las variaciones intrarraciales, podrían llegar a ser mayores que el mismo efecto de la raza (Notter et al., 1991).

El efecto del **sexo** o del estado fisiológico (enteros vs castrados) del animal, ha generado resultados variables en cuanto a los estudios enfocados a comparar la

calidad de la carne y de los productos cárnicos (Seideman et al., 1982). Las diferencias en cuanto al sexo están bien definidas, afectan la composición del músculo debido a la producción de hormonas. Los machos favorecen el rápido crecimiento de músculo en contra de la deposición de grasa dando como resultado una carne con menor contenido de grasa respecto al de las hembras o machos castrados, afectando así la calidad físico-química y sensorial de la carne. Por otro lado, el músculo de las hembras presenta un menor diámetro de fibras musculares, lo cual influye sobre la textura de la carne (Church y Wood, 1992), pudiendo concluir que las hembras presentan una carne más tierna que los machos evaluados a la misma edad. Así mismo la carne de los machos castrados es más tierna y jugosa que los enteros (Touraille y Girard, 1985; Schreurs et al., 2008). Las hembras poseen una alta calidad sensorial de la carne, sin embargo el predominio de carne de animales machos en los mercados, se debe fundamentalmente a que las hembras son reservadas para la reproducción (Vergara et al., 1999; Purchas et al., 2002 y Fiems et al., 2003).

Las diferencias mostradas en la calidad de la carne en relación al sexo del animal no son concluyentes en la bibliografía (Kemp et al., 1981; Sañudo et al., 1986) así, por ejemplo, para parámetros como el color mientras algunos autores mantienen diferencias significativas entre sexos (Dransfield et al., 1990) otros como Olleta et al. (1992) señalaron que la carne de los machos resulta ser más oscura que la de las hembras debido al mayor engrasamiento.

Otro factor que influye en los parámetros de calidad de la carne es la **edad** y por consiguiente **el peso** del animal. El contenido lipídico, es uno de los parámetros que se incrementa con la edad y peso del animal, de manera que a mayor edad y peso, se produce el engrasamiento global del animal lo cual aumenta también el contenido de grasa intramuscular. El perfil lipídico de la carne varía con la edad, generando un descenso de la relación PUFA/SFA (Berriain et al., 2000; Warren et al., 2008) al aumentar la edad, así mismo se produce un incremento de pigmentos hemínicos (Varela et al., 2003) disminuyendo la estabilidad del color y favoreciendo la oxidación de oximioglobina a metamioglobina (Jurie et al., 2005).

Otro parámetro que se ve influenciado por la edad es el pH el cual disminuye más rápidamente con el incremento de la edad del animal (Sañudo y Sierra, 1982). Así mismo, diversos autores han descrito una notable influencia de la edad en relación a la terneza de la carne, observándose una disminución significativa de la terneza a medida que se incrementa la edad del animal (Riley et al., 1983; Shorthose y Harris, 1990). Sin embargo, Sañudo et al. (1993) señalaron que el peso del animal no guarda relación directa con el pH y la terneza de la carne aunque mantiene cierta acción sobre la capacidad de retención de agua (menor valor CRA) lo cual se refleja en mayor jugosidad de la carne (Vergara et al., 1999).

3.4.2 Factores extrínsecos

Los factores extrínsecos, comprenden aquellos parámetros que dependen directamente del hombre y por tanto modificables por él, destacando el sistema de explotación y manejo (Buttery et al., 1997), tipo de alimentación (Albertí y Sañudo, 1988; Okeudo et al., 1994; Vipond et al., 1995), tratamientos farmacológicos que reciben los animales (Sañudo et al., 1998), así como los factores productivos que acontecen tanto antes como durante y después del sacrificio del animal (Horcada, 1996)

Por su especial relevancia en este trabajo, describiremos el tipo de alimentación y sistemas de almacenamiento (refrigeración y envasado) como algunos de los factores fundamentales en cuanto a la calidad de carne y por consiguiente en su conservación.

La **alimentación** es uno de los factores más influyentes en la calidad final de la carne, debido fundamentalmente a que, a través de ella, tiene lugar un efecto regulador sobre los procesos biológicos que se producen en el músculo, determinando así la calidad del producto (Andersen et al., 2005; Descalzo, 2007). La dieta del animal puede afectar a la composición nutricional, perfil lipídico, así como jugosidad, dureza, flavor y sobre el color de la carne y el tejido adiposo (Ciria y Asenjo, 2000; O'Sullivan et al., 2003; Descalzo et al., 2005; Dunne et al.,

2006; Descalzo, 2007). La mejora de la alimentación influye en la calidad sensorial de la carne, en atributos tan importantes como la ternura de la carne, que deriva del incremento del contenido de grasa de infiltración y del descenso relativo de la cantidad de colágeno presente en el músculo (Fishell et al., 1985) y sobre todo en el flavor (Warren et al., 2008).

Números estudios han señalado que las dietas a base de concentrados generan una mayor calidad sensorial de los productos (Medeiros et al., 1987; Warren et al., 2008). Otros indican que la inclusión de forrajes y/o subproductos vegetales con elevado poder antioxidante y procedente de la industria pueden incrementar la estabilidad oxidativa de la carne (O'Sullivan et al., 2003; Descalzo et al., 2005; Descalzo, 2007; Oliván et al., 2009; Nieto, 2009) y de esta manera evita la oxidación sobre los pigmentos de color (Campo et al., 2006) y el deterioro sensorial y microbiológico durante el almacenaje y procesado (Yang et al., 2002; Realini et al., 2004; Warren et al., 2008).

En cuanto al **envasado**, existen diversos tipos de atmósferas protectoras que incrementan la vida útil de los alimentos y por consiguiente mantiene la calidad de la carne y de los productos cárnicos, ya que inhibe la proliferación de carga microbiana patógena y alterante así como también la oxidación lipídica. Además es un sistema que facilita la manipulación y transporte del producto.

Tal como se indicó anteriormente, dentro de los diversos mecanismos existentes para evitar el deterioro de la carne podemos citar desde el tipo de alimentación animal, incluyendo, como suplemento alimentario, subproductos y/o extractos naturales ricos en antioxidantes, así como también los tipos de envasado, ambos sistemas estratégicos para la conservación y mejora de la vida útil de la carne y productos cárnicos.

3.4.2.1 Incorporación de extractos naturales

Los extractos naturales procedentes de plantas de alto poder antioxidante y antimicrobiano, es una industria que genera importantes beneficios económicos y que cuenta con una gran cantidad de subproductos de origen natural. Estos subproductos son “poco aprovechables” a pesar de que, contienen gran diversidad de compuestos bioactivos. Además de poseer poder antioxidante y antimicrobiano, se les atribuye también cierto poder antiinflamatorio, inmunológico y sedante.

Los extractos vegetales se clasifican dentro del grupo de aditivos como sustancias aromáticas y saborizantes de gran aceptabilidad por parte del consumidor y que suponen una alternativa a los conservantes sintéticos de cara a ser incorporados de manera endógena (dieta animal) o exógena (en el producto) tras la creciente demanda de proporcionar a los alimentos un aspecto más saludable, seguro y natural.

Diversas investigaciones han centrado su interés en la búsqueda de sustancias naturales procedente de plantas que puedan evitar la oxidación lipídica de la carne y de sus derivados así como también la proliferación microbiana y como consecuencia pérdida de calidad sensorial y vida útil (Wanasundara y Shahidi, 1996; McCarthy et al., 1999 y 2001; Nieto, 2009).

Dentro de las plantas con mayor actividad antioxidante, ha sido la familia *Labiatae*, donde se encuentran fundamentalmente el romero y el orégano, las más estudiadas (Sánchez-Escalante et al., 2003). Sin embargo, la efectividad de estas plantas viene condicionada por diversos factores como la dosis de aplicación, concentración de los principios activos, su mecanismo de acción, la riqueza de compuestos polifenólicos y por tanto su alta acción antioxidante (Wanasundara y Shahidi, 1996; Moure et al., 2001) que depende, a su vez, del método empleado para su extracción (Chen et al., 1992).

Aunque por derivar de plantas aromáticas, en su mayoría, su uso estaría limitado en muchos productos, la incorporación al proceso de obtención de una fase de desodorización podría, a priori, solventar este inconveniente (Reglero et al., 1999). En la actualidad, diversos procesos de optimización han generado una amplia gama de extractos de alta actividad y exentos de flavor (Giese, 1996).

La aplicación de antioxidantes y conservantes en la carne y en productos cárnicos es fundamental para conservar la calidad físico-química, microbiológica y sensorial de estos alimentos. Tal como se mencionó anteriormente, la carne es un alimento perecedero y muy susceptible a la contaminación y degradación. Además los productos cárnicos están expuestos a diferentes procesos tecnológicos que facilitan la oxidación lipídica con lo cual su vida comercial está condicionada por todos estos factores. Es por ello, que la aplicación de antioxidantes en la industria alimentaria es habitual, sin embargo el interés por estos radica en desplazar aquellos antioxidantes sintéticos en favor de aquellos de origen natural.

Tal y como hemos comentado, existen dos posibles estrategias para la inclusión de antioxidantes en la carne y productos cárnicos. Por un lado, los antioxidantes endógenos que están presentes en el músculo del animal o proceden de la dieta del animal; por otro lado se encuentran los antioxidantes de incorporación directa (exógena) los cuales son agregados durante el proceso de elaboración de productos cárnicos.

En cuanto al uso de antioxidantes en la nutrición animal, ya sea añadidos en el pienso u obtenido de recursos naturales, existen numerosos estudios que hacen referencia a ello sobre la mejora en la estabilidad oxidativa de la carne (Liu et al., 1995; Wanasundara y Shahidi, 1998; Ruiz et al., 2000; Moure te al., 2001; Andersen et al., 2005; Cava et al., 2003). Cuando la dieta del animal es rica en ácidos grasos mono y poliinsaturados, toma mayor importancia la estabilidad oxidativa de la carne (Cava et al., 2003).

Uno de los compuestos más estudiados ha sido la suplementación con α -tocoferol (vitamina E) con resultados favorables en procesos oxidativos de la carne fresca de pollo, ternera, cerdo, conejo o pavo (Morrissey y Kerry, 2004) y en carne cocinada (Del Bosco et al., 2001; He et al., 2010) o en productos cárnicos de larga duración (Cava et al., 2003). Así mismo, se ha estudiado el efecto de la adición a los piensos de plantas o extractos ricos en compuestos antioxidantes, de tipo fenólicos como el orégano o romero. Los resultados han sido muy variables, desde aquellos que sí encuentran efecto antioxidante en la carne (Simitzis et al., 2010) a otros con menor poder que el generado por la vitamina E (Botsoglou et al., 2003; Haak et al., 2006 y 2008) o aquellos que mostraron poder sinérgico de ambos producido durante el almacenamiento en refrigeración (Botsoglou et al., 2003).

Dentro de las plantas con alto poder antioxidante citaremos al romero por ser objeto de este estudio.

3.4.2.1.1 Romero (*Rosmarinus officinalis* L.)

Es una planta ampliamente estudiada tanto por su poder antioxidante como por su uso como aditivo alimentario (Cuverlier et al., 1997; Zhen y Wang, 2001; Bozin et al., 2007).

En relación a la *actividad antioxidante*, se han identificado una serie de compuestos polifenólicos tales como carnosol, ácido carnósico, rosmanol, epirosmanol, ácido rosmarínico, entre otros (Wu et al., 1982; Houlihan et al., 1985) siendo el carnosol y ácido carnósico los diterpenos mayoritarios. Su mecanismo de acción se le atribuye a la riqueza de quinonas isoprenoides que actúan como terminadores de cadena de radicales libres y como quelantes de especies reactivas al oxígeno (ROS) (Wu et al., 1982; Houlihan et al., 1985).

Por otro lado, Löliger (1991) indicó que los compuestos mayoritarios, carnosol y ácido carnósico, actuaban como potentes secuestradores de radicales peroxilos, atribuyéndoles la principal actividad antioxidante del romero (Figura 9)

En los últimos años se ha investigado la actividad antioxidante de esta planta en diversos productos alimentarios, con resultados positivos en la conservación de las características sensoriales del producto, tanto por sus menores pérdidas de color (Wu et al., 1982; Houlihan et al., 1985; Murphy et al., 1998; Camo et al., 2008) como la disminución de la oxidación de lípidos (Shahidi et al., 1992; Sánchez-Escalante et al., 2001; O'Grady et al., 2006; Nieto, 2009).

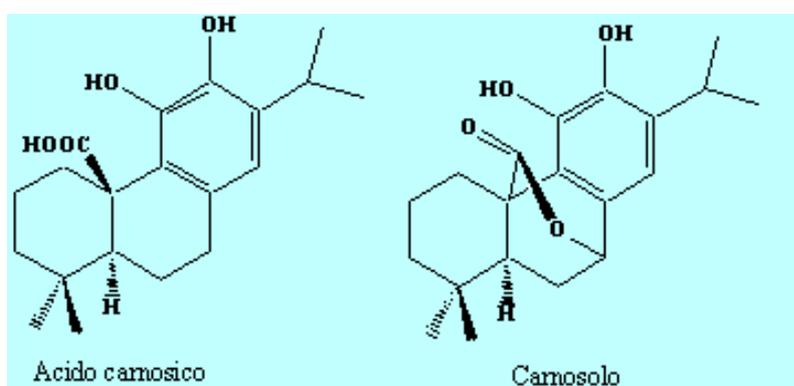


Figura 9. Estructura química de los componentes mayoritarios del romero

En cuanto a la *actividad antimicrobiana*, varios estudios han señalado que el romero podría poseer un efecto moderado en este sentido (Cuvelier et al., 1997). Se ha demostrado que las bacterias Gram positivas eran más susceptibles que las Gram negativas debido a la acción de los compuestos no polares del extracto de romero (Davidson et al., 1993; Del Campo et al., 2000; Karamanoli et al., 2000).

El efecto inhibitor del romero sobre la microflora, puede ser el resultado de la acción de los diversos compuestos polifenólicos que la integran. El posible mecanismo de acción que explique este efecto, podría ser la interacción con la membrana celular, causando la fuga de componentes celulares, cambios en la composición de ácidos grasos y fosfolípidos, afectando el metabolismo celular, el consumo de nutrientes, el transporte de electrones y el desarrollo de una serie de cambios en la síntesis de material genético (Nychas, 1995).

El efecto inhibitor del romero comparado con el de otras plantas y especias son presentados en la Tabla 3.

Tabla 3: Efectividad y porcentaje de inhibición bacteriana de hierbas y especias

Plantas y Especias	Efecto Inhibidor¹	Inhibición Bacteriana (%)²
Canela	Fuerte	75-100
Clavo	Fuerte	75-100
Mostaza	Fuerte	50-75
Romero	Moderado	75-100
Laurel	Moderado	75-100
Cilandro	Moderado	< 50
Comino	Moderado	75-100
Orégano	Moderado	75-100
Tomillo	Moderado	75-100
Salvia	Moderado	50-75
Pimienta negra y roja	Bajo	< 50

Fuente: ¹Zaika (1988) y ²Ceylan y Fung (2004)

Estudios realizados *in vitro* y tras la aplicación en diversos tipos de alimentos: albóndigas de ternera, carne cocinada de ternera, salchichas de cerdo, suplementación en la dieta de aves (Ahn et al., 2004, Basmacioglu et al., 2004; Fernández-López et al., 2005; Costa et al., 2007; Camo et al., 2008) han demostrado que el romero posee actividad antimicrobiana ya sea como extracto o como aceite esencial. Sin embargo, Ismail et al. (2001) no encontraron efecto de la aplicación de romero en el crecimiento microbiano en carne cruda de pollo.

3.4.2.2 Sistemas de envasado

Debido a la alta susceptibilidad que presenta la carne fresca frente a diversos factores físico-químicos, microbiológicos y sensoriales que alteran su calidad durante el almacenamiento, es importante considerar los sistemas de envasado que existen en el mercado con la finalidad de mantener las características propias del producto.

La vida útil de la carne está limitada principalmente por el oxígeno atmosférico el cual facilita el crecimiento de microorganismos alterantes del producto (Parry, 1995) por lo que se requiere un sistema de aseguramiento adecuado con el cual la manipulación y el transporte del producto no interfiera con la calidad.

Dentro de los sistemas de envasado, podemos citar el envasado al vacío (EV) y el envasado en atmósfera modificada (AM), ambos métodos se caracterizan porque modifican la atmósfera interna del envase e implican el envasado en plásticos con baja permeabilidad a los gases o permeabilidad selectiva, según el caso, y el almacenamiento bajo condiciones de refrigeración.

El *envasado al vacío* consiste en la extracción del aire que rodea al producto, el cual es el primer factor causante del deterioro de la calidad de la carne.

El *envasado en atmósfera modificada*, es el método más utilizado para la preservación de la carne fresca (Parry, 1995), el cual consiste de un sistema de eliminación del aire del interior del envase que es sustituido por un gas o una mezcla de gases, cuya composición inicial podrá variar en función del tiempo de almacenamiento del producto o como consecuencia de la permeabilidad y transmisión del oxígeno, el dióxido de carbono y el agua a través del material del film o bien la temperatura y el grosor de los materiales del mismo (Skandamis y Nychas, 2002).

Jayansingh et al. (2001) señalaron que para que garantizar que el sistema de envasado en atmósfera es efectivo resulta primordial garantizar un periodo de frescura y mantenimiento de las cualidades organolépticas de la carne, como mínimo de 21 días distribuidos entre 7 días correspondiente al envasado, otros 7 días para el periodo de exposición del producto en el mercado y los últimos 7 días de almacenamiento por parte del consumidor.

Este hecho estaría justificado si tenemos en cuenta que en estos últimos años en España se han duplicado el número de hogares unipersonales (INE, 2005) lo que conlleva a la readaptación de las formas de distribución y presentación de los alimentos en el mercado, sobretodo de aquellos productos con una vida útil limitada como es el caso de la carne (Linares, 2007).

El envasado de la carne en atmósfera modificada asegura la preservación del color rojo brillante determinante para la compra del producto, incrementando la vida media del producto pues merma el crecimiento microbiano a la vez que minimiza las pérdidas que puedan originarse por el almacenamiento (Sahoo y Anjaneyulu, 1995; O'Grady et al., 2000; Vergara et al., 2003; Kennedy et al., 2004; John et al., 2005).

Algunos autores como Gill (1990) apuntan la idoneidad de este tipo de envasado para la carne fresca frente a otros como por ejemplo el envasado a vacío, argumentando que las condiciones de anoxia generadas por éste último permitían el crecimiento lento de bacterias en condiciones en las que el pH se mantuviera elevado ($\text{pH} > 5,8$) (Kennedy et al., 2004).

Por otra parte, mientras que para Smith et al. (1983) la apariencia de la carne envasada a vacío es mejor puntuada que la de la carne procedente de atmósfera modificada, otros autores como Sahoo y Anjaneyulu (1995) mantienen lo contrario, argumentando que se trata de un alimento en el que el uso de estos sistemas de envasado estarían más que justificados dado el valor económico de la pieza en sí.

Dentro de los gases comúnmente utilizados para el envasado en atmósfera modificada tenemos al oxígeno, dióxido de carbono y el nitrógeno, y dentro de los más novedosos aunque limitado para su utilización en Europa está el monóxido de carbono (Linares, 2007).

El **Oxígeno**, es un gas incoloro, inodoro e insípido que constituye cerca del 21 % del aire atmosférico. Su presencia determina el desarrollo de diversos procesos oxidativos y de crecimiento microbiano cuando se encuentra en altas concentraciones y en presencia de grasa o sustratos oxidables (Sahoo y Anjaneyulu, 1995). En ciertos casos, como por ejemplo, la carne fresca, es conveniente su utilización e incluso necesario dado que promueve la aparición de la típica coloración roja de la carne de cara al consumidor (Jeremiah, 2001). Si utilizamos elevadas concentraciones de oxígeno y una temperatura de refrigeración entre 6-8°C la vida media de la carne envasada será de no más de una semana (Sorheim y Nissen, 1996). Por otra parte, el envasado con bajos niveles de oxígeno implica una importante decoloración del producto debido a la susceptibilidad de oxidación de la mioglobina con respecto a la oximioglobina (Gill, 1990); por lo que bajas proporciones de oxígeno no resultan adecuadas para carnes rojas, como el de ternera y cordero.

El **dióxido de carbono** es un gas inerte, inodoro, de ligero sabor ácido y destaca por su importante capacidad bacteriostática y fungistática participando activamente en alargar la vida media del producto. Este efecto es posible que se deba, en gran parte, a su solubilidad tanto en agua como en grasa, que además aumenta a medida que disminuye la temperatura de conservación del producto (Sorheim y Nissen, 1996). Actúa principalmente frente a mohos y Gram negativos (*Pseudomonas*) y con menor efectividad sobre los Gram positivos. Sahoo y Anjaneyulu (1995) señalan que el CO₂ a una concentración del 26% puede asegurar la máxima inhibición microbiana mientras que concentraciones superiores al 30% suponen la decoloración de la superficie de la carne (Moore y Gill, 1990). Otros autores atribuyen dicha decoloración a la presencia de oxígeno residual (Gill, 1990; Thippareddi, 1998). Debido a sus características de

solubilidad en agua y grasa, es necesario un gas inerte que impida el colapso del envase cuando este solubilice en el alimento (Linares, 2007).

El **Nitrógeno** es un gas inerte, insoluble, inodoro e insípido y conforma el 78% del aire atmosférico. Tiene una doble función, por un lado la de sustituir al oxígeno del interior del envase y evitar los procesos oxidativos y crecimiento microbiano y, por otro parte se suele utilizar como gas de relleno y de esta manera evitar que colapse el envase con elevadas concentraciones de dióxido de carbono (Thippareddi, 1998).

En **Monóxido de carbono** es un gas comprimido, incoloro, inodoro e insípido que ha sido utilizado para el envasado de carne fresca en países de Europa (Noruega, 1985-2004) hasta ser prohibido y retirado por no encontrarse en el grupo de aditivos autorizados (Knut y Nolet, 2006). Sin embargo en Estados Unidos está aceptada su utilización para la conservación de carne roja tanto fresca como picada (FDA: Food Drugs Administration) (FDA, 2004). La misma fuente apunta que el tiempo de conservación máximo para la carne envasada en atmósfera modificada conservada con CO es de 35 días para la carne y 28 para la carne picada. Actualmente este sistema de envasado con bajas concentraciones de CO cuenta con la denominación de GRAS (generally recognised as safe) desde 2004 y está permitido su uso tanto para Estados Unidos como Nueva Zelanda o Australia.

Entre sus principales ventajas, reduce la carga microbiana (Sorheim y Nissen, 1996), evita la decoloración del hueso (Knut y Nolet, 2006), retarda el proceso de oxidación lipídica (Luño et al., 2000; Krause et al., 2003), proporciona una coloración rojo-cereza muy atractiva a la carne fresca que además es muy estable (Sorheim y Nissen, 1996; Jayansingh et al., 2001; Mancini y Hunt, 2005). Sin embargo no está exento de desventajas, ya que un estudio llevado a cabo muestra que inhibe parcialmente a los microorganismos patógenos.

Diversos estudios muestran la conveniencia en el uso del CO. Luño et al. (2000) señalan que una posible atmósfera que resultaría adecuada para la conservación de carne fresca sería aquella compuesta de 1% CO + 50% CO₂ + 25% N₂ + 24% O₂.

Así mismo, Knut y Nolet (2006) consideran que este tipo de atmósferas con bajas concentraciones de CO y altas de CO₂ y 30-40% de N₂ y sin O₂ asegurarían una reducción de la carga microbiana y la inhibición de determinados patógenos.

Es necesario señalar la importancia del envasado sobre diversas reacciones de deterioro que se pueden generar en la carne durante el almacenamiento (oxidación de lípidos), teniendo un importante efecto sobre la estabilidad del color y el crecimiento microbiano y sobre el olor de la carne.

MATERIALES Y MÉTODOS

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 ANIMALES

4.1.1 Ensayo I.

Un total de 42 cerdos machos castrados de raza Chato Murciano fueron utilizados para evaluar el efecto del peso del animal sobre la calidad de la canal y de la carne. Estos animales se distribuyeron en dos grupos en función del peso:

- *PESO LIGERO* (PL): 21 animales sacrificados a un peso vivo medio de $147,98 \pm 3,78$ kg.
- *PESO PESADO* (PP): 21 animales sacrificados a un peso vivo medio de $176,07 \pm 4,78$ kg.

4.1.2 Ensayo II y III

Se evaluó el efecto de la incorporación de extracto de romero desodorizado en la alimentación animal durante la etapa de engorde, sobre la calidad y vida útil de la carne fresca (Ensayo II) y de productos cárnicos curados típicos de la Región de Murcia: salchichón y longaniza imperial (Ensayo III) de cerdos de raza Chato Murciano.

Para el Ensayo II, se utilizaron un total de 21 animales que fueron divididos en 2 grupos:

- Grupo CONTROL C (n=10) formado por animales que fueron alimentados durante la etapa de engorde exclusivamente con pienso comercial hasta alcanzar un peso medio al sacrificio de $153,00 \pm 9,92$ kg.

- Grupo EXTRACTO ER (n=11) formado por animales que fueron alimentados durante la etapa de engorde con una dieta compuesta de pienso comercial y 1000 ppm de extracto de romero desodorizado hasta alcanzar un peso medio al sacrificio de 153,06±11,98 kg.

Para el Ensayo III, se emplearon piezas cárnicas procedentes de los grupos C y ER estableciéndose los siguientes lotes:

Salchichón

- ✓ Lote 1: Control CS, elaborado a partir de materia prima proveniente de animales alimentados durante la etapa de engorde con pienso y preparado cárnico comerciales.
- ✓ Lote 2: RS1 elaborado a partir de materia prima proveniente de animales que fueron alimentados durante la etapa de engorde con una dieta, compuesta de pienso comercial y 1000 ppm de extracto de romero desodorizado (ER) y preparado cárnico comercial.
- ✓ Lote 3: RS2 elaborado a partir de materia prima proveniente de animales que fueron alimentados durante la etapa de engorde con una dieta, compuesta de pienso comercial y 1000 ppm de extracto de romero desodorizado (ER) y preparado cárnico sin antioxidante comercial (E-301; E-331).

Longaniza Imperial

- ✓ Lote 1: Control CL, elaborado a partir de materia prima proveniente de animales alimentados durante el engorde con pienso y preparado cárnico comerciales.
- ✓ Lote 2: RL1 elaborado a partir de materia prima proveniente de animales que fueron alimentados durante el engorde con una dieta, compuesta de pienso comercial y 1000 ppm de extracto de romero desodorizado (ER), y preparado cárnico comercial.
- ✓ Lote 3: RL2 elaborado a partir de materia prima proveniente de animales que fueron alimentados durante el engorde con una dieta,

compuesta de pienso comercial y 1000 ppm de extracto de romero desodorizado (ER), y preparado cárnico sin la adición del antioxidante comercial (E-301; E-331).

4.2 ALIMENTACIÓN Y SACRIFICIO

Todos los animales procedieron de las granjas del Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias (CIFEA) ubicado en el término municipal de Lorca (Murcia), donde fueron tratados de acuerdo a las normas para el cuidado, su explotación, transporte, etc. (Directiva 86/609/CEE modificada por 2003/63/CE y ley 32/2007, de 7 noviembre) con sus correspondientes vacunaciones y desparasitaciones recomendadas por las autoridades sanitarias.

Los animales fueron alimentados con pienso comercial y agua *ad libitum* adaptado a sus necesidades nutritivas durante la fase de engorde, bajo un sistema semi-intensivo. Todos los piensos fueron elaborados y suministrados por la empresa S.A.T LA RAMBLA N° 1.932 (Tabla 4). Por otro lado, el extracto de romero en polvo desodorizado fue suministrado por la empresa Ingrenat S.L. (Santa Ana, Cartagena, Murcia). El formato del mismo fue polvo extraído con acetona, con una actividad antioxidante de 208,5 mgGAE/100 g extracto y una calidad microbiológica de mesófilos totales <1000 ufc/g; mohos y levaduras <100 ufc/g; ausencia de *Salmonella* spp. en 25 g y de *E. coli* en 1 g.

Los animales fueron sacrificados en el matadero comercial “La Comarca” (Lorca, Murcia) de acuerdo a la Reglamentación Técnico Sanitaria de Mataderos y Salas de Despiece (Real Decreto 147/1993, modificado por Real Decreto 315/1996) y de Higiene y Sanidad de los Alimentos (Real Decreto 640/2006) (B.O.E. n°39 de 15/2/95, modificado por RD 731/2007, de 8 de junio).

Tras el sacrificio las canales fueron sometidas a una fase de oreo (-9°C y -4°C) durante dos horas, y posteriormente fueron almacenadas en una cámara de refrigeración (4-5°C).

Tabla 4: Ingredientes y composición del pienso comercial suministrado a los cerdos Chato Murciano durante la fase de engorde.

Ingredientes (%)	
Cebada	47,00
Trigo	33,50
Harina de semilla de girasol	6,00
Harina de soja	6,00
Gluten feed de maíz	5,00
Carbonato de calcio	1,56
Manteca	0,50
Fosfato monocálcico	0,20
Cloruro sódico	0,40
Constituyentes analíticos (%)	
Proteína bruta	13,30
Grasa bruta	2,20
Celulosa bruta	5,70
Cenizas brutas	5,10
Aditivos	
Vitamina A	15000 U.I/ kg
Vitamina D3	1500 U.I.
Vitamina E	20 mg/kg
Cobre	20 mg/kg
(E-1614) 6-Fitasa	500 FYT/kg
Extracto natural en polvo	
Extracto de romero desodorizado (20 % antioxidante totales)	75-80 % ácido carnósico

4.3 MEDIDAS REALIZADAS SOBRE LA CANAL

Las medidas en la canal fueron realizadas tras la fase de oreo (2 h post-mortem) sobre la media canal izquierda tal como se observa en la Figura 10.

4.3.1. Longitud de la canal (LC)

La medición comprendió desde el borde craneal de la primera costilla hasta la sínfisis pélvica, utilizando una cinta métrica milimetrada.

4.3.2. Espesor de tocino dorsal (ETD)

Las mediciones se realizaron en dos puntos diferentes. La primera medida (*EDT1*) se tomó en la zona dorsal, a la altura de la primera costilla, y la segunda medida (*EDT4*) se realizó sobre la zona de glúteo medio.

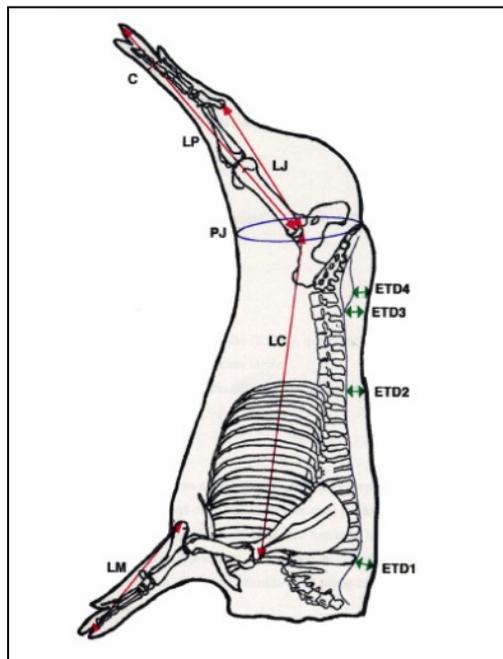


Figura 10. Esquema de las medidas morfométricas realizadas sobre la canal (Mayoral, 1994)

4.3.3. Rendimiento de la canal (Rc)

Se obtuvo a partir del peso vivo del animal (PVS) y del peso de la canal en frío (PCF) a través de la siguiente relación:

$$\% \text{ Rc} = (\text{PCF} / \text{PVS}) * 100$$

4.4. OBTENCIÓN Y PROCESADO DE LAS MUESTRAS DE CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS

4.4.1. Obtención y preparación de muestras

La toma de muestras de las diferentes piezas cárnicas, de interés para nuestro estudio, se realizó en la sala de despiece del matadero.

Para los ensayos I y II se utilizó el músculo *Longissimus dorsi*, que una vez extraídos fueron depositados en bolsas herméticas, individuales, numeradas y transportadas a la planta piloto del Departamento de Tecnología de los Alimentos, de la Facultad de Veterinaria (Universidad de Murcia) en refrigeración. Una vez allí, se almacenaron en cámaras de refrigeración (4°C) hasta su posterior procesado (24 horas *post mortem*).

Tras 24 horas en refrigeración, se procedió al fileteado del lomo en piezas de 1,5 cm de grosor destinado a los distintos análisis, de acuerdo al esquema de la Figura 11.

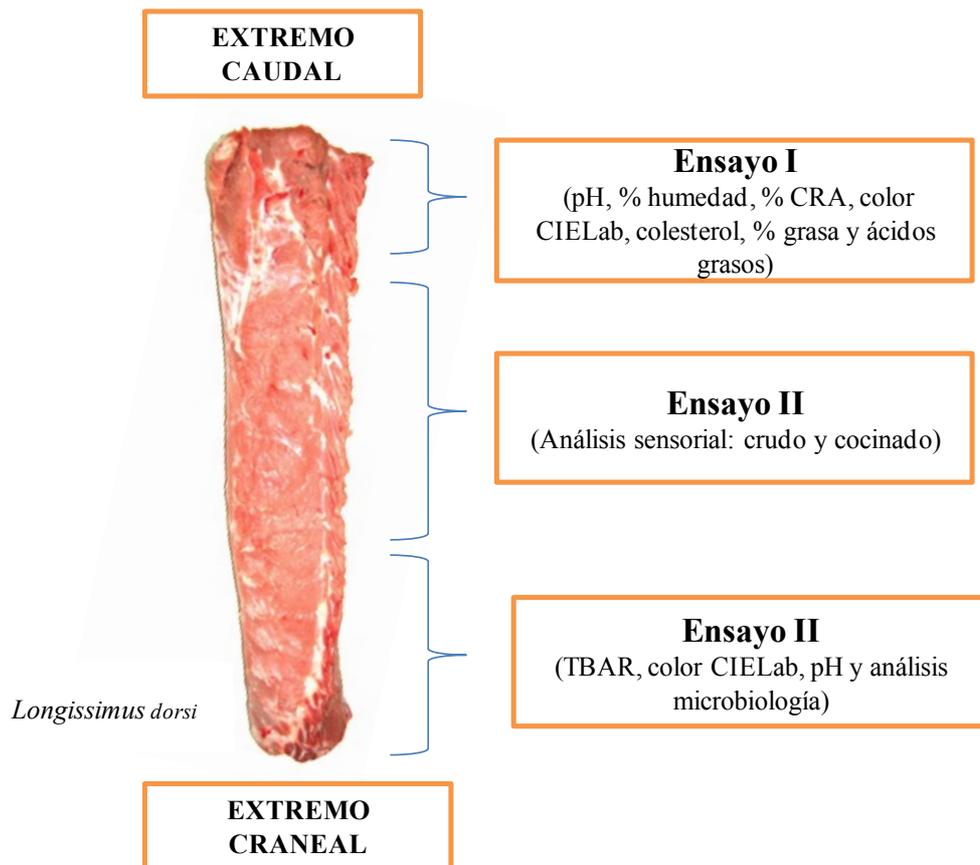


Figura 11. Esquema del fileteado en la preparación de muestras de los ensayos I y II.

Para elaborar los productos cárnicos (Ensayo III) se emplearon piezas cárnicas: paletilla y panceta de cerdo, que fueron extraídos y envasados al vacío y mantenidas en congelación (-18°C) hasta el momento de la elaboración (Figura 12)

Las muestras destinadas al ensayo I fueron analizadas inmediatamente tras las 24 horas *post mortem* mientras que para la determinación de ácidos grasos y colesterol, éstas fueron envasadas a vacío y conservadas en congelación (-18°C) hasta su análisis.

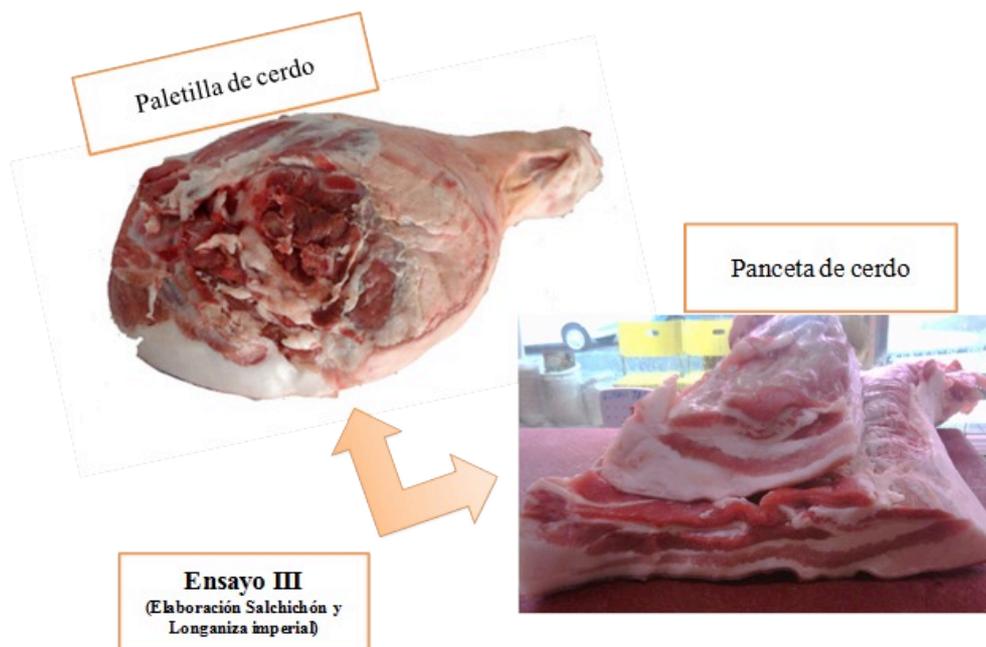


Figura 12. Materia prima empleado para la elaboración de los productos cárnicos (ensayo III).

Los filetes extraídos para el ensayo II fueron envasados en atmósfera modificada. Las muestras fueron colocadas en bandejas de poliestireno B5-37 (Aerpack) e introducidas en bolsas BB325 (Cryovac) con baja permeabilidad a los gases. El aire del envase fue evacuado y sustituido por la mezcla gaseosa EAP20 (Carbuos Metálicos, S.L.) compuesta por 70% O₂ y 30% CO₂, con una envasadora comercial R-RE (Industrias RAELMA, S.L., Madrid, España). El reemplazamiento de la atmósfera del envase se realizó con una secuencia de doble vacío (760 mm Hg) y posterior relleno con la mezcla EAP20. La composición final de los gases fue comprobada con un analizador de gases Pack 12P (Abiss). Tras el envasado, las muestras fueron almacenadas en refrigeración (4°C) en una vitrina-expositor (Helkama, Finlandia) ilumina con luz fluorescente (620 lux) simulando las condiciones habituales de comercialización. Los controles fueron realizados en los días 0, 7, 14 y 21.

4.4.2. Elaboración de productos cárnicos crudo – curado

Ambos productos cárnicos se elaboraron a partir de carne magra y grasa obtenido de la paletilla y panceta respectivamente de los cerdos procedentes de la raza Chato Murciano siguiendo las técnicas de fabricación tradicionales con la utilización de preparados cárnicos propios para cada tipo de producto (Tabla 5) los cuales fueron suministrado por la empresa Muñoz y Pujante S.L. (Cabezo de Torres, Murcia, España).

Las elaboraciones se llevaron a cabo en una industria cárnica local (Archena, Murcia) bajo condiciones controladas (sala de producción a 15°C y 50% HR).

Tabla 5: Ingredientes empleados para la fabricación de salchichón y longaniza imperial.

	Salchichón	Longaniza imperial
<i>Materia Prima:</i>		
Magra de cerdo	80 %	70 %
Panceta de cerdo	20 %	30 %
<i>Ingredientes (75 g preparado cárnico/ kg masa, para cada caso):</i>		
Sal		
Leche en polvo		
Lactosa		
Dextrosa		
Especias		
Proteína láctea		
Estabilizante (E-450, E-452)		
Potenciador de sabor (E-621)		
Conservador (E-252)		
Antioxidante (E-301, E-331)		
Colorante (E-124) (utilizado solo para salchichón)		

La Figura 13 muestra el diagrama de flujos del procesamiento de los productos cárnicos Salchichón y Longaniza imperial.

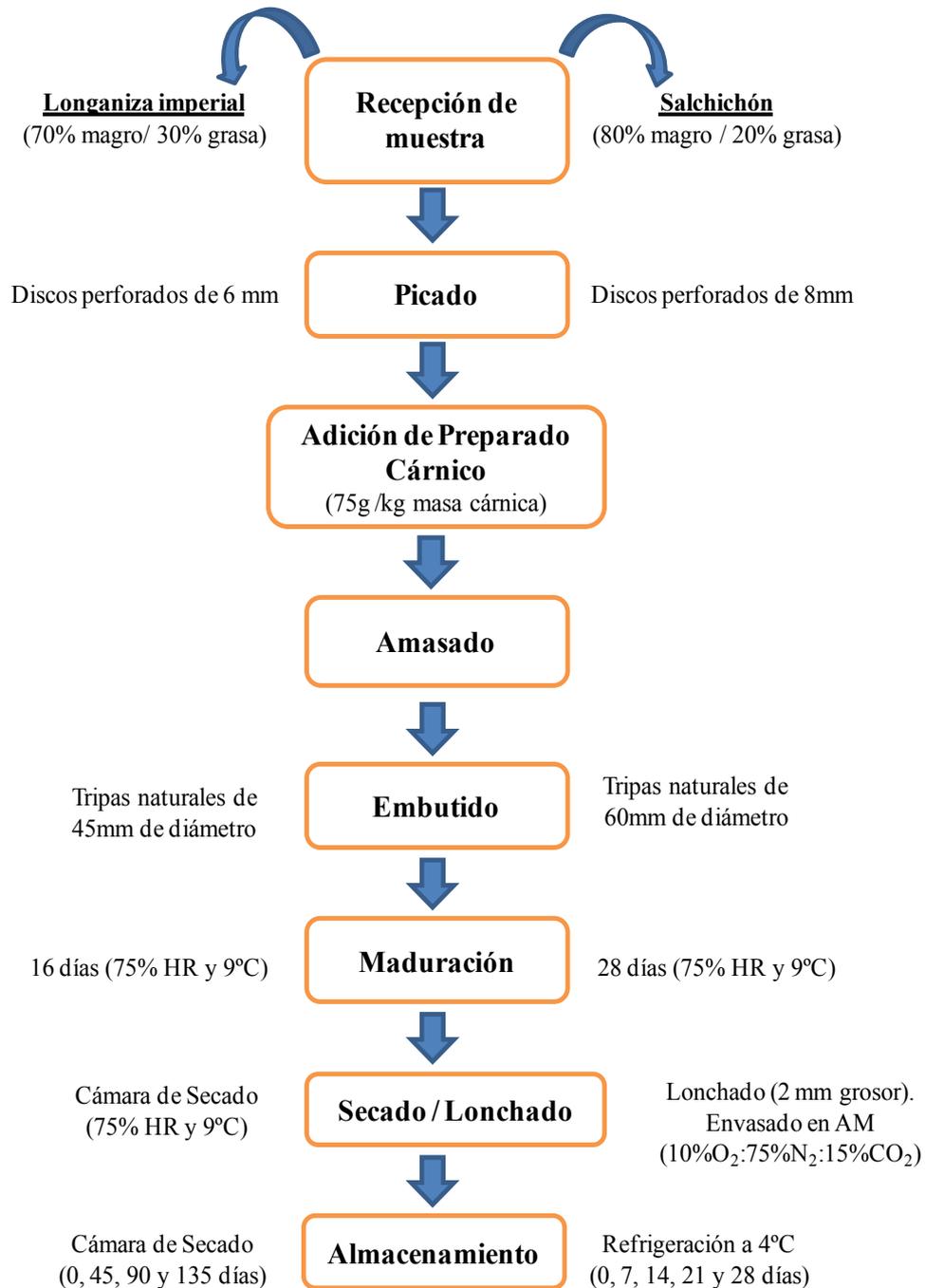


Figura 13. Diagrama de flujos del procesamiento de los productos cárnicos (Salchichón y Longaniza imperial)

Las etapas previas a la maduración fueron comunes para ambos productos cárnicos. El picado de la materia prima se realizó en una picadora MAINCA (Granollers, Barcelona, España) con placa de 8 mm de porosidad y seguidamente junto con los ingredientes del preparado cárnico fueron mezclados y amasados en una amasadora a vacío FUERPLA (Benetusser, Valencia, España) durante 3 minutos. A continuación se procedió al embutido MAINCA (Granollers, Barcelona) del producto en tripas naturales de bovino diferenciándose cada producto en el diámetro de la tripa (tripas de 60 mm utilizadas para salchichón y de 45 mm para longanizas). Seguidamente, las muestras de salchichón y longaniza fueron llevadas a cámaras de secado (MISA/ FRICON) (9°C y 75% HR) para continuar con el proceso de maduración y secado.

Las fases de maduración, secado y conservación son descritas a continuación para cada tipo de embutido:

Salchichón

El tiempo de maduración para todos los lotes de salchichón fue de 24 días. Transcurrido este tiempo, las muestras fueron lonchadas (2 mm de espesor), puestas en bandejas de poliestireno de alta permeabilidad y envasadas bajo atmósfera modificada con una mezcla de gases de 10%O₂:75%N₂:15%CO₂ (Carbuos Metálicos S.A., Barcelona, Spain) simultáneamente fueron termo-selladas con un programa de compresión (modelo TSB-100, Tecnotrip, Barcelona, España) con un film de alta barrera (rango de transmisión de oxígeno de 5 cm³/m²/24 h/ bar). Seguidamente fueron almacenadas en refrigeración (4°C) en una vitrina-expositor con luz fluorescente (620 lux). Los controles se realizaron en la muestra fresca (masa cárnica) y en los días 0, 28, 56 y 77 de almacenamiento. La composición proximal de las muestras se analizó en los días 0 y 77.

Se elaboraron 3 lotes y se realizaron dos réplicas de cada uno de ellos de acuerdo a lo descrito en el apartado 4.1.2.

Longaniza imperial

Todos los lotes de longaniza imperial estuvieron en fase de maduración durante 16 días. Tras este tiempo, las muestras (pieza entera) continuaron en el secadero hasta el final del almacenamiento. Los controles se realizaron en la muestra fresca (masa cárnica) y en los días 0, 45, 90 y 135 de almacenamiento. La composición proximal se realizó en los días 0 y 35.

Se elaboraron 3 lotes y se realizaron dos réplicas de cada uno de ellos de acuerdo a lo descrito en el apartado 4.1.2.

4.5.MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LA CARNE Y PRODUCTOS CARNICOS

4.5.1. Análisis Físico-Químico

4.5.1.1. Humedad

El contenido de humedad fue determinado por secado en estufa con aire forzado a 105°C durante 24 horas o hasta obtener peso constante (Noma ISO 1442: 1997). Para ello se pesaron 5 gramos de muestra en una placa de Petri, previamente tarada y desecada la cual fue introducida en una estufa (ST 6120; Heraeus, España) a 105 °C hasta conseguir un peso constante.

El porcentaje de humedad fue calculado con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(P1+P2) - P3}{P2} \times 100$$

P1: Peso de la placa (g)

P2: Peso de carne fresca (g)

P3: Peso de placa + Peso de carne resaca (g)

4.5.1.2. Proteínas totales

El contenido de proteína fue determinado a través de la cuantificación de nitrógeno total mediante el método Kjeldahl (Norma ISO 937: 1981).

Se pesaron 0,25 g de muestra homogenizada envuelto en papel filtro y se sometió a un proceso de digestión (Digestión Unit Buchi 426, Suiza) durante 8 horas con 10 ml de ácido sulfúrico concentrado (Panreac Química, S.A., España) y una tableta de catalizador Kjeldahl (Cu-TiO₂) (Panreac Química, S.A., España).

Transcurrido este tiempo, la muestra fue llevada a proceso de destilación (Büchi Distillation Unit 323, Flawil, Suiza) con la adición de hidróxido de sodio al 40% (v/v) (Scharlau Chemie S.A., España) recogiendo el destilado en 25 ml de ácido bórico 4% (v/v) (Panreac Química, S.A., España) utilizando un indicador mixto rojo de metilo (Scharlau Chemie, S.A., España) y verde de bromocresol (Panreac Química, S.A., España). El amoníaco recogido se valoró con ácido clorhídrico 0,1 N (Scharlau Chemie, S.A., España) utilizando un valorador automático (702 SM Titrino, Metrohm, Herisau, Suiza). El contenido en proteína se obtuvo multiplicando el valor obtenido en la determinación de nitrógeno total por el factor 6,25.

El porcentaje de proteína bruta se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

V = volumen (ml) de HCl 0,1N gastado en la valoración.

P = peso de la muestra (g)

$$\% \text{ Proteína} = \frac{V \times 0,14 \times 6,25}{P}$$

P

4.5.1.3. Grasa Total

El contenido de grasa total en materia seca se realizó gravimétricamente a través del método Soxhlet (Norma ISO 1443, 1979) empleando éter de petróleo como medio de extracción. La muestra a analizar fue previamente desecada en estufa a 105°C durante 24 horas.

Para la determinación, se pesaron 1,0 g de muestra desecada y se introdujeron en un sobre de papel de filtro. Los vasos del extractor fueron previamente atemperados en un desecador durante 45 min para luego ser pesados. La extracción se realizó con 100 ml de éter de petróleo con punto de ebullición 40-60 °C (Panreac Química, S.A., España) mediante un extractor tipo Soxhlet (Buchi, Soxtec System HT2 1045 Tecator, Suecia). Tras la extracción, los vasos de recogida se introdujeron en la estufa a 105 °C durante 30 min para eliminar el disolvente. Posteriormente, se dejaron enfriar a temperatura ambiente en un desecador y se pesaron, calculándose así el porcentaje de grasa total en materia seca (M.S.) y húmeda (M.H.) con las siguientes expresiones:

$$\% \text{ Grasa}_{\text{M.S.}} = \frac{\text{Pf} - \text{Pi}}{\text{Pm}} \times 100$$

$$\% \text{ Grasa}_{\text{M.H.}} = \frac{\% \text{ Grasa}_{\text{M.S.}} \times 100\% - \% \text{H}}{100}$$

Siendo: Pf el peso final de la extracción, Pi el peso inicial del vaso, Pm el peso de la muestra y %H la humedad de la muestra.

4.5.1.4. Cenizas

El contenido de cenizas en las muestras fue determinado por incineración a 550 °C (Norma ISO 936: 1998). Pesado los crisoles de porcelana (KPM, Berlín, Alemania) que previamente fueron desecados en estufa (ST 6120, Heraeus, España) durante 24 horas y enfriados en el desecador, se procedió al pesado de la muestra (5 g aproximadamente) y se introdujeron en el horno mufla (Heraeus MR 170, Alemania) subiendo la temperatura progresivamente hasta llegar a 550 °C, permaneciendo así durante 8 horas. Transcurrido ese tiempo, fueron retiradas del horno y enfriadas en un desecador para luego ser nuevamente pesados (crisol + cenizas).

El cálculo de la determinación de cenizas se realizó con la siguiente expresión:

Pf = Peso crisol + peso cenizas (g)

Pi = Peso crisol + peso muestra fresca (g)

Pc = peso crisol vacío (g)

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Pf} - \text{Pi}}{\text{Pi} - \text{Pc}} \times 100$$

4.5.1.5. Capacidad de retención de agua (CRA)

La determinación del CRA se realizó siguiendo el método establecido por Grau y Hamm (1966) el cual consiste en valorar el agua que se libera de la muestra tras ser sometida a una presión externa.

La metodología consiste en pesar 0,3 g de muestra previamente homogenizada y colocarlo en el centro del papel Whatman N°540 previamente pesados, el cual estuvo mantenido en una micro-cámara ambiental de 84 % de humedad relativa.

Este papel con la muestra fue colocada sobre dos placas Petri sometidas a una presión de 1 kg durante 10 min. Transcurrido este tiempo, se quita el peso y la carne comprimida es separada cuidadosamente del papel, pesando éste a continuación.

Las pérdidas por presión se expresa como porcentaje de agua libre y por lo que el porcentaje de la capacidad de retención de agua (% CRA) es la diferencia respecto al 100% tal como se expresa en la siguiente fórmula:

Pf = Peso final del papel filtro (g)

Pi = Peso inicial del papel filtro (g)

Pm = Peso de la muestra (g)

$$\% \text{ CRA} = 100 - \frac{(P_f - P_i)}{P_m} \times 100$$

4.5.1.6. Colesterol

Se determina a partir de la extracción de la fracción lipídica insaponificable de la carne siguiendo el método de Cayuela, (2003).

Un gramo de carne, previamente homogenizada fue pesada y colocada en tubo de vidrio con tapa. Se añadió 7,3 ml de solución insaponificable (11,5 % de hidróxido de potasio en etanol al 55%) y se llevó a agitación durante 5 min. Inmediatamente después fue puesto en baño maría a 80°C durante 15 min. Tras este tiempo, se realizó en enfriamiento rápido en baño de hielo dejándose en reposo durante 5 min. Seguidamente se añadió 4 ml de solución de iso-octano al 0,01% de BHT, se procedió a una agitación vigorosa durante 2 min y se dejó en reposo hasta observar la formación de 2 fases. Se recogió una alícuota de la fase

superior con ayuda de pipetas Pasteur de cristal sobre un vial ámbar y se llevó a congelación hasta su posterior cuantificación cromatográfica.

Para la cuantificación del contenido de colesterol, se elaboró una curva de calibrado partiendo de una solución madre de 1000 ppm de colesterol en iso-octano, a partir del cual se prepararon concentraciones de 200, 350, 500, 700 y 1000 ppm. Seguidamente los tubos fueron evaporados usando nitrógeno gaseoso, hasta quedar un polvo blanquecino el cual fue hidratado con 0,7 ml de agua destilada con la finalidad de darle las condiciones de humedad de una muestra de carne y a partir de aquí continuar con el mismo procedimiento aplicado a las muestras de carne.

La recta de calibrado definida para este análisis fue:

Y = área cromatográfico

X = concentración colesterol ($\mu\text{g}/\text{tubo}$)

$$Y = 334159 X + 4 \times 10^7$$

Si se despeja X y se divide entre el peso de la muestra (g) se obtiene los valores en ppm (mg colesterol/ kg muestra).

Se empleó un equipo HPLC formado por una bomba (Merck-Hitachi L-6200 A Intelligent pump) acoplado a un auto-inyector (autosampler HPLC 360, Kontron Instrument) y a dos detectores conectados en serie: detector de fluorescencia (SFM 25 Kontron Instrument) y detector de dispersión luminosa (Light Scattering Detection Sedex 45). Para la separación cromatográfica de los compuestos se ha utilizado una columna Water Resolve 5 μm spherical silica column 3,9 x 150 mm (Ref. WAT 086016) precedida de una precolumna (Water Resolve Guard-Pack Silica) para mejorar la resolución de la separación y proteger la propia columna.

La fase móvil estuvo constituida por una mezcla de iso-octano y tetrahidrofurano, circulando a modo gradiente comenzando a 90:10 durante 0,5 min, pasando a 85:15 durante 3 min y finalizando con una combinación 70:30 durante 1 min; a un flujo constante de 1 ml/min. El volumen de inyección de la muestra fue de 30 µl. El detector trabaja a una longitud de onda de excitación de 297 nm y de emisión a 321 nm.

La fórmula aplicada para su cuantificación fue la siguiente:

$$\text{Colesterol (mg / 100 g carne)} = (Y \times V \times 10^{-1}) / P_m$$

Siendo:

Y = la concentración (ug/ml) del extracto obtenido

V = volumen de iso-octano utilizado en la extracción

P_m = Peso de la muestra (g)

4.5.1.7. Perfil de ácidos grasos

Los ácidos grasos se analizaron a partir del extracto lipídico obtenido siguiendo el método de Granados (2001). Posteriormente se procedió a la derivatización de los ácidos grasos y a la determinación de los mismos mediante cromatografía gaseosa (Norma UNE en ISO 5508:1996).

Obtención del extracto lipídico:

La extracción de lípidos totales fue determinada a partir de un peso de muestra de 10 g, siguiendo el método descrito por Folch et al., (1957). La muestra fue homogenizada con 200 ml de disolución 2:1 (v/v) de cloroformo/metanol conteniendo un 0.003 % de antioxidante (BHT) en un UltraTurrax T25 (IKA,

Germany) a 3000 rpm durante 1,5 min. El homogenizado fue filtrado en papel Whatman nº1 y recogido en una matraz de decantación. Seguidamente se agregó 50 ml de la solución Folch. Finalmente se agrega 80 ml de disolución de NaCl al 8%, se agita cuidadosamente y se deja decantar durante 24 horas para obtener la separación de fase metanol/agua. Los extractos lipídicos fueron recogidos en balón de vidrio y llevados a evaporación. Los extractos evaporados fueron conservados en viales ámbar a -18°C hasta su posterior análisis.

Preparación de los ésteres metílicos

Se pesaron 0,03 g de grasa junto con 0,01 g de metil undecanoato (patrón interno (Sigma, Madrid) en un matraz esférico. Se añadió 3 ml de metilato de sodio 0,2 N y se llevó a calentamiento con reflujo durante 5 min, mediante una placa eléctrica de manta (Selecta, Agimateic-N, Barcelona).

Durante esta etapa, los ácidos grasos se liberan y esterifican dando lugar a sus correspondientes esteres metílicos. Se dejaron enfriar y se añadieron 3 ml de una disolución al 3% de ácido sulfúrico en metanol anhidro, y se volvió a calentar durante 5 min, con la finalidad de completar la esterificación y estabilización de los ésteres. Tras su enfriamiento, se añadieron 3 ml de n-hexano con agitación, calentando suavemente durante 1-2 min para favorecer la disolución de los ésteres en dicho disolvente. Se dejó enfriar el contenido y se vertió en un matraz aforado mezclándolo con una disolución sobresaturada de cloruro sódico para la separación de dos fases claramente diferenciadas, recogándose la fase superior transparente que contiene los esteres metílicos disueltos en hexano.

Seguidamente, se procedió a la inyección de la muestra en el cromatógrafo de gases (Agilent modelo 6890 N Network GC System) equipado con un detector de ionización de llama (Flame ionization Detector, F.I.D) y un automuestreador (Agilent 768313). Los ésteres metílicos de los ácidos grasos fueron separados en una columna capilar HP5 (difenildimetilpolisiloxano) suministrada por Agilent, de 30 metros de longitud, 0,32 mm de diámetro interno y 0,25 µm de espesor de

película. El detector e inyector fueron mantenidos a una temperatura de 300°C y 280°C respectivamente. El programa de temperatura utilizado para separar los ácidos grasos fue el siguiente: partiendo de una temperatura inicial de 150°C se hizo una rampa de 3 °C/min hasta alcanzar los 160 °C (2 min). Posteriormente se llegó hasta los 220 °C con un incremento de 2°C/min. El tiempo total del análisis fue de 35 min. La relación de split 1:50. El gas portador fue helio en columna a un flujo de 3,2 ml/min. El volumen de inyección fue de 1 µl por repetición de muestra.

La identificación de cada uno de los ácidos grasos metil ésteres se obtuvo a través de los tiempos de retención de los patrones de referencia, siendo: ácido cáprico (C10:0); ácido láurico (C12:0), ácido mirístico (C14:0); ácido palmítico (C16:0); ácido palmitoleico (C16:1), ácido margárico (C17:0), ácido esteárico (C18:0), ácido oleico (C18:1), ácido linoleico (C18:2), ácido linolénico (C18:3), ácido araquídico (C20:0) y ácido araquidónico (C20:4) (Sigma, Madrid). La cuantificación de estos ácidos fueron realizados usando de referencia al patrón interno (ácido undecanoico) y a partir de las rectas de calibrado de cada ácido graso.

Las expresiones de resultados se realizaron en función a la sumatoria o índices:

$$\text{AGS (saturados)} = (C_{10}+C_{12}+C_{14}+C_{16}+C_{17}+C_{18}+C_{20}) / \Sigma\text{AGT}$$

$$\text{AGMI (monoinsaturados)} = (C_{16:1}+C_{18:1}) / \Sigma\text{AGT}$$

$$\text{AGPI (poliinsaturados)} = (C_{18:2}+C_{18:3}+C_{20:4}) / \Sigma\text{AGT}$$

$$\text{AGI (insaturados)} = \Sigma\text{AGMI} + \text{AGPI}$$

$$\text{Ratio n-6/n-3} = (C_{18:2}/C_{18:3})$$

4.5.1.8. Color CIELab

La determinación del color CIELab se llevó a cabo sobre la superficie del corte de los filetes de lomo fresco (Experiencia I y II) y sobre las lonchas de salchichón y

longaniza (Experiencia III) dejándose airear durante 10-15 minutos (Hönikel, 1998) con el fin de permitir la captación de oxígeno de la nueva superficie expuesta.

La valoración objetiva del color se realizó con un colorímetro portátil Minolta Chroma Mater II Reflectance, CR-200/08 (Minolta Limited). Las mediciones se realizaron sobre tres puntos distintos de la pieza, expresándose los resultados medios a través del sistema de coordenadas CIELab (CIE, 1978). La coordenada L^* varía de 0 (negro) a 100 (blanco), el valor de a^* puede ser positivo (rojo) o negativo (verde) y el valor de b^* también puede variar de positivo (amarillo) a negativo (azul).

A partir de las coordenadas a^* y b^* , se calculan los valores de Chroma (índice de saturación) y $^{\circ}$ Hue (tono o ángulo hue) (AMSA, 1991) mediante las expresiones:

$$\text{Chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$
$$^{\circ}\text{Hue} = \text{arctg}(b^*/a^*) \times (360^{\circ}/2 \times 3,14)$$

4.5.1.9. pH

La determinación del pH se realizó a través de dos métodos. Por penetración (Experiencia I y II) y por homogenización (Experiencia III).

Por penetración:

Se realizó en el músculo *Longissimus dorsi* con un pHmetro portátil (pH meter 507, Crison Instruments SA, España).

Por homogenización:

De acuerdo a la Norma ISO 2917: 1999. Se pesaron 5 g de muestra y se añadieron 5 ml de agua destilada, con ayuda de una varilla de vidrio se procedió al homogenizado durante 5 min. Posteriormente la muestra se mantuvo en reposo durante otros 5 min y se procedió a la medida del pH en un pHmetro (Crison micropH 2001) con electrodo combinado (Crison, Cat 52-02) previamente calibrado con las soluciones tamponadas de pH 4,0 y 7,02.

4.5.1.10. Oxidación de lípidos

La valoración del grado de oxidación lipídica en carne fresca y productos cárnicos se realizó mediante el método del índice de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARs) (mg malondialdehído (MDA)/ kg) fue determinado por colorimetría (espectrofotómetro Unicam UV2) según el método de Botsoglou et al. (1994).

Se pesaron 2 g de muestra picada en tubos de homogeneizado y se homogeneizaron con 8 ml de disolución acuosa de ácido TCA (5%) durante 1 min a 9500 rpm. en un Ultra-Turrax T25. Se añadieron 5 ml de disolución de BHT (butilhidroxitolueno) (0,8%) en hexano. Los tubos se centrifugaron durante 10 min a 3000 r.p.m., retirando el sobrenadante y recogiendo el extracto ácido en tubos de vidrio graduados. El volumen de los tubos se completó hasta 10 ml con disolución acuosa de TCA (5%) y se volvió a centrifugar a 3000 rpm durante 10 min. Se cogieron alícuotas de 2,5 ml del extracto por triplicado y se introdujeron en tubos de vidrio pirex con tapón de rosca. Se añadieron 1,5 ml de la disolución de TBA (0,8%) (ácido tiobarbitúrico) y se introdujeron los tubos en un baño de agua a 70°C durante 30 min. Transcurrido el periodo de incubación, las muestras fueron rápidamente enfriadas en un baño de hielo durante 5 min. Los mg MDA/kg se calculan utilizando una recta de calibrado (Figura 14). La cuantificación se realizó mediante la lectura espectrofotométrica (UNICAM UV/Vis spectrometer, Spectronic Unicam) a una longitud de onda de 540 nm y los resultados fueron expresados en mg MDA/kg de muestra.

La cantidad de sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico (TBARs) fue calculado a través de una recta de calibrado, la cual se construyó utilizando la disolución del estándar TEP (tetra-etoxipropano). La disolución de trabajo de MDA (22,5 µg/ml) fue diluida hasta una concentración de 4,5 µg/ml a partir de la cual se prepararon sucesivas diluciones y manteniendo el procedimiento de extracción similar al detallado para las muestras.

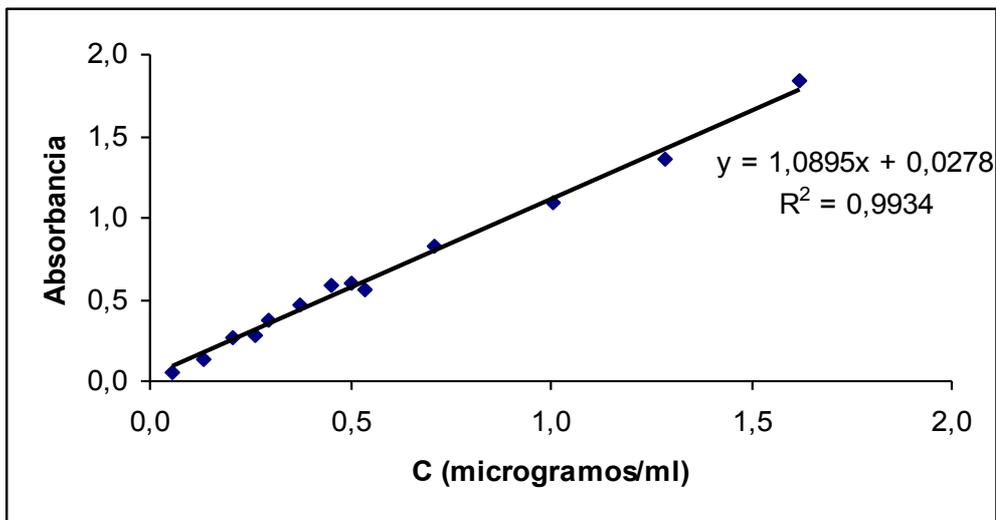


Figura 14. Ecuación de regresión lineal de la curva de calibrado del TBARs

La expresión para determinar el índice de oxidación en mg MDA/ kg muestra es:

$$[TBARs] = 4,5892 A_{540} - 0,1275 \left[\frac{mg\ MDA}{Kg_{carne}} \right]$$

4.5.1.11. Actividad de agua (a_w)

Esta determinación se realizó a través del equipo Novasina. Es un método muy sencillo pero requiere tiempo para su estabilización.

Antes de iniciar las mediciones de las muestras, el equipo fue encendido con 1 hora de antelación para lograr estabilizar la temperatura del mismo a 25°C. Tras este tiempo, se pesaron 5 g de muestra y se colocaron en la pesa-sustancias de plástico del Novasina e inmediatamente fue metida en la cápsula de medición del equipo y se procedió al cierre correctamente. La lectura de A_w fue tomada transcurrido 1 hora aproximadamente de haber dejado la muestra, cuando se observe cierta estabilización de la a_w .

4.5.1.12. Nitrito residual

Al reaccionar el nitrito presente en el extracto del producto cárnico con el reactivo de ácido sulfanílico α -naftilamina se produce una reacción colorimétrica con la formación de un compuesto de color rosado, de tal modo que la intensidad del color es proporcional a la cantidad de nitrito presente en la muestra. La concentración se determina tras medir la absorbancia mediante colorimetría o espectrofotometría y comparar con una recta patrón. La determinación del nitrito residual se llevó a cabo según lo establecido en la norma ISO 2918:1975.

Este análisis se inició con la preparación del extracto, para lo cual se pesaron 10 g de muestra previamente homogenizada, se añadió 150 ml de etanol al 40% y se llevó a agitación durante 1 hora sometiéndolo a calor suave. Transcurrido este tiempo, las muestras fueron enfriadas y trasvasadas a un matraz aforado de 250 ml, seguidamente se añadió 5 ml de cada uno de los reactivos de Carrez (compuesto por las disoluciones acuosas de Hexacianoferrato (II) potásico trihidratado al 15% y Acetato de zinc dihidratado al 30%), se enrasó con agua destilada y se agitó manualmente, seguidamente se dejó en reposo durante 10 min.

Transcurrido este tiempo, la disolución fue centrifugada durante 5 min a 2000 rpm, posteriormente la fase líquida obtenida tras la centrifugación fue filtrada y enrasada en un matraz de 200 ml. Seguidamente, se vierte todo el contenido del matraz a un vaso de 500 ml, llevándolo a ebullición y evaporándolo hasta obtener

100 ml de la disolución. Se deja enfriar, se vierte en un matraz de 200 ml y se enrasa con agua destilada, obteniendo así el extracto acuoso de la muestra cárnica.

Obtenido el extracto, se procedió a la cuantificación de nitritos. Si el extracto presenta cierta coloración debe ser decolorada, para lo cual se emplea 1 g de carbón activo por cada 25 ml de extracto. Posteriormente, se filtra el extracto para eliminar dicho carbón activo hasta obtener una disolución transparente.

Una vez obtenido el extracto totalmente transparente, se colocan alícuotas de 10 ml en tubos de ensayo. Por otro lado, se prepara el reactivo colorimétrico que esta compuesto por dos disoluciones: *Disolución 1* (Pesar 6 g de ácido sulfanílico añadir 200 ml de ácido acético glacial y 400 ml de agua destilada, llevar a baño maría hasta observar una completa disolución, seguidamente añadir 200 ml de cloruro sódico 100g/l y enrasar con agua destilada en un matraz de 1 litro). *Disolución 2* (Pesar 0,3 g de α -naftilamina y disolver en 100 ml de agua destilada, someter a baño maría hasta completar su disolución. Añadir 200 ml de ácido acético glacial y enrasar con agua destilada hasta completar 1 litro). El reactivo colorimétrico consiste en la mezcla proporcional de ambas disoluciones.

Siguiendo el procedimiento de cuantificación de nitritos, añadir 10 ml del reactivo colorimétrico a cada uno de los tubos de ensayo que contiene 10 ml del extracto transparente. Mezclar en un agitador de tubos (Vortex) y dejar en reposo durante 20 min, protegiéndolo de la luz.

Por otro lado, la cuantificación requiere de una disolución patrón de nitrito sódico que consiste en pesar 1 g de nitrito sódico, disolverlo con agua destilada y enrasar en un matraz aforado hasta completar 1 litro. Tomar 5 ml de esta disolución y enrasar con agua destilada en un matraz aforado de 1 litro. A partir de esta segunda disolución se preparó la curva patrón, para lo cual se tomaron alícuotas de 2, 5, 10, 20 y 50 ml de la disolución en matraces aforados de 100 ml y se enrasó con agua destilada. Estas alícuotas se corresponden con las siguientes concentraciones: 0.10, 0.25, 0.50, 1.0 y 2.5 ppm de nitrito sódico.

Seguidamente, 10 ml de cada una de estas nuevas disoluciones patrones fueron transferidas a tubos de ensayo, al cual se agregó 10 ml del reactivo colorimétrico y se llevó a agitación y reposo de 20 min en un ambiente protegido de la luz.

El cambio de coloración fue determinado a través de espectrofotometría, medida a una absorbancia a 520 nm. La representación de absorbancia frente a concentración (ppm) de la curva patrón es representada en la Figura 15.

La cuantificación de las muestras se realizó a través de la siguiente ecuación:

Siendo:

$$ppmNaNO_2 = C \frac{2500}{m * V}$$

C = concentración (ppm)

m = masa (g)

V = volumen (ml)

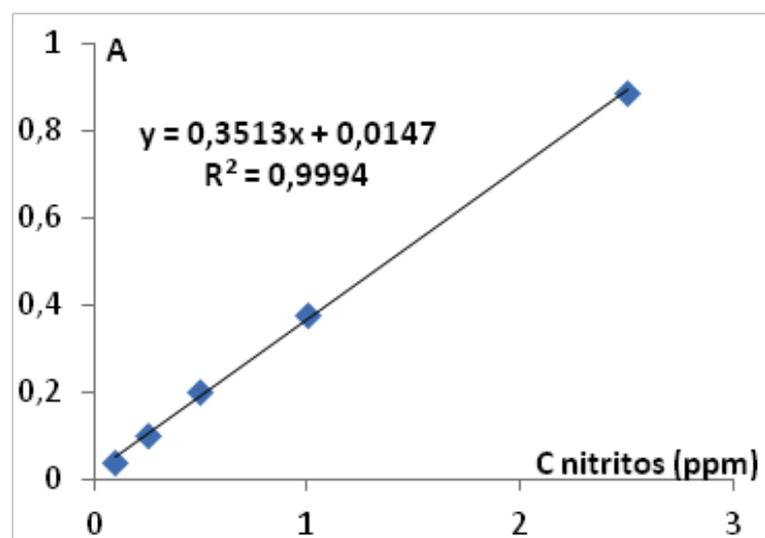


Figura 15. Recta patrón para determinación de nitritos

4.5.1.13.Acidez total

La determinación de acidez total, expresada como porcentaje de ácido láctico fue determinada tras la valoración de la muestra con hidróxido de sodio 0,1N y usando fenolftaleína al 1% como indicador, siguiendo la técnica 16.247 de la A.O.A.C. (1990).

En un vaso de precipitado se pesaron 10 g de muestra picada, se añadieron 100 ml de agua destilada y se llevó a homogenización en el Ultra-Turrax durante 1 min dejándolo en reposo unos 15 min, seguidamente fue filtrado con el objetivo de clarificar al máximo. Se añadieron 5-6 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador y se valoró con NaOH 0,1N hasta observar un viraje de color a rosa.

La acidez total fue calculada de acuerdo con la siguiente fórmula:

V_{NaOH} = volumen gastado de hidróxido de sodio 0,1 N

P_m = peso de muestra

Factor 0,09 = peso equivalente del ácido láctico.

$$\% \text{ Ac. Láctico} = 0,1 \times \frac{V_{\text{NaOH}} \text{ gastado} \times 0,09}{P_m} \times 100$$

P_m

4.5.1.14.Perfil de Textura (TPA)

Para analizar la textura de los productos cárnicos Salchichón y Longaniza imperial, se utilizó un texturómetro modelo QTS-25 (Brookfield CNS Farnell, Borehamwood, Hertfordshire, Reino Unido) equipado con una célula de carga de 25 kg, una sonda de 10 mm de diámetro y el software Texture Pro v. 2.1.

El perfil de textura de las muestras se evaluó con una sonda cilíndrica de 20 mm de diámetro sobre las rodajas de las muestras (Bourne 1978). El grosor de los salchichones fue de 8 mm y el de longanizas, 12 mm. Las mediciones se realizaron por triplicado a una temperatura ambiente de 20°C. El ensayo se realizó mediante la aplicación de dos ciclos consecutivos a una velocidad constante de 50 mm/min hasta alcanzar el 50% de la altura inicial de la muestra.

Los parámetros de perfil de textura analizados (TPA, Textural Profile Analysis) fueron dureza, elasticidad, cohesividad, gomosidad, adhesividad y masticabilidad y se calcularon según lo descrito por Bourne, (1978) los cuales son representado en la Figura 16. Así mismo en la Tabla 6 se presentan las definiciones de cada uno de los parámetros de textura analizados.

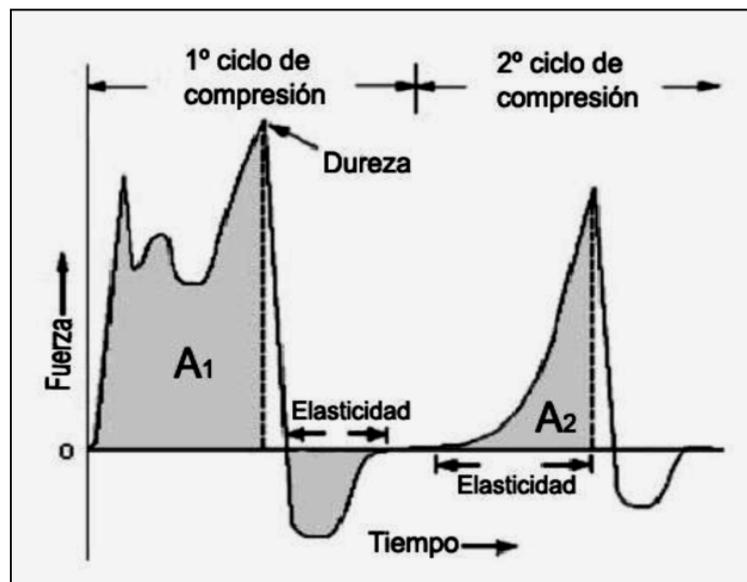


Figura 16. Curva tipo para el Análisis del Perfil de Textura (TPA) (Bourne, 1978).

4.5.2. Análisis microbiológico

Para valorar la capacidad antimicrobiana del extracto de romero incorporado en la alimentación animal se cuantificaron diversos microorganismos que son descritos a continuación.

Todas las muestras (carne fresca y productos cárnicos) se prepararon siguiendo la misma metodología diferenciándose únicamente en el medio de cultivo utilizado, la temperatura y tiempo de incubación. Todas las muestras fueron analizadas por duplicado. Se tomaron 10 g de carne y se introdujeron en bolsas de Stomacher. A cada bolsa se le añadió 90 ml de caldo de peptona y se procedió al homogenizado en un triturador de paletas “Stomacher” (IVL-Instruments) aplicando 2 ciclos de 90 seg obteniendo así la dilución 10^{-1} ; a partir de esta dilución se preparó una batería de diluciones seriadas.

Tabla 6: Definición de los parámetros del perfil de textura según Bourne, (1978).

Parámetro	Unidad	Definición
Dureza	N	Fuerza máxima correspondiente al primer ciclo.
Elasticidad	mm	Altura de recuperación de la muestra durante el tiempo transcurrido desde el final del primer ciclo y comienzo del segundo.
Cohesividad	-	Energía mecánica necesaria para destruir la estructura interna de la muestra. (A2 / A1)
Gomosidad	N	Energía requerida para desintegrar una muestra semisólida a un estado adecuado para su deglución. (Dureza x Cohesividad)
Masticabilidad	N/mm	Energía requerida para masticar la muestra. (Gomosidad x Elasticidad)
Adhesividad	N	Energía necesaria para superar las fuerzas de atracción de la superficie en contacto con la sonda (A3).

El proceso de siembra se llevó a cabo bajo campana de flujo laminar (TELSTAR, Bio-II-A, España). Las placas se sembraron en masa y por duplicado ajustando la dilución elegida según los recuentos. El número de unidades formadoras de colonia (ufc) se determinó según recuento manual de placas, considerando únicamente aquellas en la que crecieron entre 30 y 300 colonias. Los resultados fueron expresados como log ufc/g. Cabe señalar, que todos los medios de cultivo y materiales utilizados fueron previamente esterilizados en autoclave (Steam Sterilizer, Raypa) a 121° C durante 20 min de acuerdo a las indicaciones del producto.

A continuación se detallan el medio de cultivo y las condiciones de incubación para cada tipo de microorganismo estudiado:

4.5.2.1. Bacterias aerobios

Se empleó un medio de cultivo PCA (Plate Count Agar) (Oxoid Ltd. CM0325, Basingstoke, Hampshire, United Kindgdom). Las placas se incubaron a 30° C durante 2 días (ISO 4833: 2003).

4.5.2.2. Bacterias psicrófilos

Se empleó un medio de cultivo PCA (Plate Count Agar) (Oxoid Ltd. CM0325, Basingstoke, Hampshire, United Kindgdom). Las placas fueron incubadas a 4°C durante 10 días (ISO 17410: 2001).

4.5.2.3. Bacterias ácido lácticas

El medio de cultivo empleado para estas bacterias fue el Agar MRS (Man Rogosa y Sharpe) (Oxoid Ltd. CM0361, Basingstoke, Hampshire, United Kindgdom). Las placas fueron incubadas a 30°C durante 2 días (ISO 15214: 1998).

4.5.2.4. Enterobacterias

El medio de cultivo utilizado fue el agar VRBG (Agar Lactosa Glucosa Rojo Neutro Cristal Violeta, Oxoid CM485). Las placas fueron incubadas a 37°C durante 24 horas (ISO 21528-2: 2004).

4.5.2.5. Coliformes totales

El medio de cultivo utilizado a doble capa fue el agar VRBA (Agar con Bilis, Rojo neutro y Cristal violeta, Oxoid CM017). Las placas fueron incubadas a 37°C durante 24 horas.

4.5.2.6. Pseudomonas

El medio de cultivo utilizado fue Pseudomonas Agar Base. La siembra se realizó en superficie. Las placas fueron incubadas a una temperatura comprendida entre 28°C durante 24 horas.

4.5.2.7. Mohos y Levaduras

Como medio de cultivo se utilizó Rosa de Bengala suplementado con cloranfenicol (Oxoid Ltd. CM0549, Basingstoke, Hampshire, United Kindgdom). Las placas fueron incubadas a 25°C durante 5 días. (ISO 21527-2:2008).

4.5.3. Análisis sensorial

Con el fin de evaluar el efecto del extracto de romero incorporado en la alimentación animal sobre los atributos sensoriales en carne fresca, carne cocinada y en los productos cárnicos: salchichón y longaniza, se realizó un análisis sensorial.

Todas las pruebas sensoriales se llevaron a cabo en una sala de catas adecuada a las recomendaciones recogidas de acuerdo a la ISO 4121 (2003) en una sala estandarizada del Departamento de Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Murcia, cumpliendo las condiciones que debe tener una instalación de estas características (Norma UNE EN-ISO 8589: 2010) con cabinas individuales y manteniendo las mismas condiciones de temperatura, luz, humedad ambiental.

Todas las sesiones se realizaron a media mañana y se llevaron a cabo a través de la prueba sensorial tipo QDA (Análisis descriptivo cuantitativo) con un panel de catadores entrenados.

4.5.3.1. Entrenamiento panel de catadores

El proceso de selección y entrenamiento del panel de cata se realizó de acuerdo con la Norma ISO 8586-2: 2012. Se utilizó un panel semi-entrenado compuesto por 8 jueces, pertenecientes al grupo de investigación del Departamento de Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Murcia.

Este grupo de catadores fueron sometidos a una etapa de entrenamiento específico para cada uno de los productos (carne fresca, carne cocinada y productos cárnicos curados) compuesto de 5-6 sesiones teórico-práctico de 1,5 horas de duración, orientado hacia el aprendizaje, reconocimiento y cuantificación de los atributos a valorar posteriormente sobre las muestras en estudio.

Los atributos sensoriales a valorar fueron distintos para cada tipo de producto. En la Tabla 7 se presenta la lista de atributos propuestos por el panel para la evaluación sensorial de la carne fresca y cocinada y en la Tabla 8 los atributos propuestos para la evaluación de los productos cárnicos salchichón y longaniza imperial.

Tabla 7: Relación y descripción de los atributos sensoriales propuestos para carne fresca y cocinada.

Atributo	Descripción
Olor propio	Olor propio a carne de cerdo
Olor rancio	Olor similar a aceite rancio o grasa.
Olor ácido	Olor a ácido acético.
Otros olores	Olores relacionados a descomposición y/o algún otro olor característico del tratamiento aplicado.
Color propio de la carne	Color propio de la carne de cerdo
Color de la grasa	Color propio de la grasa de cerdo
Sabor propio	Indica la percepción del sabor característico de la carne y la persistencia del sabor en boca.
Sabor rancio	Relacionado con compuestos derivados de la oxidación de la grasa.
Dureza	Cualidad de la carne de dejarse cortar y masticar con facilidad antes de la deglución, ligada directamente a la resistencia mecánica del producto.
Jugosidad	Relacionado con agua liberada por el carne tras los primeros mordiscos.

Tabla 8: Relación y descripción de los atributos sensoriales propuestos para productos cárnicos: salchichón y longaniza imperial.

OLOR	
Propio	Olor a carne curada fermentada propia de salchichón
Grasa	Aroma asociado con los compuestos volátiles derivados de la grasa exudada
Especiado	Aromas asociados con las especies agregadas al salchichón (pimienta, nuez, anís, comino, canela, etc.)
Humedad/ Mohos/ Mohoso	Aroma asociado con el olor a tierra húmeda, también aroma característico a pimienta blanca vieja, relacionado con el aroma del aire de espacios cerrados
Rancio	Aroma asociado con la oxidación de compuestos derivados de la grasa
Ácido	Describe una compleja sensación olfativa, debido generalmente a la presencia de ácidos orgánicos
APARIENCIA	
Brillo	Describe el atributo del salchichón de una superficie brillante mostrando reflejo luminoso
Color Propio (magro)	Intensidad del color rojo curado
Color de Grasa	Blanco - Es el color característicos de la grasa de cerdo
	Amarillo - Es el color que puede presentarse en la grasa debido a procesos de oxidación
Colores anómalos	Alteraciones del color característico color rojo curado de los embutidos curados, debido a procesos químicos, físicos y biológicos
SABOR	
Ácido	Aroma característico del ácido láctico relacionado con el yogurt
Salado	Describe el sabor básico producido por soluciones acuosas diluidas de varias sustancias tales como el cloruro de sodio
AROMA	
Propio	A carne curada fermentada, propia de salchichón
Especiado	Aromas asociados con las especies agregadas al salchichón (pimienta, nuez, amos, comino, canela, etc.)
<i>Continuación Tabla 8....</i>	

Grasa	Aroma asociado con los compuestos volátiles relacionado a la grasa exudada
Humedad/Mohos/ Mohoso	Aroma asociado con el olor a tierra húmeda. También está asociado aroma característico a pimienta blanca vieja, relacionado con el aroma del aire de espacios cerrados.
Rancio	Aroma asociado con la oxidación de compuestos derivados de la grasa
TEXTURA	
Sensación de grasa	Atributo relacionado a la percepción de la cantidad de grasa exudada por el salchichón durante la masticación
	Percepción de la cantidad de grasa liberada por el producto durante la masticación
Dureza	Describe al salchichón que es difícil de morder entre los dientes (alta dureza)
Jugosidad	Percepción de la cantidad de agua liberada por el producto durante el primer bocado
Masticabilidad	El número de productos masticables necesarios para masticar salchichón en un estado listo para la deglución es similar a la que necesita para gomas de frutas.

4.5.3.2. Análisis sensorial

Descriptivo Cuantitativo (QDA)

Para el análisis sensorial de las muestras se ha utilizado un análisis descriptivo cuantitativo.

Se trata de una técnica de descripción y cuantificación de atributos sensoriales en términos cuantitativos según su orden de aparición. Se basa en la realización de una serie de medidas repetidas sobre el mismo producto, recogiendo las puntuaciones sobre una escala lineal de intervalo de 10 cm, anclada en los extremos con un término que los describe.

La cuantificación de los atributos sensoriales para carne fresca y cocinada se realizó a través de una escala sensorial de intervalos de 7 puntos de intensidad (1=

no perceptible y 7= muy intenso). Sin embargo, los atributos sensoriales de los productos cárnicos, salchichón y longaniza, fueron cuantificados a través de una escala no estructura de 10 cm, anclada en los extremos con intensidades que van desde no perceptible (0) hasta intensa o muy perceptible (10).

4.5.3.2.1. Análisis sensorial en carne fresca

Los análisis sensoriales realizados en esta sección corresponde a los filetes de carne de cerdo envasados en atmósfera modificada (70%O₂ y 30% CO₂) y refrigerados a 4°C los cuales fueron evaluados a días 0, 7, 14 y 21 de almacenamiento, con la finalidad de observar algún cambio debido a la incorporación de 1000 ppm de extracto de romero desodorizado en la alimentación del animal.

Los lomos de 1,5 cm de espesor estuvieron sometidos a temperatura ambiente, 10 min antes del análisis sensorial. Las muestras fueron codificadas con números de 3 dígitos al azar de acuerdo a lo establecido en las normas.

Cada catador analizó un total de 3 muestras por tratamiento y día de control para lo cual fue necesario un total de 24 sesiones.

Los atributos a evaluados se muestran en la Figura 17, de acuerdo a una escala de intervalo de 7 puntos de intensidad (1= no perceptible y 7= intenso).

PERFIL SENSORIAL DE OLOR Y COLOR						
Nombre: _____ Fecha: _____ Sesión: _____						
Atributos	Muestra					
	<i>Código</i>	<i>Código</i>	<i>Código</i>	<i>Código</i>	<i>Código</i>	<i>Código</i>
	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Atributos de olor						
Olor propio a carne de cerdo						
Olor rancio						
Olor ácido						
Olor pútrido						
Otros olores (ej., metálico, etc)						
Atributos de color						
Color magro						
Color grasa						
MUCHAS GRACIAS						

Figura 17. Ficha de cata para el análisis sensorial de carne fresca

4.5.3.2.2. Análisis sensorial en carne cocinada

Para el análisis sensorial de carne cocinada, fueron consideradas las muestras de carne fresca correspondiente a los días 0 y 14 de almacenamiento, con el fin de evaluar algún efecto comparativo en cuanto al tratamiento aplicado.

Las muestras de lomo de 1,5 cm de grosor fueron cocinadas a la plancha de doble placa (Silanos, Liscia Average, Lavastoviglie Industriali, Italia) cubiertas con papel aluminio en su interior. Las placas fueron precalentadas 10 min antes del cocinado. La cocción de los lomos de cerdo se realizó a 180°C durante 4 min hasta llegar a una temperatura interna de 72°C (T200 termómetro portátil, Digitron Instrumentation Ltd., Merd Lane, Hertford, Reino Unido). Transcurrido el tiempo de cocción, los filetes fueron retirados de la plancha y se procedió a la eliminación de la grasa presente alrededor (bordes) del filete y fueron cortados en rectángulos de aproximadamente 1,5 x 2 cm. Las muestras se envolvieron con papel de aluminio previamente codificadas con números de 3 dígitos al azar y fueron mantenidas en caliente (60°C) en un baño termostático de arena (Braun, Esplugues de Llobregat, España) durante un tiempo máximo de 5 min hasta ser evaluado por los catadores.

Cada catador analizó un total de 3 muestras por tratamiento y día de control para lo cual fue necesario un total de 12 sesiones.

La Figura 18 presenta la ficha de cata empleada para el análisis sensorial de carne cocinada. Todos los atributos expuestos se realizaron mediante una escala de intervalo de 7 puntos de intensidad siendo 1=no perceptible y 7=muy intensa.

PERFIL SENSORIAL DE LOMO COCINADO						
Nombre: _____			Fecha: _____			
DESCRIPTORES	MUESTRAS					
	<i>Código</i>	<i>Código</i>	<i>Código</i>	<i>Código</i>	<i>Código</i>	<i>Código</i>
ATRIBUTOS DE OLOR						
Olor propio a carne de cerdo						
Olor rancio						
Olor ácido						
Olor anómalo (pútrido y/o desagradable)						
Otros olores (metálico, plantas aromáticas, etc.)						
ATRIBUTOS DE COLOR						
Color propio a carne de cerdo						
Color de la grasa						
Color anómalo						
ATRIBUTOS DE SABOR						
Sabor propio a carne de cerdo						
Sabor rancio						
Sabor ácido						
Sabor anómalo						
Otros sabores						
ATRIBUTOS DE TEXTURA						
Dureza						
Jugosidad						
MUCHAS GRACIAS						

Figura 18. Ficha de cata para el análisis sensorial de carne cocinada

4.5.3.2.3. Análisis sensoriales en productos cárnicos crudo-curado

El análisis sensorial se llevó a cabo de acuerdo con la norma ISO 4121 (2003). Las muestras fueron lonchadas en una loncheadora eléctrica Mobba modelo 1/3, con un grosor de 2 mm para salchichones y 3 mm para longaniza, y atemperadas durante 20 min a temperatura ambiente.

Cada catador probó un total de 3 muestras por lote y día control (L: 0, 45, 90 y 135 días; S: 0, 28, 56, 77 días) para lo que fueron necesarias un total de 24 sesiones, para cada uno de los productos.

Todas las muestras fueron codificadas con números de 3 dígitos elegidos al azar y presentadas al catador según lo establecido por las normas ISO. La evaluación se realizó a través de una escala no estructurada de 10 cm con los atributos que se detallan en la Figura 19.

4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente a través del programa estadístico SPSS 15.0.

Para la ensayo I se aplicó una prueba de normalidad y muestras independientes (t-student). Para el ensayo II y III, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95% para evaluar el efecto producido por la alimentación con extracto de romero desodorizado así como el efecto producido por el tiempo de almacenamiento al que fueron sometidas las muestras. Para evaluar la homogeneidad de medias se aplicó el test de tukey y la relación entre variables se realizó mediante correlaciones de Pearson.

PERFIL SENSORIAL DE PRODUCTOS CARNICOS

Nombre:.....

Fecha:.....

Código muestra:.....

OLOR

Propio (carne curada fermentada)

Graso

Especiado (Pimienta)

Humedad / Mohoso

Rancio

Ácido (acidificación)

APARIENCIA

Brillo

Color Propio (magro)

Color de grasa

Color anómalo

SABOR

Ácido (acidificación)

Salado

AROMA

Propio (carne curada fermentada)

Especiado (Pimienta)

Grasa / Grasiento

TEXTURA	Humedad / Mohoso
	Aroma Rancio
	ensación grasa
	Dureza
	Jugosidad
	Masticabilidad

Figura 19. Ficha de cata de productos cárnicos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 EFECTO DEL PESO SOBRE LA CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE DE CERDO RAZA CHATO MURCIANO.

El proceso productivo del cerdo de raza Chato Murciano es prolongado si se compara con las razas comerciales de cerdo blanco debido a que la materia prima de estos últimos se comercializa también como carne fresca mientras que en el caso del Chato Murciano es más habitual su uso en la producción de productos cárnicos tradicionales dado sus óptimas cualidades organolépticas y sensoriales que favorecen el desarrollo de procesos tecnológicos.

Este hecho implica una mayor edad y peso al sacrificio (16/18 meses y aproximadamente 180-200 kg) de los cerdos raza Chato Murciano, y con ello un aumento en el coste de la producción, lo que repercute en el precio final de la canal y de la carne. Por ello y como primer objetivo de la Tesis doctoral nos centraremos en comprobar si alargar el proceso productivo influye, de manera significativa, en la calidad de la canal y de la carne.

Para ello se establecieron dos grupos de 21 animales cada uno (total n=42): Peso Ligero (PL) correspondiente al grupo de $147,98 \pm 3,78$ kg y Peso Pesado (PP) para el grupo de $176,07 \pm 4,78$ kg, según el peso al sacrificio.

5.1.1 Calidad de la Canal

En la Tabla 9 se recogen los resultados obtenidos del estudio morfométrico realizado a los dos grupos de animales de raza Chato Murciano.

Tal como se observa, el peso vivo al sacrificio (PVS) y el peso de la canal en caliente (PCC) presentan diferencias significativas ($p < 0,001$) entre los grupos estudiados (PL y PP). Frecuentemente, las razas de cerdo autóctonas españolas se

sacrifican a pesos elevados tal como lo señalan diversos autores para las razas de cerdo ibérico (150-180 kg peso vivo) (Ramírez y Cava, 2006; Muriel et al., 2007; Juárez et al., 2009; Serrano et al., 2009) cerdo Negro Canario y cerdo Celta (120-150 kg) (Sánchez et al., 2001; Franco et al., 2006) y otras razas autóctonas Italianas (Pugliese et al., 2004a; Franci et al., 2005; Fortina et al., 2005).

Con los datos de peso vivo y de la canal se obtuvo el rendimiento de la canal en caliente para cada grupo de peso, los cuales fueron similares ($p > 0,05$) y alcanzaron un valor medio del 80% para el grupo PL y 80,5% para el grupo PP.

Este comportamiento se corresponde con lo señalado por Galián et al. (2009) en estudios realizados con la misma raza evaluando diferentes sistemas de cría y grupos de peso (>125 kg y <125 kg) quienes indicaron rendimientos dentro del mismo rango, entre 77-81%. Sin embargo, Serra et al. (1998) señalaron diferencias entre dos grupos de peso (118 y 105 kg) en estudios con la raza Ibérico con rendimientos de 78 y 72% respectivamente, mientras que Poto et al. (2000) mostraron diferencias significativas en estudios realizados con cruces de la raza Chato Murciano y Large White sacrificados a 99, 105 y 118 kg dando rendimientos de 82,7; 83,0 y 84,7 % aunque este estudio empleó un único animal para cada peso, lo que hace que estos resultados no sean demasiado concluyentes. Otro estudio similar realizado con cruces de razas Duroc x (Landrace x Yorkshire) mostraron diferencias respecto al peso (Correa et al., 2006) señalando que a medida que incrementa el peso vivo al sacrificio también lo hace el rendimiento. Diversos autores citan un efecto similar en estudios con diversos cruces de razas de cerdo (La torre et al., 2003).

Es importante conocer diversos factores que influyen en el porcentaje de rendimiento tales como la edad y peso del animal (Correa et al., 2006), el sexo (Pugliese et al., 2004a), el sistema de explotación (Danielsen et al., 2000; Sundrum et al., 2000; Edwards, 2005) o la alimentación (Wood et al., 2004; Teye et al., 2006), además del tipo de faenado.

Respecto a la longitud de la canal (L) se observa que los datos obtenidos del grupo PP ($87,57 \pm 7,15$ cm) fueron ligeramente superiores respecto al grupo PL ($86,43 \pm 6,16$ cm), aunque dicho incremento no fue significativo ($p > 0,05$). Galián et al. (2009) en cerdos de raza Chato Murciano considerando dos grupos de peso (>125 kg y <125 kg) y dos sistemas de crianza (aire libre vs intensivo), mostrando diferencias significativas ($p < 0,001$) en el grupo de animales criados al aire libre con longitudes de canal de 86,8 y 82,8 cm, para los cerdos de pesos mayores y menores a 125 kg respectivamente. El mismo autor (Galián, 2007) indicó valores de 83,82 y 85,50 cm para L en estudios realizados con animales de la misma raza y sacrificados a 120 y 138 kg respectivamente, y longitudes de canal de 81,64 y 86,48 cm para cruces de raza Chato Murciano e Ibérico sacrificados a 118 y 143 kg respectivamente.

Por otro lado Poto et al. (2007) obtuvieron mayores longitudes de canal (87,0 cm) con el cruce de razas Chato Murciano con Large White en comparación con la raza Chato Murciano (83,82 cm) y con el cruce Chato Murciano con Ibérico (81,64 cm) en animales sacrificados a 110 kg. Poto et al. (2000) indicaron que la raza Chato Murciano produce canales similares a las obtenidas del cruce de razas de cerdo blanco al obtener longitudes de canal de 77, 82,5 y 84 cm en animales sacrificados a 99, 105 y 118 kg. Otros estudios con razas comerciales indicaron longitudes de canal de 82,8 cm, 85,4 cm, 83,2 cm, 79,6 cm, para las razas comerciales Large White, Landrace, Duroc y Pietrain respectivamente sacrificadas a 110 kg (Tibau et al., 1997).

Correa et al. (2006) encontraron una ligera diferencia entre las longitudes de la canal (79,6 – 85 cm), medidas en el cruce de raza Duroc x (Landrace x Yorkshire) evaluadas a diferente peso vivo al sacrificio (107, 115 y 125 kg), indicando que los animales machos y de mayor peso presentaron los valores más altos.

Tabla 9: Efecto del peso sobre las características de la canal (media \pm d.s.).

Características Morfométricas	PL	PP	
N	21	21	
PVS (Kg)	147,98 \pm 3,78	176,07 \pm 4,78	***
PCC (Kg)	118,38 \pm 3,02	140,86 \pm 3,82	***
L (cm)	86,43 \pm 6,16	87,57 \pm 7,15	NS
ETD1 (cm)	5,22 \pm 1,37	5,37 \pm 1,15	NS
ETD3 (cm)	4,64 \pm 0,98	4,43 \pm 1,24	NS
T° (°C)	25,62 \pm 5,67	28,52 \pm 7,76	NS
R (%)	80%	80,5%	NS

PL: peso ligero, PP: peso pesado, N: número de animales, PVS: peso vivo al sacrificio; PCC: peso canal caliente; L: longitud de la canal; ETD1: espesor de tocino medido en la primera costilla; EDT3: espesor del tocino medido en el extremo craneal del glúteo medio; T°: Temperatura; R: Rendimiento NS: no significativo / (***) Significativo para $p < 0.001$.

Cabe destacar que el sacrificio de cerdos a pesos elevados podría presentar ciertas desventajas, ya que según Ellis (1998) un excesivo peso incrementa el tamaño del músculo, lo que puede ser un inconveniente para la cadena de distribución (mayor tamaño de bandejas y de espacio en las vitrinas expositoras).

Los valores para EDT1 fueron ligeramente más alto en los animales de grupo PP (5,37 cm) que en aquellos del grupo PL (5,22 cm), sin embargo los valores del ETD3 fueron superiores para el grupo PL (4,64 cm) con respecto al grupo PP (4,43 cm). No obstante, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ETD1 y ETD3 ($p > 0,05$) por efecto del peso al sacrificio.

Galián et al. (2009) encontraron valores ligeramente superiores aunque no significativos ($p > 0,05$) para ETD1 (5,49-5,69 cm) evaluados en animales Chato Murciano sacrificados a pesos por encima de 125 kg respecto al grupo de pesos menores a 125 kg (5,14-5,02 cm.) Sin embargo los datos de ETD3 fueron inferiores a los reportados en nuestro estudio, con valores medios de 3,42-3,89 cm.

Diversos estudios realizados con cerdos de la misma raza han recogido valores inferiores a los nuestros, comprendidos entre 4,87-5,77 cm para ETD1 y 3,51-4,04 cm para ETD3, estas diferencias pudieron deberse, posiblemente, al empleo de animales de menores pesos (110 kg de peso vivo) (Poto, 2003; Galián, 2007). Similares resultados fueron señalados por Poto et al. (2007) en estudios realizados con cruces de cerdos de raza Chato Murciano e Ibérico y Large White.

La raza de cerdo Chato Murciano podría ser comparada, por su grado de engrasamiento, con otras razas autóctonas, como el cerdo de raza Ibérico. En este sentido, Mayoral et al (1994) señalaron que la grasa dorsal de los cerdos ibéricos aumentaba durante el periodo de engorde llegando a medir 7,06 cm en animales sacrificados a 150 kg. Sin embargo Serrano et al. (2009) citaron valores similares a los nuestros en estudios con cerdos ibéricos sacrificados a un peso vivo de 145 kg, señalando mayores espesores en hembras castradas (ETD1: 6,47cm y ETD3: 5,89 cm) comparadas con las enteras (ETD1: 5,71 y ETD3: 4,76 cm).

Serra et al. (1998) realizaron un estudio comparativo entre razas de cerdo autóctonas y comerciales concluyendo diferencias notables respecto al espesor de grasa dorsal entre cerdos de raza Ibérico y Landrace sacrificados a 100 kg, siendo dichos valores de 4,81 cm y 2,07 cm, para cada una de las razas, respectivamente

Peinado et al. (2012) realizaron estudios con hembras y machos castrados de cruces de razas comerciales (Landrace x Large White) x Duroc, sacrificados a 119,2 y 131,6 kg observando que los animales de mayor peso presentaron un ligero incremento en las medidas ETD1 (2,63–3,11 cm) y ETD3 (1,79–2,22 cm), destacando las hembras castradas. Otros autores describieron resultados similares (Candek-Potokar, Monin y Zlender, 1998; Serrano et al., 2009). Costa et al. (2007) mostraron valores de 3,3 cm en ETD3 para animales del cruce de razas Duroc x (Landrace x Large White) sacrificados a 170 kg, por lo que, en este caso, los cerdos de razas comerciales no superaron las medidas de espesor grasa con respecto a las razas autóctonas.

Por lo general, las razas autóctonas muestran un alto grado de engrasamiento al ser comparadas con los obtenidos en razas comerciales, las cuales son seleccionadas por presentar canales más magras (Pedauy , 1993; Galián et al., 2005; Fisher et al., 2006). Cabe destacar que un incremento en la grasa de la canal facilita los procesos de curado de los cortes primarios (Guerrero et al., 1996) mejorando las puntuaciones de calidad de las canales de cara a los procesos tecnológicos.

Dentro de los factores que influyen en el mayor engrasamiento de estas razas de animales podemos citar la rusticidad de las mismas (Edwards, 2005) así como el sexo, la edad, el genotipo, peso del animal, el tipo de alimentación y sistemas de cría y manejo, entre otros.

5.1.2 Calidad de la Carne

La calidad de la carne de cerdo de raza Chato Murciano fue evaluada en el músculo *Longissimus dorsi* a las 24 horas después del sacrificio. Los resultados de la composición proximal de la carne de cerdo analizados en los grupos de peso ligero (PL) y peso pesado (PP) son presentados en la Tabla 10. Tal como se observa, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) respecto al contenido de humedad entre PL (70,54 %) y PP (69,88 %). Estos valores son ligeramente inferiores a los valores de humedad de la carne sealados por Bejarano (2001) (70-75%).

Respecto a otras razas autóctonas, Juárez et al. (2009) sealaron valores de humedad superiores a los recogidos en el presente trabajo, comprendidos entre 73,21–74,8 %, para diferentes líneas de la raza de cerdo Ibérico. Estos resultados se corresponden con lo sealado por otros autores (Cava et al., 2004; Estévez et al., 2003) en estudios con la misma raza. Sin embargo, Serrano et al. (2009) obtuvieron valores similares a los nuestros en estudios realizados con hembras sin castrar y castradas (71 y 69,1 % respectivamente) procedentes de animales del cruce de las razas Ibérico x Duroc. Estévez et al. (2003) recogieron valores de 72–

73 % para cerdos de la raza Ibérico sacrificados a 90 kg, sin embargo Muriel et al. (200) señalaron valores inferiores al 69 % en cerdos ibéricos sacrificados a 150 kg.

Por otro lado, estudios realizados con cruces de razas comerciales han mostrado una variabilidad en el porcentaje de humedad, así Teruel (2011) señaló valores de 72-73 % para el cruce de razas Large White x Landrace sacrificados a 95 kg. Peinado et al. (2012) evaluaron los cruces de razas (Large White x Landrace) x Duroc los cuales fueron sacrificados a un peso vivo de 119 kg y 131 kg, mostrando que el contenido de humedad no variaba entre ambos grupos (74,8 y 74,6 % respectivamente). Así mismo, Correa et al. (2006) no encontraron variaciones en el contenido de materia seca (100-% humedad) entre los grupos de animales de diferentes pesos (107, 115 y 125 kg) evaluados en cruces de raza Duroc x (Landrace x Yorkshire), lo que también fue descrito por Beattie et al. (1999).

Por lo que, podemos indicar que el peso del animal no tiene efecto sobre el contenido de humedad de la carne, sin embargo el porcentaje de humedad puede verse afectado por el contenido en grasa de la carne ya que entre ambos parámetros existe una relación inversa.

En relación al contenido de proteína, los resultados presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ambos grupos de pesos (23,46 % para el grupo PL y de 22,27 % para el grupo PP), estando dichos valores dentro del rango normal para carne magra (20-22%) (Bejarano, 2001). Pese a ello, este hecho se considera circunstancial ya que no se establece ninguna relación entre el peso del animal y el contenido en proteína de la carne.

Peinado et al. (2012) mostraron valores similares a los descritos en este trabajo empleando cruces de razas (Large White x Landrace) x Duroc evaluados a dos pesos, (119 y 132 kg), siendo igualmente el contenido de proteína ligeramente superior en los animales más pesados respecto al otro grupo (119 kg). Así mismo

Correa et al. (2006) señalaron que el contenido proteico del cruce de razas Duroc x (Landrace x Large White) incrementó a medida que lo hacía el peso al sacrificio del animal. Resultados similares fueron señalados por Beattie et al. (1999) en estudios con cerdos del cruce Landrace x Large White.

Estudios realizados con cerdos de raza Ibérica muestran contenidos de proteína similares a los encontrados en nuestro estudio. Juárez et al. (2009) encontraron valores comprendidos entre 21,8–23,7 % para razas puras y 19,78 % para el cruce de raza Ibérico x Duroc. Diversos autores han mostrado resultados similares en estudios realizados con cerdos ibéricos (Cava et al., 2004; Estévez et al., 2003; Serrano et al., 2009). Sin embargo Muriel et al. (2007) encontraron niveles de proteína inferiores (17,8–18,2 %) a los mencionados anteriormente para 4 líneas de raza Ibérica sacrificados a 150 kg.

En cuanto al contenido proteico de la carne de cerdo de razas y cruces comerciales, no se han encontrado variaciones significativas respecto a las razas autóctonas, recogándose valores comprendidos entre 20–24% (Serra et al., 1998; Teruel, 2011; Ruuseunen et al., 2012; La Torre et al., 2003) en estudios realizados con animales de diferentes cruces de razas y sacrificados a diferentes pesos. Las diferencias encontradas respecto al contenido proteico en la bibliografía, pueden ser atribuidas a la ubicación anatómica que afecta claramente a la composición química de la musculatura, debido al diferente tipo de metabolismo que presenta cada músculo (Andrés et al., 2001; Muriel et al., 2002).

Tabla 10: Composición proximal (media (%) ± d.s.) de los grupos de peso evaluados en el carne de cerdo (*Longissimus dorsi*).

(%)	PL	PP	
Humedad	70,54 ± 2,34	69,88 ± 2,31	NS
Proteína Total	23,46 ± 1,37	22,27 ± 1,40	**
Grasa Total	5,63 ± 1,94	7,01 ± 2,35	*

PL: peso ligero; PP: peso pesado; NS: no significativo / (*) y (***) Significativo para p<0.05 y 0.001 respectivamente.

Las diferencias encontradas en el contenido de grasa intramuscular es significativo entre ambos grupos estudiados ($p < 0,05$) con valores medios de 5,69 % para el grupo de PL y 7,03 % para el grupo PP, considerando que ese 1,3 % a favor de los animales pesados podrían afectar a la calidad de la carne y de los productos derivados. Estos resultados se encuentran próximos a lo mencionado por Bejarano (2001) donde se indica que el contenido de grasa infiltrada de la carne de cerdo estaría en torno a 5,9 %.

Otros estudios realizados con la misma raza han descritos valores similares, así Galián et al. (2009) indicaron que los animales sacrificados a peso superiores a 125 kg presentaron contenidos grasos elevados (7,9-9,9 %) respecto al grupo de menor peso (6,1-3,8 %). Así mismo, Peinado et al. (2004) señalaron valores de grasa intramuscular de 6,39% para los animales sacrificados a un peso medio de 125 kg, lo que es similar a lo recogido por Poto (2003) y Galián (2007) en estudios empleado la raza Chato Murciano. Estos mismos autores en otros trabajos realizados con cerdos Chato Murciano y cruzamientos de Chato Murciano con Ibérico y con Large White sacrificados a 110 kg, obtuvieron valores más elevados de grasa intramuscular (8,97-11,17 %). Juárez et al. (2009) señalaron valores comprendidos entre 4,45–5,28% para la raza Ibérica y 3,92% para el cruce de Ibérico x Duroc considerando que estos animales fueron sacrificados a un peso vivo de 160-180 kg.

En general, el contenido en grasa intramuscular es superior en las razas más rústicas y/o autóctonas, respecto de las razas comerciales, probablemente causado por la alta capacidad que tienen las razas rústicas de sintetizar los lípidos (Renaudeau y Mourot, 2007), aunque también puede estar influenciado por la alimentación y los sistemas de cría (Tejeda et al., 2002; Rosenvold y Andersen, 2003; Pugliese et al., 2004b; Edwards, 2005).

Según lo expuesto anteriormente, en la mayoría de los casos se aprecia una relación positiva entre el peso del animal y el porcentaje de grasa intramuscular, aunque también se observa una gran variabilidad en este parámetro entre razas y

para una misma raza. Este hecho se pone claramente de manifiesto en la raza Chato Murciano probablemente debido a la falta de pureza y homogeneidad de la misma.

Existe una relación inversa entre el contenido en humedad y el de grasa intramuscular de acuerdo a lo descrito en la bibliografía (Blanchard et al. 1999). Esta relación se pone de manifiesto en el presente trabajo, mostrando el grupo de Peso Ligero (PL) mayor contenido de humedad y menor nivel de grasa, y al contrario, el grupo de Peso Pesado (PP).

El contenido de grasa intramuscular es importante realizarlo debido a que es uno de los principales factores que afecta la aceptabilidad del consumidor de carne fresca (Ruiz et al., 2002) y determina la jugosidad de los productos curados (Ruiz et al., 2000). Generalmente, se acepta que un cierto nivel de grasa intramuscular mejora la calidad de la carne de cerdo, siendo dichos niveles de 2-3,5 % para carne destinada a su consumo en fresco (Daszkiewicz et al., 2004; Rincker et al., 2008) y superior al 4 % para carne destinada a la producción de productos cárnicos (Reixach, 2004).

La carne de cerdo Chato Murciano se destina mayoritariamente a la producción de productos cárnicos curados por lo que un alto nivel de grasa intramuscular ofrece buenas propiedades tecnológicas y sensoriales. Diversos autores han señalado la relación entre la grasa intramuscular y otros factores como la edad y peso del animal (Daszkiewicz et al., 2004; Asenjo et al., 2005), así como también con el sexo, la alimentación y los sistemas de cría (Lebret et al., 2002; Rosenvold y Andersen, 2003; Nuernberg et al., 2005; Batallé, 2006), tipo de músculo y métodos de extracción (Wood, 1993).

En la Tabla 11 se presentan los valores medios y desviaciones típicas de los parámetros de pH₂₄, capacidad de retención de agua (CRA %), contenido de colesterol (mg/100g) y coordenadas de color CIELab (L*, a*, b*) analizados en los grupos de peso: ligero (PL) y pesado (PP).

El valor de pH₂₄ fue el mismo para ambos grupos de peso (Tabla 6). Otro autores como (Poto et al., 2000; Poto, 2003; Galián, 2007; Galián et al., 2009; Peinado et al., 2012) encontraron resultados similares (pH 5,6) para carne de Chato Murciano.

Estudios realizados en cerdos Ibéricos sacrificados a pesos elevados muestran valores de pH superiores a 6,0 a las 24 h postmortem (Juárez et al., 2009; Serrano et al., 2009), por lo que la incidencia de producir carne DFD (oscura, firme y seco) es bastante probable (Serrano et al., 2009). Sin embargo, otros autores en cruces de Ibérico x Duroc (Serrano et al., 2008) y en cerdos de raza Duroc (Terlouw et al., 2009) obtuvieron valores de pH inferiores a 6.

Teruel (2011) encontró valores de pH por debajo de 5,5 en cruces de raza Large White x Landrace sacrificados a un peso de 95 kg. Algunos autores señalan que pH más bajos de los encontrados en este estudio podría deberse al estrés previo al sacrificio que experimentan los animales (Edwards, 2005) sin embargo La Torre et al. (2003) manifiestan que el pH disminuye proporcionalmente con la edad.

En relación a cruces comerciales, Ruusunen et al. (2012) indicaron que pHs comprendidos entre 5,47-5,60, junto con un alto contenido en agua de la carne puede estar relacionado con altos contenidos de glucógeno en el músculo.

En relación a la capacidad de retención de agua (CRA %), se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los grupos PL y PP y los valores se corresponden con carnes de elevada CRA (Tabla 6). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Juárez et al. (2009) en cerdos Ibéricos sacrificados a un peso medio de 150 kg.

Respecto a las razas comerciales de cerdo, la bibliografía recoge valores de CRA ligeramente inferiores a los obtenidos en nuestro estudio. Teruel (2011) y Egea (2011) señalaron valores medios de 71,4-73,7 % para cruces de animales de las razas Large White x Landrace sacrificados a 95 kg lo que también fue descrito por

Fischer et al. (2006) en cruce de cerdos blancos (Pietrain x Landrace). Esta evolución se relaciona con el hecho de que la carne de cerdo de razas tradicionales exuda menor cantidad de agua durante el almacenamiento en comparación con las razas comerciales (Edwards, 2005; Franci et al., 2005) probablemente debido a que presentan un mayor contenido de grasa intramuscular en comparación con las razas comerciales.

En general, la capacidad de retención de agua de la carne depende del pH durante la transformación *post mortem* del músculo a carne (Offer y Knight, 1988a; Huff y Lonergan, 2005), de manera que un pH por debajo del punto isoeléctrico de las proteínas puede influir en dichas pérdidas (Gandermer et al., 1990). Sin embargo en el presente trabajo otros factores como por ejemplo la cantidad de grasa intramuscular, podría obstaculizar la salida de agua del músculo, según lo señalan Ordóñez et al. (1998), y podría haber influido en la elevada CRA del músculo pese al bajo pH obtenido.

Otros factores que podrían influir en su contenido podría ser la edad, aunque la bibliografía al respecto no es del todo concluyente.

El color de la carne es un parámetro de calidad que, en el caso de la carne y productos cárnicos, resulta determinante para la compra del producto por parte del consumidor. En la Tabla 6 se presentan los resultados respecto a las coordenadas de color evaluadas en este estudio. Los valores de la coordenada L* (Luminosidad), a* (índice de color rojo) y b*(índice de color amarillo) fueron de 45,33 y 44,69; 11,91 y 11,43; -1,09 y 3,76 para los grupos de PL y PP respectivamente. Estos valores se corresponden con la carne roja-oscura característica de la raza Chato Murciano. En general, el color de la carne no se vio afectado por el peso del animal, no observándose diferencias significativas para las coordenadas L* y a*. Por el contrario, el valor de b* es superior ($p < 0,05$) en las muestras de carne pertenecientes a los animales más pesados (PP), posiblemente el mayor contenido de grasa intramuscular de estas, unidos a la

heterogeneidad en la distribución de la misma, pueda ser la causa de esta diferencia.

Galián et al. (2009) mostraron valores similares a los presentados en este trabajo para la coordenada L* (46,5 y 49,6) y a* (13,1 y 13,3) evaluados en 2 grupos de peso (>125 y <125 kg) de cerdos de la raza Chato Murciano, aunque mayores para la coordenada b* (5,3 y 5,5). Sin embargo, el mismo autor, obtuvo diferencias significativas por efecto del peso en las coordenadas L* y b*. Resultados similares en cuanto a la coordenada b* fueron recogidos en el presente trabajo para los dos grupos de peso considerados. Estudios realizados con animales de la raza Ibérico (Estévez et al., 2003) sacrificados a 90 kg de peso vivo mostraron valores similares en las coordenadas de color a lo recogido en el presente trabajo.

Sin embargo Serra et al. (1998) encontraron valores de L* mayores y de a* menores en cerdos Ibéricos de 100 kg de peso al sacrificio, con respecto a los recogidos en este estudio, lo que podría atribuirse a la mayor cantidad de pigmento en la raza Chato Murciano con respecto al Ibérico de ese trabajo. Sin embargo, Serrano et al. (2009) describieron en cerdos Ibéricos de 140 kg de peso al sacrificio menores valores de L* y mayores de b* que los obtenidos por nosotros, por lo que, el peso podría influir en la evolución de las coordenadas de color entre las diferentes razas de cerdos, especialmente las autóctonas como sería el cerdo Ibérico o Chato. Este hecho además podría estar influenciado por el efecto del porcentaje de grasa infiltrada que fue mayor en el caso de Serrano et al. (2009) (6%) frente a lo descrito por Serra et al. (1998) (3,9%).

Muchos autores mencionan que los cerdos más pesados presentan una carne más roja que la de animales de pesos más ligeros (Edwards, 2005; Franci et al., 2005). Por otro lado, Carrapiso y García (2005) indicaron que el color de la carne depende más de la grasa intramuscular visible y su distribución en la pieza (veteado) que del contenido total de grasa intramuscular. Otros factores a tener en cuenta además de la edad y peso al sacrificio (Fischer et al., 2006), y que podrían afectar al color de la carne son la velocidad de glucólisis *post mortem*, niveles de

pigmentos y estado oxidativos de todos los pigmentos que influyen en el color del músculo (Van Oeckel et al., 1999).

En relación al contenido de colesterol se observaron diferencias significativas ($p < 0,001$) entre los grupos evaluados (PL y PP), siendo superior la cantidad de colesterol en el grupo de PP ($70,65 \pm 18,48$ mg/100g carne) respecto al de PL ($50,74 \pm 12,31$ mg/100g carne) (Tabla 11). Garrido et al. (2005) presentaron niveles de colesterol similar al del grupo PP en estudios realizados con cerdos de la raza Chato Murciano sacrificados a un peso vivo de 180 kg ($71,51$ mg/100g carne). Por otro lado, Cayuela (2003) en estudios realizados en carne de cerdo blanco, sacrificados a un peso vivo de 95 kg encontraron valores de colesterol de 62 mg/100g carne. Estas ligeras diferencias con respecto a los resultados mostrados en este estudio, podrían atribuirse a la edad y peso al sacrificio de los animales.

Por otro lado, Bragagnolo y Rodríguez-Amaya (2002) en trabajos con carne de lechones obtuvieron unos niveles de colesterol de 98 mg/100 g y por tanto mayores a los recogidos en las piezas de lomo de cerdo adulto (49 mg/100 g). Diversos estudios realizados con carne de cerdo, han señalado niveles de colesterol comprendidos entre $51,5$ y $64,2$ mg/ 100g de carne (Bohac et al., 1988; Swize et al., 1992; Dorado et al., 1999).

Cabe destacar lo señalado por Chung et al. (2006) quienes indicaron una relación positiva, aunque débil, entre el contenido de colesterol presente en el músculo y la grasa intramuscular y Rhee et al. (1982) demostraron una relación directa entre la concentración de colesterol y la escala de veteado de la USDA. Así mismo, Karp (2005) menciona que el contenido de colesterol en la carne no aumenta necesariamente con el nivel de engrasamiento porque una gran cantidad de colesterol se encuentra en forma libre en las membranas celulares. Sin embargo, el colesterol también es almacenado en forma esterificada con los ácidos grasos, por lo que es posible que el colesterol almacenado se vuelva más significativo cuando el contenido de grasa se incrementa (Lewis-Barned et al., 2000; Xie et al., 2002).

Tabla 11: Efecto del peso sobre la calidad de la carne (*Longissimus dorsi*) de cerdo Chato Murciano (media \pm d.s.).

Parámetros	PL	PP	
pH _{24h}	5,40 \pm 0,21	5,41 \pm 0,11	NS
CRA (%)	87,37 \pm 2,74	85,58 \pm 1,74	*
Colesterol (mg/ 100g carne)	50,74 \pm 12,31	70,65 \pm 18,48	***
Color CIELab:			
L*	45,33 \pm 3,89	44,69 \pm 3,80	NS
a*	11,91 \pm 1,42	11,43 \pm 1,89	NS
b*	-1,09 \pm 2,34	3,76 \pm 2,90	***

PL: peso ligero; PP: peso pesado; CRA: Capacidad de retención de agua; L*: Luminosidad, a*: rojo; b*: amarillo; NS: no significativo / (*) y (***) Significativo para $p < 0.05$ y 0.001 respectivamente.

En la Tabla 12 se presenta el perfil de los ácidos grasos (%) evaluados en el músculo *Longissimus dorsi* de ambos grupos de peso (PL y PP) observándose que la mayoría de ellos no presentan diferencias significativas ($p > 0,05$) respecto al peso del animal, excepto para los ácidos palmítico (C16:0), linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3). Así mismo se observaron diferencias significativas para los grupos de ácidos grasos saturados (AGS), insaturados totales (AGI) ($p < 0,001$) y ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) ($p < 0,01$), pero no para el grupo de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI).

Galián (2007) encontró valores cercanos a los presentados en este trabajo para los ácidos grasos C16:0, C16:1, C18:2, C20:0, sin embargo el ácido linolénico C18:3 en el presente trabajo estuvo próximo al 2% (1,97 y 1,85% para PL y PP, respectivamente), y es muy superior a lo descrito por Galián (2007) en carne de cerdo Chato Murciano (0,25%). Estudios realizados con líneas de cerdo de la raza Ibérico han demostrado que los animales sacrificados a pesos elevados (150 kg) (Muriel et al., 2007; Juárez et al., 2009) aunque contienen similares cantidades de ácidos grasos respecto a animales sacrificados a menor peso (90 kg) (Estévez et al., 2003) muestran mayores cantidades de algunos de ellos, concretamente en los ácidos grasos C16:0, C18:0; C18:1 y C18:2 en el grupo de animales más pesados,

lo que es también observado en el presente trabajo. Diversos autores han descrito resultados similares para cerdos ibéricos de diferentes pesos (pesado vs ligeros) (Cava et al., 1997 y 2003; Serra et al., 1998; Tejeda et al., 2002).

En cuanto al nivel de ácido oleico (C18:1) los valores fueron ligeramente superiores (50,17 %) a los recogidos por Galián (2007) (45-47%) en cerdos de raza Chato Murciano, siendo el peso de los animales inferior a 125 kg. Una relación de altos niveles de ácido oléico (C18:1) y bajos niveles de ácido linoléico (C18:2) mejoran las características de los productos cárnicos (Cava et al., 1999) así como de la carne fresca (Estévez et al., 2003).

Los contenidos de AGS y AGMI obtenidos son inferiores y superiores respectivamente, para PL y PP a los señalados por Galián (2007) en cerdos de raza Chato Murciano de 125 kg sometidos a dos sistemas de producción (aire libre e intensivo). Sin embargo los valores de AGPI son similares. Las diferencias encontradas entre AGS y AGPI (principalmente ácido linoléico) podría deberse a los diversos cambios de velocidad de los ácidos grasos en los diferentes depósitos durante la vida del animal. Así la grasa intramuscular que forma parte de un tejido que es metabólicamente más activo que la grasa subcutánea, incrementaría considerablemente la velocidad de transformación de los ácidos grasos (Franco et al., 2006).

Estévez et al. (2003) señalaron que los niveles de AGS y AGMI fueron superiores en la raza Ibérico que en los cerdos comerciales, mostrando los comerciales una alta proporción de AGPI, lo que se atribuye a la dieta. Este hecho repercute negativamente en las características tecnológicas y sensoriales de la carne y derivados, ya que los AGPI son extremadamente sensibles a la oxidación, dando lugar a alteraciones en la textura, sabor y color del producto final (Morrisey et al., 1998). Fischer et al. (2006) indicaron que el nivel de AGPI no debe superar el 12-14% del total cuando estas son destinadas a procesos de transformación en productos derivados, debido fundamentalmente a que elevados niveles de AGPI pueden dar lugar a carne y productos cárnicos clasificados como “blandos”,

“aceitosos”, afectando además la estabilidad del producto al aumentar la susceptibilidad al enranciamiento, perjudicando la calidad tecnológica (Wood y Enser, 1997; Wood et al., 2003; Rosenvold y Andersen, 2003).

Existen diversos factores asociados con las variaciones en el perfil de los ácidos grasos del tejido muscular de los cerdos, siendo muy importante la alimentación (cantidad y composición de la grasa y carbohidratos presente en la dieta) así como la duración del periodo de engorde (Cava et al., 2000), dado que por ser un monogástrico su perfil depende exclusivamente del aporte que reciba.

Otros factores fueron también contemplados por otros autores tales como Galián (2007) quien señala que las diferencias encontradas en el perfil de ácidos grasos debe ser atribuidas al sistema de explotación y las variaciones ligadas a él, tales como el ejercicio físico, una mayor exposición a las condiciones ambientales, las posibilidades de hozar en la tierra y la situación de bienestar animal. Así mismo Franco et al. (2006) señalaron que el metabolismo de los músculos también influye en la composición de los ácidos grasos. Los músculos que han mostrado metabolismos oxidativos contienen altos niveles de AGPI en ambos tipos de lípido (Muriel et al., 2002). Por otro lado diversos autores (Wood et al., 2004; Galián et al., 2005; Ramírez y Cava, 2006; Fisher et al., 2006; Teye et al., 2006; Monziols et al., 2007) han indicado una relación entre los niveles de engrasamiento de la canal y los niveles de grasa intramuscular con la distribución en el perfil de ácidos grasos, de manera que al aumentar el nivel graso, aumenta los AGS y disminuye los AGPI.

Tabla 12: Perfil de ácidos grasos (%) de la carne de cerdo Chato Murciano con diferentes pesos (media \pm desviación típica)

Perfil de ácidos grasos	PL	PP	Nivel de Sign.
N	21	21	
Ácido Cáprico (C10:0)	0,12 \pm 0,03	0,12 \pm 0,06	NS
Ácido Láurico (C12:0)	1,08 \pm 0,62	1,07 \pm 0,93	NS
Ácido Mirístico (C14:0)	0,69 \pm 0,06	0,69 \pm 0,05	NS
Ácido Palmítico (C16:0)	24,84 \pm 0,86	23,68 \pm 1,09	***
Ácido Palmitoleico (C16:1)	4,07 \pm 0,43	4,06 \pm 0,58	NS
Ácido Margárico (C17:0)	0,04 \pm 0,03	0,03 \pm 0,02	NS
Ácido Esteárico (C18:0)	10,52 \pm 1,01	10,27 \pm 0,85	NS
Ácido Oleico (C18:1)	50,36 \pm 1,95	49,98 \pm 3,52	NS
Ácido Linoleico (C18:2n6)	6,01 \pm 1,68	7,95 \pm 3,76	**
Ácido Linolénico (C18:3n3)	1,97 \pm 0,20	1,85 \pm 0,22	**
Ácido Araquídico (C20:0)	0,14 \pm 0,03	0,15 \pm 0,03	NS
Ácido Araquidónico (C20:4)	0,16 \pm 0,04	0,15 \pm 0,04	NS
AGS	37,43 \pm 1,64	36,01 \pm 1,46	***
AGI	62,41 \pm 1,63	63,84 \pm 1,45	***
AGMI	54,43 \pm 2,15	54,04 \pm 3,63	NS
AGPI	7,98 \pm 1,58	9,80 \pm 3,70	**
n6/n3	3,13 \pm 1,14	4,46 \pm 2,65	**
S/P	0,58 \pm 0,04	0,54 \pm 0,03	***
AI	0,46 \pm 0,03	0,43 \pm 0,03	***

PL: peso ligero (\pm 145kg). PP: peso pesado (\pm 175kg).

AGS: ácidos grasos saturados; AGI: ácidos grasos insaturados; AGMI: ácidos grasos monoinsaturados; AGPI: ácidos grasos poliinsaturados. S/P: relación AGS/AGP. AI: índice de aterogeneidad. NS: no significativo / (*), (**) y (***) Significativo para $p < 0.05$, 0.01 y 0.001 , respectivamente. N: número de animales NS: no significativo.

Otros factores con los que se puede identificar la calidad nutricional de la carne y la grasa son: la proporción n6/n3; el índice de saturación (S/P) y el índice aterogénico (IA) entre otros. Todos estos factores muestran diferencias entre ambos grupos de peso ($p < 0,001$). De acuerdo a lo señalado por el Departamento de Salud (USDA, 1994), se recomienda que la carne posea un alto contenido de AGPI con una baja relación de n6/n3, debido a sus propiedades cardioprotectoras y otros efectos bioactivos positivos en los seres humanos. Desde un punto de vista saludable, una alta proporción de la relación de ácidos grasos n6/n3 podría ser el principal factor de riesgo de enfermedades cardiovasculares (Okuyama & Ikemoto, 1999), así mismo una alta proporción de ácido oleico y AGMI podrían ayudar a reducir los niveles de colesterol en la sangre ya que los AGMI reducen los niveles de colesterol-LDL sin modificar el colesterol-HDL (Morrisey et al., 1998).

Teniendo en cuenta lo expuesto arriba, el perfil de ácidos grasos obtenido en la raza Chato Murciano resulta óptimo desde un punto de vista tecnológico y de salud.

5.2 EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE EXTRACTO DE ROMERO EN LA ALIMENTACIÓN DEL ANIMAL SOBRE LA CALIDAD DE LA CARNE FRESCA DE CERDO RAZA CHATO MURCIANO (EFECTO ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANO).

5.2.1 Características físico-químicas de la carne fresca

5.2.1.1 Composición Proximal

En la Tabla 13 se presentan los resultados de composición proximal correspondiente a las muestras de carne fresca de cerdos de raza Chato Murciano alimentados con pienso comercial (C) y con pienso al que se ha incorporado 1000 ppm de extracto de romero (ER).

Tal y como se observa en la Tabla 13, los contenidos de humedad y grasa fueron significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre las muestras C y ER. Las muestras C presentaron valores más altos de grasa lo cual guarda relación con un menor contenido en humedad en este lote, efecto contrario se observó en las muestras ER. En general no se observó un efecto claramente significativo del extracto de romero sobre los parámetros evaluados, no siendo la diferencia encontrada en la CRA para ambos lotes atribuible a la acción del extracto de romero.

Zhang et al. (2005) indicaron un comportamiento similar a lo recogido en nuestro estudio, sin cambios en la composición proximal de la carne de pollos alimentados con una mezcla de aceites esenciales de tomillo y orégano. Así mismo, Nieto (2009) no encontró diferencias en la composición de la carne de cordero tras la alimentación con diferentes dosis de hoja destilada de romero y tomillo y hoja fresca de tomillo.

Tabla 13: Composición proximal (media (%) \pm d.s.) de la carne de cerdo Chato Murciano alimentados con extracto de romero (ER).

Composición Proximal	C	ER	
Humedad	68,40 \pm 2,64	70,97 \pm 1,11	*
Proteína	23,84 \pm 1,79	23,56 \pm 0,88	NS
Grasa Total	7,98 \pm 2,24	5,43 \pm 1,58	**
Cenizas	1,08 \pm 0,07	1,05 \pm 0,26	NS
Otros datos			
pH _{24h}	5,30 \pm 0,17	5,17 \pm 0,15	NS
% CRA*	90,89 \pm 2,19	87,53 \pm 1,42	**
N	11	10	NS

C: Animales alimentados con pienso comercial / ER: Animales alimentados con 1000 ppm de extracto de romero.
 (*) CRA: capacidad de retención de agua. Diferencias significativas (*, **) para $p < 0,05$; 0,01 respectivamente. NS: no significativo

5.2.1.2 Evolución del pH durante el almacenamiento

La Tabla 14 muestra el efecto de la alimentación con ER y del tiempo de almacenamiento sobre los valores medios y desviación típica del pH en carne fresca de cerdo envasada en atmósfera modificada (70% O₂ y 30% CO₂) y almacenadas en refrigeración (4 °C).

El valor medio del pH en ambos lotes C y ER es similar y se mantiene constante a lo largo del tiempo de almacenamiento, por lo que no se observa efecto significativo ($p > 0,05$) de la alimentación ni del tiempo de almacenamiento sobre este parámetro. El pH de ambas muestras osciló entre 5,17-5,38 siendo las muestras ER las que presentan los valores más bajos.

Estos resultados están en concordancia con lo señalado por diversos autores (Lauzuriaca et al., 2005; Haak et al., 2006 y 2008; Nuernberg et al., 2005; O'Grady et al., 2006; Nieto, 2009; Bañón et al., 2012; Morán et al., 2012; Moroney et al., 2012) en estudios realizados con diferentes dosis de extracto de romero, vitamina E, semilla de uva, catequinas de té, algas, entre otros, aplicados en la alimentación de cerdos, corderos y pavo puntualmente, los cuales señalan que el pH de la muestra no se ve afectado por la incorporación de ciertos extractos en la alimentación del animal.

Cabe resaltar que los cambios de pH en carne cruda, generados durante el tiempo de almacenamiento, se encuentran frecuentemente relacionados con la formación de ácido láctico y compuestos nitrogenados por las bacterias que causan la acidificación o putrefacción, respectivamente, del producto. La incorporación de extracto de romero en la dieta de los cerdos no influye en el valor de pH, y en consecuencia no deberían producirse cambios microbiológicos ni de color (rojo) inducidos por los cambios de pH durante la vida comercial de la carne.

Tabla 14: Efecto de la alimentación y del tiempo de almacenamiento sobre los valores de pH de la carne de cerdo envasada y almacenada bajo condiciones controladas (media \pm d.s.).

	Trat	Día 0	Día 7	Día 14	Día 21	
	C	5,30 \pm 0,17	5,32 \pm 0,21	5,30 \pm 0,05	5,38 \pm 0,16	NS
pH	ER	5,17 \pm 0,15	5,21 \pm 0,21	5,25 \pm 0,31	5,20 \pm 0,17	NS
		NS	NS	NS	NS	

C: Muestra Control / ER: Muestra con 1000ppm de extracto de romero. NS: no significativo.

5.2.2 Efecto antioxidante del extracto de romero

5.2.2.1 Oxidación lipídica (TBARS)

La Tabla 15 muestra los valores medios y desviaciones típicas de las concentraciones de TBARS en carne fresca de cerdo (C y ER) durante su almacenamiento en refrigeración (0, 7, 14 y 21 días).

Los valores de TBARS de ambos tratamientos (C y ER) se incrementan significativamente ($p < 0,05$) a lo largo del tiempo de almacenamiento, siendo mayor este aumento a partir del día 14, en ambos lotes. En cuanto al efecto de la alimentación, C y ER no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) para los valores de TBARS, sin embargo las muestras del grupo ER presentaron valores más bajos (0,47 mg MDA/kg) de MDA que las muestras C (0,55 mg MDA/ kg) tras 21 días de almacenamiento.

Gray et al. (1996) sugirieron un valor umbral de 1 mg MDA/ kg carne para la detección organoléptica de la rancidez, por lo que nuestros valores se encuentran por debajo de dicho umbral.

Existen numerosos estudios acerca de la actividad antioxidante del romero atribuyendo dicha actividad a diversos compuestos polifenólicos los cuales se acumulan en las membranas lipídicas de las células, allí donde la actividad

antioxidante es más necesaria (Govaris et al., 2004). El ácido carnósico, rosmanol, naringina, ácido rosmarínico y cirsimaritina son los compuestos fenólicos detectados a mayor concentración en el romero, siendo el rosmanol y el ácido rosmarínico aquellos que presentan una capacidad antioxidante superior al α -tocoferol y BHT (Cuvelier et al., 1996).

Tabla 15: Índice de oxidación (TBARS) (expresado en mg MDA/ Kg) de carne de cerdo alimentado con extracto de romero y almacenados en condiciones controladas (media \pm d.s.).

	Trat	Día 0	Día 7	Día 14	Día 21	
TBARS	C	0,04 \pm 0,01 ^a	0,07 \pm 0,03 ^{ab}	0,16 \pm 0,04 ^b	0,55 \pm 0,21 ^c	***
	ER	0,05 \pm 0,01 ^a	0,08 \pm 0,02 ^a	0,14 \pm 0,04 ^b	0,47 \pm 0,07 ^c	***
		NS	NS	NS	NS	

C: Muestra Control, ER: Muestra con 1000ppm de extracto de romero.
Diferencias significativas (***) para $p < 0,001$. NS: No significativo. Superíndices: a,b,c para el efecto de almacenamiento

Fang y Wada (1993) hacen referencia a la acción quelante de estos compuestos sobre los iones metálicos, como el Fe^{2+} , lo que supone una reducción de la tasa de formación de oxígeno activo. Los compuestos antioxidantes primarios reaccionan con los lípidos o radicales hidroxilo y los convierte en productos estables (Gordon, 1990). El efecto antioxidante del extracto de romero sobre la carne ha sido ampliamente estudiado. Chen et al. (1992) encontraron que el extracto de romero y sus constituyentes poseen un fuerte efecto inhibitor sobre la oxidación de lípidos, evaluados en grasa de cerdo. Así mismo, Nieto (2009), Morán et al. (2012) y Bañón et al. (2012) mostraron cierto efecto antioxidante del romero incorporado en la alimentación de los corderos en piezas de carne envasada en atmósfera modificada (70% O_2 : 30% CO_2) y mantenidos bajo refrigeración a 4 °C durante un periodo de tiempo prolongado. Un comportamiento similar fue mostrado por Govaris et al. (2007) en estudios realizados con la incorporación de diferentes dosis de romero en la alimentación de pavos.

O'Grady et al. (2006) indicaron que la adición de romero en la alimentación de terneras no mejoró la estabilidad oxidativa de las muestras envasadas en atmósfera modificada. Esta ausencia de efecto antioxidante tras la incorporación de romero puede indicar que el extracto fue eliminado en la orina o quizás fue biotransformado en formas no disponibles dentro del sistema digestivo.

Similar tendencia fue evidenciada por Galobart et al. (2001) en estudios realizados en carne procedente de aves de corral alimentadas con diferentes dosis de romero (500 y 1000 ppm), sin embargo, dicha actividad antioxidante pudo observarse en los huevos de aquella aves alimentadas con altas dosis de ácido carnósico (500 ppm). Otros estudios realizados en cerdos mostraron que los valores de TBARS del grupo de animales alimentados con romero, fueron superiores respecto a las muestras de los animales alimentados con vitamina E a lo largo del periodo de almacenamiento (Haak et al., 2008).

Otros experimentos realizados in vitro han demostrado que la actividad antioxidante del extracto de romero es más baja comparada con la del α -tocoferol (Wong, Hashimoto y Shibamoto, 1995; Kuzmenko et al., 1999 citados por Nieto, 2009).

5.2.2.2 Color

La Tabla 16 presenta los valores medios y desviaciones típicas de las coordenadas de color CIELab en carne fresca de cerdo (C, ER) envasadas en atmósfera modificada (70% O₂: 30% CO₂) y refrigeradas a 4 °C hasta 21 días de almacenamiento. Puede observarse que el valor medio de la luminosidad (L*) en las muestras C y ER se incrementa durante el tiempo de almacenamiento siendo significativo ($p < 0,05$) a partir del día 7. Sin embargo, Bañón et al. (2012) no observaron cambios en el valor de la coordenada L* por efecto del tiempo de almacenamiento.

En cuanto al efecto de la alimentación, los valores medios de la coordenada L^* no se vieron afectados ($p > 0,05$) con el tratamiento empleado. Las muestras C y ER presentaron valores similares de L^* aunque ligeramente superiores para ER.

Janz et al. (2007) realizaron estudios en cerdos alimentados con 0,05% de aceite esencial de romero, mostrando valores de L^* ligeramente superiores a los obtenidos por nosotros a día 0 de almacenamiento, tanto en la muestra control (49,95) como en la muestra suplementada (50,1) aunque el comportamiento es similar.

Fernández-López et al. (2005) y Linares et al. (2008) coinciden en que la luminosidad es afectada también por el estado de la mioglobina, debido a que la oxigenación, que favorece la formación de oximioglobina, reduce los niveles de L^* mientras que la oxidación, que promueve la formación de metamioglobina, produce un efecto contrario en L^* .

Mientras que la luminosidad (L^*) no se considera generalmente un índice apropiado de decoloración de la carne durante el almacenamiento (Dunne et al., 2006), las pérdidas de tonalidades rojiza (a^*) y los cambios producidos en la tonalidad amarilla (b^*) sí han sido utilizados para describir el pardeamiento de la carne (Morrisey et al., 1994; Mancini y Hunt, 2005).

Con respecto a la coordenada a^* puede observarse que su valor disminuye para ambos tratamientos a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento ($p < 0,05$), siendo más manifiesto en las muestras C, lo que indica una pérdida del color rojo propio de la carne fresca de cerdo. Así mismo las muestras ER mantienen unos valores de a^* similares desde el inicio (12,15) hasta el final (11,95) del almacenamiento, observándose un color casi uniforme y constante de las muestras. Cabe resaltar, que la coordenada a^* tiende a disminuir a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, sin embargo se observa que las muestras C y ER presentaron un incremento significativo en el día 7 de almacenamiento; lo que podría deberse a una pérdida de respiración mitocondrial durante el

almacenamiento lo que implica un incremento de oxígeno en la superficie del músculo, propiciando una adecuada generación de oximioglobina y altos valores de a* (O’Keefe y Hood, 1982).

Tabla 16: Influencia de la alimentación con extracto de romero y del tiempo de almacenamiento sobre las coordenadas de color CIELab en carne fresca de cerdo envasada y almacenadas bajo condiciones controladas (media \pm d.s.).

	Trat	Día 0	Día 7	Día 14	Día 21	
L*	C	44,88 \pm 3,88 ^a	49,82 \pm 4,25 ^b	50,35 \pm 3,54 ^b	50,72 \pm 3,35 ^b	**
	ER	46,64 \pm 3,93 ^a	50,53 \pm 4,41 ^{ab}	51,82 \pm 4,88 ^{ab}	52,63 \pm 4,01 ^b	*
		NS	NS	NS	NS	
a*	C	13,12 \pm 0,90 ^{bx}	15,68 \pm 0,99 ^{cx}	14,14 \pm 1,12 ^{bx}	11,69 \pm 1,29 ^a	***
	ER	12,15 \pm 0,85 ^{ay}	13,64 \pm 0,78 ^{by}	12,87 \pm 1,59 ^{aby}	11,95 \pm 1,43 ^a	*
		*	***	*	NS	
b*	C	-0,51 \pm 1,23 ^a	3,68 \pm 1,09 ^{by}	3,51 \pm 1,21 ^b	3,79 \pm 1,37 ^b	***
	ER	-1,02 \pm 1,51 ^a	2,48 \pm 1,26 ^{bx}	3,01 \pm 1,21 ^b	3,40 \pm 1,16 ^b	***
		NS	*	NS	NS	
Chroma	C	13,18 \pm 0,87 ^{ab}	16,09 \pm 1,19 ^{cx}	14,56 \pm 1,31 ^{bx}	12,29 \pm 1,45 ^a	***
	ER	12,28 \pm 0,88 ^a	13,91 \pm 0,83 ^{by}	13,28 \pm 1,50 ^{aby}	12,45 \pm 1,27 ^a	**
		*	***	*	NS	
°Hue	C	-2,50 \pm 5,42 ^a	12,99 \pm 3,12 ^b	13,70 \pm 4,02 ^b	17,75 \pm 5,49 ^b	***
	ER	-5,02 \pm 6,75 ^a	10,18 \pm 5,15 ^b	13,45 \pm 5,60 ^b	16,34 \pm 5,86 ^b	***
		NS	NS	NS	NS	

C: Muestra Control. ER: Muestra con 1000 ppm de extracto de romero. L*: Luminosidad, a*: rojo; b*: amarillo. Diferencias significativas (*, **, a,b,c) para p<0,05; 0,001 y 0,001 respectivamente. NS: no significativo. Superíndices: a,b,c para el efecto de almacenamiento / x,y para efecto del tratamiento

En relación a la alimentación, se observa que la coordenada a* se ve afectada (p<0,05) con la incorporación de extracto de romero en la alimentación del animal para los días 0, 7 y 14 de almacenamiento presentando los mayores valores, la muestra C. Sin embargo tras 21 días de almacenamiento no se observan

diferencias significativas entre grupos, aunque las muestras del grupo ER presentaron valores ligeramente superiores a la muestra C, por lo que la posible oxidación del color de la carne se podría reducir con la incorporación de extractos con actividad antioxidante como los de romero. Este comportamiento otorga una estabilidad en el color, probablemente debido a una menor oxidación de la mioglobina en el músculo, lo que se traduce en una coloración roja más intensa y una mejor apariencia (O'Grady et al., 2006) de la carne fresca. Resultados similares han sido señalados por diversos autores (Sánchez-Escalante et al., 2003; Haak et al., 2006; Nieto, 2009; Bañón et al., 2012; Morán et al., 2012).

Es posible que el comportamiento de la coordenada a^* , implique el retraso en la aparición de tonalidades pardas manteniendo de esta manera la coloración roja característica.

La coordenada b^* mostró un comportamiento contrario a la a^* , incrementándose a medida que avanza el tiempo de almacenamiento y generando tonalidad amarilla en la carne fresca. Los valores medios de b^* varían entre -1,02 y 3,79 durante los días 0 y 21 respectivamente, presentando un incremento altamente significativo ($p < 0,05$) entre los días 0 y 7 lo que se mantiene hasta el final del almacenamiento para ambos tratamientos. En general, los valores de b^* evaluados no se vieron afectados por la incorporación de extracto de romero en la alimentación de los animales. Diversos autores han señalado el mismo comportamiento de b^* respecto al tiempo de almacenamiento (O'Grady et al., 2006; Haak et al., 2008; Nieto, 2009; Bañón et al., 2012; Morán et al., 2012) en estudios realizados en carne de cerdo, cordero, ternera, pavo suplementados con diferentes dosis de extracto de romero.

La determinación del Chroma y $^{\circ}$ Hue nos permite evaluar el deterioro del color de la carne, por lo que ambos descriptores fueron incluidos en nuestro estudio.

Respecto a los valores medios de Chroma, es interesante la evolución del valor de esta coordenada en el grupo ER, ya que las variaciones durante el almacenamiento

son muy pequeñas, pasando de un valor de 12,28 (día 0) a 12,45 (día 21); lo que conlleva a mínimas pérdidas del color rojo de la carne, siendo ligeramente mayores en el caso de las muestras control. Por otro lado, cabe señalar que los valores de Chroma se ven incrementados al día 7 de almacenamiento, lo que estaría relacionado con el valor de la coordenada a^* empleada en la ecuación de cálculo de Chroma. En cuanto al efecto de la alimentación, se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre C y ER en cada día de almacenamiento (0, 7 y 14) presentando C los mayores valores.

Los valores de $^{\circ}$ Hue presentados siguen una tendencia ascendente a lo largo del tiempo de almacenamiento, lo cual representa un aumento de tonalidades amarillentas que proporcionan a la carne un aspecto desagradable para el consumidor. La reducción del Chroma y el incremento del $^{\circ}$ Hue son usados para controlar el color de la carne durante su vida de exposición, estando ambos relacionados con la formación de metamioglobina (Ripoll et al., 2011). Diversos autores han recogido valores de $^{\circ}$ Hue superiores a los encontrados en nuestro estudio, así Janz et al. (2007) señalaron valores de 22,24 y 23,10 para las muestras de carne de cerdos alimentados con pienso comercial (control) y otro al que se incorporó extracto de romero, respectivamente. Valores similares también han sido indicados por Nieto (2009) y Bañón et al. (2012) en corderos.

De acuerdo a los resultados mostrados se observa que existe una ligera tendencia a retardar y prevenir la degradación del color de la carne durante el tiempo de almacenamiento en las muestras que proceden de cerdos alimentados con extracto de romero.

5.2.3 Efecto antimicrobiano del extracto de romero

En la Tabla 17 se presentan los recuentos microbiológicos (\log ufc/g) y desviaciones típicas de los diferentes microorganismos responsables del deterioro de la carne fresca de cerdo envasados en atmósfera modificada (70% O_2 :30% CO_2) y almacenadas en refrigeración a 4°C durante 21 días.

Los **recuentos de mesófilos totales**, incrementaron de manera significativa ($p < 0,05$) a lo largo de los 21 días de almacenamiento, tanto para la muestra C como ER. Los recuentos de los días 0 y 7 se encuentran dentro de los límites permitidos por la legislación (6 ufc/g carne fresca) (Reglamento CE 2073/05, DOUE L338/1, 2005), sin embargo a partir del día 14 dichos valores son superiores a los establecidos por la misma.

Algunos autores han mostrado que el deterioro microbiano generado por mesófilos se produce en un rango de 7-8 ufc/g de carne fresca (Insausti et al., 2001; Jeremiah, 2001). Lauzuriaca et al. (2005) señalaron que valores superiores a 7 ufc/cm² hacen que el producto no sea apto para su consumo, lo que se describe en ambos grupos de muestras (C y ER) tras 21 días de almacenamiento.

En relación al efecto de la alimentación con extracto de romero, se observa un retraso en el crecimiento de mesófilos para las muestras ER ($p < 0,05$) respecto a C, en todos los días de almacenamiento. Este comportamiento podría reflejar cierto efecto antimicrobiano del extracto de romero sobre la calidad de la carne fresca.

Numerosos estudios han mostrado el efecto antimicrobiano que presenta el romero sobre la calidad de la carne fresca. Nieto (2009) señaló un efecto positivo sobre la calidad microbiológica de la carne de corderos alimentados con las hojas destiladas de romero, tras la incorporación en su alimentación a dosis del 10%. Govaris et al. (2007) señalaron un mejor efecto antimicrobiano al aplicar 1000 ppm de romero en lugar de 500 ppm sobre la alimentación de pavos. Bañón et al. (2012) señalaron que la aplicación de 600 ppm de romero sobre la alimentación de cordero retrasó el crecimiento microbiano en los días 0 y 7 aunque posteriormente tuvieron un comportamiento igual al de las muestras control.

Tabla 17: Efecto de la alimentación y del tiempo de almacenamiento, sobre el recuento microbiológico (log ufc/ g) en carne fresca de cerdo envasados y almacenados en condiciones controladas (media ± d.s.)

	Trat	Día 0	Día 7	Día 14	Día 21	
Mesófilos	C	4,11 ± 0,31 ^{ay}	4,97 ± 0,46 ^{by}	6,79 ± 0,30 ^{cy}	8,13 ± 0,38 ^{dy}	***
	ER	3,43 ± 0,47 ^{ax}	4,16 ± 0,56 ^{bx}	6,38 ± 0,31 ^{cx}	7,80 ± 0,32 ^{dx}	***
		**	**	**	*	
Psicrófilos	C	3,07 ± 0,53 ^a	4,03 ± 0,56 ^b	6,69 ± 0,86 ^c	8,36 ± 0,50 ^{dy}	***
	ER	2,93 ± 0,30 ^a	3,88 ± 0,37 ^b	6,16 ± 0,65 ^c	7,84 ± 0,56 ^{dx}	***
		NS	NS	NS	*	
Enterobacterias	C	2,02 ± 0,38 ^{ay}	2,92 ± 0,30 ^{by}	4,33 ± 0,49 ^{cy}	7,02 ± 0,48 ^{dy}	***
	ER	1,84 ± 0,78 ^{ax}	2,37 ± 0,91 ^{ax}	4,22 ± 0,67 ^{bx}	6,64 ± 0,43 ^{cx}	***
		NS	NS	NS	NS	
Coliformes	C	1,75 ± 0,65 ^a	2,48 ± 0,36 ^{by}	3,60 ± 0,52 ^c	6,44 ± 0,33 ^d	***
	ER	1,56 ± 0,45 ^a	1,72 ± 0,75 ^{ax}	3,74 ± 0,42 ^b	6,29 ± 0,51 ^c	***
		NS	*	NS	NS	
Pseudomonas	C	2,79 ± 0,44 ^{ay}	3,61 ± 0,55 ^{by}	5,80 ± 0,67 ^c	7,64 ± 0,29 ^d	***
	ER	2,11 ± 0,36 ^{ax}	2,86 ± 0,45 ^{bx}	5,52 ± 0,32 ^c	7,49 ± 0,18 ^d	***
		**	**	NS	NS	
Bacterias Lácticas	C	1,65 ± 0,41 ^a	2,63 ± 0,42 ^b	4,35 ± 0,60 ^c	6,68 ± 0,32 ^{dy}	***
	ER	1,41 ± 0,40 ^a	2,44 ± 0,58 ^b	4,11 ± 0,47 ^c	6,19 ± 0,53 ^{dx}	***
		NS	NS	NS	*	
Mohos y Levaduras	C	1,48 ± 0,38 ^{ay}	2,52 ± 0,35 ^{by}	3,81 ± 0,25 ^{cy}	5,42 ± 0,43 ^{dy}	***
	ER	1,13 ± 0,19 ^{ax}	1,77 ± 0,72 ^{bx}	2,86 ± 0,46 ^{cx}	4,70 ± 0,47 ^{dx}	***
		*	**	***	**	

C: Muestra Control. ER: Muestra con 1000 ppm de extracto de romero.
Diferencias significativas (*, **, a,b,c) para p<0,05; 0,001 y 0,001 respectivamente. NS: no significativo. Superíndices: a,b,c para el efecto de almacenamiento / x,y para efecto del tratamiento

La inhibición bacteriana debida al efecto del aceite esencial de romero se ha demostrado en contra de diversos patógenos presentes en los alimentos, tales como: *Salmonella enteritidis*, *Salmonella typhimurium*, *Campilobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* y *Pseudomona aeruginosa* (Ahn et al., 2004).

Es posible que el efecto inhibitor del romero sobre la microflora pueda ser el resultado de la acción de varios constituyentes (compuestos fenólicos) presentes en el romero, los cuales entran en el sistema circulatorio y se distribuyen y mantienen en los tejidos del animal (Govaris et al., 2007). La biodisponibilidad de estos compuestos así como el metabolismo interno no ha sido del todo clarificada (Nieto, 2009).

Por otro lado, diversos autores han señalado un efecto contrario a lo mencionado anteriormente. Morán et al. (2012) realizaron estudios administrando diferentes dosis de ácido carnósico en la alimentación de cordero sin mostrar efecto alguno de este constituyente del romero, sin embargo Pintore et al. (2002) señalaron que es posible que otros constituyentes del romero sean los responsables de dicho efecto. Sagdic y Ozcan (2002) realizaron estudios *in vitro* sin encontrar efecto del romero sobre la inhibición del crecimiento de microorganismos.

Otros factores como el sistema de envasado utilizado (atmósfera modificada compuesta de 70% O₂ y 30% CO₂), podrían haber influido en los recuentos microbiológicos. Estudios realizados en carne de cordero (Lauzuriaca et al., 2005, Nieto, 2009), ternera (Zerby et al., 1999) y cerdo (Blixt y Borch, 2002) mostraron valores similares a los nuestros en productos envasado en atmósfera protectora.

Buys et al. (1993) señalaron que el envasado en atmósfera modificada con altas concentraciones de O₂ permite el crecimiento de microorganismos aerobios, a pesar de que el CO₂ controle el crecimiento de bacterias relacionadas con la putrefacción de la carne. Sin embargo, otros autores no coinciden con lo descrito anteriormente, señalando que el almacenamiento en atmósfera modificada reduce el crecimiento microbiano extendiendo la vida útil de 7 a 21 días (Ercolini et al., 2006; Franco et al., 2006 y Esmer et al., 2011).

En relación a los **recuentos psicrófilos** las muestras C y ER mostraron igual comportamiento ascendente ($p < 0,05$) que los mesófilos, tras 21 días almacenamiento, observándose un incremento significativo a partir del día 14. Por

efecto de la alimentación, no se observaron diferencias significativas en los recuentos de psicrófilos entre las muestras C y ER, excepto en el día 21 de almacenamiento donde la muestra ER presentó los menores recuentos microbiológicos. Un comportamiento similar fue presentado por Bañón et al. (2012) en un estudio realizado con corderos alimentados con 600 ppm de extracto de romero. Así mismo, Djenane et al. (2003) mostraron un descenso en el recuento de psicrófilos, desde el día 15 hasta el final del almacenamiento (día 25), en muestras de carne de terneras alimentadas con romero y ácido ascórbico y envasadas en atmósfera modificada. Nieto (2009) mostró que la aplicación de hoja destilada de romero en la dieta de corderos producía un ligero efecto inhibitor sobre las bacterias psicrófilos, apreciable cuando la carne es sometida a largo periodo de conservación.

Govaris et al. (2007) obtuvieron recuentos de psicrófilos similares a los nuestros hasta los 12 días de almacenamiento en muestras en carne de pavos alimentados con diferentes dosis de romero (500 y 1000 ppm) y envasadas en aerobiosis. El efecto antimicrobiano del romero sobre las bacterias psicrófilos parece ser menos intenso con respecto a otros microorganismos debido a que éstas tienen la capacidad de proliferar bajo las condiciones de refrigeración, aunque el efecto inhibitor del romero sobre este tipo de microorganismos ha sido escasamente estudiado. De acuerdo a los resultados mostrados, es posible que la dosis de incorporación de extracto de romero (1000 ppm) en la alimentación del animal haya producido cierto efecto inhibitor sobre las bacterias psicrófilos en la carne fresca de cerdo, más aún cuando la carne es sometida a largos periodos de conservación.

El **recuento de Enterobacterias**, lo cual tiene relación con el grado de higiene en la manipulación de las muestras, mostró un incremento significativo ($p < 0,05$) a lo largo del tiempo de almacenamiento para ambos tratamientos (C y ER) que estuvo por encima de los límites establecidos tras 21 de almacenamiento. El efecto de la incorporación de extracto de romero en la alimentación animal sobre los recuentos de enterobacterias en las muestras de carne analizadas no tuvo efectos

significativos entre los tratamientos C y ER ($p > 0,05$), aunque se observa una ligera tendencia a presentar valores más bajos en el caso de las muestras de carne procedentes del grupo de animales que habían sido alimentados con extracto de romero. Diversos autores coinciden con lo encontrado en este estudio (Lauzuriaca et al., 2005; Govaris et al., 2007; Bañón et al., 2012 y Morán et al., 2012) aunque si bien los recuentos fueron diferentes, una evolución similar a lo largo del almacenamiento fue descrita.

En relación a los **recuentos de Coliformes totales**, como en los casos anteriores, se observa un aumento significativo ($p < 0,05$) durante los 21 días de almacenamiento para las muestras evaluadas (C y ER), siendo más elevados los valores al final del periodo de almacenamiento. Al igual que el recuento de Enterobacterias, no se observan diferencias significativas de los coliformes sobre los tratamientos C y ER para cada día de almacenamiento excepto en el día 7. Así mismo, dichos recuentos son menores en la muestra ER por lo que es posible que la incorporación de romero contribuyera a la inhibición del crecimiento de coliformes en las muestras analizadas. Aunque son muy escasos los trabajos relacionados con la inhibición de coliformes totales debido a la aplicación de extracto de romero, otros estudios donde se aplicaron otro tipo de extractos naturales aplicados directamente sobre la muestra han demostrado cierto efecto inhibitorio (Díaz, 2005; Rodríguez, 2006; Bañón et al., 2007; Auqui, 2009).

El **recuento de Pseudomonas spp.** para las muestras C y ER reportan un incremento significativo ($p < 0,05$) durante el tiempo de almacenamiento siendo significativo al día 21 en ambas muestras. Así mismo, el efecto de la alimentación con extracto de romero afectó significativamente ($p < 0,05$) en los días 0 y 7 y posteriormente, ambos tipos de muestras (C y ER) se comportaron de manera similar ($p > 0,05$), siendo en todos los casos menores los recuentos en el grupo de muestras ER. Morán et al. (2012) realizaron estudios con la incorporación de ácido carnósico (500 y 1000 ppm) en la alimentación de corderos, señalando que las Pseudomonas no se vieron afectadas por dicha incorporación. Sin embargo, Zhang et al. (2005) indicaron una disminución en los recuentos de Pseudomonas

cuando se incorporó el extracto de romero directamente a la carne, indicando cierto efecto antimicrobiano de dicho extracto sobre una de las bacterias más comunes de deterioro en la carne a temperatura de refrigeración. Además, las *Pseudomonas* se encuentran entre las especies más sensibles al CO₂, por lo que el uso de atmósfera modificada podría haber inhibido el crecimiento, facilitando así un posible efecto del ácido carnósico (Morán et al., 2012).

El **recuento de bacterias lácticas** sobre las muestras tratadas (C y ER) presentó un comportamiento similar a los descritos anteriormente. El incremento de bacterias lácticas se vio afectado por el periodo de almacenamiento ($p < 0,05$) para ambos tratamientos, mostrando valores significativos a partir del día 14 de almacenamiento. En relación al efecto de la alimentación, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) para los diferentes días de almacenamiento, excepto para el día 21. En todos los casos, la muestra ER presentó menores recuentos de bacterias lácticas respecto a la muestra C. Lauzuriaca et al. (2005) mostraron comportamientos similares a los obtenidos en nuestro estudio, para corderos alimentados con diferentes dosis de vitamina E y envasados en atmósfera modificada, lo que fue igualmente descrito por Govaris et al. (2007) y Morán et al. (2012) en estudios realizados con animales alimentados con romero (pavo) y ácido carnósico (cordero) respectivamente.

Finalmente, el **recuento de Mohos y Levaduras** de las muestras C y ER mostraron un incremento significativo ($p < 0,05$) a lo largo del tiempo de almacenamiento, sin embargo, a diferencia del resto de microorganismos evaluados, presentan recuentos menores sin llegar a superar las 6 ufc/g. Al día 21 de almacenamiento, la muestra C presenta los mayores recuentos (5,42 ufc/g). Respecto a la incorporación de romero en la alimentación, se aprecian diferencias significativas en todos los puntos de almacenamiento ($p < 0,05$) presentando los menores recuentos en todos los casos, la muestra ER respecto a la C. Nieto (2009) y Bañón et al. (2012) han observado resultados similares a los nuestros en carne de corderos suplementados con diferentes dosis de romero.

Lai et al. (1991) señalan que los extractos de romero han demostrado ser una importante herramienta en el control de los procesos limitantes de la vida comercial de la carne y derivados. Además de mejorar la calidad organoléptica, el extracto de romero contaría con la ventaja adicional de mejorar la calidad sanitaria del producto, dado su efecto bacteriostático. De acuerdo a los resultados mostrados, es posible que la incorporación de extracto de romero tenga cierta acción antimicrobiana sobre los mohos y levaduras durante el tiempo de almacenamiento. Existe amplia información en la que se ha demostrado el efecto inhibitor de los extractos vegetales sobre el desarrollo microbiano.

Generalmente, el efecto inhibitor de los extractos podría ser atribuido a su composición polifenólica, sin embargo cabe resaltar que la actividad antimicrobiana están influenciados por diversos factores, incluyendo pH, tipo de microorganismo, componentes alimentarios, temperatura y propiedades de componentes naturales (Ahn et al., 2004). Conner y Beuchat (1984) señalan que los extractos naturales con pH más bajos, inhiben de manera más efectiva el crecimiento microbiano.

5.2.4 Evaluación sensorial de la carne de cerdo Chato Murciano

5.2.4.1 Carne Fresca

En la Tabla 18 se presentan los valores medios y desviaciones típicas de los atributos sensoriales más representativos de la carne fresca [Olor propio (OP), Color del magro (CM) y Color de la grasa (CG)] y otros relacionados con el deterioro del mismo [Olor rancio (OR), Olor ácido (OA), Olor pútrido (OPU)]. Los atributos relacionados con la calidad de la carne fresca (OP, CM, CG) disminuyen significativamente ($p < 0,05$) durante el tiempo de almacenamiento en ambos grupos de tratamiento presentando en todos los casos, valores máximos a día 0 (7,0 en C y ER) y valores mínimos a día 21 para OP (4,23 en ER y 3,0 en C), CM (4,40 en ER y 4,07 en C) y CG (4,95 en ER y 4,50 en C), siendo, a partir del día 14, cuando se observa el mayor descenso.

Tabla 18: Efecto de la alimentación y del almacenamiento sobre los atributos sensoriales en carne fresca de cerdos Chato Murciano envasada y almacenadas bajo condiciones controladas (media \pm d.s.).

Atributos		Día 0	Día 7	Día 14	Día 21	
OP	C	7,00 \pm 0,00 ^c	5,93 \pm 0,50 ^{bx}	4,55 \pm 1,53 ^{ab}	3,00 \pm 1,45 ^{ax}	***
	ER	7,00 \pm 0,00 ^d	6,25 \pm 0,87 ^{cy}	4,60 \pm 0,96 ^b	4,23 \pm 1,61 ^{ay}	***
		NS	*	NS	*	
OR	C	1,00 \pm 0,00 ^a	1,16 \pm 0,37 ^{ay}	1,78 \pm 0,83 ^{aby}	2,11 \pm 1,10 ^b	***
	ER	1,00 \pm 0,00 ^a	1,00 \pm 0,00 ^{ax}	1,32 \pm 0,47 ^{ax}	2,05 \pm 0,64 ^b	***
		NS	**	**	NS	
OA	C	1,00 \pm 0,00 ^a	1,14 \pm 0,41 ^a	1,38 \pm 0,54 ^a	2,53 \pm 1,34 ^b	***
	ER	1,00 \pm 0,00 ^a	1,13 \pm 0,56 ^a	1,27 \pm 0,69 ^a	2,07 \pm 1,66 ^b	***
		NS	NS	NS	NS	
CM	C	7,00 \pm 0,00 ^c	6,32 \pm 0,47 ^b	4,68 \pm 0,77 ^a	4,07 \pm 0,82 ^{ay}	***
	ER	7,00 \pm 0,00 ^c	6,36 \pm 0,49 ^b	4,70 \pm 0,46 ^a	4,40 \pm 0,67 ^{ax}	***
		NS	NS	NS	*	
CG	C	7,00 \pm 0,00 ^c	6,32 \pm 0,47 ^b	4,68 \pm 0,98 ^a	4,50 \pm 0,99 ^{cy}	***
	ER	7,00 \pm 0,00 ^c	6,48 \pm 0,51 ^b	4,63 \pm 0,49 ^a	4,95 \pm 0,75 ^{ax}	***
		NS	NS	NS	*	

C: Muestra Control, E: Muestra con 1000 ppm de extracto de romero. Escala puntuación: (1-mínimo; 7-máximo)..

OP: olor propio. OR: olor rancio. OA: olor ácido. CM: color de magro. CG: color de grasa.

Valores medios con diferencias significativas (*, ***) para. $p < 0,05$ y $0,001$ respectivamente. NS: no significativo. Superíndices: a,b,c: efecto del almacenamiento / x,y: efecto del tratamiento.

Opuesto a lo descrito anteriormente, se observa que los atributos sensoriales relacionados con el deterioro de la carne (OR, OA, OPU) se incrementan significativamente ($p < 0,05$) con el almacenamiento, mostrando un mayor aumento en el día 21, sin embargo las puntuaciones son relativamente bajas en ambos tratamientos (C y ER). En relación al efecto de la alimentación, se observa que la incorporación de romero no afecta, en general, a los atributos evaluados. Si bien las muestras ER fueron mejor valoradas para todos los atributos.

El atributo OR tuvo una puntuación máxima de 2,1 lo cual puede considerarse como un valor mínimo de percepción, y esto podría estar relacionado, a su vez, con los bajos índices de TBARS encontrados, ya que se mantienen en todos los días de análisis evaluados por debajo del umbral de percepción (1mg MDA/kg) según lo señalan Gray et al. (1996). Gorelik y Kanner (2001) indican que la propagación de la peroxidación lipídica en las membranas promueve la oxidación de la mioglobina dando como resultado deterioro en el color, formación de olores rancios y otros olores desagradables en la carne fresca.

En general, los cambios producidos en la carne fresca no presentaron grandes diferencias en cuanto al color y al olor lo que se corresponde con los resultados mostrados en las coordenadas de color. Por lo tanto, es de esperar que las puntuaciones de los catadores, hasta el final del almacenamiento, se mantengan aceptables para la carne fresca. Aunque numerosos estudios (Nissen et al. 2004; Mitsumoto et al. 2005; Camo et al. 2008) señalan la importancia de incorporar antioxidantes naturales en la carne con el fin de evitar la rancidez y aumentar la estabilidad del color, y calidad sensorial del producto, como ya se ha indicado, estos efectos no han sido muy manifiestos en las condiciones de nuestro trabajo.

5.2.4.2 Carne Cocinada

En la Tabla 19 se presentan los valores medios y desviaciones típicas de la carne de cerdo cocinada.

Para el análisis sensorial de la carne de cerdo cocinada, se utilizaron las muestras C y ER correspondiente a los días 0 y 14 de almacenamiento, debido a que las muestras a día 21 superaron el límite de carga microbiana permitido. Tal como era de esperar, los atributos sensoriales relacionados con la calidad de la carne [Olor propio (OP), Color propio (CP) y sabor propio (SP), dureza (DU) y Jugosidad (JU)] descendieron con el tiempo de almacenamiento, mientras que el resto de atributos que hacen mención al deterioro del producto tendieron a incrementarse [Olor rancio (OR), Olor ácido (OA), Sabor rancio (SR)]. Respecto al tiempo de

almacenamiento, ambos tratamientos se vieron afectados significativamente ($p < 0,05$) en todos los atributos evaluados, excepto en OP, OA, DU y JU, en la muestra ER y en CP en la muestra C.

Respecto al OP y CP, en general no se observó una tendencia clara en cuanto al efecto del tiempo de almacenamiento en ambos grupos. Respecto al SP, disminuyó ligeramente durante el tiempo de almacenamiento en ambos grupos y de manera paralela se observó un incremento del atributo SR. En general, no se observó efecto del extracto de romero adicionado al pienso de los cerdos y las muestras de carne de ambos grupos de animales se comportaron de manera similar.

No existen muchas referencias bibliográficas acerca del efecto de la alimentación con extractos de hierbas y especias en la calidad sensorial de la carne de cerdo cocinada. Janz et al. (2007) no encontraron diferencias en el aroma/flavor de la carne de cerdo alimentados con aceite esencial / oleorresinas de romero respecto al control, debido a que no fueron detectados por los panelistas, así mismo Grela (2000) reportó que los cerdos alimentados con dietas suplementadas con una mezcla de 6 hierbas a diferentes dosis (0%, 2%, y 4%) no mostraron efecto en el olor, la jugosidad, terneza y palatabilidad. Sin embargo, Nieto (2009) señaló diferencias entre los atributos sensoriales de la carne cocinada de corderos alimentados a diferentes dosis de romero y almacenadas en refrigeración. Otros autores como Morán et al. (2012) tampoco encontraron diferencias en cuanto a la calidad sensorial de la carne de cordero procedente de animales control con respecto a los que fueron adicionados con ácido carnósico y con vitamina E.

Tabla 19: Efecto de la alimentación y del almacenamiento sobre los atributos sensoriales en carne de cerdo cocinada envasada y almacenada bajo condiciones controladas (media \pm d.s.).

Atributos		Día 0	Día 14	
OP	C	6,47 \pm 0,70 ^b	5,70 \pm 0,92 ^a	**
	ER	6,20 \pm 0,70 NS	5,79 \pm 0,86 NS	NS
OR	C	1,21 \pm 0,54 ^a	1,75 \pm 0,79 ^b	*
	ER	1,20 \pm 0,41 ^a NS	1,59 \pm 0,78 ^b NS	***
OA	C	1,00 \pm 0,00 ^a	1,20 \pm 0,41 ^b	*
	ER	1,15 \pm 0,37 NS	1,26 \pm 0,56 NS	NS
CP	C	6,42 \pm 0,61	5,10 \pm 0,72	NS
	ER	6,40 \pm 0,68 ^b NS	5,84 \pm 0,83 ^a NS	*
SP	C	6,74 \pm 0,45 ^{by}	5,65 \pm 1,18 ^a	***
	ER	6,25 \pm 0,64 ^{bx} *	5,83 \pm 0,70 ^a NS	**
SR	C	1,11 \pm 0,32 ^a	2,25 \pm 1,07 ^b	*
	ER	1,15 \pm 0,37 ^a NS	2,00 \pm 0,75 ^b NS	***
DUREZA	C	3,26 \pm 0,45 ^{ax}	4,75 \pm 0,72 ^b	*
	ER	3,60 \pm 0,60 ^y *	4,00 \pm 0,75 NS	NS
JUGOSIDAD	C	3,74 \pm 0,99 ^{by}	3,10 \pm 0,79 ^a	*
	ER	4,05 \pm 0,61 ^x *	3,68 \pm 0,82 NS	NS

C: Muestra Control, E: Muestra con 1000 ppm de extracto de romero. Escala puntuación: (1-mínimo; 7-máximo).

OP: olor propio. OR: olor rancio. OA: olor ácido. CP: color propio. Sp: sabor propio. SR: sabor rancio.

Valores medios con diferencias significativas (*, **, ***) para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$ respectivamente. NS: no significativo

Superíndices: a,b: efecto del almacenamiento / x,y: efecto del tratamiento.

Por otro lado, Priolo et al. (2001) afirmaron que los componentes del pienso pueden afectar el color y flavor de la carne de ganado vacuno y ovino. Así mismo, O'Grady et al (2006) indicaron en estudios de carne cocinada de cerdos alimentados con la incorporación de extracto de uva y arándanos que la valoración realizada por parte de los panelistas tras 28 días de almacenamiento para los atributos de color propio, olor propio, dureza y jugosidad fue disminuyendo en la escala; sin embargo la puntuación del atributo off-odour se mantuvo estable durante todo el almacenamiento, siendo casi imperceptible.

Estudios realizados con la aplicación de romero y de tomillo en una dosis de 1% en carne de ternera (Nowak et al., 2012), mostraron un rechazo unánime de todos los catadores en cuanto al sabor. Sin embargo Ntizimani et al. (2010) señalaron que el sabor de la carne de pollo almacenada a vacío con aplicaciones de 0,2% de aceite de romero fue deseable, por lo que la dosis de romero aplicada parece vital desde el punto de vista de la calidad sensorial.

O'Grady et al. (2006) señalaron que la aplicación de catequinas de té y romero en la alimentación de ganado vacuno no mejoraron las características sensoriales de la carne cocinada de ternera; Cullen et al. (2005) indicaron que la suplementación porcina con romero (1 o 10 g/kg), los cuales contienen compuestos diterpenoides, no mejoró la calidad sensorial ni las características de las hamburguesas cocidas de cerdo.

En general, el extracto de romero no ha contribuido a mejorar la calidad sensorial de la carne de cerdo de raza Chato Murciano durante el periodo de almacenamiento en las dosis utilizadas. Por otro lado, cabe señalar que el panel no ha detectado olores ni sabores relacionados con la adición de dicho extracto.

5.3 EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE EXTRACTO DE ROMERO EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL SOBRE LA VIDA ÚTIL DE PRODUCTOS CÁRNICOS CRUDO-CURADO (SALCHICHÓN Y LONGANIZA IMPERIAL) ELABORADOS CON CARNE DE CERDO RAZA CHATO MURCIANO.

5.3.1 Composición proximal

En las Tablas 20 y 21 se muestran los resultados de composición proximal para los lotes de salchichón CS (control) y RS1 y RS2 (romero) y longaniza CL (control), RL1 y RL2 (romero) tras un periodo de almacenamiento de 77 y 135 días, respectivamente.

En general se observa un incremento significativo ($p < 0,05$) de los valores de proteína, grasa y ceniza por efecto del tiempo. Esto se debe a la pérdida de humedad (Tabla 22) acontecida durante las etapas iniciales de maduración y secado, así como del almacenamiento, en los diferentes productos. Esta pérdida de humedad sigue una tendencia diferente en función del producto considerado, así mientras que en el caso del salchichón loncheado las mayores pérdidas se producen durante el proceso de maduración (Fresco-día 0), en la longaniza (pieza entera), el secado o pérdida de humedad se produce igualmente al inicio del proceso, si bien, ésta continua de manera progresiva, hasta el día 45 en que se estabiliza.

En cuanto al efecto de la alimentación, es posible que las diferencias reportadas pudieran deberse a pequeños cambios y/o variaciones de la materia prima así como a la heterogeneidad intrínseca de estos productos. En el caso de piezas almacenadas enteras, como la longaniza (Figura 20), se observa una pérdida de peso del 30 % tras 24 días de maduración, correspondiéndose con lo encontrado por Collell et al. (2012) (34 % en 18 días de maduración). La pérdida de peso de los productos cárnicos depende de diversos factores entre los que destacamos el

tiempo de maduración y las condiciones de la cámara de secado (temperatura y humedad relativa).

Tabla 20: Composición Proximal (media (%) \pm d.s.) de diferentes lotes de salchichón evaluados al inicio y final almacenamiento.

	Días	CS	RS1	RS2
Proteína	Fresco	18,95 \pm 0,41 ^{ay}	15,77 \pm 0,41 ^{ax}	16,57 \pm 0,08 ^{ax}
	Día 0	21,06 \pm 0,24 ^{bx}	23,95 \pm 0,27 ^{by}	20,69 \pm 0,26 ^{bx}
	Día 77	25,64 \pm 0,25 ^{cy}	27,10 \pm 0,65 ^{cy}	23,07 \pm 0,48 ^{cx}
Grasa	Fresco	12,93 \pm 0,95 ^a	13,83 \pm 0,73 ^a	14,28 \pm 1,50 ^a
	Día 0	25,37 \pm 0,08 ^{by}	20,37 \pm 0,20 ^{bx}	20,73 \pm 1,03 ^{bx}
	Día 77	29,79 \pm 0,93 ^{cy}	20,52 \pm 0,21 ^{bx}	21,70 \pm 0,82 ^{bx}
Cenizas	Fresco	4,38 \pm 0,02 ^a	3,72 \pm 0,44 ^a	4,17 \pm 0,11
	Día 0	5,87 \pm 0,61 ^c	6,84 \pm 0,21 ^b	5,94 \pm 0,88
	Día 77	5,40 \pm 0,00 ^{bx}	6,04 \pm 0,21 ^{by}	5,16 \pm 0,01 ^x

CS: Control Salchichón (animales alimentados con pienso comercial y Salchichón elaborado con preparado cárnico PC).
 RS1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Salchichón elaborado con PC comercial). RS2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Salchichón elaborado con PC sin adición de antioxidante E-301). Letras con superíndices: a, b, c (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,001$; 0,01 y 0,05).

Respecto al efecto de la alimentación, las diferencias de pérdidas de peso entre los lotes CL, RL1 y RL2 no indican efecto del tratamiento aplicado sobre el proceso de desecación de la longaniza (Tabla 22).

Tabla 21: Composición Proximal (media (%) \pm d.s.) de diferentes lotes de longaniza imperial evaluados al inicio y final almacenamiento.

	Días	CL	RL1	RL2
Proteína	Fresco	16,28 \pm 0,35 ^a	14,97 \pm 0,33 ^a	18,65 \pm 1,56
	Día 0	21,22 \pm 0,04 ^{by}	18,69 \pm 0,02 ^{bx}	20,71 \pm 0,49 ^y
	Día 135	25,49 \pm 0,22 ^c	23,87 \pm 0,58 ^c	23,09 \pm 1,07
Grasa	Fresco	21,60 \pm 0,19 ^{az}	14,96 \pm 0,06 ^{ax}	15,63 \pm 0,01 ^{ay}
	Día 0	24,67 \pm 0,42 ^b	25,63 \pm 1,45 ^b	24,03 \pm 0,22 ^b
	Día 135	26,34 \pm 0,46 ^c	26,46 \pm 0,02 ^b	26,18 \pm 0,06 ^c
Cenizas	Fresco	3,83 \pm 0,03 ^{ax}	4,39 \pm 0,07 ^{ay}	4,42 \pm 0,24 ^{ay}
	Día 0	4,93 \pm 0,30 ^b	5,28 \pm 0,10 ^b	5,10 \pm 0,21 ^{ab}
	Día 135	6,16 \pm 0,08 ^{cz}	5,07 \pm 0,01 ^{bx}	5,65 \pm 0,04 ^{by}

CL: Control Longaniza. (animales alimentados con pienso comercial y longaniza elaborado con preparado carnico PC).

RL1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Longaniza elaborado con PC comercial). RL2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Longaniza elaborado con PC sin adición de antioxidante E-301). Letras con superíndices: a, b, c (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,001$; 0,01 y 0,05).

En general, el contenido proteico de los lotes de salchichón y longaniza obtenido al inicio del proceso “Fresco” fue inferior a los reportados en este mismo estudio para carne magra (23,7 %), probablemente debido a la toma de muestra realizada durante el análisis, ya que se trata de una mezcla de carne magra, grasa y aditivos. Valores similares a los recogidos en el presente trabajo han sido reportados por otros autores en estudios realizados con muestras de longaniza (14 % de proteína) (Bedia, 2011) y de salchichón, (18 % de proteína) (Mata, 1999). El contenido proteico al final del almacenamiento, expresado en materia seca (alrededor de 37,08 y 30,30 % para salchichón y longaniza respectivamente) se encuentran dentro del rango establecido por la Legislación Alimentaria Española (Real Decreto 2484/1967 modificado 28 de diciembre de 2012), estando en torno al 30 % para salchichones de categoría “extra”. Estudios realizados con embutidos de características similares han observado valores cercanos a los presentados en este estudio (Muguerza et al., 2002; Parenti et al., 2007; Gangidi y Proctor, 2009; Weiss et al., 2010; Bedia, 2011).

Valores similares de grasa han sido descritos en estudios realizados con muestras de longaniza (20 %) (Bedia, 2011) y salchichón (15 %) (Rubio et al., 2008; Summo et al., 2010; Casquete et al., 2011a; Mata, 1999). Los resultados obtenidos al final del almacenamiento coinciden con lo establecido por la Norma de Calidad (Proyecto de Real Decreto N007/11. Propuesto por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2011) para salchichones (57-70 % de grasa, expresado en materia seca) describiéndose valores similares en otros estudios (Muguerza et al., 2002; Parenti et al., 2007; Gangidi y Proctor, 2009; Weiss et al., 2010; Bedia, 2011).

El porcentaje de cenizas de los lotes de salchichón y longaniza obtenidos al inicio del proceso estuvo comprendido entre 3,72-4,38% y 3,83-4,42% respectivamente, los cuales se incrementaron en un rango de 5-6 % durante el almacenamiento. Estudios realizados con muestras de longaniza (Bedia, 2011) y salchichón (Mata, 1999) reportaron resultados similares a los recogidos en el presente trabajo (3,1-3,3 % en fresco y 5,15-5,8 % en producto curado).

Tabla 22: Contenido de humedad (media (%) \pm d.s.) de los diferentes lotes de salchichón (S) y longaniza (L) evaluados en el producto fresco y curado.

Producto curado						
Salchichón	Fresco	Día 0	Día 28	Día 56	Día 77	
CS	53,00 \pm 3,41 ^a	35,28 \pm 0,64 ^{bx}	30,39 \pm 0,36 ^{by}	32,83 \pm 0,72 ^b	32,85 \pm 0,00 ^{bx}	***
RS1	56,40 \pm 0,39 ^a	32,09 \pm 0,08 ^{bcy}	32,63 \pm 0,08 ^{bx}	31,48 \pm 0,49 ^{bc}	31,00 \pm 0,24 ^{cy}	***
RS2	51,31 \pm 0,42 ^a	35,51 \pm 0,19 ^{bx}	33,46 \pm 0,34 ^{cx}	31,31 \pm 0,58 ^d	31,70 \pm 0,27 ^{dy}	***
	NS	**	**	NS	**	
Longaniza	Fresco	Día 0	Día 45	Día 90	Día 135	
CL	48,77 \pm 1,16 ^a	33,19 \pm 0,35 ^{bx}	22,61 \pm 0,33 ^c	20,44 \pm 0,28 ^c	22,03 \pm 0,12 ^{cx}	***
RL1	50,10 \pm 0,18 ^a	30,90 \pm 0,44 ^{by}	22,21 \pm 0,18 ^c	19,24 \pm 0,94 ^d	18,99 \pm 0,03 ^{dy}	***
RL2	50,50 \pm 0,10 ^a	33,30 \pm 0,41 ^{bx}	21,65 \pm 0,80 ^c	20,94 \pm 0,70 ^d	18,96 \pm 0,84 ^{cy}	***
	NS	*	NS	NS	*	

CS y CL: Control - Salchichón y Longaniza. (animales alimentados con pienso comercial y productos cárnicos elaborados con preparado cárnico PC). RS1 y RL1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y productos cárnicos elaborados con PC). RS2 y RL2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y productos cárnicos elaborados con PC sin adición de antioxidante E-301). Letras con superíndices: a, b, c, d, e (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,001$; 0,01 y 0,05). NS: no significativo.

5.3.2 Parámetros físico-químicos

5.3.2.1 pH

Los valores medios y desviaciones típicas de la evolución del pH de los diferentes lotes de salchichón y longaniza analizados durante el almacenamiento son presentados en la Tabla 23.

El pH al inicio del proceso presentó valores medios comprendidos entre 6,18 y 6,30 para los lotes de salchichón y entre 6,04 y 6,18 para los de longaniza, mostrando diferencias significativas en ambos casos, entre los lotes analizados ($p < 0,01$). Respecto al almacenamiento, puede observarse que desde el inicio del proceso (Fresco) y el día 0, se produjo el mayor descenso de pH ($p < 0,001$) en todos los lotes de ambos productos cárnicos. Este descenso se prolongó a lo largo del almacenamiento, con menores variaciones ($p < 0,05$) en todos los lotes de salchichón y longaniza. El valor del pH al final del almacenamiento fue de 5,37; 5,47 y 5,70 para los salchichones CS, RS1 y RS2 y de 5,41; 5,39 y 5,45 para las longanizas CL, RL1 y RL2, respectivamente..

En cuanto al efecto de la alimentación, se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los lotes de salchichón, presentando RS1 y RS2 los mayores valores de pH con gran variabilidad entre los resultados obtenidos. Así mismo, los lotes de longaniza (CL, RL1 y RL2) mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) excepto en los días 28 y 77, con valores de pH similares entre sí.

Por otro lado, puede observarse que el valor de pH difiere ligeramente entre los lotes de longaniza y salchichón, presentando los primeros los valores más bajos (5,42). Diversos autores coinciden con los resultados mostrados en los dos productos considerados en este estudio (Muguerza et al., 2002; Calvo et al., 2008; Roseiro et al., 2008; Talon et al., 2008; Viuda-Martos et al., 2009; Andrade et al., 2010; Liu et al., 1994; Viuda-Martos et al., 2010; Bedia, 2011; Bedia et al., 2011; Casquete et al., 2011a 2011b).

Tabla 23: Valores de pH (media \pm d.s.) de los distintos lotes de salchichón (S) y longaniza (L) obtenidos en el producto fresco y curado.

Salchichón	Fresco	Producto curado				
		Día 0	Día 28	Día 56	Día 77	
CS	6,30 \pm 0,01 ^{ax}	5,74 \pm 0,00 ^{bz}	5,69 \pm 0,03 ^{by}	5,57 \pm 0,03 ^{cz}	5,37 \pm 0,00 ^{dz}	***
RS1	6,21 \pm 0,01 ^{ay}	5,91 \pm 0,01 ^{bx}	5,84 \pm 0,01 ^{cx}	5,65 \pm 0,01 ^{dy}	5,47 \pm 0,01 ^{ey}	***
RS2	6,18 \pm 0,01 ^{ay}	5,88 \pm 0,01 ^{by}	5,72 \pm 0,01 ^{dy}	5,74 \pm 0,01 ^{cx}	5,70 \pm 0,01 ^{dx}	***
	**	***	*	**	***	
Longaniza	Fresco	Día 0	Día 45	Día 90	Día 135	
CL	6,14 \pm 0,01 ^{ax}	5,85 \pm 0,01 ^{bx}	5,54 \pm 0,01 ^c	5,51 \pm 0,01 ^{cx}	5,41 \pm 0,01 ^d	***
RL1	6,04 \pm 0,02 ^{ay}	5,67 \pm 0,02 ^{by}	5,58 \pm 0,07 ^{bc}	5,48 \pm 0,00 ^{cdx}	5,39 \pm 0,02 ^d	***
RL2	6,18 \pm 0,02 ^{ax}	5,83 \pm 0,00 ^{bx}	5,54 \pm 0,02 ^c	5,40 \pm 0,02 ^{dy}	5,45 \pm 0,02 ^d	***
	**	**	NS	**	NS	

CS y CL: Control – Salchichón y Longaniza. (animales alimentados con pienso comercial y productos cárnicos elaborados con preparado cárnico PC). RS1 y RL1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y productos cárnicos elaborados con PC). RS2 y RL2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y productos cárnicos elaborados con PC sin adición de antioxidante E-301). Letras con superíndices: a, b, c, d, e (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,001$; 0,01 y 0,05). NS: no significativo.

Por otro lado, Herrero et al. (2007) señalaron que las variaciones de pH en diferentes muestras de salchichón podría ser atribuido a la variación en la formulación de los productos y al proceso de maduración mientras que Andrade et al. (2010) señalan que estas pequeñas variaciones puede ser una consecuencia del secado y maduración por tratarse de una matriz compleja.

Nuestros valores de pH en el producto loncheado y envasado (salchichón) son similares a los recogidos por Rubio et al. (2007 y 2008) en salchichón envasado en atmósfera modificada (20% CO₂ y 80% N₂). En general, estos valores de pH, son normales para este tipo de producto cárnico considerando que los ácidos orgánicos (ácido láctico) presente en estas salchichas es el resultado de la ruptura de carbohidratos durante el proceso de fermentación (Murguerza et al., 2002).

5.3.2.2 Actividad de Agua (A_w)

En la Tabla 24 se presentan los valores medios y desviaciones típicas de la actividad de agua (a_w) de los diferentes lotes de salchichón y longaniza obtenidos durante el almacenamiento.

Todos los lotes de ambos productos cárnicos presentaron valores de a_w superiores a 0,95 al inicio del proceso (Fresco) mostrando diferencias significativas entre los lotes de cada producto cárnicos, salchichón y longaniza ($p < 0,05$). En cuanto al almacenamiento, se observaron pérdidas significativas de a_w ($p < 0,001$) desde el inicio del proceso “Fresco” hasta el día 0 en los lotes de salchichón: CS, RS1 y RS2, y hasta el día 45 en los tratamientos CL, RL1 y RL2. El rango de valores de a_w al final del almacenamiento estuvo comprendido entre 0,85 y 0,89 para los lotes de salchichón y entre 0,73 y 0,76 para los de longaniza.

Respecto al efecto de la alimentación, se observaron diferencias ($p < 0,01$) en los controles CS y CL respecto a los lotes RS1 y RS2 y RL1 y RL2 de los salchichón y longaniza, respectivamente.

La evaluación de los resultados de cada producto cárnico, indica que la a_w de las longanizas disminuyó de una manera más intensa con respecto a los lotes de salchichón. Este comportamiento se corresponde con lo observado en el contenido de humedad, de manera que cuanto mayor es la pérdida de agua, menor será el valor de a_w . Roseiro et al. (2008) señalan que este parámetro es utilizado como indicador de calidad higiénica, principalmente en embutidos tradicionales, en los que se pretende alcanzar una actividad de agua inferior a 0,87 al final de la maduración.

Todos los lotes de ambos productos cárnicos mostraron valores iniciales de a_w comprendidos entre 0,95 y 0,99 siendo muy próximo al de la carne fresca y pescados (Sablani et al., 2007). Valores similares a los presentados en este trabajo fueron indicados por Bedia (2011) en estudios con longaniza, y por Mata (1999),

Hospital et al. (2012), Andrade et al. (2010), Casquete et al. (2011a y 2011b) en salchichón. La masa cárnica de productos como el salami (Bedia et al., 2011) o salchichas (Collell et al., 2010; Liu et al., 1995; Spaziani et al., 2009; Talon et al., 2008) presentaron un comportamiento similar.

Al final del almacenamiento la actividad de agua se encontró dentro de un rango comprendido entre 0,85 y 0,89 para los lotes de salchichón y entre 0,73 y 0,76 para longaniza. Según Lucke (2003) estos valores son adecuados para inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos, considerando que el límite mínimo de a_w es 0,91.

Tabla 24: Valores de a_w (media \pm d.s.) de los distintos lotes de salchichón (S) y longaniza (L) obtenidos en el producto fresco y curado.

		Producto curado				
Salchichón	Fresco	Día 0	Día 28	Día 56	Día 77	
CS	0,99 \pm 0,00 ^{ax}	0,89 \pm 0,00 ^{bxy}	0,88 \pm 0,00 ^{bcx}	0,88 \pm 0,00 ^{ey}	0,87 \pm 0,00 ^{dy}	***
RS1	0,96 \pm 0,00 ^{az}	0,89 \pm 0,00 ^{by}	0,88 \pm 0,00 ^{cx}	0,87 \pm 0,00 ^{ey}	0,85 \pm 0,00 ^{dz}	***
RS2	0,97 \pm 0,00 ^{ay}	0,90 \pm 0,00 ^{bx}	0,87 \pm 0,00 ^{ey}	0,89 \pm 0,00 ^{bx}	0,89 \pm 0,01 ^{bx}	***
	**	*	**	*	**	
Longaniza	Fresco	Día 0	Día 45	Día 90	Día 135	
CL	0,98 \pm 0,00 ^{ax}	0,87 \pm 0,00 ^b	0,79 \pm 0,00 ^{ey}	0,76 \pm 0,00 ^{dy}	0,76 \pm 0,01 ^{dx}	***
RL1	0,96 \pm 0,00 ^{ay}	0,87 \pm 0,00 ^b	0,81 \pm 0,00 ^{cx}	0,77 \pm 0,00 ^{dx}	0,73 \pm 0,00 ^{ey}	***
RL2	0,95 \pm 0,00 ^{ay}	0,88 \pm 0,01 ^b	0,77 \pm 0,00 ^{cz}	0,77 \pm 0,00 ^{cx}	0,74 \pm 0,00 ^{dy}	***
	**	NS	**	*	*	

CS y CL: Control – Salchichón y Longaniza. (animales alimentados con pienso comercial y productos cárnicos elaborados con preparado cárnico PC). RS1 y RL1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y productos cárnicos elaborados con PC). RS2 y RL2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y productos cárnicos elaborados con PC sin adición de antioxidante E-301). Letras con superíndices: a, b, c, d, e (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,001$; 0,01 y 0,05). NS: no significativo.

La mayor reducción de a_w se produjo durante la etapa de maduración lo cual se corresponde con lo encontrado por diversos autores en estudios relacionados con salchichón, longaniza u otros productos de similares características (Lisazo et al.,

1999; Zanardi et al., 2002; Haz et al., 2004; Benito et al., 2007; Casaburi et al., 2007; Herrero et al., 2007; Martin et al., 2007; Rubio et al., 2008; Roseiro et al., 2008; Spaziani et al., 2009; Bedia, 2011; Bedia et al., 2011; Casquete et al., 2011a, 2011b.; Collell et al., 2012; Hospital et al., 2012) los cuales obtuvieron una a_w comprendida entre 0,82 y 0,88 tras la maduración de los diferentes productos.

5.3.2.3 Acidez

En la Tabla 25 se presentan los valores medios y desviaciones típicas del contenido de acidez (% ácido láctico) de los lotes de salchichón y longaniza analizados durante los días de almacenamiento.

Puede observarse que el mayor incremento de acidez se produce entre los días iniciales del proceso “Fresco” y el día 0 de almacenamiento ($p < 0,001$) en todos lotes de ambos productos cárnicos. A partir del día 0, este porcentaje de acidez aumenta ligeramente, permaneciendo casi sin variación en todos los lotes analizados, con valores comprendidos entre 0,77 y 0,84 % de ácido láctico para los lotes de salchichón (CS, RS1 y RS2) y entre 0,60 y 0,63 % para los de longaniza (CL, RL1 y RL2) hasta el final del almacenamiento. Los lotes RS1 y RS2 correspondiente a los tratamientos con incorporación de romero mostraron menor acidez que las muestras control CS ($p < 0,001$); sin embargo en los lotes de longaniza la acidez es prácticamente la misma en los lotes control y en aquellos que llevan romero incorporado.

El sabor característico de los productos cárnicos fermentados es debido principalmente al ácido láctico y a la producción de compuestos de bajo peso molecular como péptido y aminoácidos libres, aldehídos, ácidos orgánicos y aminas como resultados de la proteólisis de la carne (Naes et al., 1995).

Todos los lotes de salchichón y longaniza presentaron un porcentaje inicial de ácido láctico en un rango de 0,40-0,61% y 0,42-0,48% respectivamente, siendo

ligeramente superiores a lo señalado por Bedia (2011) (0,33 %). Las variaciones observadas en el contenido inicial de ácido láctico en la masa cárnica, pueden haber sido afectado por diversos factores (transporte, recepción de la carne, flora microbiana propia del producto, adición de cultivos iniciadores y/o por el proceso de fabricación) o haber sido influenciado por la genética del animal, el manejo (*antemortem*), la tecnología de sacrificio o el método de enfriamiento de las canales.

Tabla 25: Contenido de acidez (% de ácido láctico) de los distintos lotes de salchichón (S) y longaniza (L) obtenidos en el producto fresco y curado (media \pm d.s.).

		Producto curado				
Salchichón	Fresco	Día 0	Día 28	Día 56	Día 77	
CS	0,40 \pm 0,00 ^{cy}	0,83 \pm 0,01 ^{bx}	0,86 \pm 0,01 ^{ax}	0,85 \pm 0,00 ^{ax}	0,84 \pm 0,00 ^{abx}	***
RS1	0,58 \pm 0,01 ^{cx}	0,72 \pm 0,00 ^{by}	0,75 \pm 0,00 ^{az}	0,76 \pm 0,00 ^{ay}	0,77 \pm 0,00 ^{az}	***
RS2	0,61 \pm 0,01 ^{cx}	0,73 \pm 0,00 ^{by}	0,78 \pm 0,00 ^{ay}	0,74 \pm 0,01 ^{bz}	0,79 \pm 0,01 ^{ay}	***
	***	***	***	***	***	
Longaniza	Fresco	Día 0	Día 45	Día 90	Día 135	
CL	0,42 \pm 0,00 ^{dy}	0,55 \pm 0,01 ^{cz}	0,56 \pm 0,00 ^{by}	0,56 \pm 0,00 ^{bz}	0,60 \pm 0,00 ^{ay}	***
RL1	0,48 \pm 0,00 ^{cx}	0,58 \pm 0,00 ^{by}	0,57 \pm 0,01 ^{by}	0,61 \pm 0,00 ^{ay}	0,62 \pm 0,00 ^{ax}	***
RL2	0,46 \pm 0,01 ^{bx}	0,63 \pm 0,01 ^{ax}	0,63 \pm 0,00 ^{ax}	0,63 \pm 0,00 ^{ax}	0,63 \pm 0,01 ^{ax}	***
	**	***	**	***	*	

CS y CL: Control – Salchichón y Longaniza. (animales alimentados con pienso comercial y productos cárnicos elaborados con preparado cárnico PC). RS1 y RL1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y productos cárnicos elaborados con PC). RS2 y RL2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y productos cárnicos elaborados con PC sin adición de antioxidante E-301). Letras con superíndices: a, b, c, d, e (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,001$; 0,01 y 0,05). NS: no significativo.

5.3.2.4 Nitrito residual

La Tabla 26 muestra la concentración de nitrito residual (ppm NaNO_2 / 100g muestra) obtenida de los lotes de salchichón y longaniza generado a lo largo del almacenamiento.

La concentración de nitrito residual al inicio del proceso (Fresco) fue mínima (0,07-0,35 ppm NaNO_2) en los lotes de salchichón ($p < 0,01$) y casi imperceptible en los de longaniza ($p < 0,05$).

Todos los lotes de ambos productos presentaron un comportamiento variable, con incrementos y descensos significativos del contenido de nitrito residual ($p < 0,05$) a lo largo del almacenamiento. Los resultados obtenidos a los días 77 y 135 estuvieron comprendidos entre 2,17 y 2,51 ppm NaNO_2 / 100g muestra y entre 1,55 y 4,78 ppm NaNO_2 / 100g muestra, para las muestras de salchichón y longaniza, respectivamente. En relación al efecto de la alimentación se observaron diferencias ($p < 0,05$) en el contenido de nitrito residual para todos los lotes analizados, presentando las mayores concentraciones, los lotes RS2 (salchichón) y RL2 (longaniza), aquellos elaborados sin ascorbato sódico (E-301). Este comportamiento puede haberse producido por la ausencia del ascorbato el cual tiene la función de ayudar a acelerar, durante el proceso de curado, la conversión de nitritos a óxido nítrico, tal como lo señalan Suryati et al. (2014), Doolaege et al. (2012) y Bazán (2008).

Los nitritos contribuyen al desarrollo de las características de color, textura y sabor específico de los productos cárnicos curados, e inhiben el crecimiento de bacterias patógenas, como *Clostridium botulinum* (Cassens, 1997), asimismo, tiene efecto antioxidante. Sin embargo, en dosis elevadas puede ser perjudicial para el consumidor, por lo que es importante controlar la concentración de nitritos añadido al producto cárnico así como mantener los niveles de nitritos y nitratos residuales tan bajo como sea posible (Barbieri et al., 2012).

Los niveles de nitrito residual obtenidos al inicio del proceso fueron casi imperceptibles (< 1 ppm de NaNO_2) en todos los lotes de ambos productos cárnicos, probablemente debido a que la reciente incorporación de nitritos en la masa cárnica no haya generado ningún tipo de reacción propia de las etapas de maduración y secado (Fernández-López et al., 2005).

Tabla 26: Contenido de nitrito residual (ppm NaNO₂/ 100g muestra) de los distintos lotes de salchichón (S) y longaniza (L) obtenidos en el producto fresco y curado (media ± d.s.).

		Producto curado				
Salchichón	Fresco	Día 0	Día 28	Día 56	Día 77	
CS	0,07 ± 0,08 ^{cy}	1,72 ± 0,11 ^{bz}	1,63 ± 0,11 ^{bz}	1,63 ± 0,08 ^{by}	2,19 ± 0,09 ^{ay}	***
RS1	0,16 ± 0,03 ^{dx}	2,77 ± 0,08 ^{ay}	2,29 ± 0,02 ^{bcy}	2,35 ± 0,03 ^{bx}	2,17 ± 0,04 ^{cy}	***
RS2	0,35 ± 0,01 ^{ex}	3,95 ± 0,03 ^{ax}	2,75 ± 0,06 ^{bx}	2,34 ± 0,03 ^{dx}	2,51 ± 0,03 ^{cx}	***
	**	***	**	**	*	
Longaniza	Fresco	Día 0	Día 45	Día 90	Día 135	
CL	-0,30 ± 0,02 ^{dx}	1,73 ± 0,01 ^{ay}	1,36 ± 0,00 ^{bcy}	1,22 ± 0,08 ^{cy}	1,55 ± 0,05 ^{abz}	***
RL1	-0,25 ± 0,04 ^{dx}	1,94 ± 0,07 ^{dy}	1,52 ± 0,05 ^{by}	1,20 ± 0,07 ^{cy}	1,88 ± 0,05 ^{ay}	***
RL2	-0,62 ± 0,09 ^{ey}	5,20 ± 0,02 ^{ax}	3,55 ± 0,10 ^{dx}	4,36 ± 0,17 ^{cx}	4,78 ± 0,05 ^{bx}	***
	*	***	***	***	***	

CS y CL: Control – Salchichón y Longaniza. (animales alimentados con pienso comercial y productos cárnicos elaborados con preparado cárnico PC). RS1 y RL1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y productos cárnicos elaborados con PC). RS2 y RL2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y productos cárnicos elaborados con PC sin adición de antioxidante E-301). Letras con superíndices: a, b, c, d, e (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente (p<0,001; 0,01 y 0,05). NS: no significativo.

Tras el periodo de maduración (desde Fresco-día 0), los niveles iniciales incrementaron (1,72-3,95 para salchichón y 1,73-5,20 para longaniza). Las concentraciones de nitrito residual obtenidas al final del proceso no superaron los niveles máximos permitidos para embutido crudo-curado (50 ppm) tal como lo señala la Directiva 95/2/EC del Parlamento Europeo y del Consejo (Directiva, 1995...Honikel 2008).

Estos resultados se corresponden con lo obtenido por Mata (1999) en estudios realizados con muestras de salchichón, indicando que tras la etapa de maduración el nivel de nitrito residual no superó los 5 ppm de NaNO₂. Otros autores han observado en estudios similares, que los niveles de nitrito residual no superan las 10 ppm tras el periodo de maduración de los embutidos (Fernández-López et al., 2005).

No obstante, diversos autores han reportado niveles superiores de nitrito residual en estudios realizados con muestras de salchichón. Por otro lado, Tsoukalas et al. (2011) encontraron valores medios comprendidos entre 20 y 30 ppm mientras que Marco et al. (2006) mostraron similar evolución del nitrito residual en salchichas crudo-curadas.

Los nitritos añadidos a la masa cárnica sufren diversas reacciones, por lo que el contenido de nitrito residual en productos cárnicos es el resultado de una fracción de los nitritos utilizados inicialmente (Hönikel, 2008). Andrade et al. (2010) indican que cerca del 11 al 14 % del total de nitrito adicionado podría ser encontrado en los productos cárnicos curados en forma de nitrito residual.

Según Wirth (1991) la drástica reducción de los niveles de nitrito residual en embutidos, puede explicarse por la elevada reactividad que presenta este compuesto con compuestos bioactivos como polifenoles (Balzer et al., 2007), flavonoides y terpenos (Viuda-Martos et al., 2010). Por otro lado, estas rápidas reducciones podrían ser atribuidas a la conversión de nitritos en óxido nítrico y óxido nitroso por acción de las bacterias ácido lácticas (Collins-Thompson & López, 2008) y a valores muy bajos de pH (Theiler et al., 1981) ya que un descenso de pH provoca la reducción de los niveles de nitrito residual (Mata, 1999). Otros factores como la concentración inicial de nitrito de sodio, procesamiento y temperatura de almacenamiento, la relación carne/agua y la presencia de antioxidantes (Hönikel, 2008; Kilic et al., 2002) pueden influir en esta reducción.

Dentro del efecto positivo de la adición de las sales nitrificantes en productos cárnicos curados destaca la intensificación del color rojo de la carne (Wirth, 1991), formación de flavor característico así como de cierto efecto antioxidante y antimicrobiano (Arneth, 2001; Lücke, 2000; Fischer et al., 2005; Kabish et al., 2008). Algunos nitritos residuales son esenciales para mantener las propiedades típicas de carne curada durante el almacenamiento (Fernández-López et al., 2005). Sin embargo como efecto negativo, se encuentra el potencial riesgo a la salud, lo

cual demanda una reducción en el uso de nitrito de sodio (Hönikel, 2008) tal y como es reflejado en la Directiva de la Unión Europea 2006/52/EC, refiriendo a la necesidad de reducir el uso de nitritos (Directiva, 2006).

Por otro lado, Sebranek y Bacus (2007) han señalado que ciertas especies naturales con alto poder antioxidante no participan directamente en las reacciones de conversión nitratos/ nitritos de los sistemas cárnicos. Hecho que se ve reflejado en los resultados obtenidos.

5.3.3 Análisis de los parámetros de color

En la Tabla 27 se muestra la evolución de las coordenadas de color CIELab producido en los lotes de salchichón a lo largo del almacenamiento.

Las coordenadas de color son, en general, iguales en la masa cárnica (Fresco) para todos los lotes analizados, observándose un descenso significativo ($p < 0,01$; $0,001$) en la coordenada L^* entre el producto fresco y el producto curado. Sin embargo esta coordenada se mantuvo constante en todos los puntos de control en el producto curado. En cuanto al efecto del tratamiento, se observaron diferencias ($p < 0,05$) para todos los días de control, presentando el lote RS2 los valores más altos al final del almacenamiento (día 77). Con respecto a la coordenada a^* , todos los lotes mostraron un descenso a lo largo del almacenamiento ($p < 0,001$). Los valores de a^* al final del almacenamiento estuvieron comprendidos entre 10 y 13 unidades de color. Por otro lado, se observaron diferencias entre los lotes evaluados ($p < 0,01$) presentando el control CS valores ligeramente superiores respecto a los lotes RS1 y RS2. Los valores de la coordenada b^* fueron más altos al inicio del proceso (Fresco) produciéndose un importante descenso con respecto al producto curado (día 0). El valor de b^* se mantuvo constante durante el almacenamiento en los lotes CS y RS1, observándose diferencias significativas en el lote RS2. Por otro lado no se observan diferencias por efecto de la alimentación entre los lotes analizados.

Tabla 27: Evolución del color CIELab (media \pm d.s.) de los distintos lotes de salchichón (S) obtenidos en el producto fresco y curado.

Lote	Fresco	Producto curado				
		Día 0	Día 28	Día 56	Día 77	
L*	CS	50,88 \pm 0,96 ^a	44,79 \pm 0,46 ^{by}	44,49 \pm 1,18 ^{by}	43,16 \pm 0,06 ^{by}	43,88 \pm 0,35 ^{by} **
	RS1	51,35 \pm 0,10 ^a	49,33 \pm 0,39 ^{bx}	49,03 \pm 0,79 ^{bx}	45,56 \pm 0,47 ^{cx}	42,63 \pm 0,50 ^{dy} ***
	RS2	50,57 \pm 0,22 ^a	48,48 \pm 1,01 ^{abx}	48,00 \pm 0,97 ^{abxy}	47,72 \pm 0,21 ^{bx}	46,24 \pm 0,57 ^{bx} **
	NS	*	*	**	*	
a*	CS	21,54 \pm 0,49 ^a	20,47 \pm 0,17 ^{bx}	16,14 \pm 0,08 ^{cx}	15,63 \pm 0,09 ^{cx}	13,65 \pm 0,00 ^{dx} ***
	RS1	22,65 \pm 0,57 ^a	17,87 \pm 0,42 ^{by}	14,24 \pm 0,12 ^{cy}	12,52 \pm 0,34 ^{dy}	11,30 \pm 0,05 ^{dy} ***
	RS2	21,45 \pm 0,24 ^a	18,44 \pm 0,18 ^{by}	12,64 \pm 0,09 ^{cz}	11,35 \pm 0,03 ^{dz}	10,36 \pm 0,16 ^{cz} ***
	NS	**	***	**	***	
b*	CS	5,45 \pm 0,68 ^a	1,91 \pm 0,04 ^{by}	1,54 \pm 0,11 ^b	1,63 \pm 0,04 ^b	1,20 \pm 0,04 ^{bz} ***
	RS1	6,32 \pm 0,17 ^a	1,38 \pm 0,07 ^{bz}	1,77 \pm 0,16 ^b	1,75 \pm 0,12 ^b	1,77 \pm 0,02 ^{bx} ***
	RS2	6,62 \pm 0,05 ^a	2,48 \pm 0,10 ^{bx}	1,82 \pm 0,09 ^c	1,60 \pm 0,06 ^{cd}	1,50 \pm 0,01 ^{dy} ***
	NS	**	NS	NS	***	
Chroma	CS	22,23 \pm 0,64 ^a	20,56 \pm 0,17 ^{bx}	16,21 \pm 0,09 ^{cx}	15,71 \pm 0,09 ^{cx}	13,70 \pm 0,01 ^{dzx} ***
	RS1	23,52 \pm 0,50 ^a	17,92 \pm 0,41 ^{by}	14,35 \pm 0,10 ^{cy}	12,64 \pm 0,35 ^{dy}	11,43 \pm 0,05 ^{dy} ***
	RS2	22,44 \pm 0,25 ^a	18,60 \pm 0,19 ^{by}	12,77 \pm 0,10 ^{cz}	11,46 \pm 0,02 ^{dz}	10,46 \pm 0,16 ^{cz} ***
	NS	**	***	**	***	
°Hue	CS	14,18 \pm 1,38 ^a	5,34 \pm 0,16 ^{by}	5,46 \pm 0,36 ^{by}	5,94 \pm 0,16 ^b	5,00 \pm 0,15 ^{by} ***
	RS1	15,60 \pm 0,76 ^a	4,41 \pm 0,32 ^{cy}	8,35 \pm 0,94 ^{bx}	6,67 \pm 0,86 ^{bc}	8,21 \pm 1,01 ^{bx} ***
	RS2	17,15 \pm 0,07 ^a	7,64 \pm 0,23 ^{bx}	8,19 \pm 0,32 ^{bx}	8,00 \pm 0,33 ^b	8,26 \pm 0,06 ^{bx} ***
	NS	**	*	NS	*	

CS: Control Salchichón (animales alimentados con pienso comercial y Salchichón elaborado con preparado cárnico PC).
 RS1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Salchichón elaborado con PC comercial). RS2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Salchichón elaborado con PC sin adición de antioxidante E-301). Letras con superíndices: a, b, c (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,001$; 0,01 y 0,05).

El grado de saturación “Chroma” presentó un comportamiento similar al de la coordenada a*. El efecto del almacenamiento mostró una disminución significativa del valor de Chroma durante los días evaluados ($p < 0,001$). Así mismo, en cuanto al efecto de la alimentación se observaron diferencias significativas ($p < 0,01$) siendo el lote CS aquel con valores más altos durante el almacenamiento. El °Hue presentó un descenso significativo ($p < 0,001$) entre el

inicio del proceso (Fresco) y el día 0 de almacenamiento, posteriormente estos valores se mantuvieron constantes. Asimismo se observaron algunas diferencias entre lotes por efecto de la alimentación en los días 0, 28 y 77.

El comportamiento de las coordenadas de color CIELab de los lotes de longaniza obtenidos durante el almacenamiento es presentado en la Tabla 28.

En el caso de la longaniza, la coordenada L^* se redujo en todos los lotes de manera significativa del producto fresco al producto curado ($p < 0,01$), sin embargo durante el almacenamiento, el valor de L^* de la longaniza se mantuvo sin variación. El valor de la coordenada a^* disminuyó en todos los lotes analizados durante el tiempo de almacenamiento ($p < 0,001$). Respecto al efecto de la alimentación, se observaron diferencias en algunos puntos de control ($p < 0,05$). En relación a la coordenada b^* , la mayor caída de b^* se produjo en los primeros días del estudio ($p < 0,001$) del producto fresco a curado y posteriormente la coordenada b^* se mantiene sin cambios destacables. En cuanto al efecto de la alimentación, se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en todos los días de control.

El “Chroma” presentó comportamiento similar al de la coordenada a^* , disminuyendo de manera significativa en los días evaluados ($p < 0,001$), siendo este descenso mayor del entre los puntos Fresco-día 0. Así mismo se observaron diferencias significativas entre los lotes evaluados ($p < 0,05$). Con respecto al valor del °Hue se observó un descenso muy importante entre el producto fresco y curado ($p < 0,001$) pero durante el almacenamiento el valor se mantuvo estable, con ligeras variaciones.

La coordenada de color L^* (luminosidad) relaciona los cambios de color de la superficie del producto y está estrechamente relacionado, en los embutidos curados, con su capacidad de retención de agua y porcentaje de grasa (Soto et al., 2008). Sayas et al. (1998) y Bedia (2011) observaron valores de L^* similares a los recogidos en el presente estudio en longaniza fresca y curada. Otros autores encontraron resultados muy parecidos en longaniza (Pérez et al., 1999; Bedia,

2011), salami (Sayas et al., 1998; Severini et al., 2003; Rubio et al., 2008; Bedia et al., 2011), salchichón (Chasco et al., 1996; Fernández-López et al., 2005; Andrade et al., 2008; Rubio et al., 2008; Casquete et al., 2011a y 2011b) y otros similares (Bloukas et al., 1997; Pérez-Álvarez et al., 1999; Gimeno et al., 2001; Jakobsen y Bertelsen, 2002; Hoz et al., 2004; Liu et al., 1995).

Tabla 28: Evolución del color CIELab (media \pm d.s.) de los distintos lotes de longaniza (L) obtenidos en el producto fresco y curado.

		Producto curado					
Lote	Fresco	Día 0	Día 45	Día 90	Día 135		
L*	CL	53,73 \pm 2,55 ^d	48,21 \pm 1,10 ^{ab}	46,41 \pm 1,87 ^b	43,74 \pm 0,28 ^{by}	42,71 \pm 1,15 ^{by}	**
	RL1	52,46 \pm 0,24 ^a	47,73 \pm 0,07 ^{bc}	49,09 \pm 1,31 ^b	47,70 \pm 0,86 ^{bex}	45,90 \pm 0,10 ^{cx}	**
	RL2	51,72 \pm 0,59 ^a	46,19 \pm 0,27 ^b	45,56 \pm 0,94 ^b	45,53 \pm 0,10 ^{bxy}	45,41 \pm 0,44 ^{bxy}	***
		NS	NS	NS	*	*	
a*	CL	18,86 \pm 0,81 ^{ay}	15,82 \pm 0,06 ^{bx}	12,57 \pm 0,02 ^{cx}	13,16 \pm 0,49 ^{cx}	10,76 \pm 0,29 ^d	***
	RL1	17,97 \pm 0,19 ^{ax}	14,71 \pm 0,28 ^{by}	11,62 \pm 0,21 ^{cy}	10,00 \pm 0,18 ^{dz}	11,49 \pm 0,15 ^c	***
	RL2	19,57 \pm 0,60 ^{ay}	13,61 \pm 0,26 ^{bz}	11,27 \pm 0,30 ^{cy}	11,77 \pm 0,18 ^{cy}	11,10 \pm 0,06 ^c	***
		*	**	*	**	NS	
b*	CL	5,75 \pm 0,73 ^{ay}	1,80 \pm 0,02 ^{by}	2,30 \pm 0,09 ^{bx}	1,53 \pm 0,04 ^{by}	1,53 \pm 0,01 ^{bz}	***
	RL1	5,22 \pm 0,27 ^{ay}	2,64 \pm 0,11 ^{bx}	1,73 \pm 0,04 ^{cy}	1,61 \pm 0,05 ^{cy}	2,39 \pm 0,05 ^{bx}	***
	RL2	7,29 \pm 0,24 ^{ax}	1,79 \pm 0,02 ^{cy}	2,08 \pm 0,12 ^{bexy}	2,35 \pm 0,01 ^{bx}	1,74 \pm 0,02 ^{cy}	***
		*	**	*	***	***	
Chroma	CL	19,72 \pm 0,57 ^{ay}	15,92 \pm 0,07 ^{bx}	12,77 \pm 0,04 ^{cx}	13,25 \pm 0,49 ^{cx}	10,86 \pm 0,29 ^{dy}	***
	RL1	18,71 \pm 0,26 ^{ay}	14,95 \pm 0,30 ^{by}	11,74 \pm 0,20 ^{cy}	10,13 \pm 0,17 ^{dy}	11,73 \pm 0,16 ^{cx}	***
	RL2	20,88 \pm 0,48 ^{ax}	13,73 \pm 0,26 ^{bz}	11,46 \pm 0,32 ^{cy}	12,01 \pm 0,18 ^{cx}	11,23 \pm 0,06 ^{cxy}	***
		*	**	*	**	*	
°Hue	CL	17,00 \pm 2,71 ^a	6,48 \pm 0,06 ^{bz}	10,37 \pm 0,39 ^{bx}	6,64 \pm 0,08 ^{bz}	8,11 \pm 0,27 ^{bz}	**
	RL1	16,20 \pm 0,64 ^a	10,15 \pm 0,24 ^{cx}	8,46 \pm 0,34 ^{dy}	9,15 \pm 0,44 ^{cdy}	11,75 \pm 0,09 ^{bx}	***
	RL2	20,45 \pm 1,18 ^a	7,50 \pm 0,07 ^{dy}	10,46 \pm 0,32 ^{bex}	11,30 \pm 0,12 ^{bx}	8,88 \pm 0,06 ^{cdy}	***
		NS	***	*	**	***	

CL: Control Longaniza. (animales alimentados con pienso comercial y longaniza elaborado con preparado carnico PC).
 RL1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Longaniza elaborado con PC comercial). RL2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Longaniza elaborado con PC sin adición de antioxidante E-301). Letras con superíndices: a, b, c (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente (p<0,001; 0,01 y 0,05).

Casquete et al. (2011b) indicaron que las diferencias del valor de L^* en los diferentes lotes puede ser debido a la cantidad de grasa empleada en los procesos de elaboración, lo cual coincide con Bedia et al. (2011) al señalar que los niveles de reflectancia en los productos cárnicos se ven afectados por los niveles de grasa, pigmentos hemáticos, contenido de nitritos y nitratos y humedad. Soto et al. (2008) señalaron que cuando un producto es expuesto al aire, los valores de L^* disminuían debido a las pérdidas de agua de la superficie. Fernández-López et al. (2005) señala que la evolución de la coordenada L^* podría estar relacionado con el pH y la distribución de agua en la matriz de la carne.

La coordenada a^* (redness) indica la intensidad del color rojo y es usado como un indicador de la estabilidad del color en la carne y productos cárnicos. El comportamiento de la coordenada rojo-verde (a^*) en los alimentos depende de varios aspectos que comprenden tanto la tecnología utilizada (Young & Sang, 2004) como la composición del producto (Geun et al., 2004). Esta coordenada se ve afectada por la integridad estructural del alimento, el contenido de pigmento y la disposición (hidro o liposoluble) y la disponibilidad de agua superficial (Fernández-López et al., 2005).

Bedia (2011) reportó valores similares a los nuestros, en estudios realizados con longaniza (18,21) lo que coincide con Calvo et al. (2008). Para ambos productos los valores finales de a^* coinciden con lo reportado en estudios con longaniza (Sayas et al., 1998; Pérez et al., 1999; Bedia, 2011), salchichón (Rubio et al., 2008; Summo et al., 2010; Casquete et al., 2011a), salami (Sayas et al., 1998; Bedia et al., 2011).

El descenso de la coordenada a^* durante el almacenamiento puede ser debida a los procesos de oxidación, lo que produce una pérdida de la estabilidad del color. Este comportamiento también ha sido observado en otros estudios de productos cárnicos (Honikel, 2008; Pagán-Moreno et al., 1998; Pérez-Fernández et al., 1999). Diversos autores han relacionado el enrojecimiento en productos cárnicos con la oxidación de lípidos (Fernández-López, 2005; Fernández-Ginés et al.,

2005) señalando que dicho proceso daba lugar a la disminución del enrojecimiento.

Doolaee et al. (2012) realizaron estudios incorporando extracto de romero en la elaboración de paté y observaron que el valor de a^* se reducía más rápidamente en las primeras horas de exposición a la luz del producto, por lo que la acción antioxidante del romero no intervino en el mantenimiento del color de este producto. Este comportamiento se corresponde con lo obtenido por McCarthy et al. (2001) en estudios relacionados con la incorporación de romero en hamburguesas de cerdo (1000 mg/kg) y con Estèvez et al. (2009) en un estudio comparativo entre antioxidantes natural y sintéticos aplicados al paté de hígado de cerdo tras 90 días de almacenamiento.

Tsoukalas et al. (2011) indicaron que la tasa de decoloración de la carne está fuertemente relacionada con la velocidad de oxidación de la mioglobina, inducida por la oxidación de lípidos, por lo que la reducción de a^* se debe a la oxidación de nitrosomioglobina a metamioglobina.

Una variación de la coordenada b^* (yellowness) podría estar relacionada con el desarrollo de procesos oxidativos en este tipo de productos, concretamente de oxidación de lípidos (Rubio et al., 2008). Durante el almacenamiento, la coordenada b^* se mantuvo estable en el producto curado, lo que demuestra la estabilidad de la grasa en ambos productos cárnicos. Resultados similares fueron recogidos por Bedia (2011) en longanizas almacenadas durante 150 días. Otros resultados obtenidos de diversos productos cárnicos mostraron valores de b^* superiores en productos curados a los obtenidos en este trabajo tal y como lo señalan para muestras de longaniza (Sayas et al., 1998; Pérez et al., 1999a), salami (Pérez et al., 1999b; Bedia et al., 2011), salchichón (Chasco et al., 1996; Rubio et al., 2008; Casquete et al., 2011a) y otros productos de similar característica (Fernández et al., 2007; Magrinya et al., 2009; Viuda-Martos et al., 2009; Casquete et al., 2011 b, Tsoukalas et al., 2011) para otros productos de similar características.

La determinación del valor de Chroma permite evaluar el deterioro de la carne ya que está relacionada con la intensidad del color y la pureza. Un descenso en la coordenada a^* y el Chroma indicarían cierta pérdida del color rojo-violáceo característico de la carne crudo-curada. Los valores iniciales de Chroma de ambos productos cárnicos guardan relación con lo reportado por Bedia (2011) y son ligeramente superiores a presentado para carne fresca de cerdo.

Los valores iniciales de °Hue de ambos productos cárnicos guardan relación con lo reportado por Bedia (2011). La escasa variación de esta coordenada en los lotes de salchichón y longaniza pone de manifiesto la estabilidad en el color en el tiempo de almacenamiento, sin observarse un efecto importante del romero suministrado en el pienso, con valores ligeramente más elevados en estos lotes (RS1, RS2, RL1 y RL2).

Casquete et al. (2011a) no encontraron diferencias en el Chroma (20,13) y °Hue (38,42) en muestras de salchichón ibérico sometidos a dos procesos de curación (95 y 65 días) siendo estos resultados similares a los recogidos por otros autores (Chasco et al., 1996), pero superiores a los reportados en este estudio, probablemente porque emplearon starters en su producción.

5.3.4 Evaluación del índice de oxidación lipídica (TBARs)

En la Tabla 29 se presentan los valores medios y desviaciones típicas del índice de oxidación lipídica (mg malondialdehído (MDA)/ kg muestra) de los lotes de salchichón (CS, RS1 y RS2) y de longaniza (CL, RL1 y RL2) analizados durante el almacenamiento.

El índice de TBARs en el producto fresco estuvo comprendido entre 0,12-0,27 y 0,12-0,35 mg MDA/ kg muestra para salchichón y longaniza, respectivamente, aumentando significativamente al final del almacenamiento ($p < 0,001$) en el producto curado. La oxidación generada durante el almacenamiento resultó mayor para el lote de longaniza (1,36-1,56 mg MDA/ kg muestra) respecto a los del

salchichón (0,34-0,92 mg MDA/ kg muestra) obtenidos al final del almacenamiento. Probablemente, las diferencias entre ambos tipo de productos se deban a factores tecnológicos, tales como el tipo de envasado (aerobiosis vs atmósfera controlada), largo periodo de maduración y almacenamiento (77 vs 135 días), proporción de materia prima (magro/grasa), entre otros. Estos resultados confirman los cambios oxidativos que se producen en los lípidos contenidos en ambos productos cárnicos.

Tabla 29: Índice de TBAR (mg MDA/ kg muestra) de los distintos lotes de salchichón (S) y longaniza (L) obtenidos en el producto fresco y curado (media \pm d.s.).

Salchichón	Fresco	Producto curado				
		Día 0	Día 28	Día 56	Día 77	
CS	0,12 \pm 0,01 ^{bz}	0,24 \pm 0,00 ^{bz}	0,27 \pm 0,02 ^{by}	0,22 \pm 0,09 ^{by}	0,63 \pm 0,02 ^{ay}	***
RS1	0,20 \pm 0,00 ^{cy}	0,40 \pm 0,01 ^{ay}	0,20 \pm 0,01 ^{cx}	0,19 \pm 0,00 ^{cy}	0,34 \pm 0,02 ^{bz}	***
RS2	0,27 \pm 0,00 ^{cx}	0,93 \pm 0,03 ^{ax}	0,75 \pm 0,00 ^{bx}	0,65 \pm 0,05 ^{bx}	0,92 \pm 0,01 ^{ax}	***
	***	***	***	**	***	
Longaniza	Fresco	Día 0	Día 45	Día 90	Día 135	
CL	0,24 \pm 0,01 ^{cy}	0,67 \pm 0,01 ^{dz}	0,82 \pm 0,00 ^{ez}	0,91 \pm 0,01 ^{bz}	1,19 \pm 0,01 ^{az}	***
RL1	0,12 \pm 0,01 ^{ez}	0,78 \pm 0,01 ^{dy}	0,98 \pm 0,02 ^{cy}	1,18 \pm 0,01 ^{by}	1,36 \pm 0,01 ^{ay}	***
RL2	0,35 \pm 0,02 ^{dx}	1,15 \pm 0,02 ^{cx}	1,22 \pm 0,02 ^{bx}	1,55 \pm 0,01 ^{ax}	1,56 \pm 0,00 ^{ax}	***
	**	***	***	***	***	

CS y CL: Control - Salchichón y Longaniza. (animales alimentados con pienso comercial y productos cárnicos elaborados con preparado cárnico PC). RS1 y RL1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y productos cárnicos elaborados con PC). RS2 y RL2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y productos cárnicos elaborados con PC sin adición de antioxidante E-301). Letras con superíndices: a, b, c, d, e (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente (p<0,001; 0,01 y 0,05). NS: no significativo.

Tsoukalas et al. (2011) reportaron valores similares en estudios realizados con salchichón partiendo de valores iniciales comprendidos entre 0,16 y 0,28 mg MDA/ kg muestra hasta obtener valores finales de 0,41 y 0,78 mg MDA/kg muestra. Diversos autores (Pilli y Baiano, 2003; Fernández-López et al., 2005, Rubio et al., 2008; Talon et al., 2008, Liaros et al., 2009; Summo et al., 2010; Baka et al., 2011) han señalado comportamientos similares en estudios realizados

en productos cárnicos similares. Por otro lado, se han observado diferencias entre los tratamientos evaluados para cada tipo de producto cárnico, presentando la mayor oxidación los tratamientos RS2 y RL2 (sin ascorbato).

Bedia (2011) indicaron valores de TBA inferiores (0,6 mg MDA/ kg muestra) a los presentados en este estudio para muestras de longaniza tras 150 días de almacenamiento. Otros autores (Kenneally et al., 1998; Kuo y Chuo, 2003; Marco et al., 2006; Liu et al., 1994; Olivares et al., 2010; Casquete et al., 2011 a) obtuvieron valores superiores a 1,5 mg MDA/ kg muestra al final del almacenamiento en estudios con productos de similares características.

De acuerdo a lo obtenido en este estudio y comparándolo con los diversos autores, se observa una amplia heterogeneidad en los resultados lo cual puede ser atribuido a diversos factores tanto intrínsecos: contenido de lípidos, composición de ácidos grasos principalmente insaturados, balance entre factores pro-oxidantes y antioxidantes (Morrissey et al., 1998; Summo et al., 2006;) como extrínsecos: tipo de alimentación, condiciones de procesamiento tecnológico, uso de aditivos, parámetros de control tecnológico, método de análisis de TBARs (Beriaín et al., 1993; Rubio et al., 2008).

Chizzolini et al. (1998) señalan que el picado y mezclado rompe la estructura muscular e incrementa la superficie expuesta al oxígeno y otros catalizadores de oxidación, incrementando la oxidación lipídica. Fiore et al. (2007) indicaron que el tipo de carne utilizada en las formulaciones es un factor importante para la oxidación de lípidos debido al alto contenido de hierro que presenta, ya que este es un promotor de la oxidación lipídica capaz de descomponer peróxidos ó radicales hidróxido a la forma libre de radicales (Carlsen et al., 2005). El valor del TBA también está influenciado por la actividad de los nitritos, el cual reduce la oxidación lipídica (Honikel, 2008) debido a que el nitrito sódico actúa como antioxidante y agente quelante, uniéndose a los metales para prevenir la oxidación de las grasas (Macdonald et al., 1980; Suryati, et al., 2014). Así mismo otros factores como la fermentación láctica llevada a cabo en estos productos se han

encontrado que reduce el índice de TBA (Gadekar et al., 2014) al igual que la a_w , donde se ha visto que valores más bajos de a_w se corresponden con los mayores índices de TBA (Nawar, 1995).

Se ha obtenido poca información en cuanto a la utilización de extracto de romero en la alimentación animal para los fines de este estudio (Chiofalo et al., 2012; Morán et al., 2012; Nieto et al., 2010 y 2011; Nadia et al., 2008; Rojas y Brewer, 2008) sin embargo diversos trabajos con aplicación de este extracto natural sobre la elaboración de productos cárnicos han reflejado un claro efecto positivo en retardar la oxidación lipídica (Doolaege et al., 2012; Haak et al., 2008; Estévez et al., 2009; McCarthy et al., 2001).

Finalmente resaltar que además de la dosis de extracto de romero aplicado, es importante conocer la composición y cantidad de compuestos activos presentes en el mismo, y que podrían afectar al resultado final.

5.3.5 Recuentos microbiológicos

Los recuentos microbiológicos (log ufc/ g muestra) de los lotes de salchichón analizados durante el almacenamiento son presentados en la Tabla 30.

Los lotes CS, RS1 y RS2 experimentaron una variación significativa ($p < 0,001$) del crecimiento microbiano a lo largo del almacenamiento. Las bacterias aerobios mesófilos, psicrófilos y lácticas se incrementaron con el tiempo, mientras que el recuento de enterobacterias, coliformes y pseudomonas se vieron disminuidas, en todos los tratamientos analizados. En cuanto al efecto de la alimentación, el recuento de bacterias aerobios mesófilos y bacterias psicrófilos fue inferior en los lotes RS1 y RS2 respecto al control CS ($p < 0,001$). Los lotes RS1 y RS2 también presentaron menores valores de recuentos de bacterias ácido lácticas que el lote control ($p < 0,001$). En cuanto al recuento de enterobacterias, pseudomonas y coliformes totales, el efecto de la alimentación no mostró una tendencia clara.

Tabla 30: Recuento microbiológico (log ufc/ g muestra) de los distintos lotes de salchichón (S) obtenidos en el producto fresco y curado (media ± d.s.).

		Producto curado					
Salchichón	Fresco	Día 0	Día 28	Día 56	Día 77		
Bacterias Aerobios Mesófilos	CS	5,52 ± 0,00 ^{cy}	7,46 ± 0,01 ^{dx}	7,79 ± 0,02 ^{cx}	8,32 ± 0,03 ^{bx}	9,22 ± 0,17 ^{ax}	***
	RS1	4,80 ± 0,00 ^{cx}	6,87 ± 0,01 ^{dz}	7,28 ± 0,00 ^{cy}	7,58 ± 0,01 ^{bz}	7,87 ± 0,02 ^{ay}	***
	RS2	4,29 ± 0,00 ^{cx}	6,99 ± 0,02 ^{dy}	7,36 ± 0,04 ^{cy}	7,71 ± 0,03 ^{by}	7,93 ± 0,01 ^{ay}	***
		*	***	***	***	**	
Bacterias Psicrófilos	CS	5,84 ± 0,00 ^c	6,36 ± 0,00 ^{dx}	6,96 ± 0,01 ^{cy}	7,45 ± 0,10 ^b	8,84 ± 0,20 ^{ax}	***
	RS1	4,34 ± 0,00 ^d	5,78 ± 0,06 ^{cy}	6,96 ± 0,01 ^{by}	7,29 ± 0,00 ^{af}	7,43 ± 0,07 ^{ay}	***
	RS2	4,27 ± 0,00 ^c	6,38 ± 0,07 ^{dx}	7,08 ± 0,02 ^{cx}	7,35 ± 0,02 ^b	7,80 ± 0,01 ^{ay}	***
		NS	**	**	NS	**	
Bacterias Lácticas	CS	3,54 ± 0,00 ^{cx}	4,40 ± 0,02 ^{dz}	7,34 ± 0,01 ^{cx}	7,68 ± 0,01 ^{bx}	7,91 ± 0,04 ^{ax}	***
	RS1	2,52 ± 0,00 ^{ez}	5,03 ± 0,06 ^{dx}	6,25 ± 0,05 ^{cy}	6,95 ± 0,00 ^{by}	7,38 ± 0,12 ^{ay}	***
	RS2	2,99 ± 0,00 ^{cy}	4,86 ± 0,03 ^{by}	6,28 ± 0,00 ^{cy}	7,06 ± 0,06 ^{by}	7,36 ± 0,01 ^{ay}	***
		***	**	***	***	**	
Enterobacterias Totales	CS	3,32 ± 0,03 ^{ay}	2,82 ± 0,00 ^{bx}	2,28 ± 0,02 ^{cy}	1,51 ± 0,04 ^{dy}	1,00 ± 0,00 ^{ez}	***
	RS1	3,64 ± 0,07 ^{ax}	2,49 ± 0,00 ^{by}	2,09 ± 0,01 ^{cz}	1,63 ± 0,03 ^{dy}	1,15 ± 0,00 ^{ey}	***
	RS2	3,35 ± 0,03 ^{ay}	2,85 ± 0,07 ^{bx}	2,50 ± 0,01 ^{cx}	2,19 ± 0,04 ^{dx}	1,48 ± 0,04 ^{cx}	***
		**	**	***	**	***	
Coliformes Totales	CS	3,32 ± 0,05 ^{ay}	2,84 ± 0,05 ^{bx}	1,98 ± 0,06 ^{cx}	1,35 ± 0,06 ^{dx}	1,00 ± 0,00 ^c	***
	RS1	3,53 ± 0,04 ^{ax}	2,35 ± 0,04 ^{by}	1,35 ± 0,06 ^{cy}	1,00 ± 0,00 ^{dy}	1,00 ± 0,00 ^d	***
	RS2	3,24 ± 0,03 ^{ay}	2,49 ± 0,00 ^{by}	1,90 ± 0,04 ^{cx}	1,39 ± 0,00 ^{dx}	1,15 ± 0,00 ^e	***
		*	**	**	**	NS	
Pseudomonas Totales	CS	4,55 ± 0,05 ^{az}	3,99 ± 0,05 ^{by}	2,96 ± 0,03 ^c	2,33 ± 0,01 ^{dz}	1,00 ± 0,00 ^{ey}	***
	RS1	5,40 ± 0,05 ^{ax}	3,97 ± 0,00 ^{by}	3,53 ± 0,30 ^{bc}	3,01 ± 0,00 ^{cx}	1,73 ± 0,06 ^{dx}	***
	RS2	4,98 ± 0,05 ^{ay}	4,74 ± 0,01 ^{ax}	3,68 ± 0,05 ^b	2,80 ± 0,04 ^{cy}	1,79 ± 0,13 ^{dx}	***
		**	***	NS	***	**	

CS: Control Salchichón (animales alimentados con pienso comercial y Salchichón elaborado con preparado cárnico PC).
 RS1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Salchichón elaborado con PC comercial). RS2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Salchichón elaborado con PC sin adición de antioxidante E-301). Letras con superíndices: a, b, c (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,001$; 0,01 y 0,05).

En la Tabla 31 se presentan los valores medios y desviaciones típicas del recuento de microorganismos (log ufc/g muestra) analizados en los lotes de longaniza durante el almacenamiento.

Todos los microorganismos analizados mostraron diferencias significativas a lo largo del almacenamiento ($p < 0,001$), las bacterias aerobios mesófilos, psicrófilos y ácido lácticas incrementaron, mientras que las enterobacterias, coliformes y pseudomonas descendieron en todos los lotes.

Los lotes CL, RL1 y RL2 mostraron diferencias entre sí ($p < 0,01$) presentando RL1 y RL2 los menores recuentos de bacterias aerobio mesófilos y psicrófilos. También se observa un efecto de la alimentación sobre el crecimiento de bacterias ácido láctico mostrando RL1 y RL2 los valores más bajos respecto al control CL.

En cuanto al crecimiento de enterobacterias, coliformes y pseudomonas totales experimentaron un comportamiento similar. En todos los casos, disminuyó el recuento microbiano con los días de almacenamiento y a su vez se observaron diferencias entre los lotes CL, RL1 y RL2 ($p < 0,001$).

5.3.5.1 Bacterias Aerobios mesófilos y psicrófilos

Diversos autores han señalado valores iniciales de recuentos totales de bacterias, superiores a los presentados en este trabajo en productos de características similares (Samelis et al., 1994; Papa et al., 1995; Molly et al., 1996; Bedia et al., 2011; Bedia, 2011). Sin embargo otros autores reportaron valores inferiores a 4 log ufc/g (García et al., 1992; Hierro et al., 1997; Sanz et al., 1997). Las diferencias mostradas respecto al recuento inicial pueden ser debidas a la tecnología de fabricación empleada y principalmente al tiempo de exposición al ambiente al que está sometida la masa cárnica antes de ser embutida, para lo cual es importante mantener la limpieza estéril de los ambientes y de las maquinarias y principalmente controlar la temperatura y humedad relativa del ambiente de trabajo.

Tabla 31: Recuento microbiológico (log ufc/ g muestra) de los distintos lotes de longaniza (L) obtenidos en el producto fresco y curado (media ± d.s.).

		Producto curado					
	Longaniza	Fresco	Día 0	Día 45	Día 90	Día 135	
Bacterias Aerobios Mesófilos	CL	5,64 ± 0,00 ^{dy}	6,32 ± 0,07 ^{cx}	6,87 ± 0,07 ^{bx}	6,99 ± 0,04 ^{bx}	7,39 ± 0,02 ^{ax}	***
	RL1	4,21 ± 0,00 ^{dx}	6,01 ± 0,01 ^{cy}	6,18 ± 0,12 ^{cy}	6,49 ± 0,06 ^{by}	6,68 ± 0,03 ^{ay}	***
	RL2	4,26 ± 0,00 ^{cx}	6,25 ± 0,05 ^{bx}	6,39 ± 0,02 ^{by}	6,64 ± 0,12 ^{ay}	6,73 ± 0,03 ^{ay}	***
		*	*	**	*	***	
Bacterias Psicrófilos	CL	4,56 ± 0,00 ^{dx}	5,69 ± 0,19 ^{cx}	6,17 ± 0,09 ^{bx}	6,78 ± 0,03 ^{af}	7,06 ± 0,03 ^{ax}	***
	RL1	3,70 ± 0,06 ^{ey}	4,16 ± 0,02 ^{dy}	4,53 ± 0,07 ^{ey}	6,22 ± 0,08 ^b	6,56 ± 0,06 ^{ay}	***
	RL2	3,76 ± 0,16 ^{cy}	4,17 ± 0,01 ^{bey}	4,65 ± 0,15 ^{by}	5,85 ± 0,44 ^a	6,68 ± 0,03 ^{ay}	***
		**	**	**	NS	**	
Bacterias Lácticas	CL	3,75 ± 0,00 ^{cx}	4,04 ± 0,08 ^{dx}	5,06 ± 0,09 ^{cx}	5,55 ± 0,01 ^{bx}	6,81 ± 0,10 ^{ax}	***
	RL1	3,14 ± 0,02 ^{ez}	3,69 ± 0,10 ^{dy}	3,94 ± 0,02 ^{cz}	4,81 ± 0,06 ^{bz}	5,34 ± 0,02 ^{ay}	***
	RL2	3,30 ± 0,00 ^{ey}	3,75 ± 0,02 ^{dxey}	4,69 ± 0,02 ^{ey}	5,03 ± 0,04 ^{by}	5,59 ± 0,06 ^{ay}	***
		***	*	**	***	***	
Enterobacterias Totales	CL	3,67 ± 0,09 ^{ax}	3,08 ± 0,02 ^{bx}	2,71 ± 0,04 ^{cx}	2,18 ± 0,07 ^{dx}	1,63 ± 0,03 ^{ex}	***
	RL1	2,71 ± 0,12 ^{ay}	2,42 ± 0,02 ^{aby}	1,79 ± 0,01 ^{by}	1,00 ± 0,00 ^{dy}	1,00 ± 0,00 ^{cy}	***
	RL2	3,94 ± 0,16 ^{ax}	2,48 ± 0,05 ^{by}	1,87 ± 0,00 ^{cz}	1,27 ± 0,17 ^{cy}	1,00 ± 0,00 ^{dy}	***
		**	***	***	**	***	
Coliformes Totales	CL	3,16 ± 0,08 ^{axy}	2,80 ± 0,07 ^{abx}	2,37 ± 0,20 ^{bx}	1,27 ± 0,17 ^c	1,00 ± 0,00 ^e	***
	RL1	2,41 ± 0,28 ^{ay}	2,08 ± 0,01 ^{ay}	1,15 ± 0,00 ^{by}	1,00 ± 0,00 ^b	1,00 ± 0,00 ^b	***
	RL2	3,86 ± 0,16 ^{ax}	2,28 ± 0,09 ^{by}	1,45 ± 0,00 ^{ey}	1,00 ± 0,00 ^d	1,00 ± 0,00 ^d	***
		*	**	**	NS	NS	
Pseudomonas Totales	CL	5,03 ± 0,03 ^a	4,31 ± 0,03 ^{ax}	4,10 ± 0,11 ^{abx}	2,58 ± 0,10 ^{bex}	1,60 ± 0,85 ^e	**
	RL1	4,18 ± 0,06 ^a	3,88 ± 0,04 ^{by}	3,01 ± 0,02 ^{cy}	1,90 ± 0,08 ^{dy}	1,00 ± 0,00 ^e	***
	RL2	5,15 ± 0,44 ^a	3,98 ± 0,00 ^{by}	3,06 ± 0,11 ^{cy}	2,12 ± 0,04 ^{dy}	1,00 ± 0,00 ^e	***
		NS	**	**	**	NS	

CL: Control Longaniza. (animales alimentados con pienso comercial y longaniza elaborado con preparado carnico PC).

RL1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Longaniza elaborado con PC comercial). RL2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Longaniza elaborado con PC sin adición de antioxidante E-301). Letras con superíndices: a, b, c (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente (p<0,001; 0,01 y 0,05).

Durante el tiempo de almacenamiento, todos los lotes de ambos productos cárnicos, salchichón (CS, RS1 y RS2) y longaniza (CL, RL1 y RL2), sufrieron un incremento significativo en ambas bacterias hasta obtener un valor final de alrededor de 8 log ufc/g muestra. El recuento de bacterias aerobios mesófilos así como de bacterias psicrófilos fueron más bajos en aquellos tratamientos que llevan la incorporación de extracto de romero en la alimentación (RS1, RS2, RL1 y RL2) lo que demostraría el efecto antimicrobiano del extracto de romero aplicado a la alimentación animal.

El incremento de recuento de bacterias aerobios mesófilos y psicrófilos durante al tiempo de almacenamiento, coincide con lo reportado por diversos autores en estudios realizados con salchichón (Rubio et al., 2008), longaniza (Bedia, 2011) y otros productos cárnicos (Izquierdo et al., 2006; Liu et al., 2010; Gadekar et al., 2014).

Sin embargo, Gadekar et al. (2014) señalaron que la aplicación de antioxidantes naturales y el uso de ascorbato sódico sobre productos cárnicos de Indonesia, no produjo ningún cambio en cuanto al recuento de mesófilos.

Por otro lado, la acción protectora del conservante ascorbato, añadido tras la elaboración de los productos RS1 y RL1 demostró cierto efecto protector no significativo en relación a RS2 y RL2 respectivamente.

Además, para el caso de los lotes de salchichón, el envasado en atmósfera modificada puede haber participado en la prolongación de la vida útil de este producto. Autores como Mastromatteo et al (2011), Martínez et al. (2007) y Sammet et al. (2006) coinciden en señalar el efecto protector de este tipo de envasado sobre productos cárnicos loncheados.

El recuento de bacterias totales es uno de los análisis más importantes en salchicha crudo-curada, las cuales se incrementan rápidamente durante la etapa de fermentación (Hospital et al., 2012). Además, la incorporación de nitritos influye

en el recuento de estas bacterias controlando dichos valores y, por tanto, altos niveles de nitritos podría inhibir algún tipo de crecimiento microbiano (Liu et al., 2010).

Si bien, los resultados presentados en este estudio muestran un ligero efecto antimicrobiano entre los lotes evaluados de ambos productos cárnicos, este comportamiento se incrementa cuando la incorporación de romero se hace por vía exógena, es decir directamente sobre el producto a elaborar. Riznar et al. (2006) han reportado valores máximos de 4 log ufc/g muestra en salchichas Frankfurt con adición de 200 ppm de extracto de romero, tras 24 días de almacenamiento y envasados a vacío. Otros autores también coinciden con lo señalado sobre el efecto antimicrobiano del romero sobre productos cárnicos (Jongberg et al., 2013; Haak et al., 2008; Georgantelis et al., 2007; Coronado et al., 2001).

5.3.5.2 Bacterias ácido lácticas

Las bacterias ácido lácticas son los microorganismos más importantes en este tipo de productos, ya que participan activamente en la fermentación y maduración de los productos cárnicos, mediante la producción de ácido láctico y en menor cantidad, a través de la producción de ácido acético, etanol y acetona, producidos durante la fermentación, a partir de diferentes carbohidratos y proteínas cárnicas en presencia de aditivos (De las Rivas et al., 2008). Así mismo, Drosinos et al. (2005) hace referencia que las bacterias ácido lácticas constituyen la mayor microflora presente en productos cárnicos crudo-curados, debido a la buena adaptación al ambiente y su rápido rango de crecimiento durante la fermentación y maduración del producto, considerándosele la microflora dominante.

Estas bacterias tienen alto poder inhibidor frente a las bacterias Gram-negativas debido a la producción de ácidos orgánicos y varios productos metabólicos antibacterianos (Benito et al., 2007; Martín et al., 2007) aunque también puede demostrar actividad proteolítica y lipolítica (Ammor y Mayo, 2007).

A lo largo del almacenamiento, todos los lotes de salchichón y de longaniza mostraron un incremento del recuento de bacterias ácido lácticas coincidiendo con lo señalado por Talon et al. (2008), Andrade et al. (2010), Bedia et al. (2011) en estudios realizados con productos cárnicos de similar características.

En cuanto a la alimentación con extracto de romero, se observa una ligera reducción en el recuento de bacterias ácido-lácticas, sin embargo prevalece el efecto antimicrobiano del romero sobre los lotes control. Este comportamiento es similar al presentado por Hospital et al. (2012). Desde el punto de vista tecnológico, los aspectos positivos que provoca esta acidificación son: inhibición de patógenos y alteración de microflora, secado más rápido y mejora de la textura a través de la desnaturalización y coagulación de proteínas, la activación de proteasas del músculo y enrojecimiento a través de la formación de óxido nítrico y nitrosomioglobina (Hugas y Monfort, 1997; Lücke, 2000).

5.3.5.3 Enterobacterias y Pseudomonas

Se ha observado que ambos microorganismos tienden a reducirse con el tiempo de almacenamiento, en gran parte debido a la acción inhibidora de las bacterias lácticas.

En este estudio, puede observarse que tanto pseudomonas como enterobacterias disminuyeron significativamente, con valores por debajo del límite de detección (1 log ufc/g) al final del almacenamiento coincidiendo con lo reportado por Hospital et al. (2012), Bedia (2011), Casquete et al. (2011a), Rubio et al. (2008) y López et al. (2004) en estudios realizados con salchichas crudo-curadas.

La incorporación del extracto de romero a través de la alimentación, no ha demostrado poseer actividad antimicrobiana de pseudomonas y enterobacterias, coincidiendo con lo observado por Gadekar et al. (2014) y Liu et al. (2010) en estudios realizados con productos cárnicos.

Como bien puede observarse, los valores iniciales (Fresco) de enterobacterias y pseudomonas para ambos productos cárnicos son altos (superior a 3 log ufc/g), posiblemente originado por la materia prima. Los recuentos de enterobacterias coinciden con lo observado por Hospital et al. (2012) y López et al. (2004) señalando que estos valores son comunes en este tipo de microorganismos, caracterizados por ser muy ubicuos y que pueden contaminar la carne desde el tracto digestivo durante el apósito de la canal y también a través de los utensilios utilizados en la fabricación de estos productos cárnicos (Ferreira et al., 2007).

A lo largo del almacenamiento estos recuentos disminuyen en un rango de 1 a 2 log ufc/ g. Ruiz-Capillas et al. (2007) indicaron que niveles de enterobacterias por debajo de 2 log ufc/ g son indicadores de una buena práctica de elaboración e higiene en las condiciones de procesado. Así también, Hospital et al (2012) señalan que la reducción del recuento de enterobacterias a lo largo de la maduración y/o almacenamiento se debe a la alta sensibilidad de estos microorganismos sobre niveles bajos de pH y a_w y sobre altos niveles de nitritos, coincidiendo con lo reportado por Moretti et al. (2004) y Samelis et al. (1998).

Tsoukalas et al. (2011) indican que las enterobacterias disminuyen hasta el final de la maduración, siendo consideradas como una microflora indeseable en salchichas fermentadas y por ello necesario la adición de compuestos conservantes como nitritos para poder reducirlas o eliminarlas.

5.3.5.4 Coliformes totales

Los recuentos iniciales de coliformes totales fueron similares e incluso menores a los reportados en estudios con productos cárnicos de similares características (Mata, 1999; Bedia, 2011).

Durante la etapa de maduración y almacenamiento, se puede apreciar un ligero descenso de los recuentos de coliformes para los lotes de salchichón (CS, RS1 y RS2) y longaniza (Cl, RL1 y RL2) hasta obtener valores finales de 1 log ufc/g.

Los recuentos de coliformes obtenidos son muy similares a los de enterobacterias. De hecho los coliformes pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae* aunque tienen la particularidad de fermentar la lactosa en presencia de sales biliares, a diferencia del resto de microorganismos de esta familia. Su presencia en el alimento nos advierte de la posible existencia de patógenos entéricos (*Salmonella*, *Shigella*) aunque no indican que estén necesariamente presentes. Los coliformes son, por tanto, microorganismos indicadores de contaminación fecal (Mata, 1999).

Es probable que la inhibición de estos microorganismos, al igual que sucede con las enterobacterias, se produzca en las primeras fases de la maduración debido a la reducción inicial de la a_w por la adición de los ingredientes a la masa cárnica. No obstante Hammes y Knauf (1992) observaron una importante reducción de los coliformes en embutidos crudos curados que atribuyeron a la acción conjunta de las bacterias lácticas y la adición de nitritos.

5.3.6 Textura

La Tabla 32 muestra los valores medios y desviaciones típicas del análisis del perfil de textura (Textural Profile Analysis, TPA) de los distintos lotes de salchichón evaluados durante el almacenamiento (CS, RS1 y RS2).

Los parámetros de textura Dureza (DUR), Gomosidad (GOM), Adhesividad (ADH) y Masticabilidad (MAS) aunque aumentaron con el tiempo de almacenamiento, no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), excepto en la dureza de RS1, la adhesividad de CS y RS2 y la masticabilidad de RS2 ($p < 0,01$). Sin embargo, la cohesividad y elasticidad de todos los lotes de salchichón se mantuvieron casi constantes durante los días evaluados. Respecto al efecto de la alimentación con extracto de romero, los resultados de los parámetros del perfil de textura no mostraron diferencias entre los tratamientos CS, RS1 y RS2 analizados ($p > 0,05$).

Tabla 32: Perfil de Textura (TPA) de los diferentes lotes de salchichón (S) evaluados en producto curado (media ± d.s.).

		Día 0	Día 28	Día 56	Día 77	
Dureza (N)	CS	36,69 ± 2,81	44,35 ± 3,54	39,09 ± 6,29	50,66 ± 7,89	NS
	RS1	36,28 ± 5,01 ^a	50,40 ± 4,18 ^{ab}	51,76 ± 3,28 ^b	42,84 ± 2,04 ^{ab}	*
	RS2	43,46 ± 0,07	47,70 ± 3,25	48,43 ± 4,09	44,52 ± 2,19	NS
		NS	NS	NS	NS	
Gomosidad (N)	CS	23,38 ± 1,84	28,07 ± 1,74	24,75 ± 4,47	27,86 ± 3,40	NS
	RS1	22,77 ± 0,56	28,69 ± 2,15	27,73 ± 3,47	24,37 ± 3,98	NS
	RS2	24,97 ± 0,21	28,86 ± 1,42	25,68 ± 2,73	25,90 ± 0,23	NS
		NS	NS	NS	NS	
Adhesividad (Ns)	CS	-1,99 ± 0,19 ^{ab}	-3,39 ± 0,57 ^a	-2,04 ± 0,11 ^{abx}	-1,38 ± 0,52 ^b	*
	RS1	-2,65 ± 1,00	-2,25 ± 0,38	-1,09 ± 0,19 ^y	-0,91 ± 0,02	NS
	RS2	-3,86 ± 0,51 ^a	-2,99 ± 0,38 ^a	-1,40 ± 0,06 ^{by}	-1,56 ± 0,08 ^b	**
		NS	NS	*	NS	
Cohesividad	CS	0,64 ± 0,00	0,64 ± 0,02 ^y	0,75 ± 0,15	0,56 ± 0,02	NS
	RS1	0,64 ± 0,05	0,57 ± 0,00 ^x	0,57 ± 0,01	0,62 ± 0,01	NS
	RS2	0,58 ± 0,00	0,61 ± 0,02 ^{xy}	0,57 ± 0,04	0,59 ± 0,02	NS
		NS	*	NS	NS	
Masticabilidad (Nmm)	CS	67,85 ± 3,77	75,76 ± 4,44	70,65 ± 5,92	74,14 ± 7,23	NS
	RS1	59,63 ± 5,20	75,14 ± 2,86	75,79 ± 2,61	70,90 ± 5,02	NS
	RS2	66,90 ± 1,38 ^{ab}	81,25 ± 5,36 ^c	59,31 ± 1,40 ^a	72,88 ± 0,62 ^{bc}	**
		NS	NS	NS	NS	
Elasticidad (mm)	CS	2,88 ± 0,08	2,95 ± 0,04	2,83 ± 0,16	2,66 ± 0,08	NS
	RS1	2,72 ± 0,09	2,73 ± 0,06	2,61 ± 0,07	2,81 ± 0,10	NS
	RS2	2,67 ± 0,10	2,80 ± 0,06	2,64 ± 0,11	2,81 ± 0,04	NS
		NS	NS	NS	NS	

CS: Control Salchichón (animales alimentados con pienso comercial y Salchichón elaborado con preparado cárnico PC).
 RS1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Salchichón elaborado con PC comercial). RS2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Salchichón elaborado con PC sin adición de antioxidante E-301). Letras con superíndices: a, b, c (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente (p<0,001; 0,01 y 0,05).

Los valores medios y desviaciones típicas de los parámetros del perfil de textura de los diferentes lotes de longaniza (CL, RL1 y RL2) obtenidos durante el almacenamiento son presentados en la Tabla 33. En general todos los parámetros del perfil de textura se incrementaron con el tiempo de almacenamiento siendo

significativo este incremento entre los días 0 y 45 de almacenamiento ($p < 0,001$), excepto para los parámetros de cohesividad y elasticidad.

Tabla 33: Perfil de Textura (TPA) de los diferentes lotes de longaniza (L) evaluados en producto curado (media \pm d.s.).

		Día 0	Día 45	Día 90	Día 135	
Dureza (N)	CL	18,04 \pm 1,18 ^a	107,97 \pm 3,78 ^{by}	112,39 \pm 2,32 ^{bx}	141,33 \pm 0,61 ^c	***
	RL1	19,86 \pm 0,48 ^a	95,63 \pm 3,09 ^{bx}	122,99 \pm 3,41 ^{cy}	134,83 \pm 5,35 ^c	***
	RL2	19,71 \pm 4,51 ^a	97,30 \pm 1,99 ^{bx}	122,46 \pm 2,06 ^{cy}	144,16 \pm 0,29 ^d	***
		NS	*	*	NS	
Gomosidad (N)	CL	8,33 \pm 1,14 ^a	40,10 \pm 3,78 ^b	46,07 \pm 0,42 ^{bc}	51,17 \pm 0,70 ^c	***
	RL1	9,66 \pm 0,87 ^a	37,56 \pm 0,13 ^b	46,89 \pm 3,17 ^c	52,99 \pm 0,59 ^c	***
	RL2	10,42 \pm 2,70 ^a	39,60 \pm 0,92 ^b	46,94 \pm 0,26 ^{bc}	52,75 \pm 3,42 ^c	***
		NS	NS	NS	NS	
Adhesividad (Ns)	CL	-5,56 \pm 1,52 ^a	-2,10 \pm 1,07 ^{ab}	-1,35 \pm 0,53 ^b	-1,14 \pm 0,22 ^b	*
	RL1	-5,38 \pm 0,73 ^a	-3,97 \pm 0,34 ^a	-1,49 \pm 0,01 ^b	-1,14 \pm 0,09 ^b	**
	RL2	-5,80 \pm 0,14 ^a	-2,58 \pm 0,02 ^b	-1,98 \pm 0,35 ^b	-1,66 \pm 0,32 ^b	***
		NS	NS	NS	NS	
Cohesividad	CL	0,46 \pm 0,04 ^b	0,41 \pm 0,01 ^{ab}	0,37 \pm 0,01 ^a	0,37 \pm 0,01 ^a	*
	RL1	0,48 \pm 0,03 ^b	0,39 \pm 0,01 ^a	0,40 \pm 0,01 ^a	0,36 \pm 0,00 ^a	**
	RL2	0,53 \pm 0,02 ^b	0,41 \pm 0,02 ^{ab}	0,40 \pm 0,03 ^a	0,38 \pm 0,04 ^a	*
		NS	NS	NS	NS	
Masticabilidad (Nmm)	CL	32,10 \pm 1,72 ^a	128,72 \pm 1,64 ^{bx}	135,70 \pm 1,06 ^{cx}	165,11 \pm 1,56 ^d	***
	RL1	38,16 \pm 0,93 ^a	123,93 \pm 1,50 ^{bx}	158,10 \pm 2,56 ^{cy}	169,61 \pm 3,14 ^d	***
	RL2	31,36 \pm 2,24 ^a	133,48 \pm 0,99 ^{by}	161,33 \pm 6,07 ^{cy}	169,96 \pm 3,57 ^c	***
		NS	*	*	NS	
Elasticidad (mm)	CL	3,92 \pm 0,25 ^b	3,31 \pm 0,02 ^a	3,39 \pm 0,02 ^{ay}	3,15 \pm 0,04 ^a	*
	RL1	4,01 \pm 0,17 ^b	3,38 \pm 0,05 ^a	3,29 \pm 0,06 ^{axy}	3,23 \pm 0,06 ^a	**
	RL2	4,16 \pm 0,42 ^b	3,37 \pm 0,11 ^{ab}	3,23 \pm 0,02 ^{ax}	3,16 \pm 0,03 ^a	*
		NS	NS	*	NS	

CL: Control Longaniza. (animales alimentados con pienso comercial y longaniza elaborado con preparado carnico PC).
 RL1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Longaniza elaborado con PC comercial).
 RL2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Longaniza elaborado con PC sin adición de antioxidante E-301).
 Letras con superíndices: a, b, c (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,001$; 0,01 y 0,05).

De acuerdo a los resultados presentados del análisis de perfil de textura (TPA), las muestras de salchichón y longaniza experimentaron un cambio en dicho perfil durante el tiempo de almacenamiento, produciéndose un endurecimiento característico del producto como consecuencia de una pérdida de humedad del mismo. Liaros et al. (2009) y Spaziani et al. (2009) han relacionado la magnitud de la dureza instrumental con el porcentaje de pérdidas de agua durante la maduración en productos similares.

Los lotes de salchichón (CS, RS1 y RS2) presentaron valores más bajos respecto a los lotes de longaniza (CL, RL1 y RL2), en todos los parámetros analizados, como consecuencia del proceso tecnológico al que fueron sometidos, ya que los lotes de salchichón, tras 24 días de maduración, fueron loncheados, envasados en atmósfera modificada y conservados en refrigeración (4°C) durante 77 días, mientras que los lotes de longaniza estuvieron expuestos dentro de una cámara de secado (9°C y 75% HR), como pieza entera, durante 135 días de almacenamiento.

Diversos autores han reportado comportamientos similares en cuanto al endurecimiento de productos cárnicos de similares características generadas durante el almacenamiento, para salchichón (Rubio et al., 2007; Herrero et al., 2007; Calvo et al., 2008), longaniza (Bedia, 2011) y salchichas crudo-curados (Gimeno et al., 2000; Bruna et al., 2001; García et al., 2002; García et al. 2007; Spaziani et al., 2009).

Los valores medios de GOM y ADH de los lotes de salchichón mostraron poca variación durante el almacenamiento, sin embargo en los lotes de longaniza se observó un incremento significativo de ambos al inicio del almacenamiento (entre días 0 y 45). Este comportamiento fue similar a lo reportado en otros estudios con muestras de salchichones (Herrero et al., 2007; Calvo et al., 2008), longaniza imperial (Bedia, 2011) y salchichas de características similares (Bruna et al., 2000; Gimeno et al., 2000; García et al., 2002; García et al., 2007; Spaziani et al., 2009).

La ADH puede ser considerada un atributo de connotación negativa para algunos productos cárnicos (Fizman y Damasio, 2000) ya que puede afectar su capacidad de corte (Bozkurt y Bayram, 2006). Es posible que el porcentaje de materia seca, el pH así como el tamaño de la grasa, influyan significativamente en la ADH (Spaziani et al., 2009; Herrero et al., 2007) lo cual se corresponde con lo señalado en este estudio. Respecto al pH y la adhesividad, a medida que disminuye el pH se observa un ligero incremento de la misma.

En relación a los valores obtenidos de los parámetros de MAS, COH y EL podemos señalar que tanto los lotes de salchichón (CS, RS1 y RS2) como los de longaniza (CL, RL1 y RL2) siguieron comportamientos similares. MAS se incrementó a lo largo del almacenamiento, lo cual es lógico dado el endurecimiento producido en estos productos debido a la deshidratación generada durante el secado y al prolongado tiempo de almacenamiento.

Sin embargo la COH y la EL permanecieron casi constantes durante los días analizados. Diversos autores han señalado similares comportamientos para este tipo de productos (Bruna et al., 2000; Gimeno et al., 2000; Murguerza et al., 2001; García et al., 2002; Hoz et al., 2004; García et al., 2007; Herrero et al., 2007; Calvo et al., 2008).

Sin embargo Rubio et al. (2007) indicaron aumento de ambos atributos (COH y EL) en estudios con muestras de salchichón atribuyendo este incremento a la desnaturalización y oxidación de proteínas estructurales de los tejidos animales, debido a que no observaron cambios en la a_w de este producto. Spaziani et al. (2009) señalaron que los valores de COH son independientes del tiempo de almacenamiento y de los aditivos (azúcares) mostrando menor cohesividad las salchichas de baja acidez frente a otros productos similares (Bruna et al., 2001; Gonzales-Fernández et al., 2006). Se han encontrado correlaciones negativas entre cohesividad y pH ácidos ($< 5,0$) (Gimeno et al., 2000) sin embargo valores bajos de cohesividad se han reportado con valores intermedios de acidez (pH=5,1) (Herrero et al., 2007). Por lo tanto, el pH por encima o cercano al punto

isoeléctrico de las proteínas podría explicar la falta de variabilidad de la cohesividad, incluso en las salchichas conteniendo azúcares. Así mismo, Tsoukalas et al. (2011) indicaron que la reducción de cohesividad es atribuido al efecto de la proteólisis.

Se puede señalar a la deshidratación como factor principal que influye en los cambios de textura generados durante el almacenamiento de estos productos cárnicos (salchichón y longaniza).

La ausencia de investigación relacionada con la textura de productos cárnicos curados elaborados tras la incorporación de extracto de romero en la alimentación animal, dificulta la discusión de los resultados. Sin embargo existen estudios de productos cárnicos a los que se aplicaron ciertas dosis de romero en extracto, aceite esencial o como principio activo, en los que no se encontraron diferencias en los parámetros de textura (Jonjberg et al., 2013; Morán et al., 2012; Viuda Martos et al., 2010) excepto en aquellos que contenían adicionalmente algún tipo de fibra (Savadkoochi et al., 2014; Viuda Martos et al., 2010; Calvo et al., 2008; Yang et al., 2007).

5.3.7 Análisis sensorial de los productos cárnicos

En las Tablas 34 a 41 se muestran las puntuaciones asignadas por los panelistas a los atributos sensoriales evaluados en salchichón y longaniza.

Para ambos productos evaluados, los parámetros sensoriales no variaron por efecto del almacenamiento ni por la alimentación de los animales con extracto de romero. Todos los atributos se mantuvieron constantes, presentando hasta el final del almacenamiento, en cada caso, una adecuada calidad sensorial.

Tabla 34: Atributos sensoriales de apariencia de los diferentes lotes de salchichón (S) evaluados durante el almacenamiento (media \pm d.s.).

		Día 0	Día 28	Día 56	Día 77	
Brillo	CS	2,06 \pm 0,32	2,10 \pm 0,20	2,18 \pm 0,19	2,37 \pm 0,17	NS
	RS1	2,25 \pm 0,17	2,44 \pm 0,19	2,49 \pm 0,64	2,64 \pm 0,15	NS
	RS2	2,60 \pm 0,16	2,70 \pm 0,12	2,66 \pm 0,06	2,81 \pm 0,01	NS
		NS	NS	NS	NS	
CP	CS	8,18 \pm 0,31	7,97 \pm 0,28	8,31 \pm 0,02	8,47 \pm 0,04	NS
	RS1	8,53 \pm 0,01	8,44 \pm 0,24	8,17 \pm 0,12	8,43 \pm 0,26	NS
	RS2	8,27 \pm 0,01	8,37 \pm 0,13	8,29 \pm 0,08	8,05 \pm 0,17	NS
		NS	NS	NS	NS	
CG	CS	8,81 \pm 0,34	8,71 \pm 0,12	8,68 \pm 0,14	8,87 \pm 0,10	NS
	RS1	9,03 \pm 0,01	8,79 \pm 0,13	8,78 \pm 0,05	8,60 \pm 0,23	NS
	RS1	8,92 \pm 0,10	9,07 \pm 0,02	8,90 \pm 0,02	8,87 \pm 0,17	NS
		NS	NS	NS	NS	

CS: Control Salchichón (animales alimentados con pienso comercial y Salchichón elaborado con preparado cármico PC). RS1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Salchichón elaborado con PC comercial). RS2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Salchichón elaborado con PC sin adición de antioxidante E-301). Atributos sensoriales: CP (color propio), CG (color de la grasa). Letras con superíndices: a, b, c (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,001$; 0,01 y 0,05).

Todos los panelistas coincidieron en señalar que los productos salchichón y longaniza, presentaron un color rojo-violáceo característico (CP=color propio), otorgando la puntuación máxima a CP de 8,5 para los lotes de salchichón y 8,0 para la longaniza, debido a que estas últimas presentaron tonalidad más oscura, como causa del largo periodo de almacenamiento. Bedia (2011) reportó un comportamiento similar del color propio de la longaniza, manifestando que la mejora del color podría ser atribuida al corto periodo de secado-maduración al que fue sometido este producto.

Los lotes de salchichón evaluados en este estudio mantuvieron mejor el color al conservarse envasadas en atmósfera modificada, sin embargo Rubio et al. (2008) observaron cierta decoloración en las lonchas de salchichón envasada a vacío y atmósfera modificada.

Tabla 35: Atributos sensoriales de apariencia de los diferentes lotes de longaniza (L) evaluados durante el almacenamiento (media \pm d.s.).

		Día 0	Día 45	Día 90	Día 135	
Brillo	CL	2,89 \pm 0,70	3,62 \pm 0,39	3,71 \pm 0,27	3,21 \pm 0,39	NS
	RL1	2,83 \pm 0,43	3,47 \pm 0,03	3,45 \pm 0,50	3,75 \pm 0,46	NS
	RL2	3,43 \pm 0,19	2,95 \pm 0,62	3,87 \pm 0,36	3,26 \pm 0,79	NS
		NS	NS	NS	NS	
CP	CL	7,74 \pm 0,03 ^a	8,50 \pm 0,02 ^b	8,33 \pm 0,04 ^b	8,44 \pm 0,08 ^b	***
	RL1	7,83 \pm 0,01	8,39 \pm 0,42	8,36 \pm 0,29	8,23 \pm 0,44	NS
	RL2	8,04 \pm 0,25	8,13 \pm 0,08	8,43 \pm 0,27	8,24 \pm 0,10	NS
		NS	NS	NS	NS	
CG	CL	8,77 \pm 0,01	8,74 \pm 0,13	8,63 \pm 0,31	8,75 \pm 0,01 ^y	NS
	RL1	8,66 \pm 0,24	8,79 \pm 0,01	8,30 \pm 0,17	8,25 \pm 0,30 ^{xy}	NS
	RL2	8,70 \pm 0,04 ^b	8,64 \pm 0,10 ^b	8,68 \pm 0,19 ^b	7,89 \pm 0,04 ^{ax}	**
		NS	NS	NS	*	

CL: Control Longaniza. (animales alimentados con pienso comercial y longaniza elaborado con preparado carnico PC).
 RL1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Longaniza elaborado con PC comercial). RL2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Longaniza elaborado con PC sin adición de antioxidante E-301). Letras con superíndices: a, b, c (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,001$; 0,01 y 0,05).

Tsoukalas et al. (2011) señalan que los resultados derivados del análisis sensorial del color en este tipo de productos no coinciden con lo reportado tras la medición instrumental, probablemente debido a que el resultado objetivo de las coordenadas de color representa un valor medio del enrojecimiento del producto generado a lo largo del periodo de procesamiento, mientras que la evaluación sensorial refleja la medición del color obtenido durante el tiempo de maduración del mismo.

En cuanto a CG, las puntuaciones se mantuvieron dentro del rango de 9,1 a 8,5 para los lotes de salchichón y entre 8,7 y 7,8 para longaniza, disminuyendo escasamente durante el almacenamiento. El color de la grasa de los lotes de salchichón fue el característico (blanco) mientras que en los de longaniza apareció cierta tonalidad amarillenta alrededor de la loncha, lo cual podría asociarse a un proceso de oxidación de la grasa, si bien, al final del almacenamiento los panelistas no percibieron olor ni sabor a rancio en el producto. Esta observación

coincide con lo presentado por Bedia (2011) en un producto de similares características.

En cuanto al atributo de olor, las Tablas 36 y 37 muestran las puntuaciones establecidas por el panel de catadores, observándose generalmente no diferencias significativas entre la muestra control y los lotes con tratamientos de ambos productos cárnicos.

Los olores característicos de los lotes de salchichón y longaniza son: olor propio, OP, olor graso, OG y olor especiado, OE; mientras que olor a humedad/mohoso OH/M, olor rancio, OR y olor ácido, OA son olores derivados de la pérdida de calidad del producto.

Al igual que en la percepción visual, ningún lote de salchichón (CS, RS1 y RS2) ni longaniza (CL, RL1 y RL2) se vieron afectados ni por el almacenamiento ni por el tipo de alimentación. Sin embargo, varios autores (Summo et al., 2010; Fernández-Fernández et al., 2002; Rubio et al., 2007) en estudios similares observaron un deterioro sensorial de los productos cárnicos, lo que provoca una reducción de la aceptación general del producto. Riznar et al. (2006) han señalado que no encontraron diferencias en el sabor de las salchichas Frankfurt control y aquellas tratadas con 200 ppm de romero.

Tabla 36: Atributos sensoriales de olor de los diferentes lotes de salchichón (S) evaluados durante el almacenamiento (media \pm d.s.).

		Día 0	Día 28	Día 56	Día 77	
OP	CS	9,05 \pm 0,31	8,81 \pm 0,14 ^x	8,83 \pm 0,20	9,07 \pm 0,14	NS
	RS1	9,21 \pm 0,12	8,84 \pm 0,05 ^x	9,23 \pm 0,20	8,89 \pm 0,02	NS
	RS2	8,82 \pm 0,45	9,33 \pm 0,10 ^y	9,36 \pm 0,27	8,89 \pm 0,07	NS
		NS	*	NS	NS	
OG	CS	0,03 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,02	0,01 \pm 0,01	NS
	RS1	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,02	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,02	NS
	RS2	0,03 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,02 \pm 0,01	0,05 \pm 0,07	NS
		NS	NS	NS	NS	
OE	CS	5,85 \pm 0,12	5,41 \pm 0,02	5,65 \pm 0,18	5,41 \pm 0,64	NS
	RS1	5,50 \pm 0,09	5,44 \pm 0,09	5,70 \pm 0,02	5,69 \pm 0,14	NS
	RS2	5,57 \pm 0,43	5,41 \pm 0,34	5,72 \pm 0,06	5,41 \pm 0,04	NS
		NS	NS	NS	NS	
OH/M	CS	0,01 \pm 0,02	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,00 \pm 0,00	NS
	RS1	0,00 \pm 0,00	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,02	NS
	RS2	0,01 \pm 0,02	0,00 \pm 0,00	0,01 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	NS
		NS	NS	NS	NS	
OR	CS	0,03 \pm 0,00 ^{by}	0,01 \pm 0,01 ^{ab}	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^{ax}	*
	RS1	0,00 \pm 0,00 ^x	0,00 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,02	NS
	RS2	0,03 \pm 0,01 ^{by}	0,00 \pm 0,00 ^a	0,01 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	**
		*	NS	NS	NS	
OA	CS	0,04 \pm 0,06	0,06 \pm 0,04	0,01 \pm 0,01	0,00 \pm 0,00	NS
	RS1	0,01 \pm 0,02	0,01 \pm 0,01	0,03 \pm 0,04	0,05 \pm 0,02	NS
	RS2	0,04 \pm 0,06	0,00 \pm 0,00	0,06 \pm 0,06	0,01 \pm 0,02	NS
		NS	NS	NS	NS	

CS: Control Salchichón (animales alimentados con pienso comercial y Salchichón elaborado con preparado cárnico PC).
 RS1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Salchichón elaborado con PC comercial). RS2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Salchichón elaborado con PC sin adición de antioxidante E-301). Atributos sensoriales: OP (olor propio), OG (olor graso), OE (olor especiado), OH (olor a humedad/mohoso), OR (olor rancio), OA (olor ácido). Letras con diferentes superíndices: a, b, c,.. (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,05$). NS: no significativo

Tabla 37: Atributos sensoriales de olor de los diferentes lotes de longaniza (L) evaluados durante el almacenamiento (media \pm d.s.).

		Día 0	Día 45	Día 90	Día 135	
OP	CL	8,17 \pm 0,12	8,47 \pm 0,15	8,49 \pm 0,04 ^y	8,40 \pm 0,20 ^y	NS
	RL1	7,79 \pm 0,02 ^a	8,31 \pm 0,16 ^b	8,11 \pm 0,02 ^{abx}	7,77 \pm 0,08 ^{ax}	*
	RL2	8,02 \pm 0,27	8,17 \pm 0,28	8,14 \pm 0,03 ^x	7,73 \pm 0,20 ^x	NS
		NS	NS	**	*	
OG	CL	0,21 \pm 0,29	0,04 \pm 0,06	0,17 \pm 0,11	0,07 \pm 0,04	NS
	RL1	0,00 \pm 0,00	0,18 \pm 0,26	0,05 \pm 0,07	0,11 \pm 0,15	NS
	RL2	0,19 \pm 0,20	0,00 \pm 0,00	0,21 \pm 0,11	0,11 \pm 0,06	NS
		NS	NS	NS	NS	
OE	CL	3,94 \pm 0,03	4,21 \pm 0,41	4,21 \pm 0,12	3,86 \pm 0,10	NS
	RL1	3,60 \pm 0,24	4,28 \pm 0,26	3,93 \pm 0,21	3,60 \pm 0,18	NS
	RL2	4,16 \pm 0,25	3,82 \pm 0,11	3,83 \pm 0,06	3,60 \pm 0,21	NS
		NS	NS	NS	NS	
OH/M	CL	0,02 \pm 0,03	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,04 \pm 0,06	NS
	RL1	0,03 \pm 0,04	0,03 \pm 0,04	0,05 \pm 0,07	0,00 \pm 0,00	NS
	RL2	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,04 \pm 0,05	NS
		NS	NS	NS	NS	
OR	CL	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,04 \pm 0,05	0,04 \pm 0,05	NS
	RL1	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,14 \pm 0,20 ^{ab}	0,58 \pm 0,12 ^b	*
	RL2	0,00 \pm 0,00	0,04 \pm 0,05	0,27 \pm 0,29	0,82 \pm 0,45	NS
		NS	NS	NS	NS	
OA	CL	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,03 \pm 0,01 ^b	0,04 \pm 0,05	NS
	RL1	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00	NS
	RL2	0,03 \pm 0,04	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00	NS
		NS	NS	*	NS	

CL: Control Longaniza. (animales alimentados con pienso comercial y longaniza elaborado con preparado carnico PC).
 RL1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Longaniza elaborado con PC comercial). RL2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Longaniza elaborado con PC sin adición de antioxidante E-301). Atributos sensoriales: OP (olor propio), OG (olor graso), OE (olor especiado), OH (olor a humedad/mohoso), OR (olor rancio), OA (olor ácido). Letras con diferentes superíndices: a, b, c... (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,05$). NS: no significativo.

En cuanto a la percepción gustativa, los atributos de sabor y aroma son característicos para cada tipo de producto cárnico. El salchichón posee un sabor especiado propio de estos productos por lo que la valoración del aroma especiado (AE) fue superior (5,0-7,0) comparado con los lotes de longaniza (3,0-4,0).

Rubio et al. (2007) señalaron que los productos cárnicos curados presentan un discreto olor y sabor a especia (pimienta blanca). En este sentido, Ruiz et al. (2005) determinaron los principales atributos sensoriales del salchichón y el olor y aroma específico a pimienta como uno de las mayores características distintivas. Ordóñez et al. (1999) y Stahnke (1995) indicaron que las especias y otros condimentos contribuyen al sabor general, y modulan algunas reacciones auto-oxidativas.

En cuanto al sabor propio, se mantuvo constante durante el almacenamiento en ambos productos, no presentando este atributo signos de deterioro. Sin embargo otros autores observaron pérdida de sabor propio así como aparición de sabores anómalos (rancio) a partir de dos meses de almacenamiento del producto. Así Summo et al. (2010) indicaron que los atributos de deterioro se incrementaron tras dos meses de almacenamiento, coincidiendo con Fernández-Fernández et al. (2002). Por otro lado, Bedia (2011) reportó que la longaniza crudo-curada en condiciones de venta experimentaron pérdidas de aroma y sabor propio, asociados a una incipiente rancidez, un olor y sabor a moho, y un considerable regusto amargo, mientras que la acidez del producto se mantuvo estable, haciéndose evidente a partir del día 120 de almacenamiento. Resultados similares fueron descritos en muestras de salchichón por Rubio et al. (2007).

Por otro lado, la aplicación exógena de extractos vegetales en salchichas curadas fermentadas recibieron puntuaciones desfavorables respecto al producto típico en relación a la apariencia y el sabor (Ribas-Agustí et al., 2014).

Tabla 38: Atributos sensoriales de sabor y aroma de los diferentes lotes de salchichón (S) evaluados durante el almacenamiento (media \pm d.s.).

		Día 0	Día 28	Día 56	Día 77	
SS	CS	4,23 \pm 0,01	4,45 \pm 0,27	4,83 \pm 0,25	4,35 \pm 0,19	NS
	RS1	4,08 \pm 0,27	4,64 \pm 0,33	4,39 \pm 0,28	4,45 \pm 0,57	NS
	RS2	4,16 \pm 0,01	4,23 \pm 0,26	4,37 \pm 0,22	4,32 \pm 0,23	NS
		NS	NS	NS	NS	
AP	CS	9,19 \pm 0,25	9,02 \pm 0,26	9,09 \pm 0,14	9,13 \pm 0,06	NS
	RS1	9,00 \pm 0,14	9,04 \pm 0,31	9,18 \pm 0,39	8,94 \pm 0,23	NS
	RS2	8,98 \pm 0,51	9,09 \pm 0,27	9,34 \pm 0,18	9,07 \pm 0,02	NS
		NS	NS	NS	NS	
AE	CS	6,63 \pm 0,50	5,77 \pm 0,30	6,43 \pm 0,15	5,92 \pm 0,09	NS
	RS1	5,99 \pm 0,17	6,21 \pm 0,08	6,14 \pm 0,14	6,39 \pm 0,29	NS
	RS2	6,40 \pm 0,78	5,89 \pm 0,26	6,39 \pm 0,20	5,98 \pm 0,10	NS
		NS	NS	NS	NS	
AG	CS	0,11 \pm 0,12	0,01 \pm 0,02	0,03 \pm 0,01	0,00 \pm 0,00	NS
	RS1	0,02 \pm 0,03	0,03 \pm 0,01	0,06 \pm 0,08	0,01 \pm 0,02	NS
	RS2	0,09 \pm 0,09	0,00 \pm 0,00	0,02 \pm 0,00	0,06 \pm 0,08	NS
		NS	NS	NS	NS	
AH/M	CS	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	NS
	RS1	0,00 \pm 0,00	0,01 \pm 0,01	0,06 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01	NS
	RS2	0,01 \pm 0,01	0,00 \pm 0,00	0,02 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	NS
		NS	NS	NS	NS	
AR	CS	0,01 \pm 0,02	0,03 \pm 0,02	0,11 \pm 0,12	0,11 \pm 0,09	NS
	RS1	0,00 \pm 0,00	0,01 \pm 0,02	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,02	NS
	RS2	0,05 \pm 0,04	0,00 \pm 0,00	0,02 \pm 0,01	0,00 \pm 0,00	NS
		NS	NS	NS	NS	

CS: Control Salchichón (animales alimentados con pienso comercial y Salchichón elaborado con preparado cármico PC).
 RS1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Salchichón elaborado con PC comercial). RS2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Salchichón elaborado con PC sin adición de antioxidante E-301). Atributos sensoriales: SA (sabor ácido), SS (sabor salado), AP (aroma propio), AG (aroma graso), AE (aroma especiado), AH (aroma a humedad/mohoso), AR (aroma rancio). Letras con diferentes superíndices: a, b, c,... (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,05$). NS: no significativo

Tabla 39: Atributos sensoriales de sabor y aroma de los diferentes lotes de longaniza (L) evaluados durante el almacenamiento (media \pm d.s.).

		Día 0	Día 45	Día 90	Día 135	
SS	CL	4,09 \pm 0,29	4,53 \pm 0,26	4,57 \pm 0,31	4,60 \pm 0,22	NS
	RL1	4,21 \pm 0,30	4,26 \pm 0,22	4,53 \pm 0,26	4,53 \pm 0,15	NS
	RL2	4,11 \pm 0,55	4,39 \pm 0,05	4,61 \pm 0,03	4,48 \pm 0,17	NS
		NS	NS	NS	NS	
AP	CL	8,16 \pm 0,06	8,69 \pm 0,03 ^y	8,48 \pm 0,13	8,40 \pm 0,30	NS
	RL1	8,02 \pm 0,07 ^b	8,52 \pm 0,08 ^{oxy}	8,30 \pm 0,16 ^{bc}	7,60 \pm 0,09 ^a	**
	RL2	8,10 \pm 0,25	8,33 \pm 0,12 ^x	7,90 \pm 0,47	7,69 \pm 0,27	NS
		NS	*	NS	NS	
AE	CL	4,02 \pm 0,45	4,47 \pm 0,10	4,23 \pm 0,24	4,13 \pm 0,30	NS
	RL1	3,62 \pm 0,15 ^a	4,18 \pm 0,19 ^{ab}	4,29 \pm 0,14 ^b	4,05 \pm 0,01 ^{ab}	*
	RL2	4,28 \pm 0,12	3,94 \pm 0,24	4,31 \pm 0,12	3,80 \pm 0,35	NS
		NS	NS	NS	NS	
AG	CL	0,26 \pm 0,19	0,22 \pm 0,10	0,31 \pm 0,07	0,21 \pm 0,14	NS
	RL1	0,22 \pm 0,12	0,24 \pm 0,26	0,20 \pm 0,07	0,43 \pm 0,30	NS
	RL2	0,27 \pm 0,11	0,26 \pm 0,21	0,29 \pm 0,21	0,33 \pm 0,21	NS
		NS	NS	NS	NS	
AH/M	CL	0,03 \pm 0,04	0,00 \pm 0,00	0,01 \pm 0,02	0,00 \pm 0,00	NS
	RL1	0,03 \pm 0,04	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,08 \pm 0,12	NS
	RL2	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,02 \pm 0,03 ^{ab}	0,10 \pm 0,03 ^b	*
		NS	NS	NS	NS	
AR	CL	0,09 \pm 0,13	0,00 \pm 0,00	0,01 \pm 0,02	0,02 \pm 0,03 ^x	NS
	RL1	0,00 \pm 0,00 ^a	0,05 \pm 0,07 ^a	0,21 \pm 0,29 ^a	1,57 \pm 0,01 ^{by}	**
	RL2	0,00 \pm 0,00	0,26 \pm 0,36	0,66 \pm 0,24	1,18 \pm 0,47 ^y	NS
		NS	NS	NS	*	

CL: Control Longaniza. (animales alimentados con pienso comercial y longaniza elaborado con preparado carnico PC).
 RL1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Longaniza elaborado con PC comercial). RL2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Longaniza elaborado con PC sin adición de antioxidante E-301). Atributos sensoriales: SA (sabor ácido), SS (sabor salado), AP (aroma propio), AG (aroma graso), AE (aroma especiado), AH (aroma a humedad/mohoso), AR (aroma rancio). Letras con diferentes superíndices: a, b, c... (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,05$). NS: no significativo

El perfil de textura sensorial evaluado en este estudio hacen referencia a la sensación grasa (SG), la dureza (DUR), jugosidad (JUG) y masticabilidad (MAST).

Respecto a SG los valores no variaron ni con el almacenamiento ni entre los lotes. Como puede observarse, los lotes de longaniza fueron valorados con una mayor SG respecto a los lotes de salchichón, esta diferencia puede ser debida fundamentalmente al contenido de grasa empleado en la elaboración de dichos productos cárnicos, ya que los lotes de longaniza se elaboraron a partir de 30% de grasa mientras que los de salchichón emplearon solo un 20% de grasa. Bedia (2011) señala que la proporción de grasa empleada en la elaboración de longaniza imperial aumenta con la pérdida de agua, generando una sensación de untuosidad en la boca, dicho comportamiento no se relaciona con lo presentado en este estudio.

En cuanto a la dureza, esta se ve influenciada no solo por la deshidratación del producto, sino también al prologando periodo de almacenamiento y contenido de grasa. De acuerdo a los resultados presentados, los lotes de longaniza mostraron un incremento de DUR durante los días de almacenamiento, mientras que los lotes de salchichón se mantuvieron constantes.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Casquete et al. (2011a), quienes percibieron una mayor dureza al final del almacenamiento, lo cual no afectó la aceptación del salchichón ibérico, y por Bedia (2011) en estudios relacionados con longaniza imperial. En cuanto al efecto de la alimentación, ésta no produjo diferencias de dureza lo cual no se corresponde con lo señalado por Rubio et al. (2007), quienes sostienen que la incorporación de antioxidantes naturales en la dieta animal contribuye a reducir la dureza de los salchichones.

Tabla 40: Atributos sensoriales de textura de los diferentes lotes de salchichón (S) evaluados durante el almacenamiento (media \pm d.s.).

		Día 0	Día 28	Día 56	Día 77	
SG	CS	4,81 \pm 0,29	4,57 \pm 0,00	4,72 \pm 0,06	4,82 \pm 0,04 ^x	NS
	RS1	4,70 \pm 0,07	5,02 \pm 0,17	4,86 \pm 0,26	4,83 \pm 0,01 ^{xy}	NS
	RS2	4,96 \pm 0,34	4,89 \pm 0,12	4,89 \pm 0,27	4,95 \pm 0,03 ^y	NS
		NS	NS	NS	*	
DUR	CS	5,69 \pm 0,15	5,50 \pm 0,10 ^{xy}	5,51 \pm 0,08	5,30 \pm 0,23	NS
	RS1	5,38 \pm 0,03	5,87 \pm 0,22 ^y	5,56 \pm 0,43	5,59 \pm 0,32	NS
	RS2	5,30 \pm 0,14 ^{ab}	5,10 \pm 0,02 ^{ax}	5,49 \pm 0,06 ^b	5,16 \pm 0,10 ^{ab}	*
		NS	*	NS	NS	
JUG	CS	7,39 \pm 0,34	7,15 \pm 0,61	7,18 \pm 0,19	7,14 \pm 0,52	NS
	RS1	7,12 \pm 0,55	7,24 \pm 0,50	7,36 \pm 0,65	7,10 \pm 0,32	NS
	RS2	7,51 \pm 0,27	7,18 \pm 0,44	7,70 \pm 0,14	7,38 \pm 0,45	NS
		NS	NS	NS	NS	
MAST	CS	5,44 \pm 0,24	5,35 \pm 0,27	5,41 \pm 0,11	5,37 \pm 0,08	NS
	RS1	5,33 \pm 0,15	5,56 \pm 0,24	5,44 \pm 0,34	5,34 \pm 0,53	NS
	RS2	5,08 \pm 0,08	5,12 \pm 0,07	5,21 \pm 0,01	5,23 \pm 0,27	NS
		NS	NS	NS	NS	

CS: Control Salchichón (animales alimentados con pienso comercial y Salchichón elaborado con preparado cárnico PC). RS1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Salchichón elaborado con PC comercial). RS2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Salchichón elaborado con PC sin adición de antioxidante E-301). Atributos sensoriales: SG (sensación grasa), DUR (dureza), JUG (jugosidad), MAST (masticabilidad). Letras con diferentes superíndices: a, b, c... (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,05$). NS: no significativo

Tabla 41: Atributos sensoriales de textura de los diferentes lotes de longaniza (L) evaluados durante el almacenamiento (media \pm d.s.).

		Día 0	Día 45	Día 90	Día 135	
SG	CL	5,81 \pm 0,11	5,34 \pm 0,53	5,37 \pm 0,57	5,56 \pm 0,17	NS
	RL1	5,78 \pm 0,04	5,86 \pm 0,34	5,46 \pm 0,37	5,89 \pm 0,31	NS
	RL2	5,69 \pm 0,61	5,54 \pm 0,34	5,92 \pm 0,10	5,56 \pm 0,54	NS
		NS	NS	NS	NS	
DUR	CL	3,78 \pm 0,19 ^a	5,47 \pm 0,04 ^b	5,52 \pm 0,27 ^b	5,51 \pm 0,20 ^b	**
	RL1	3,88 \pm 0,05 ^a	5,04 \pm 0,65 ^{ab}	5,49 \pm 0,12 ^b	5,93 \pm 0,39 ^b	*
	RL2	4,17 \pm 0,40 ^a	5,31 \pm 0,04 ^b	5,72 \pm 0,22 ^b	5,66 \pm 0,18 ^b	**
		NS	NS	NS	NS	
JUG	CL	6,06 \pm 0,47	6,23 \pm 0,03	5,79 \pm 0,39	6,32 \pm 0,15	NS
	RL1	6,76 \pm 0,42	6,26 \pm 0,23	6,17 \pm 0,22	5,88 \pm 0,63	NS
	RL2	6,24 \pm 0,31	6,59 \pm 0,14	5,81 \pm 0,59	5,99 \pm 0,02	NS
		NS	NS	NS	NS	
MAST	CL	4,46 \pm 0,06 ^a	5,01 \pm 0,14 ^{ab}	4,96 \pm 0,07 ^{ab}	5,26 \pm 0,26 ^b	*
	RL1	4,48 \pm 0,06	5,01 \pm 0,55	5,00 \pm 0,08	5,23 \pm 0,03	NS
	RL2	4,46 \pm 0,09	4,93 \pm 0,04	5,36 \pm 0,28	5,28 \pm 0,42	NS
		NS	NS	NS	NS	

CL: Control Longaniza. (animales alimentados con pienso comercial y longaniza elaborado con preparado carnico PC).
 RL1: Tratamiento 1 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Longaniza elaborado con PC comercial).
 RL2: Tratamiento 2 (animales alimentados con pienso comercial + 1000 ppm de extracto de romero y Longaniza elaborado con PC sin adición de antioxidante E-301).
 Atributos sensoriales: SG (sensación grasa), DUR (dureza), JUG (jugosidad), MAST (masticabilidad).
 Letras con diferentes superíndices: a, b, c,.. (efecto de almacenamiento) / x, y, z (efecto de tratamiento) que difieren significativamente ($p < 0,05$). NS: no significativo.

Ambos productos no presentaron diferencias en los valores de JUG respecto al almacenamiento y al efecto de la incorporación del romero en la alimentación.

Estudios realizados con muestras de salchichón (Mata, 1999) y longaniza (Bedia, 2011) han reportado comportamientos similares a los obtenidos en este estudio que de acuerdo a los valores obtenidos, podemos considerar que son productos relativamente jugosos. Estudios realizados con embutidos inoculados han resultado ser menos jugosos que aquellos embutidos sin inocular (Mata, 1999; González-Fernández et al., 1997).

La jugosidad es un atributo estrechamente relacionado con el contenido en agua del producto así como también, con el contenido en grasa, ya que ésta induce a la salivación. Onega (2003) señala que el contenido de grasa influye en la jugosidad a través de efectos directos e indirectos. La sensación de jugo liberado en la boca durante la masticación, o durante el primer mordisco, y la subsecuente estimulación de las glándulas salivares por la grasa, influye en la percepción de la jugosidad del producto.

CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES

Primera

En base a los resultados obtenidos, la producción de cerdos Chato Murciano con un peso al sacrificio próximo a los 180 kg, no representa una mejora sustancial en términos de calidad de la carne y aptitud tecnológica de la misma, por lo que a priori carecería de interés llevar a los animales a pesos al sacrificio tan elevados lo cual redundaría en un mayor coste de producción.

Segunda

Se observa que existe una falta de homogeneidad de la raza, lo cual se manifiesta especialmente en parámetros tales como grosor del panículo adiposo, porcentaje de grasa intramuscular, etc, esto pone de manifiesto la necesidad de trabajar en este sentido al objeto de obtener productos de calidad más uniforme.

Tercera

La incorporación de 1000 ppm de extracto de romero desodorizado en la alimentación de cerdos Chato Murciano durante la etapa de cebo, no afectó a los parámetros físico-químicos de la carne fresca ni a los parámetros sensoriales de la carne fresca y cocinada. Sin embargo, la carne procedente de los animales alimentados con extracto de romero, presentaron menores recuentos para algunos grupos de microorganismos estudiados lo cual podría deberse a un efecto antimicrobiano del romero suministrado en la dieta.

Cuarta

En general, se observa un efecto significativo del tiempo de almacenamiento sobre los parámetros físico-químicos, microbiológicos y sensoriales de la carne en ambos grupos (C y ER).

Quinta

El tiempo de almacenamiento afecta de manera significativa a todos los parámetros analizados en los productos cárnicos curados (salchichón y longaniza).

Cabe destacar que la textura del salchichón se mantuvo constante a lo largo del almacenamiento mientras que en el caso de la longaniza los parámetros de textura analizados, experimentaron cambios importantes del inicio al fin del almacenamiento. Este comportamiento es atribuible a la presentación y formato de cada uno de los productos.

Sexta

La dosis de 1000 ppm de extracto de romero suministrada en el pienso de los cerdos Chato Murciano, no ha sido suficiente para controlar la oxidación lipídica de los productos cárnicos salchichón y longaniza, lo cual es reforzado por el hecho de que en el grupo RS2 y RL2, de cuya fórmula se ha eliminado el ascorbato, los valores de TBARS son superiores. Asimismo, el romero tampoco mostró un efecto positivo sobre la estabilidad del color de los productos cárnicos.

Séptima

Los lotes de salchichón y longaniza RS2 y RL2 correspondientes a la formulación sin ascorbato presentaron los valores más altos de nitrito residual durante todo el periodo de almacenamiento, debido a la capacidad de los agentes reductores de acelerar la conversión del nitrato y/o nitrito a óxido nítrico.

Octava

Los recuentos microbianos han sido más bajos en los lotes de salchichón y longaniza procedentes de los animales suplementados lo cual puede atribuirse a un efecto antimicrobiano del romero, si bien este efecto es menos manifiesto en el salchichón probablemente debido al efecto protector, en este producto, de la atmósfera de envasado empleada.

Novena

En las condiciones del estudio, las dosis de extracto de romero incorporadas en la alimentación de los cerdos Chato Murciano, han mostrado efecto antimicrobiano, sin embargo no se ha observado actividad antioxidante. Probablemente las dosis empleadas hayan resultado insuficientes. Por este motivo consideramos que sería de interés para futuras investigaciones incrementar la dosis de extracto así como explorar otras alternativas tales como, tiempo de administración, tipo de extracto y pureza de los mismos, vía de administración, etc.

RESUMEN

VII. RESUMEN

En la presente Tesis Doctoral se estudió el efecto del peso al sacrificio en la calidad de la canal y de la carne de cerdos Chato Murciano así como también el efecto de la incorporación de 1000 ppm de extracto de romero en la alimentación animal sobre la calidad tanto en la carne fresca como en productos cárnicos crudo-curados (salchichón y longaniza imperial) evaluados durante el almacenamiento.

Para ello se diseñaron tres estudios diferentes. En el primero (1) se utilizaron un total de 42 animales divididos en dos grupos de peso ($n=21$), peso ligero “PL” ($147,98 \pm$ kg) y peso pesado “PP” ($176,07 \pm$ kg). Para la segundo ensayo (2) se emplearon un total de 21 animales, alimentados durante la etapa de engorde con pienso convencional (grupo Control “C”, $n=10$) o bien con la incorporación de 1000 ppm de extracto de romero desodorizado en el pienso (grupo Extracto “ER”, $n=11$), y para el tercero (3) se evaluó el efecto de la alimentación animal con extracto de romero, sobre la calidad y vida útil de los productos crudo-curado salchichón (S) y longaniza imperial (L), utilizándose como materia prima para su elaboración aquella procedente de piezas cárnicas obtenidas del segundo estudio.

La calidad de la canal se evaluó mediante el estudio de las características morfométricas (longitud de la canal, espesor de panículo adiposo, rendimiento) de la misma. La calidad de la carne se determinó a partir de parámetros físico-químicos (pH, capacidad de retención de agua, humedad, proteína, grasa, cenizas, perfil de ácidos grasos, color CIELab y estabilidad oxidativa), microbiológicos (recuentos de aerobios, psicrofilos, enterobacterias, bacterias ácido lácticas, coliformes, mohos y levaduras) y sensoriales (en carne fresca y cocinada, atributos de olor, color y sabor). La calidad de los productos cárnicos se evaluó siguiendo los mismos criterios que para la calidad de carne, incluyendo actividad de agua, acidez, nitrito residual y perfil de textura.

Los resultados obtenidos indican que en general, el peso del animal no modifica la calidad de la canal ni de la carne, pudiéndose observar pequeñas variaciones en el contenido de grasa intramuscular y colesterol y en el perfil de ácidos grasos.

No se observó un efecto significativo del tratamiento (C y ER) sobre la composición proximal de la carne, excepto para el contenido en grasa intramuscular. La incorporación de 1000 ppm de extracto de romero en la alimentación de los cerdos, no produjo cambios destacables en los parámetros tecnológicos analizados en la carne. Sin embargo, si se apreciaron menores recuentos microbiológicos en carne procedente de animales suplementados con el extracto, apreciándose un efecto antimicrobiano del mismo. El tiempo de almacenamiento tuvo un efecto significativo sobre todos los parámetros estudiados en ambos lotes (C y ER). Así, la oxidación lipídica experimentó un aumento, y se apreció un deterioro del color de la carne, al mismo tiempo que aumentaron los recuentos microbianos y el deterioro de los atributos sensoriales.

Los resultados de los lotes de salchichón y longaniza, en general, no muestran diferencias significativas en base a la suplementación con extracto de romero, si bien los lotes RS1 y RL1 presentaron mayor estabilidad oxidativa. Entre los tratamientos, el comportamiento es similar al presentado para carne fresca, en cuanto a la composición proximal, parámetros fisico-químicos, microbiológicos y sensoriales. Las diferencias observadas en cuanto al efecto del almacenamiento es el esperado en estos productos durante el periodo de almacenamiento.

Por lo tanto, podemos destacar que los cerdos Chato Murciano de bajo peso proporcionan buenas características en término de calidad de la carne y aptitud tecnológica de la misma, con lo cual se reduciría el coste de producción. La incorporación de extracto de romero proporciona cierto efecto antioxidante a la carne y productos cárnicos, retrasando el deterioro de cambios sensoriales que puedan influir en la aceptación final del consumidor.

ENGLISH SUMMARY

VII. ENGLISH SUMMARY

The effect of slaughter weight on carcass quality and meat Chato Murciano pig as well as the effect of the addition of 1000 ppm rosemary extract in animal feed on meat quality in fresh as in dry-cured meat products typical Spanish (*Salchichón y Longaniza imperial*) evaluated during storage was studied in the present PhD thesis.

For this three different studies were designed. In the first (1) a total of 42 animals divided into two weight groups (n=21). light weight "PL" ($\pm 147,98$ kg.) and heavy weight "PP" ($\pm 176,07$ kg) were used. For the second experiment (2) a total of 21 animals fed during the fattening stage with standard feed (Control group "C", n=10) or with addition of 1000 ppm of deodorized rosemary extract in the feed (Extract group "ER", n=11) were investigated, and for the third (3) the effect of feed with rosemary extract on the quality and shelf life of dry-cured products salchichón (S) and longaniza (L) were evaluated, using as raw material for processing meat pieces obtained in the second study.

The carcass quality was evaluated by studying the morphometric characteristics (carcass length, adipose tissue thickness, yield) of it. The meat quality was determined from the physico-chemical parameters (pH, water holding capacity, moisture, protein, fat, ash, fatty acid profile, oxidative stability and CIELab color), microbiological (aerobic count, psychrophilic, Enterobacteriaceae, lactic acid bacteria, coliforms, molds and yeasts) and sensory (in fresh and cooked meat, attributes of odor, color and flavor). The quality of meat products was evaluated using the same criteria for the quality of meat, including water activity, acidity, residual nitrite, texture profile.

In general, the results indicate that the weight of the animal does not change the quality of the carcass or meat, being able to see slight variations in the content of intramuscular fat and cholesterol and fatty acids profile.

No significant effect of treatment (C and ER) on the proximate composition of meat, except for intramuscular fat content was observed. The addition of 1000 ppm of Rosemary extract in the feeding of pigs produced no notable changes technological parameters analyzed in the meat. However, lower microbiological counts were observed in meat from supplemented with the extract, showing a antimicrobial effect of the same. Storage time had a significant effect on all parameters studied in both batch (C and ER). Thus, the lipid oxidation experienced an increase, and deterioration of color meat was observed, at the same time increased the microbial counts and deterioration of the sensory attributes.

The results of lots of salchichón and longaniza, generally not show significant differences based on supplementation with rosemary extract, although RS1 and RL1 lots showed higher oxidative stability. Between the treatments, the behavior are similar to that reported for fresh meat, as to proximate composition, physico-chemical, microbiological and sensory parameters. The observed difference in the effect of storage is expected in these products during the storage period.

Thus, we emphasize that Chato Murciano pigs with light weight provide good characteristics in terms of meat quality and technological aptitude of the same, so the production cost is reduced. The addition of rosemary extract provides some antioxidant effect on meat and meat products, delaying the deterioration of sensory changes that may influence the final consumer acceptance.

BIBLIOGRAFÍA

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Abuja, P. M., Albertini, R. 2001. Methods for monitoring oxidative stress, lipid peroxidation and oxidation resistance of lipoproteins. *Clin Chim Acta*. 306: 1-17.
- Ahn, D.U., Nam, K.C. 2004. Effects of ascorbic acid and antioxidants on color, lipid oxidation and volátiles of irradiated ground beef. *Radiation Physics and Chemistry*. 71: 149-154.
- Albertí, P y Sañudo, C. 1988. Características de la canal y calidad de la carne de terneros cebados con dietas forrajeras y suplementados con distinta cantidad de pienso. En ITEA. 76: 3-14.
- Albertí, P. 2000. Medición del color. En Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes, Monografías INIA: Ganadera nº 1: 157-166. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Ammor M.S., Mayo, B. 2007. Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production: An update. *Meat Science*. 76: 138-146.
- Andrade, M.J., Córdova, J.J., Casado, E.M., Córdoba, M.G., Rodríguez, M. 2010. Effect of selected strains of *Debaryomyces hansenii* on the volatile compounds production of dry fermented sausage “salchichón”. *Meat Science*. 85: 256-264.
- Andersen, M.L., Lauridsen, R.K., Skibsted, L.H. 2003. Optimising the use of phenolic compounds in foods. In: *Phytochemical functional foods*. I. Johnson & G. Williamson (Eds.) Woodhead publishing, Ltd. Cambridge. (315-346).
- Andersen, H.J., Oksbjerg, N., Young, J.F., Therkildsen, M., 2005. Feeding and meat quality – a future approach. *Review Meat Science*. 70: 543-554.
- Andrés, A.I., Cava, R., Mayoral, A.I., Tejeda, J.F., Morcuende, D., Ruiz, J. 2001. Oxidative stability and fatty acid composition of pig muscles as affected by rearing system, crossbreeding and metabolic type of fibre. *Meat Science*. 59: 39-47.
- Anzaldúa-Morales, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Ed. Acribia, Zaragoza.

- Asenjo B., Miguel J.A., Ciria J. y Calvo J.L. 2005. Factores que influyen en la calidad de la carne. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa). Ed. Cañeque V. y Sañudo C. INIA. (291-299).
- Asghar A., Lin C.F., Gray J.I., Buckley D.J., Booren A. y Flegal C.J. 1990. Effect of dietary oils and tocopherol supplementation on membranial lipid oxidation in broiler meat. *J. Food Sci.* 55. pp. 46-50.
- Auqui, S.M. 2009. Efecto de extractos de orujo de uva roja (*Vitis vinifera* var. Monastrell) obtenidos por diferentes métodos, sobre la calidad de hamburguesas de cerdo. Universidad de Murcia.
- Baka, A.M., Papavergou, E.J., Pragalaki, T., Bloukas, J.G., Kotzekidou, P. 2011. Effect of selected autochthonous starter cultures on processing and quality characteristics of Greek fermented sausages *Food Science and Technology*, 44(1): 54-61.
- Bañón, S., Díaz, P. Rodríguez, M, Garrido, M.D., Price, A. 2007. Ascorbate, green tea and grape Extracts increase the shelf life of low sulphite beef patties. *Meat Science*. 77: 626-633.
- Bañón, S., Méndez, L., Almela, E. 2012. Effects of dietary Rosemary extracto n lamb spoilage under retail display conditions. *Meat Science*. 90: 579-583.
- Barba C. 1999. Caracterización productiva de las variedades del cerdo Ibérico como base para su conservación. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. Facultad de Veterinaria. España.
- Barba C., Delgado J.V., Sereno R.B.S., Dieguez E. y Cañuelo P. 2000. Caracterización productiva de las variedades del cerdo Ibérico. 1: Estudio preliminar de los pesos y crecimientos en pre-montanera y montanera. *Archivos de Zootecnia* 49: 179-187.
- Barba C., Delgado J.V., Diéguez E. y Cañuelo P. 2001. Caracterización productiva de las variedades del cerdo Ibérico basada en el comportamiento en matadero. *Archivos de Zootecnia* 50: 125-132.
- Barbieri, G., Bergamaschi, M., Barbieri, Ge., Franceschini, M. 2012. Kinetics of nitrite evaluated in a meat product. *Meat Science*. Article in Press.

- Barriada, M. 1995. Variables que determinan la calidad de la canal y de la carne en vacuno. Bovis. Octubre 66: 95-111.
- Barton-Gade, P.A., Cross, H.R., Jones, J.M., Winger, R.J. 1988. Factors affecting sensory properties of meat. En: Newmann-Sorensen, A. y Tribe, D.E. World Animal Science. Eds. Cross, H.R. y Overby, A.J. Meat Science, Milk Science and technology. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- Barton-Gade P. y Blaabjerg L.O. 1989. Preliminary observations on the behavior and meat quality of free range pigs. Proceedings of the 35th international congress of meat science and technology (1002-1005).
- Batallé. 2006. Calidad de carne y mejora genética. <http://www.batalle.com/web/pdfs/cal-gen.pdf>.
- Bazán, E. Nitritos y Nitratos: Su uso, control y alternativas en embutidos cárnicos. <http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/ISSN:2007-0373>.
- Beattie, V., Weatherup, R.N., Moss, B.W., Walker, N. 1999. The Effect of increasing carcass weight of finishing boars and gilts on joint composition and meat quality. Meat Science. 52: 205-211.
- Bedia, M. 2011. Mejora tecnológica de la longaniza crudo-curada fermentada. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. España.
- Bedia, M., Méndez, L., Bañón, S. 2011. Evaluation of different starter cultures (*Staphylococci* plus Lactic Acid Bacteria) in semi-ripened Salami stuffed in swine gut. Meat Science. 87:381-386.
- Bejarano, S. 2001. Enciclopedia de la carne y de los productos cárnicos. Volumen I y II. Ediciones Martín y Macías.
- Beltrán, J.A., Jaime, I., Santolaria, P., Sañudo, C., Albertí, P., Roncalés, P. 1997. Effect of stress-induced high *post mortem* pH on protease activity and tenderness of beef. Meat Science. 45: 201-207.
- Ben Omar, N. y Ampe, F. 2000. Microbial community dynamics during production of the Mexican fermented Maite dough pozol. Applied and Environmental Microbiology. 66: 3664-3673.
- Benito J., Vázquez C., Menaya C., Ferrera J.L., García Casco J.M., Silió L., Rodríguez J. y Rodríguez M.C. 1998. Evolución de los parámetros productivos

en distintas líneas de cerdo Ibérico. IV Simposio Internacional del cerdo Mediterráneo. Évora. Portugal.

- Benito, M. J., Martín, A., Aranda, E., Pérez-Nevado, F., Ruiz-Moyano, S., 1 & Córdoba, M. G. 2007. Characterization and selection of autochthonous lactic acid bacteria isolated from traditional iberian dry-fermented Salchichón and Chorizo sausages. *Journal of Food Science*. 72: 193-201.
- Beriain, M.J. y Horcada, A. 1998. Calidad de la carne del cordero lechal. En *Ovino de leche: Aspectos claves*. Ediciones Mundi-prensa. Madrid. (299-316).
- Beriain, M.J., Chasco, J. y Lizaso, G. 2000. Relationship between biochemical and sensory quality characteristics of different commercial brands of salchichon. En: *Food Control*. 11: 231-237.
- Bianchi, G. 2005. Características productivas, tipificación de la canal y calidad de carne a lo largo de la maduración de corderos pesados Corriedale puros y cruzados en sistemas extensivos. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. España.
- Blanchard, P.J., Warkup, C.C., Ellis, M., Willis, M.B., Avery, P. 1999. The influence of the proportion of Duroc genes on growth, carcass and pork eating characteristics. *Animal Science*, 68: 495-501.
- B.O.E. de 21 de noviembre. 1997. Real Decreto 1682/1997, de 7 de noviembre, por el que actualiza el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España.
- Bodwell, C.E. y Anderson, B.A. 1986. Nutritional composition and value of meat and meat products. En: *Muscle as Food*. Food Science and Technology. Ed. P.J. Bechtel. Series ed. B.S. Schweigert. Academic Press, Inc. New York.
- Bohac, C.E., Rhee, K.S., Cross, H.R., Ono, K. 1988. Assessment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. *Journal and Food Science*. 53-6: 1642-1644.
- Bonneau, M., Touraille, C., Pardon, P., Lebas, F., Fauconneau, B. y Remignon, H. 1996. Amelioration de la qualité des carcasses et des viandes. *INRA Prod. Anim.* (95-110).
- Botsoglou, N. A., Fletouris, D. J., Papageorgiu, G. E., Vassilopoulos, V. N., Mantis, A. J., & Trakatellis, A. G. 1994. Rapid, sensitive and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food and feedstuff samples. *J Agri Food Chem*. 42:1931-1937.

- Botsoglou, N.A., Chrsitaki, E., Fletouris, D.J., Florou-Paneri, P., Spais, A.B. 2002. The Effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. *Meat Science*. 62: 259-265.
- Botsoglou, N.A., Govaris, A., Botsoglou, E.N., Grigoropoulou, S.H. Papageorgiu, G. 2003a. Antioxidant activity of dietary oregano essential oil and α -tocopheryl acetate supplementation in long-term frozen stored turkey meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51: 2930-2936.
- Botsoglou, N.A., Grigoropoulou, S.H., Botsoglou, E.N., Govaris, A., Papageorgiu, G. 2003b. The Effect of dietary dietary oregano essential oil and α -tocopheryl acetate on lipid oxidation in raw and cooked turkey during refrigerated storage. *Meat Science*. 65: 1193-1200.
- Botsoglou, N.A., Govaris, A., Giannenas, I., Botsoglou, E., Papageorgiu, G. 2007. The incorporation of dehydrated Rosemary leaves in the ration of turkey and their impact on the oxidative stability of the produced raw and cooked meat. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 58-4: 312-320.
- Bou, R., Guardiola, F., Grau, A., Grimpa, S., Manich, A., Barroeta, A., Codony, R. 2001. Influence of dietary fat source, α -tocopherol and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. *Poultry Science*. 80: 800-807.
- Bourne, M.C. 1982. *Food Texture and viscosity: Concept and measurement*. Academic Press., New York.
- Bourne, M.C. 1978. *Food Texture and viscosity: Concept and measurement*. Academic Press., New York.
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., Jovin, E. 2007. Antimicrobial and antioxidant properties of Rosemary and sage essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55: 7879-7885.
- Bragagnolo, N., Rodríguez-Amaya, D.B. 2002. Simultaneous determination of total lipid, cholesterol and fatty acids in meat and backfat of suckling and adult pigs. *Food Chemistry*. 79: 255-260.
- Brennan, J.G. 1980. Measurement of food texture. En: *Advances in food analysis*. Eds. N.D. King y R.L. Kenchington. Applied Science Publishers. Londres.
- Bruna, J.M., Ordóñez J. A., Fernández, M., Herranz, B., de la Hoz, L. 2001. Microbial and physico-chemical changes during the ripening of dry fermented

sausages superficially inoculated with or having added an intracellular cell-free extract of *Penicillium aurantiogriseum*. *Meat Science*. 59: 87–96.

- Buttery, P.J., Brameld, J.M., Dawson, J.M., Sensky, P.L., Parr, T., Salter, A.M., Bardsley, R.G., Richards, S.E., Harper, J.M.M. y Greathead, H.M.R. 1997. Production systems and quality. En *Proceedings del 43rd ICOMST.*, Plenary sessio (20-27).
- Buys, E.M., Nortjé, G.L. 1993. The effect of wholesale vacuum and 100% CO₂ storage on the subsequent microbiological, colour and acceptability attributes of PVC-overwrapped pork loin chops. *Food Research International*. 26: 421-429.
- Calvo, M.M., García, M.L. Selgas, M.D. 2008. Dry fermented sausage with lycopene from tomato peel. *Meat Science*. 80: 167-172.
- Camo, J., Beltrán, J.A., Roncalés, P. 2008. Extension of the display life of lamb with an antioxidant active packaging. *Meat Science*. 80: 1086-1091.
- Campo, M.M., Sañudo, C., Panea, B., Albertí, P., Santolaria, P. 1999. Breed type and ageing time effects on sensory characteristic of beef strip loin steaks. *Meat Science*. 51: 383-390.
- Campo, M.M., nute, G.R., Hughes, S.I., enser, M., Wood, J.D., Richardson, R.I., 2006. Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*. 72: 303-311.
- Candek-Potokar, M., Zlender, B., Bonneau, M. 1998. Effects of breed and slaughter weight on Longissimus muscle biochemical traits and sensory quality in pigs. *Annales de Zootechnie*. 47: 3-16.
- Carballo, B. y López de Torre, G. 1991. *Manual de bioquímica y tecnología de la carne*. Servicio de Investigación Agraria de la Junta de Extremadura.
- Carrapiso, A.I., García, D. 2005. Instrumental color of Iberian ham subcutaneous fat and lean (biceps femoris): influence of crossbreeding and rearing system. *Meat Science*. 71: 284-290.
- Carreras, I., Guerrero, L., Guardia, M.D., Esteve-García, E., García Regueiro, J. A., Sárraga, C. 2004. Vitamin E levels, thiobarbituric acid test and sensory evaluation of breast muscles from broilers fed α -tocopheryl acetate- and β -carotene-supplemented diets. *J Sci Food Agric*. 84: 313-317.
- Casaburi, A., Aristoy, M.C., Cavella, S., Di Monaco, R., Ercolini, D., Toldrá, F., Villani, F. 2007. Biochemical and sensory characteristics of traditional fermented sausages of Vallo di Diano (Southern Italy) as affected by the use of starter cultures. *Meat Science*. 76: 295-307.

- Casquete, R., Benito, M.J., Martín, A., Ruíz-Moyano, S., Hernández, A. 2011a. effect of autochthonous starter in the production of “salchichón” a traditional Iberian dry-fermented sausage, with different ripening processes. *LWT-Food Science and Technology*. 44: 1562-1571.
- Casquete, R., Benito, M.J., Martín, A., Ruíz-Moyano, S., Córdoba, J.J., Córdoba, M. 2011b. role of an autochthonous starter cultura and the protease EPg22 on the sensory and safety properties of a traditional Iberian dry-fermented sausage “salchichón”. *Food Microbiology*. 28: 1432-1440.
- Cassens, R.G. 1997. Composition and safety of cured meats in the USA. *Food Chemistry*. 59(4): 561 -566.
- Castaing J. y Cazaux J.G. 2000. Incidence dupoids d’abattage et de la céréale sur les performances des porcs charcutier et la qualité des produits de salaisonnerie. 32èmes Journées de la Recherche Porcine en France. Paris. Febrero. 32: 305-309.
- Cava, R., Ruiz, J., López-Bote, C., Martín, L., García, C., Ventanas, J., Antequera, T. 1997. Influence of finishing diet on fatty acid profiles of intramuscular lipids, triglycerides and phospholipids in muscle of Iberian pig. *Meat Science*. 45: 263-270.
- Cava, R., Ruiz, J., Ventanas, J., Antequera, T. 1999. Oxidative and lipolytic changes during ripening of Iberian hams as affected by feeding regime: extensive feeding and alpha-tocopheryl acetate supplementation. *Meat Science*. 52: 165-172.
- Cava, R., Ventanas, J., Tejada, J.F., Ruiz, J., Antequera, T. 2000. Effect of free range rearing and alpha-tocopherol and Cooper supplementation on fatty acid profiles and susceptibility to lipid oxidation of fresh meat from Iberian pigs. *Food Chemistry*. 68: 51-59.
- Cava, R., Estéves, M., Morcuende, D., Antequera, T. 2003. Evolution of fatty acids from intramuscular lipid fractions during ripening of Iberian hams as affected by α -tocopheryl acetate supplementation in diet. *Food Chemistry*. 81: 199-207.
- Cayuela, J.M. 2003. Efecto de la suplementación con acetato de α -tocoferol y del envasado en atmósferas protectoras en la oxidación de la carne de cerdo. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. España.
- Charteris, W.P., Kelly, P.M., Morelli, L. y Collins, J.K. 1997. Selective detection, enumeration and identification of potentially probiotic *Lactobacillus* and

Bifidobacterium species in mixed bacterial populations. *International Journal of Food Microbiology*. 35: 1-27.

- Chasco, J., Lizaso, G. y Beriain, M. J. 1996. Cured color Development during Sausage Processing. *Meat Science*. 44(3): 203-211.
- Chen, Q., Shi, H., Ho, C.T. 1992. Effects of Rosemary Extracts and major constituents on lipid oxidation and soybean lipoxygenase activity. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 69: 999-1002.
- Chiofalo, V., Liotta, L., Fiumanò, R., Riolo, E.B., Chiofalo, B. 2012. Influence of dietary supplementation of *Rosmarinus officinalis* L. on performances of dairy ewes organically managed. *Small Ruminant Research*. 104: 122-128.
- Chizzolini, R., Novelli, E., Zanardi, E. 1998. Oxidation in traditional Mediterranean meat products. *Meat Science*. 49(1): S87-S99.
- Chung, K.Y., Lunt, D.K., Choi, C.B., Chae, S.H., Rhoades, R.D., Adams, T.H., Booren, B., Smith, S.B. 2006. Lipid characteristics of subcutaneous adipose tissue and *M. Longissimus thoracis* of Angus and Wagyu steers fed to US and Japanese endpoints. *Meat Science*. 73: 432-441.
- Church, P.N., Wood, J.M. 1992. *The manual of manufacturing meat quality* (3rd ed.). Elsevier Science Publishers Ltd., Inc.
- CIE (Commission International de l'Eclairage) 1978. *Colorimetry*, 2nd Ed. Viena.
- Ciria, J. y Asenjo, B. 2000. Condiciones y técnicas para controlar la calidad del producto. Factores a considerar en el presacrificio y postsacrificio. En: *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*. Coords. V. Cañeque y C. Sañudo. Monografías INIA: Ganadera N°1.
- Collell, C., Gou, P., Picout, P., Arnau, J., Comaposada, J. 2010. Feasibility of near-infrared spectroscopy to predict aw and moisture and NaCl contents of fermented pork sausage. *Meat Science*. 85: 325-330.
- Collell, C., Gou, P., Picout, P., Arnau, J., Comaposada, J. 2011. NIR technology for on-line determination of superficial aw and moisture content during the drying process of fermented sausages. *Food Chemistry*. 135: 1750-1755.
- Collins, M.D. Rodríguez, U., Ash, C., Aguirre, M., Farrow, J.E., Martinez, A. 1991. Phylogenetic análisis of the genus *Lactobacillus* and related lactic acid bacteria as determined by reverse-transcriptase sequencing of 16S ribosomal-RNA. *FEMS-Microbiology Letters*. 77: 5-12.

- Coma, J. y Piquer, J. 1999. Calidad de carne en porcino; Efecto de la nutrición. XV Curso de Especialización. Avance en nutrición y alimentación animal.
- Conner, D.E., Beuchat, L.R. 1984. Sensitivity of heat-stressed yeasts to essential oil of plant. *Appl. Environ. Microbiology*. 47: 229-233.
- Correa J.A., Faucitano L., Laforest J.P., Rivest J., Marcoux M. y Gariépy C. 2006. Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates. *Meat Science* 72: 91-99.
- Costa, S., Utan, A., Speroni, E., Cervellati, R., Piva, G., Prandini, A., Guerra, M.C. 2007. Carnosic acid from Rosemary Extracts: a potential chemoprotective agent against aflatoxin B1. An in vitro study. *Journal of Applied Toxicology*. 27: 152-159.
- Corcoran, K., Bernués, A., Manrique, E. Pacchioli, T., Bainés, R. y Boutonnet. J.P. 2001. Current consumer attitudes towards lamb and beef in Europe. En Rubio R. (ed.), Morand-Fehr P. (ed). *Production systems and product quality in sheep and goats. Zaragoza (Spain): 75-79.*
- Cross, H.R., Durland, P.R., Seideman, S.C. 1986. Sensory Qualities of Meat. En: *Muscle as Food. Food Science and Technology*. Ed. P.J. Bechtel. Series ed. B.S. Schweigert. Academic Press, Inc. New York.
- Cuvelier, M.E., Richard, H., Berset, C. 1997. Antioxidative activity and phenolic composition of pilot-plant and comercial Extracts of sage and Rosemary. *Journal of the American Oil Chemist' Society*. 73-5: 645-652.
- Danielsen V., Hansen L. L., Moller F., Bejrholm C. y Nielsen S. 2000. Production results and sensory meat quality of pigs fed different amounts of concentrate and ad lib. Clover grass or clover grass silage. En: Hermansen, J.E., Lund, V., Thuen, E. (Eds), *Ecological Animal Husbandry in the Nordic Countries. Proceedings from NJF-seminar No. 303: 79-86. Horsens, Dinamarca 16-17 Septiembre 1999.*
- Daszkiewicz T., Denaburski Jerzy y Sáiz Cidoncha F. 2004. Efecto de la grasa intramuscular sobre la calidad sensorial de la carne. *Av. Tecnol. Porc.* 1: 4-12.
- Davidson, P.M. 1993. Parabens and phenolic compounds. In P.M. Davidson y A.L. Branen (Eds.), *Antimicrobial in foods* (pp. 263-306). New York: Marcel Dekker.
- Daza A., Mateos A., López Carrasco C., Rey A., Ovejero I. y López-Bote C.J. 2006. Effect of feeding system on the growth and carcass characteristics of

Iberian pigs, and the use of ultrasound to estimate yields of joints. *Meat Science* 72: 1-8.

- De las Rivas, B., Ruiz-Capillas, C., Carrascosa, A.V., Curiel, J.A., Jiménez-Colmenero, F., Muñoz, R. 2008. Biogenic amine production by Gram-positive bacteria isolated from Spanish dry-cured (chorizo) sausage treated with high pressure and kept in chilled storage. *Meat Science*. 80: 272-277.
- Del Bosco, A., Castellini, C., Bernardini, M. 2001. Nutritional quality of rabbit meat as affected by cooking procedure and dietary vitamin E. *Journal of Food Science*. 66: 1047-1051.
- Del Campo, J., Amiot, M.L., Nguyen, T.C. 2000. Antimicrobial Effect of Rosemary Extracts. *Journal of Food Protection*. 63: 1359-1368.
- Demeyer, D., Hooze, J., Mesdom, H. 1974. Specificity of lipolysis during dry sausage ripening. *Journal Food Science*. 39: 293-296.
- Department of Health. USDA. 1994. Nutritional aspect of cardiovascular disease. Report on Health and Social Subject No. 46. London, United Kingdom: Her Majesty' Stationary Office.
- Descalzo, A.M., Insani, E.M., Biolatto, A., sancho, A.M., García, P.T., Pensel, N.A. 2005. Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/ oxidative balance of Argentine beef. *Meat Science*. 70: 35-44.
- Descalzo, A.M., Rosseti, L., Grigioni, G., Irurueta, M., Sancho, A.M., Carrete, J. 2007. Antioxidant status and odour profile in fresh beef from pasture or grain-fed cattle. *Meat Science*. 75: 299-307.
- Desmoulin B. 1986. *Qualité des carcasses. Le porc et son élevage*. Ed. J.M. Pérez, P. Moruet, A. Rerat. Maloine. París.
- Díaz, P. 2005. Empleo combinado de metabisulfito de sodio y extractos de té verde y semillas de uva para prolongar la vida comercial de hamburguesas de ternera. Universidad de Murcia.
- Díaz, M.T., De la Fuente, J., Álvarez, I., Cañete, V. 2005. Fracciones lipídicas de la grasa intramuscular. En estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto en los rumiantes. Edit. Instituto de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid. (291-299).
- Diestre, A. 1986. Estudio de investigación aplicados a la calidad de la carne de cerdo. Los mejores temas de 1986. 1ª Ed. Exclusivas ONE. Barcelona. España..

- Dikerman, M.E. 1991. Growth, carcass characteristics and meat quality. Proceedings of 37th International Congress of Meat Science and Technology. Germany. I: 1-15.
- Directiva Europea 2010/67 EU. Adaptación del Real Decreto 2008.
- Directiva de la Unión Europea 2006/52/EC, refiriendo a la necesidad de reducir el uso de nitritos (Directiva, 2006)
- Directiva 95/2/EC del Parlamento Europeo y del Consejo (Directiva, 1995)
- Djenane, D., Sánchez Escalante, A., Beltrán, J.A., Roncalés, P. 2003. Extension of shelf life of beef steaks packaged in a modified atmosphere by treatment with Rosemary and display under UV-free lighting. *Meat Science*. 64: 417-426.
- Dobarganes, M.C., Velasco, J. 2002. Analysis of lipid hydroperoxides. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 104: 420-428.
- Doolaee, E.H.A., Vossen, E., Raes, K., De Meulenaer, B., Verhé, R. 2012. Effect of Rosemary extract dose on lipid oxidation, color stability and antioxidant concentrations, in reduced nitrite liver pâtés. *Meat Science*. 90: 925-931.
- Dorado, M., Martín, E.M., Jiménez-Colmenero, F., Masoud, T.A. 1999. Cholesterol and fat content of Spanish commercial pork cuts. *Meat Science*. 51: 321-323.
- Dransfield, E., Nute, G.R., Francombe, M.A. 1984. Comparison of eating quality of bull and steer beef. *Anim. Prod.* 39: 37-50.
- Dransfield, E., Nute, G.R., Hogg, B.W., Walters, B.R. 1990. Carcass and eating quality of ram, castrated ram and ewe lambs. *Anim. Prod.* 50: 291-299.
- Dugan, L.R. 1994. Química de los tejidos animales. Parte 2. Grasas. En: Price, J.F., Schweigert, B.S. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Dune, P.G., O'Mara, F.P., Monahan, F.J., Moloney, A.P. 2006. Changes in color characteristics and pigmentation of subcutaneous adipose tissue and M. Longissimus dorsi of heifers fed grass, grasssilage or concentrate-based diets. *Meat Science*. 74: 231-241.
- Edwards S.A. 2005. Product quality attributes associated with outdoor pig production. *Livestock Production Science* 94: 5-14.
- Egea, M. 2011. Evaluación de la calidad de la canal y la carne de cerdo blanco alimentado con subproductos del biodiesel (glicerol). Tesina de Licenciatura. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. España.

- Ellis, M. 1998. Swine breeding, sex, feeding regime, and slaughter weight and their effects on carcass lean yield. In Proceedings of the workshop on pork carcass yield and meat quality. 15-16 november 1998. Concordia, Brazil. (55-84).
- Esmer, O.K., Irkin, R., D, N., Degirmencioglu, A. 2011. The effects of modified atmosphere gas composition on microbiological criteria, color and oxidation values of minced beef meat. *Meat Science*. 88: 221-226.
- Estévez M., Morcuende D. y Cava-López R. 2003. Physico-chemical characteristics of *M. Longissimus dorsi* from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg liveweight and commercial pigs: a comparative study. *Meat Science* 64: (499-506).
- Estévez, M., Morcuende, D., Ventanas, S. 2009. Determination of oxidation. In: Handbook of Muscle Food Analysis. Taylos & Francis Group. CRC Press. 13: 221-239.
- Fang, X., Wada, S. 1993. Enhancing the antioxidant effect of α -tocopherol with Rosemary in inhibiting catalyzed oxidation caused by F^{2+} and hemoprotein. *Food Research International*. 26: 405-411.
- Farmer, L.J. 1994. The role of nutrients in meat flavour formation. *Proceedings of the Nutrition Society*. 53: 327-333.
- Faustman, C., Cassens, R.G. 1990. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *Journal of Muscle Foods*. 1: 217-243.
- Fernández, J., Perez-Alvarez, J.A. y Fernandez-Lopez, J.A. 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry*. 59: 345-353.
- Fernández, J., Sendra, E., Sayas, E., Navarro, C., Pérez, J.A. 2008. Physico-chemical and microbiological profiles of salchichón (Spanish dry-fermented sausage) enriched with orange fiber. *Meat Science*, 80: 410-417.
- Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages Fernández-Ginés, J.M., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., Sendra, E., Pérez-Álvarez J.A. 2004. *Meat Science*. 67: 7-13.
- Fernández-López, J., Zhi, N., Aleson-Carbonell, L., Pérez-Álvarez, J.A., Kuri, V. 2005. Antioxidant and antibacterial activities of natural Extracts: application in beef meatballs. *Meat Science*. 69-3: 371-380.
- Fernández X., Monin G., Talman A., Mourot F. y Lebret B. 1999. Influence of intramuscular fat on the quality of pig meat – 2. Consumer acceptability of *m. Longissimus lumborum*. *Meat Science* 53: 67-72.

- Field, R.A., Williams, J. C., Miller, G.J. 1983. The effect of diet on lamb flavor. *Food Technol.* 37-5: 258-267.
- Fiems, L.O., De campeneere, S., Van Caelenbergh, W., De Boever, J.L., Vanacker, J.M. 2003. Carcass and meat quality in double-muscled Belgian Blue bulls and cows. *Meat Science.* 63: 345-352.
- Fischer K., Lindler J.P., Judas M. y Höreth R. 2006. Schlachtkörperzusammensetzung und Gewebebeschaffenheit von schweren Schweinen. II. Mitteilung: Merkmale der Fleisch- und Fettqualität. *Arch. Tierz. Dummerstorf* 49. 3: 279-292.
- Fishell, V.K., Aberle, E.D., Judge, M.D., Perry, T.W. 1985. Palatability and muscle properties of beef as influenced by preslaughter growth rate. *J. Anim. Sci.* 61: 1-9.
- Folch, J., Lees, M. y Sloane Stanley, G.H.A. 1957. Simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226: 497-509.
- Fortin, A., Robertson, W.M., Tong, A.K.W. 2005. The eating quality of Canadian pork and its relationship with intramuscular fat. *Meat Science.* 69: 297-305.
- Fortina R., Barbera S., Lussiana C., Mimosi A., Tassone S., Rossi A. y Zanardi E. 2005. Performances and meat quality of two Italian pig breeds fed diets for commercial hybrids. *Meat Science* 71: 713-718.
- Franci O., Bozzi R., Pugliese C., Acciaioli A., Campodoni G. y Gandini G. 2005. Performance of Cinta Senese pigs and their crosses with Large White. 1. Muscle and subcutaneous fat characteristics. *Meat Science* 69: 545-550.
- Franco, I., Escamilla, M.C., García, J., Garcia, M.C., Carballo, J. 2006. Fatty acids profile of the fat from Celta pig breed fattened using a traditional feed: Effect of the location in the carcass. *Journal of Food Composition and Analysis.* 19: 792-799.
- Frank, J., Geil, J.V., freaso, R. 1982. Automatic determination of oxidation stability of oil and fat products. *Food Technology.* 6: 71-76.
- Frankel, E.N. 1998. *Lipid Oxidation.* The Oil Press Ltd. Dundee. (1-303).
- Galián M., Peinado B., Martínez C., Periago M.J., Ros G. y Poto A. 2005. Descripción de la composición mineral y otros parámetros de calidad del músculo Longissimus dorsi del cerdo Chato Murciano en pureza y cruzado con cerdo Large White, en condiciones de explotación outdoor. *Anales de Veterinaria de Murcia* 21: 127-138.

- Galián, M. 2007. Características de la canal y de la calidad de la carne, composición mineral y lipídica del cerdo Chato Murciano y su cruce con el Ibérico. Efecto del sistema de manejo. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. España.
- Galian, M., Poto, A., Peinado, B. 2009. Carcass and meat quality traits of the Chato Murciano pig slaughtered at different weights. *Livestock Science*. 124: 314-320.
- Galobart, J., Barroeta, A.C., Baucells, M.D. Codony, R.M., Ternes, W. 2001. Effect of dietary supplementation with Rosemary extract and α -tocopherol acetate on lipid oxidation in egg enriched with ω 3-fatty acids. *Poultry Science*. 80: 460-467.
- Gandemer G., Bonnot D., Vedrenne P., Caritez J.C., Berge P., Briant E. y Legault C. 1990. Influence du system d'élevage et du génotype sur la composition chimique et les qualités organoleptiques du muscle long dorsal chez le porc. *J. Rech. Por. Fr.* 22: 101-110.
- García, M.L., Selgas, M.D., Fernández, M. y Ordóñez, J.A. 1992. Microorganisms and lipólisis in the ripening of dry fermented sausages. *International Journals Food Science Technology*. 27: 675-682.
- García, M.C., Lorenzo, J.M., Parada, A., Franco, I., Carballo, J. 2007. Microbiological characteristics of androllal, a Spanish traditional pork sausage. *Food Microbiology*. 24: 52-58.
- Garrido M.D., Bañón S. y Álvarez D. 2005. Medida del pH. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) Ed. Cañeque V. y Sañudo C. INIA. (pp. 206-215).
- Garrido, M.D. y Bañón, S. 2000. Medida del pH. En Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes, Monografías INIA: Ganadera nº 1: 145-155. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- German, J.B. y Kinsella, J.E. 1985. Lipid oxidation in fish tissue. Enzymatic initiation via lipoxygenase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 33: 680-683.
- Georgantelis, D., Ambrosiadis, I., Katikou, P., Blekas, G., Georgakis, S.A. 2007. Effect of Rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausage stored at 4°C. *Meat Science*. 76(1): 172-181.

- Giese J. 1996. Measuring physical properties of foods. *Food Technology*. 49-2: 54-63.
- Gill, C.O. 1990. Controlled atmosphere packaging of chilled meat. *Food Control*, abril 1990: 74-78.
- Gimeno, O., Astiasarán, I. y Bello, J. 2001. Calcium ascorbate as a potential partial substitute for NaCl in dry fermented sausages: effect on colour, texture and hygienic quality at different concentrations. *Meat Science*. 57: 23-29.
- Glitsch, K. 1997. Consumer behaviour towards meat in the EU: A preliminary Statistical Analysis. En: *Pr oc. 4th Meeting of EU Project Partners*. The National Food Centre, Dublin.
- González, C., Santos, E.M., Rovira, J. y Jaime, I. 2006. The effect of sugar concentration and starter culture on instrumental and sensory textural properties of chorizo-Spanish dry-cured sausage. *Meat Science*, 74: 467-475.
- Gordon, M.H. 1990. The mechanism of antioxidant action in vitro. In B. J. F. Hudson, *Food antioxidants*. New York: Elsevier Science Publishing, 1-18.
- Gorelik, S., Kanner, J. 2001. Oxymyoglobin oxidation and membranal lipid peroxidation initiated by iron redox cycle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49(12): 5939-5944.
- Govaris, A., Botsoglou, N., Papageorgiou, G., Botsoglou, E., Ambrosiadis, I. 2004. Dietary versus post-mortem use of oregan oil and/or alpha-tocopherol in turkeys to inhibit development of lipid oxidation in meat during refrigerated storage. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 55: 115-123.
- Gracey, J.E. 1989. *Higiene de la carne*. 8º Ed. Acribia. Zaragoza.
- Granados, M.V. 2001. Influencia del genotipo y la dieta sobre calidad de la canal y de la carne porcina. Efecto del α -tocoferol acetato sobre la estabilidad de la oxidación de la carne. Universidad de Murcia. Murcia. (pag. 248).
- Grau, R. y Hamm. 1966. Eine einfache Methodz zur Bes-trimming der Wasserbindung im Muskel, *Naturwissenschaften* 40: 29–30.
- Gray, J.I., Gomaa, E.A., Buckley, D.J. 1996. Oxidative quality and shelf life on meats products. *Trends in food Science and Technology*. 3: 315-319.
- Guerrero, L., Grou, P., Alonso, P., Arnau, J. 1996. Study of the physicochemical and sensorial characteristics of dry-cured hams in three pig genetic types. *Journal of The Science of Food and Agriculture*. 70: 526-530.

- Guerrero, L., Guàrdia, D. 1999. Evaluación de la terneza de ternera: Relación entre las medidas sensorial e instrumental según la dirección de las fibras musculares. VIII Jornadas sobre Producción Animal 20 I.
- Haak, L., Raes, K., Smet, K., Claeys, E., Paelinck, H., De Smet, S. 2006. Effect of dietary antioxidant and fatty acid supply on the oxidative stability of fresh and cooked pork. *Meat Science*. 74: 476-486.
- Haak, L., Raes, K., Van Byck, S., De Smet, S., 2008. Effect of dietary Rosemary and α -tocopheryl acetate on the oxidative stability of raw and cooked pork following oxidized linseed oil Administration. *Meat Science*. 78: 239-247.
- Hambrecht, E. y Eissen, J.J. 2004. Effects of various preslaughter handling treatments on the colour of different pork muscles. En proceedings de 50th ICoMST. Comunicación oral.
- Hamilton, R.J., Kalu, C., Prisk, E., Padley, F.B. Pierce, H. 1997. Chemistry of free radical in lipids. *Food Chemistry*. 60: 193-199.
- Hamm, R. 1966. Heating of muscle systems. En: *The Physiology and the Biochemistry of Muscle as Food*, 1. Eds. E.J. Briskey, R.G. Cassens y J.C. Trautman. Univ. Of Wisconsin Press, Madison. USA.
- Hamm, R. 1975. On the rheology of minced meat. *J. Text. Stud.* 6: 281-292.
- Hamm R. 1986. Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. En: *Muscle as food*. (Bechtel, P.J.), Academic Press, Orlando. (135-199).
- He, Y., Wang, K., Wang, L. 2010. Effect α -tocopherol and β -carotene supplementation on meat quality and antioxidant capacity of pigs fed high linseed oil diet. *The Journal of Animal & Plant Science*. 20: 180-188.
- Herranz, J. 1987. *Elogio y Reivindicación del Cerdo*. Ed. Caja Murcia.
- Herrero, A.M., Ordóñez, J.A., Romero de Avila, Herranz, B., De la Hoz, L., Cambero, M.I. 2007. Breaking strength of dry fermented sausage and their correlation with texture profile analysis (TPA) and physico-chemical characteristics. *Meat Science*. 77: 331-338
- Herrero, A.M., de la Hoz, L., Ordóñez, J.A., Herranz, B., Romero de Ávila, M.D., Cambero, M.I. 2008. Tensile properties of cooked meat sausage and their correlation with texture profile analysis (TPA) parameters and physico-chemical characteristics. *Meat Science*. 80: 690-696.

- Hierro, E., de la Hoz, L., Ordoñez, J. A. 1999. Contribution of the microbial and meat endogenous enzymes to the free amino acid and amine contents of dry fermented sausages. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 47: 1156-1161.
- Hildrum, K.I., Nilsen, B.N., Mielnik, M., Naes, T. 1994. Prediction of sensory characteristics of beef by Near-Infrared Spectroscopy. *Meat Science*. 38: 67-80.
- Hoffman, K. 1987. Der Begriff Fleishqualität: Definition und Anwendung. *Fleischwirtschaft*. 67: 44-49.
- Hollander, R. 1998. Introduction to sensory evaluation manual. The Penn State University. 1-54.
- Hönikel K.O. 1998. Reference Methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 49-4: 447-457.
- Horcada, A., Beriain, M.J., Lisazo, G., Chasco, J., Gorraiz, C., Mendizábal, J.A., Soret, B., Mendizábal, F.J., Purroy, A. 1994. Efecto del genotipo (Lacha y Rasa Aragonesa) sobre la calidad de la carne. En SEOC., Burgos. (44-49).
- Horcada, A. 1996. Calidad de la carne de los corderos de las razas lacha y rasa aragonesa. Tesis Doctoral. Universidad de Navarra.
- Hornstein, I. y Wasserman, A. 1987. Part 2-Chemistry of meat flavor. En: *The Science of Meat and Meat Products*. Eds. J.F. Price y B.S. Schweigert. Food & Nutrition Press. Inc., Westport, Connecticut.
- Hornsey; H.C. 1956. The colour of cooked cured pork. I. Estimation of the nitric oxide-haem pigments. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 7: 534–540.
- Hospital, X.F., Hierro, E., Fernández, M. 2012. Survival of *Listeria innocua* in dry fermented sausages and changes in the typical microbiota and volatile profile as affected by the concentration of nitrate and nitrite. *International Journal of Food Microbiology*. 153: 395-401.
- Hoülihan, C.M., Ho, C.T., Chang, S.S. 1985. The structure of rosmariquinone- a new antioxidant isolated from *Rosmarinus officinalis*. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 61: 1036-1039.
- Hoz, L., D'Arrigo, M., Cambero, I., Ordoñez, J.A. 2004. Development of an n-3 fatty acid and alpha-tocopherol enriched dry fermented sausage. *Meat Science*. 67: 485-495

- Huff-Lonergan, E., Lonergan, S.M. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of post-mortem biochemical and structural changes, *Meat Science*. 71: 194–204.
- Hugas, M., Monfort, J. 1997. Bacterial starter cultures for meat fermentation. *Food Chemistry*. 59: 547-554.
- Hugenholtz, P., Goebbel, B.M. y Pace, N.R. 1998. Impact of culture-independent studies on the emerging phylogenetic view of bacterial diversity. *Journal of Bacteriology*. 180: 4765-4774.
- Infocarne. 2006. http://www.infocarne.com/cerdo/razas_cerdo.asp.
- INE. 2005. Boletín informativo del Instituto Nacional de Estadística. ¿Cuántos somos en casa? Disponible en: <http://www.ine.es/revistas/cifraine/0604.pdf>
- 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: 273-281.
- Ismail, S.A.S., Deak, t., Abd El-Rahman, H.A., Yassien, M.A.M., Beuchat, L.R. 2001. Effectiveness of immersion treatments with acid, trisodium phosphate and herbs decoctions in reducing population of *Yarrowia lipolytica* and naturally occurring aerobic microorganism on raw chicken. *International Journal of Food Microbiology*. 64: 13-19.
- ISO 2918: 1975. International Organization for Standardization Publications. Determination of residual nitrite.
- ISO 2917: 1999. International Organization for Standardization Publications. Determination of pH.
- ISO 8586-1. 1992. International Organization for Standardization Publications. Sensory Analysis Methodology. General guidance for the selection and training and monitoring of assessors. Part I. Selected asesor. (<http://www.iso.org>).
- ISO 1442: 1997. International Organization for Standardization Publications. Meat and meat products - Determination of moisture content.
- ISO 937: 1981. International Organization for Standardization Publications. Meat and meat products. Determination of nitrogen content.
- ISO 1443: 1979. International Organization for Standardization Publications. Meat and meat products -- Determination of total fat content.
- ISO 936: 1998. International Organization for Standardization Publications. Meat and meat products. Determination of total ash.

- ISO 5508: 1996. International Organization for Standardization Publications. Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Análisis por cromatografía en fase gaseosa de los ésteres metílicos de ácidos grasos
- ISO 21528: 2004. International Organization for Standardization Publications. Microbiology of food animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of Enterobacteriaceae.
- ISO 21527-1,2: 2008. International Organization for Standardization Publications. Microbiology of food animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of yeast and moulds – Part 2.
- ISO 15240: 1998. International Organization for Standardization Publications. Microbiology of food animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria.
- ISO 4833: 2003. International Organization for Standardization Publications. Microbiology of food animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of microorganisms. Colony-count technique at 30°C.
- ISO 17410: 2001. International Organization for Standardization Publications. Microbiology of food animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of psychrophilic microorganisms.
- ISO 4121: 2003. International Organization for Standardization Publications. Meat and meat products. Evaluation of food products by methods using scales. Sensory analysis.
- Issanchou, S. 1996. Consumer expectations and perceptions of meat and meat product quality. *Meat Science*, 43: S5-S19.
- Izquierdo, P., Allara, M., García, A., Torres, G., Rojas, E., Piñero, M. Y. 2006. Aminas biógenas y bacterias en salchichón tipo Milano: efecto del tiempo de almacenamiento. *Maracaibo*. 16(2): 186-194.
- James S.J. y Swain M.V.L. 1986. *Proc. Inst. R.*, 87: 3.1.
- Janz, J.A.M., Morel, P.C.H., Wikilson, B.H.P., Purchas, R.H. 2005. Preliminary investigation of the effects of low level dietary inclusión of fragrant essential oils and oleoresins on pig performance and pork quality. *Meat Science*. 75: 360-365.
- Jayansingh, P., Cornforth, D.P., Carpenter, C.E. y Whittier, D. 2001. Evaluation of carbon monoxide treatment in modified atmosphere packaging or vacuum packaging to increase color stability of fresh beef. *Meat Science*. 59: 317-324.
- Jeremiah, L.E. 2001. Packaging alternatives to deliver fresh meats using short-or long-term distribution. *Food Res Int*. 34: 749-772.

- Jongberg, S., Tomgren, M.A., Gunvig, A., Skibsted, L.H., Lund, M.N. 2013. Effect of green tea or Rosemary extract on protein oxidation in Bologna type sausage prepared from oxidatively stressed pork. *Meat Science*. 93(3): 538-546.
- Jordán, M.J., Lax, V., Rota, M., Lorán, S., Sotomayor, J.A. 2013. Effect of the phenological stage on the chemical composition, and antimicrobial and antioxidant properties of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil and its polyphenolic extract. Elsevier: *Industrial Crops and Products*. 48: 144-152.
- Juárez, M., Clemente, I., Molina, P. 2009. Meat quality of tenderloin from Iberian pigs as affected by breed strain and crossbreeding. *Meat Science*. 81: 573-579.
- Juran, J.M., Bingham, R.S., Gryna, F.M. 2005. *Manual de Control de la Calidad*. 2ª Ed. Reverté. Barcelona, España. (1534).
- Jurie, C., Martin, J.F., Listrat, A., Jailler, R., Culioli, J., Picard, B. 2005. Effects of age and breed of beef bulls on growth parameters, carcass and muscle characteristics. *Animal Science*. 80: 257-263.
- Kanner, J. 1993. Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. *Meat Science*. 36: 169-189.
- Karamanoli, K., Vokou, D., Menkissoglou, U., Constantinidou, H.I. 2000. Bacterial colonization of phyllosphere of mediterranean aromatic plants. *Journal of Chemical Ecology*. 26: 2035-2048.
- Karp, G. 2005. *Cell and Molecular Biology: Concepts and experiments*, fourth ed. Wiley, NJ.
- Kato, H., Rhue, M.R. y Nishimura, T. 1989. Role of free amino acids and peptides in food taste. In R. T. Teranishi, R. G. Buttery, F. Shahidi, *Flavor Chemistry. Trends and developments*. (158-174). Washington, DC: American Chemical Society.
- Kemp, J.D., Mahyuddin, M., Ely, D.G., Fox, J.D., Moody, W.G. 1981. Effect of feeding systems, slaughter weight and sex on organoleptic properties and fatty acid composition of lamb. *J. Anim. Sci.* 51: 321-330.
- 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: 649-658.
- Knut, F. y Nolet, G. 2006. Envasado con CO: una nueva tecnología de envasado sin oxígeno para la industria cárnica de la Unión Europea. *Eurocarne*. 143: 195-199.

- Krause, T.R., Sebranek, J.G., Rust, R.E., Honeyman, M.S. 2003. Use of carbon monoxide packaging for improving the shelf life of pork. *J Food Sci.*, 68-8: 2596-2603.
- Kuo, C.C., Chu, C.Y. 2003. Quality characteristics of Chinese sausages made from PSE pork. *Meat Science*. 64: 441-449.
- La Torre, M.A., Lázaro, R., Gracia, M.I., Nieto, M., Mateos, G.G. 2003. Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics, and meat quality of pigs slaughtered at 117 kg body weight. *Meat Science*. 65: 1369-1377.
- Lakshmanan V., Anjaneyulu A.S.R., Sharma N. y Raina B.L. 1984. Variations in carcass parameters of swine: Hot vs. cold carcass. *Indian Journal Animal Science* 54-5: 462-464.
- Labroue F., Goumy S., Grouand J., Mourot J., Neelz V. y Legault C. 2000. Etude comparative de 4 races locales pour les performances de croissance, carcasse et qualité de la viande. *Journées de la Recherche Porcine en France* 32: 403-411.
- Lai, S.H., Gray, J.I., Smith, D.M., Booren, A.M., Crackel, R.L., Buckley, D.J. 1991. Effects of oleoresin Rosemary, tertiary butylhydroquinone and sodium tripolyphosphate on the development of oxidative rancidity in restructured chicken nuggets. *Journal of Food Science*. 56: 616-620.
- Lauzuriaca, S., De la Fuente, J., Díaz, M.T., Álvarez, I., Pérez, C., Cañeque, V. 2005. Effect of dietary supplementation of vitamin E on characteristic of lamb meat packed under modified atmosphere. *Meat Science*. 70: 639-646.
- Lawrie, R.A. 1981. *Developments in Meat Science-2*. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Lawrie, R.A. 1991. *Meat Science* 5th edition. Pergamon Press. Oxford.
- Lawrie, R.A. 1998a. *Ciencia de la carne*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Lawrie, R.A. 1998b. The eating quality of meat. In *Meat Science*. 6th ed. Cambridge: Woodhead Publishing.
- Lebret B., Juin H., Noblet J. y Bonneau M. 2000. Effets comparés de deux méthodes d'augmentation de l'âge a l'abattage des pors sur la composition de la carcasse et des muscles, et la qualité sensorielle de la viande. *32èmes Journées de la Recherche Porcine en France* 32. Paris. Febrero: 329-335.
- Lebret B., Massabie P., Granier R., Juin H., Mourot J. y Chevillon P. 2002. Influence of outdoor rearing and indoor temperature on growth performance, carcass, adipose tissue and muscle traits in pigs, and on the technological and eating quality of dry-cured hams. *Meat Science*. 62: 447-455.

- Lebret, B., Prunier, A., Bonhomme, N., Foury, A., Mormede, P., Dourmad, J.Y. 2011. Physiological traits and meat quality of pigs as affected by genotype and housing system. *Meat Science*. 88: 14-22
- Lefaucheur, L. 2010. A second look into fibre typing – Relation to meat quality. *Meat Science*. 84: 257-270.
- Legislación Alimentaria Española (Real Decreto 2484/1967 modificado 28 de diciembre de 2012).
- Lewis-Barned, N.J., Sutherland, W.H.F., Walker, R.J., Jong, S.A., Goulding, A. 2000. Plasma Cholesteryl ester fatty acid composition, insulin sensitivity, the menopause and hormone replacement therapy. *Journal of Endocrinology*. 165: 649-655.
- Liaros, N.G., Katsanidis, E., Bloukas, J.G. 2009. Effect of the ripening time under vacuum and packaging film permeability on processing and quality characteristics of low fat fermented sausages. *Meat Science*. 83: 589-598.
- Linares, M.B. 2007. Factores que afectan la calidad de la carne de cordero de raza Manchega. Relación con el bienestar animal. Tesis doctoral. Universidad de Castilla-La Mancha. España.
- Linares, M.B., Bórnez, R., Vergara, H. 2008. Effect of stunning systems on meat quality of Manchego suckling lamb packed under modified atmospheres. *Meat Science*. 78: 279-287.
- Liu, J.Z. 1994. Meat quality of Chinese indigenous pigs: a review. *Pig News Inform*. 15: 87N-90N.
- 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: 3131-3140.
- Liu, Deng-Cheng., Wu, Shang-Wei., Tan, Fa-Jui. 2010. Effects of addition of anca rice on the qualities of low-nitrite Chinese sausage. *Food Chemistry*. 118: 245-250.
- Lizaso, G., Chasco, J., Beriain, M.J. 1999. Microbiological and biochemical changes during ripening of salchichón, a Spanish dry cured sausage. *Food Microbiology*. 16: 219-228.
- Lobera, J.B. 1998. El cerdo Chato Murciano: Orígenes e Historia. Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua. Región de Murcia. Serie Técnica y de Estudios. 16:58.

- Löliger, J. 1991. The use of antioxidants in foods. En: Free radicals and food additives. 121-150. O.I. Aruoma; B. Halliwell (Eds.) Taylor & Francis, London.
- López J.L. y Ginés R. 1996. El cerdo Negro Canario. Mundo Ganadero. Año VII. Nº 83. Noviembre: 36-37.
- López Bote, C., Menoyo, D. 2000. La alimentación como factor de diferenciación de productos en el cerdo. Eurocarne, Jun. 87: 67-77.
- López, C., Carmona, J.M. y Soares, M. 2001. La calidad de la carne. Enciclopedia de la carne y de los productos cárnicos 27 (1). Ediciones Martín y Macías Plasencia. Pp: 539-668.
- Lücke, F.K. 1985. Fermented sausages. In: Microbiology of fermented foods. Vol. 2. Ed. B.J.B. Wood. Elsevier Applied Science, Londres. (41-83).
- Lücke, F.K. 2000. Utilization of microbes to process and preserve meat. Meat Science. 56: 105-115.
- Lücke, F.K., (2003). Fermented Foods. Fermented meat products. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. (2338-2344).
- Luño, M., Beltrán, J.A. y Roncalés, P. 2000. Shelf-life extensión and color stabilisation of beef packaged in a low O₂ atmosphere containing CO: Loin steaks and ground meat. Meat Sci. 48(1/2): 75-84.
- McDonald, K., Da-Wen Sun, Da-Wen. 1999. Predictive food microbiology for the meat industry: a review. International Journal of Food Microbiology. 52: 1-27.
- Madhavi, D.L., Carpenter, C.E. 1993. Ageing and processing Effect color, metmyoglobin reductase and oxygen consumption of beef muscles. Journal of Food Science. 58: 939-942.
- Mancini, R.A. y Hunt, M.C. 2005. Current research in meat color. Meat Science. 71: 100-121.
- MAPA. 2004. Anuario de Estadística Agroalimentaria. Parte tercera. Efectivos y producciones ganaderas. Ed. Secretaría General Técnica de Publicaciones, Madrid.
- Marcos, B., Aymerich, T., Guàrdia, M. D., Garriga, M. 2007. Assessment of high hydrostatic pressure and starter cultura on the quality properties of low-acid fermented sausages. Meat Science. 76(1): 46-53.
- Martín, A.H., Sather, A.P., Freede, H.T., Jolly, R.W. 2007. Alternative market weights for swine. II. Carcass composition and meat quality. J. Anim. Sci. 50:699-705.

- Martínez, S. 2001. Enciclopedia de la carne. Ediciones Martin & Macias.
- Mata, C. 1999. Empleo de fermentos lácticos en la fabricación de productos cárnicos. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba. España.
- Mayoral A.I. 1994. El crecimiento en la canal porcina Ibérica: Estudio anatómico-descriptivo y consideraciones aplicativas. Tesis Doctoral, Facultad de Veterinaria. Universidad de Extremadura. España.
- Maza, M.T. y Ramírez, V. 2004. Parámetros de calidad para distintos agentes de la cadena agroalimentaria carne de vacuno. En Proceedings del V Congreso Economía agraria. 15-17 septiembre, Santiago de Compostela. España.
- McCarthy, T.L. 1999. Assessment of the antioxidant potential of natural food ingredients in fresh and frozen pork products. *Meat Science*.
- McCarthy, T.L., Kerry, J.P., Kerry, J.F., Lynch, P.B., Buckley, D.J. 2001. Assessment of the antioxidant potential of natural food and plant Extracts in fresh and previously frozen pork patties. *Meat Science*. 57: 177-184.
- Medeiros, L.C., Field, R.A., Menkhaus, D.J., Russell, W.C. 1987. Evaluation of range-grazed and concentrate-fed beef by a trained sensory panel, a household panel and a laboratory test market group. *Journal of Sensory Studies*. 2: 259-272.
- Melton, S. 1983. The effect of forage feeding on beef flavor. *Food Technol*. 5: 239-245.
- Miller, R.K. 1994. Quality Characteristics. En: *Muscle Foods. Meat Poultry and Seafood Technology*. Eds. D.M. Kinsman, A.W. Kotula, B.C. Breidenstein. Chapman & Hall.
- Min, B. y Ahn, D.U. 2005. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products – a review. *Food Science and Biotechnology*. 14: 1-12.
- Ministerio de Salud y Seguridad Social del Reino Unido. 1994. Diet and cardiovascular disease. Report on health and social subjects. Ed: Her.
- Mitsumoto, M., O'Grady, M.N., Kerry, J.P., Buckley, D.J. 2005. Addition of tea catechins and vitamin C on sensory evaluation, colour and lipid stability during chilled storage in cooked or raw beef and chicken patties. *Meat Science*. 69: 773-779.
- Molly, K., Demeyer, D., Johansson, G., Reamaekers, M., Ghistelinek, M., Geenen, I. 1997. The importance of meat enzymes in ripening and flavour generation in dry fermented sausages. *Food chemistry*. 59: 539-545.

- Monin, G. 1989. Facteurs biologiques des qualités de la viande. Croissance des bovins et qualité de la viande. Colloq. Rennes. Ed. INRA-ENSA, 177-196.
- Monsón, F., Sañudo, C., Sierra, I. 2005. Influence of breed and ageing on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*. 71: 471-479.
- Montel, M.C., Masson, F. y Talon, R. 1998. Bacterial role in flavour development. Proceedings, 44th International Congress on Meat Science and Technology, Barcelona, vol. 1. Pp. 224-233. IRTA/Eurocarne.
- Monziols M., Bonneau M., Davenel A. y Kouba M. 2007. Comparison of the lipid content and fatty acid composition of intermuscular and subcutaneous adipose tissues in pig carcasses. *Meat Science*. 76: 54-60.
- Morán, L., Rodríguez-Calleja, J.M., Bodas, R., Prieto, N., Giráldez, F.J., Andrés, S. 2012a. Carnosic acid dietary supplementation at 0.12% rates down meat discoloration in gluteus medius of fattening lambs. *Meat Science*. 90: 789-795.
- Morán, L., Andrés, Sonia, Bodas, R., Prieto, N. Giráldez, F.J. 2012b. Meat texture and antioxidant status are improved when carnosic acid is included in the diet of fattening lambs. *Meat Science*. 91: 430-434.
- Moretti V.M., Madonia G., Diaferia C., Mentasti T., Paleari M. A., Panseri G., Gandini G. 2004. Chemical and microbiological parameters and sensory attributes of a typical Sicilian salami ripened in different conditions. *Meat Science*. 66: 845-854.
- Mörlein D. 2005. Bestimmung des intramuskulären Fettgehaltes (IMF) im M. Longissimus von Schweinen mittels Ultraschallspektralanalyse. Tesis doctoral. ULB Sachsen-Anhalt. Alemania.
- Morrissey, P.A., Morrissey, P.A, Sheehy, P.J.A. 1994. Vitamin E and meat quality. *Proceedings of the Nutrition Society*. 53: 289-295.
- Morrissey, P.A., Sheehy, P.J.A., Galvin, K., Kerry, J.P. Morrissey, P.A. 1998. Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*. 49: 73-86.
- Morrissey, P.A., Kerry, J.P. 2004. Lipid oxidation and shelf-life of muscle food. In: *Understanding and measuring the shelf life of food*. R. Steel (Ed.), CRC Press. Boca Raton. Fl. (295-357).
- Moure, A., Cruz, J.M., franco, D., Dominguez, J.M., Siniero, J., Dominguez, H., Nuñez, M.J., Parajó, J.C. 2001. Natural antioxidants from residual source. *Food Chemistry*. 72: 145-171.

- Muguerra, E., Fista, G., Ansorena, D., Astiasaran, I., Bloukas, J.G. 2002. Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. *Meat Science*. 61: 397-404.
- Muñoz, A. 1998. Consumer perceptions of meat. Understanding these results through descriptive analysis. *Meat Science* 49: 287-295.
- Muriel, E., Ruíz, J., Ventanas, V., Antequera, T. 2002. Free-range rearing increases (n-3) polyunsaturated fatty acids of neutral and polar lipids in swine muscles. *Food Chemistry*. 78: 219-225.
- Muriel, E., Ruiz, J., Ventanas, J., Petrón, M.J., Antequera, T. 2007. Meat quality characteristics in different lines of Iberian pigs. *Meat Science*. 67: 299-307.
- Murphy, A., Kerry, J.P., Buckley, D.J., Gray, I. 1998. The antioxidative properties of Rosemary oleoresin and inhibition of off-flavours in precooked roast beef slices. *Journal of Science Food and Agriculture*. 77: 235-243.
- Murray, A.C., Jeremiah, L.E., Martin, A.H. 1983. Muscle fiber orientation and its effect on bovine *longissimus dorsi* muscle. *J. Food Technol.* 18, 607-617.
- Nakamura, R., Sekoguchi, S., Sato, Y. 1975. The contribution of intramuscular collagen to the tenderness of meat from chickens of different ages. *Poultry Science*. 54: 1604-1612.
- Nadia, R., Hassan, L.R.A., Qota, E.M., Fayek, H.M. 2008. Effect of Natural Antioxidant on Oxidative Stability of Eggs and Productive and Reproductive Performance of Laying Hens. *International Journal of Poultry Science*. 7(2): 134-150.
- Nalan, G. 2002. A Descriptive Method for Sensory Evaluation of Mussels. *Lebenson Wiss Technol* 35: 563-567.
- Nawar, W.W 1996. Lipids. In O. R. Fennema. Ed. *Food Chemistry*. (225-319). New York: Marcel Dekker.
- Nieto, G. 2009. Efecto de la alimentación de ovejas gestantes con romero (*Rosmarinus officinalis*, L.) y Tomillo (*Thymus zygis* sub sp. *gracilis*) sobre la calidad de la carne de cordero. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. España.
- Nieto, G., Díaz, P., Bañón, S., Garrido, M.D. 2010. Dietary administration of ewe diets with a distillate from rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.): Influence on lamb meat quality. *Meat Science*. 84: 23-29.

- Nieto, G., Bañón, S., Garrido, M.D. 2011. Incorporation of thyme leaves in the diet of pregnant and lactating ewes: Effect on the fatty acid profile of lamb. *Small Ruminant Research* 105: 140-147
- Nissen, L.R., Byrne, D.V., Bertelsen, G., Skibsted, L.H. 2004. The antioxidative activity of plant Extracts in cooked pork patties as evaluated by descriptive sensory profiling and chemical analysis. *Meat Science*. 68: 485-495.
- Noble, A.C., Arnold, R.A., Buechsenstein, J., Leach, E.J., Schmidt, J.O., Stern, P.M. 1997. Modification of a Standardized System of wine aroma terminology. *American Journal of Enology and Viticulture*. 38: 143-151.
- Notter, D.R., Kelly, R.F. y Berry, B.W. 1991. Effects of ewe breed and management system on efficiency of lamb production: Meat characteristics. *Journal Animal Science*. 69: 3523-3532.
- Nowak, A., Kalembe, D., Krala, L., Piotrowska, M., Czyzowska, A. 2012. The effects of thyme (*Thymus vulgaris*) and Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oils on *Brochothrix thermosphacta* and the shelf life of beef packaged in high-oxygen modified atmosphere. *Food Microbiology* (accepted manuscript).
- NPPC. 1999. Procedures to Evaluate Market Hogs. 3^o Ed. National Pork Producers Council, Des Moines, IA.
- Nuernberg K., Fischer K., Nuernberg G., Kuechenmeister U., Klosowska D., Eliminowska-Wenda G., Fiedler I. y Ender K. 2005. Effects of dietary olive and linseed oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs. *Meat Science* 70: 63-74.
- Nychas, G.J.E. 1995. Natural antimicrobials from plants. In *New methods of food preservation*. (G.W. Gould, ed.). 58-89. Blackie Academic Professional, London.
- O'Grady, M. N., Monahan, F.J., Burke, R.M., Allen, P. 2000. The effect of oxygen level and exogenous α -tocopherol on the oxidative stability of minced beef in modified atmosphere packs. *Meat Science*. 55: 39-45.
- O'Grady, M.n., Maher, M., Troy, D.J., Moloney, A.P., Kerry, J.P. 2006. An assessment of dietary supplementation with tea catechins and Rosemary extracto n the quality of fresh beef. *Meat Science*. 73: 132-143.
- O'Sullivan, A., Galvin, K., Moloney, A.P., Troy, D.J., O'Sullivan, K., Kerry, J.P. 2003. Effect of pre-slaughter rations of forage and/or concentrates on the composition and quality of retail packaged beef. *Meat Science*. 63: 279-286.

- Offer, G. y Knight, P. 1988a. The structural basis of water-holding in meat. Part 1: General principles and water uptake in meat processing. En: Developments in Meat Science. 4: 63-171. Ed. R. Lawrie. Elsevier, Oxford.
- Offer, G. y Knight, P. 1988b. The structural basis of water-holding in meat. Part 2: Drip losses. En: Developments in Meat Science. 4: 173-243. Ed. R. Lawrie. Elsevier, Oxford.
- Ockerman, H.W. (1976). Quality control of post-mortem muscle and tissue. Columbus, OH: Department of Animal Science, Ohio State University.
- Okeudo, N.J., Moss, B.W. y Chestnutt, M.B. 1994. Effect of feeding a milk diet or concentrate plus hay diet on carcass and meat quality of lamb. En Proceedings del 40th ICOMST. (1-4).
- Okuyama, H., Ikemoto, A. 1999. Needs to modify the fatty acids composition of meat for human health. In Proceedings of the 45th ICoMST. Yokohama, Japan (vol.II; pp: 638-640).
- Oliván, M., Mocha, M., Martínez, M.J., García, M.J., Noval, G., Osoro, K. 2000. Análisis químico de la carne. En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Coords. V. Cañeque y C. Sañudo. Monografías INIA: Ganadera nº1.
- Oliván, M., Sierra, V., Castro, P., Martínez, A., Celaya, R., Osoro, K. 2009. Carcass and meat quality from yearling bulls manager under organic or convencional systems. 60th Annual meeting of the European Federation of Animal Science-EAAP. Spain.
- Olivares, A., Navarro, J.L., Flores, M. 2009. Distribution of volatile compounds in lean and subcutaneous fat tissues during processing of dry fermented sausages. Food Research International. 42: 1303-1308.
- Olleta, J.L., Sierra, I. y Sañudo, C. 1992. Producción de carne en la agrupación ovina Churra Tensina: cordero pastenco y de cebo. En ITEA. 88-2: 119-128
- Onega, M.E. 2003. Evaluación de la calidad de carnes frescas. Aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. España.
- Orcutt, M.W., Dutson, T.R., Cornforth, D.P., Smith, G.S. 1984. Factors affecting the formation of a dark, coarse band (“heating”) in bovine *longissimus* muscle. Journal Animal Science. 58: 1366-1375.
- Ordóñez J.A., Cambero M.I., Fernández L., García M.L., García de Fernando G., de La Hoz L. y Selgas M.D. 1998. Cambios postmortem del músculo. En:

Tecnología de los alimentos. Vol. II. Alimentos de origen animal. Ed. Síntesis S.A. Madrid. (170-184).

- Ordóñez, J.A., Hierro, E.M., Bruna, J.M. y de la Hoz, L. 1999. Changes in the components of dry-fermented sausages during ripening. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 34-9: 329-367.
- Osorio, J.C. y Osorio, M.T. 2005. Calidad y sus determinantes en la cadena productiva y comercial de la carne ovina. Disponible en: <http://www.inifap.gob.mx/noticia/MEMORIA-SIMPOSIUM-OVINOS-%20PDF/JOSE-OSORIO.pdf>.
- Osoro, K., Barriada, M., Martínez, A., Castro, P. 1995. Manejo post-destete de los terneros procedentes de vacas de cría para la producción de carne de calidad. *Bovis*. 67: 51-68.
- Owens, C. 2002. Aplicaciones del análisis sensorial en la industria vitivinícola. *Beringer Blass Wine Estates* 26.
- Paredes, A. 1983. El ganado porcino de raza Chato Negro Murciano. *ONE. Actualidad Pecuaria* n° 34: 95-96.
- Parenti, S., Campodoni, G., Pugliese, C., D'Adorante, S. 2007. Influence of crossbreeding and seasoning period on some characteristics of salami of Cinta Senese. *Italian Journal of Animal Science*. 6(1): 707-709.
- Park, B., Whittaker, A.D., Miller, R.K., Hale, D.S. 1994. Ultrasonic spectral analysis for beef sensory attributes. *J. Food Sci.* 59-4: 697-701.
- Parry, R.T. 1995. Introducción. En *Envasado de los alimentos en atmósfera modificada*. A. Madrid Vicente, Ediciones. (pag. 333).
- Patterson, R.L.S. 1975. The flavour of meat. En: *Meat*. Eds. D.J.A. Cole y R.A. Lawrie. Butterworths, London.
- Pearson, A.M. 1986. Physical and Biochemical Changes Occurring in Muscle during Storage and Preservation. En: *Muscle as Food*. Ed. P.J. Bechtel. Academic Press, New York.
- Pedauyé, J. 1993. Evaluación objetiva de la calidad de la carne porcina en diferentes condiciones de sacrificio. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. España.
- Peinado B., Poto A., Gil F. y López G. 2004. Characteristics of the carcass and meat of the Chato Murciano pig. *Livest. Prod. Sci.* 90: 285-292.
- Peinado, J., Serrano, M.P., Nieto, M., Sánchez, J., Medel, P., Mateos, G.G. 2012. The effects of gender and castration of females on performance and carcass and

meat quality of heavy pigs destined to the dry-cured industry. *Meat Science*. 90-715-720.

- Pérez-Álvarez, J.A., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, M.E., Cartagena-Graciá, R. 1998. Caracterización de los parámetros de color de diferentes materias primas usadas en la industria cárnica. *Eurocarne* nº63, enero-febrero, 115-122.
- Pérez-Fernández, J.A., Sayas-Barberá, M.E., Fernández-López, J., Aranda-Catalá, V. 1999. Physicochemical characteristics of Spanish-type dry-cured sausage. *Food Research International*. 32: 599-607.
- Poto A, López G, Medina P, González J, Lobera J.B., Martínez M, Peinado B. 2000. La mejor forma de recuperar la raza porcina Chato Murciano es mejorando la calidad de la carne de otras razas. *Archivos de Zootecnia*, vol. 49, nº 185-186: 195-200.
- Poto, A. 2003. Estudio de la calidad de la canal y de la carne del cerdo Chato Murciano. Tesis Doctoral, Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia, España.
- Poto, A., Galián, M., Peinado, B. 2007. Chato Murciano pig and its crosses with Iberian and large White pigs, reared outdoors. Comparative study of the carcass and meat characteristics. *Livestock Science*. 111: 96-103.
- Prändl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T., Sinell, H.J. 1994. *Tecnología e Higiene de la carne*. Ed. Acribia. Zaragoza.
- Price, J.F., Schweigert, B.S. 1994. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J. 2001. Effect of grass feeding systems on ruminants meat color and flavour. A review. *Animal Research*. 50: 185-200.
- Proyecto de Real Decreto N007/11. Propuesto por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2011).
- Pugliese C., Madonia G., Chiofalo V., Margiotta S., Acciaioli A. y Gandini G. 2003. Comparison of the performances of Nero Siciliano pigs reared indoors and outdoors. Growth and carcass composition. *Meat Science* 65: 825-831.
- Pugliese C., Calagna G., Chiofalo V., Moretti V.M., Margiotta S., Franci O. y Gandini G. 2004a. Comparison of the performances of Nero Siciliano pigs reared indoors and outdoors: 2. Joint composition, meat and fat traits. *Meat Science* 68: 523-528.

- Pugliese C., Bozzi R., Campodoni G., Acciaioli A., Franci O. y Gandini G. 2004b. Performance of Cinta Senese pigs reared outdoors and indoors 1. Meat and subcutaneous fat characteristics. *Meat Science* 69: 459-464.
- Purchas, R.W., Burnham, D.L., Morris, S.T. 2002. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef *Longissimus* muscle from bulls and steers. *Journal of Animal Science*. 80: 3211-3221.
- RAE, 2005. Diccionario de la Lengua Española. Vigésima segunda edición. Disponible en: <http://www.rae.es/>
- Raimondi R., De María C., Auxilia M.A. y Masoero G. 1975. Effetto della grassatura dei mangini sulla produzione della carne di coniglio III. Contenuto in acidi gras delle carni e del grasso perirenale. *Ann. Ist. Sper. Zootec.* 8: 167-181.
- Ramírez R. y Cava R. 2006. Carcass composition and met quality of three different Iberian x Duroc genotype pigs. *Meat Science* 75: 388-396.
- Rantsiou, K. y Cocolin, L. 2006. New developments in the study of the microbiota of naturally fermented sausages as determined by molecular methods: A review. *International Journal of Food Microbiology*, 108: 255–267.
- Real Decreto 147/1993, de 29 de enero, por el que se establece las condiciones de producción y comercialización de carnes frescas.
- Realini, C.E., Duckett, S.K., Windham, W.R. 2004. Effect of vitamin C addition to ground beef from grass-fed or grain-fed sources on color and lipid stability, and prediction of fatty acid composition by near infrared Reflectance analysis. *Meat Science*. 68: 35-43.
- Reedy, M. L. 1975. Ultrastructure of insect flight muscle. I. Screw sense and structural grouping in the rigor cross-bridge lattice. *J. Mol. Biol.* 31: 155-163.
- Reixach J. 2004. TB-Duroc: La Calidad de Carne. www.batalle.com.
- Renaudeau D. y Mourot J. 2007. A comparison of carcass and meat quality characteristics of Creole and Large White pigs slaughtered at 90 kg BW. *Meat Science* 76: 165-171.
- Renerre, M., Poncet, K., Mercier, Y., Gatellier, P. Metro, B. 1999. Influence of dietary fat and vitamin E on antioxidant status of muscles of turkey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47: 237-244.
- Rhee, K.S., Dutson, T.R., Smith, G.C., Hosteder, R.L., Reiser, R. 1982. Cholesterol content of raw and cooked beef *Longissimus* muscle with different degree of marbling. *Journal of Food Science*. 47: 716-719.

- Ribas-Agustí, A., Gratacós-Cubarsí, M., Sárraga C., Guàrdia, M.D., García-Regueiro, J.A., Castellary, M. 2014. Stability of phenolic compounds in dry fermented sausages added with cocoa and grape seed Extracts. *LWT-Food Science and Technology*. 57: 329-336.
- Riley, R.R., Savell, J.W., Murphey, C.E., Smith, G.C., Stiffler, D.M., Cross, H.R. 1983. Palatability of beef from steer and young bull carcasses as influenced by electrical stimulation, subcutaneous fat thickness and marbling. *J. Anim. Sci.* 56-3: 592-597.
- Rincker, P.J., Killefer, J., Ellis, M., Brewer, M.S., McKeith, F.K. 2008. Intramuscular fat content has Little influence on the eating quality of fresh pork loin chops. *Journal of Animal Science*. 86: 730-737.
- Riznar, K., Celan, S., Knez, Z., Skerget, M., Bauman, D., Glaser, R. 2006. Antioxidant and Antimicrobial activity of Rosemary Extract in Chicken Frankfurters. *Journal Food Chemistry and Toxicology*. 71(7): 425-429.
- Rodríguez, J.G. 2011. Utilización de subproductos de aguacate para la mejora de las características nutricionales y la estabilidad oxidativa de hamburguesas de cerdo. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Extremadura. España.
- Rodríguez, M. 2006. Empleo de extractos deté verde, semillas de uva y clara de huevo deshidratado para prolongar la vida comercial de las hamburguesas de cerdo. Universidad de Murcia.
- Rojas, M., Brewer, M.S. 2008. Effect of carbon monoxide and high oxygen modified atmosphere packaging and phosphate enhanced, case-ready pork chops. *Meat Science*. 74(4): 704-709.
- Roseiro, L.C., Santos, C., Sol, M., Borges, M.J., Anjos, M., Gonçalves, H., Carvalho, A.S. 2008. Proteolysis in Painho de Portalegre dry fermented sausage in relation to ripening time and salt content. *Meat Science* 79: 784-794.
- Rosenvold K. y Andersen H. J. 2003. Factors of significance for pork quality – a review. *Meat Science* 64: 219-237.
- Rubio, B., Martínez, B., Sánchez, M.J., García-Cachán, M.D., Rovira, J., Jaime, I. 2007. Study of the shelf life of a dry fermented sausage “salchichón” made from raw material enriched in monounsaturated and polyunsaturated fatty acids and store under modified atmospheres. *Meat Science*. 76: 128-137.
- Rubio, B., Martínez, B., García-Cachán, M.D., Rovira, J., Jaime, I. 2008. Effect of the packaging method and the storage time on lipid oxidation and color

- stability on dry fermented sausage salchichón manufactured with raw material with high level of mono and polyunsaturated fatty acids. *Meat Science*. 80: 1182-1187.
- Ruiz, J., Ventanas, J., Cava, R., Andrés, A.I., García, C. 2000. Texture and appearance of dry-cured ham as affected by fat content and fatty acid composition. *Food Research International*. 33: 91-95.
 - Ruiz, J.A., Guerrero, L., Arnau, J., Guardia, M.D., Esteve-García, E. 2001. Descriptive sensory análisis of meat from broilers fed diets containing vitamin E or β -carotene as antioxidants and different supplemental fats. *Poultry Sci*. 80: 976-982.
 - Ruiz, J., García, C., Muriel, E., Andrés, A.I., Ventanas, J. 2002. Influence of sensory characteristics on the acceptability of dry-cured ham. *Meat Science*. 61: 347-354.
 - Ruiz M.P., Galán H., León, F., Molina, G. 2005. Determination of the sensory attributes of a Spanish dry-cured sausage. *Meat Science*. 71: 620–633.
 - Ruiz-Capillas, C., Jiménez Colmenero, F., Carrascosa, A.V., Muñoz, R. 2007. Biogenic amine production in Spanish dry-cured “chorizo” sausage treated with high-pressure and kept in chilled storage. *Meat Science*. 77(3): 365-371.
 - Ruusunen M., Partanen K., Pösö R. y Puolanne E. 2006. The effect of dietary protein supply on carcass composition, size of organs, muscle properties and meat quality of pigs. *Livestock Science*. 107: 170-181.
 - Ruusunen, M., Puolanne E., Sevón-Aimonen, M.L., Partanen K., Voutilainen, L., Niemi, J. 2012. Carcass and meat quality traits of four different pig crosses. *Meat Science*. 90: 543-547.
 - Sablani, S. S., Kasapis, S., Rahman, M.S. 2007. Evaluating water activity and glass transition concepts for food stability. *Journal of Food Engineering*. 78: 266-271.
 - Sagdic, O., Kuscu, A., Ozcan, M., Ozcelik, S. 2002. Effects of Turkish spice Extracts at various concentrations on the growth of *Escherichia coli* O157:H7. *Food Microbiology*. 19:473-480.
 - Sahoo, J. y Anjaneyulu, A.S.R. 1995. Modified atmospheres packaging of muscle foods: technology, shelf-life and safety aspects. *Indian Food Industry*. 14-3: 28-36.

- Samelis, J., Metaxopoulos, J., Vlasi, M., Pappa, A. 1998. Stability and safety of traditional Greek salami -a microbiological ecology study. *International Journal of Food Microbiology*. 44: 69-82.
- Sánchez L., de Jesús C. y Monserrat L. 2001. Raza Celta. Porci: Conservación genética de razas autóctonas (II). n° 61: 57-65.
- Sánchez-Escalante, A., Djenane, D., Torrescano, G., Beltran, J.A., Roncalés, P. 2003. Antioxidant action of borage, Rosemary, oregano, and ascorbic acid in beef patties packaged in modified atmosphere. *Journal of Food Science*. 68: 339-344.
- Santé, V., Fernández, X., Monin, G. y Renou, J.P. 2001. Nouvelles méthodes de mesure de la qualité des viandes de volaille. *INRA Prod Anim.*, 14: 247-254.
- Sanz, Y., Toldra, F. 1997. Aminopeptidase activities from *Lactobacillus sake* in models of curing ingredients and processing conditions for dry fermented sausage. *Journal of Food Science*. 62(6): 1211-1213,1234.
- Sañudo, C. y Sierra, I. 1982. Estudio de la calidad de la canal y de la carne en animales cruzados Romanov x Rasa Aragonesa. I. Descripción y comparación entre los tipos de ternasco y pascual. *An. Fac. Vet. Zaragoza* 16-17, 285-295.
- Sañudo, C., Sierra, I., López, M., Forcada, F. 1986. La qualité de la viande ovine. Étude des différents facteurs qui la conditionnent. En: *Commission des C.E. Rapport EUR 11479*. (67-81).
- Sañudo, C. 1992. La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a la especie ovina: factores que la determinan, métodos de medida y causas de variación. *Curso Internacional de Producción Ovina*. SIA. Zaragoza. España.
- Sañudo, C., Sánchez, A., Alfonso, M., 1998. Small ruminant production and factors affecting lamb meat quality. *Meat Science*, 49-1: S29-S64.
- Sather A.P., Jones S.D.M., Schaefer A.L., Colyn J. y Robertson W.M. 1997. Feedlot performance, carcass composition and meat quality of freerange reared pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 77-2: 225-232.
- Savadkoohi, S., Hoogenkamp, H., Shamsi, K., Farahnaky, A. 2014. Color, sensory and textural attributes of beef frankfurter, beef ham and meat-free sausage containing tomato pomace. *Meat Science*. 97(4): 410-418.
- Sayas, E., Pérez, A., Fernández y Oñate, M.D. 1998. Caracterización física y físico-química de la Longaniza Imperial de Lorca. En: *Alimentaria*. (27-32).
- Schreurs, N.M., García, F., Jurie, C., Agabriel, J., Micol, D., Bauchart, D., Lustrat, A., Picard, B. 2008. Meta-analysis of the Effect of animal maturity on

- muscle characteristics in different muscles, breeds, and sexes of cattle. *Journal of Animal Science*. 86: 2872-2887.
- Schweigert, B.S. 1994. Contenido en nutrientes y valor nutritivo de la carne y los productos cárnicos. En: Price, J.F., Schweigert, B.S. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Ed. Acribia, Zaragoza.
 - Sebranek, J.G., Bacus, J.N. 2007. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues?. *Meat Science*. 77(1): 136-147.
 - Seidman, S.C., Cross, H.R., Oltjen, R.R., Schanbacher, B.D. 1982. Utilization of the intact male for red meat production: A review. *Journal of Animal Science*. 55: 826-840.
 - Seidman, S.C., Cross, H.R., Crouse, J.D. 1989. Variation in the sensory properties of beef as affected by sex, condition, muscle and *post mortem* ageing. *J. Food Qual.* 12: 39-58.
 - Serra, J.J., Ellis, M., Haley, C.S. 1992. Genetic components of carcass and meat quality traits in Meishan and Large White pigs and their reciprocal crosses. *Anim. Prod.* 54: 117-127.
 - Serra X., Gil F., Pérez-Enciso J., Oliver M.A., Vázquez J.M., Gispert M., Díaz I., Moreno F., Latorre R. y Noguera J.L. 1998. A comparison of carcass, meat quality and histological characteristics of Iberian (Guadyerbas line) and Landrace pigs. *Livestock Production Science* 56: 215-223.
 - Serrano, M.P., Valencia, D.G., Nieto, M., Lázaro, R., Mateos, G.G. 2008. Influence of sex and terminal sire line on performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared under intensive production systems. *Meat Science*. 78: 420-428.
 - Serrano, M.P., Valencia, D.G., Fuentetaja, A., Lázaro, R., Mateos, G.G. 2009. Effect of castration on productive performance, carcass characteristic and meat quality of Iberian pig females reared under intensive management systems. *Livestock Science*. 123: 147-153.
 - Severini, C., De Pilli, T., Baiano, A. 2003. Partial substitution of pork backfat with extra-virgin olive oil in 'salami' products: effects on chemical, physical and sensorial quality. *Meat Science*. 64(3): 323-331.
 - Shahidi, F., Wanasundara, P., Janhita, P.K. 1992. Phenolic antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 32: 67-103.

- Shahidi, F., Wanasundara, U.N. 2002. Methods of measuring oxidative rancidity in fats and oils. In: C.C. Akoh & D.B. Min (Eds), Food lipids-chemistry, nutrition and biotechnology. 2nd Ed. Marcel Dekker. NY. (465 pag.).
- Shorthose, W.R. y Harris, P.V. 1990. Effect of animal age on the tenderness of selected beef muscles. J. Food Sci. 55: 1-5.
- Sierra, I., Sañudo, C., Olleta, J.L., María, G., Santolaria, P. y Campo, M.M. 1994. Calidad de la canal y de la carne en el lechazo de Castilla. I. Efecto de la base genética. En SEOC., Burgos. (66-70).
- Sierra, V. 2010. Evolución *post mortem* de los parámetros indicativos de calidad en carne de vacuno: efecto de la raza y el gen de la hipertrófia muscular. Tesis Doctoral. Departamento de Morfología y Biología celular. Universidad de Oviedo.
- Simitzis, P.E., Symeon, G.K., Charismiadou, M.A., Bizelis, J.A., Deligeorgis, S.G. 2010. The Effect of dietary oregano oil supplementation on pig meat characteristics. Meat Science. 84: 670-676.
- Skandamis, P.N. y Nychas, G.J.E. 2002. Preservation of fresh meat with active modified atmosphere packaging conditions. Int J Food Microb. 79: 35-45.
- Smith, G.C., Seideman, S.C., Savell, J.W., Dill, C.W. y Vanderzant, C. 1983. Vacuum packaging versus modified atmosphere packaging of lamb loins. J Food Protect, 46-1: 47-51.
- Sofos, J.N., Cabedo, L., Zerby, H., Belk, K.E., Smith, G.C. 2000. Potential interactions between antioxidants and microbial meat quality. En: Antioxidants in muscle foods. Decker, E., Faustman, C., López-Bote, C. (Eds). Toronto: John Wiley and sons, Inc. 427-453.
- Solís M., de Pedro E., Garrido A., García J., Silió L., Rodríguez C. y Rodríguez J. 2001. Evaluación de la composición del lomo del cerdo Ibérico mediante la tecnología NIRS. En <http://www.uco.es/organiza/departamentos/prodanimal/p-animales/cerdoiberico/Bibliografia/A35Aida01p3.PDF>.
- Sorheim, O y Nissen, H. 1996. Modified atmosphere packaging of red meats. The European Food and Drink Review., invierno 1996: 77-80.
- Spaziani, M., Del Torre, M., Stecchini, M.L. 2009. Changes of physicochemical, microbiological and texture properties during ripening of Italian low-acid sausages. Proteolysis, sensory and volatile profiles. Meat Science. 81: 77-85.

- Stahnke, L.H. (1995). Dried sausages fermented with *Staphylococcus xylosum* at different temperatures and with different ingredient levels. Part II. Volatile components. *Meat Science*. 41: 193-209.
- Stewart, M.R., Zipser, M.W., Watts, B.M. 1995. The use of reflectance spectrophotometry for the assay of raw meat pigments. *Journal of Food Science*. 30: 464-469.
- Soto, E., Hoz, L., Ordóñez, J.A., Hierro, E., Herranz, B., López-Bote, C., Cambero, M.I. 2008. Impact of feeding and rearing systems of Iberian pigs on volatile profile and sensory characteristics of dry-cured loin. *Meat Science*. 79: 666-676.
- Stone, H., Sidel, J. 1993. *Sensory evaluation practices*. Second edition. Academic Press, NYC. 53
- Summo, C., Caponio, F., Pasqualone, A. 2006. Effect of vacuum-packaging storage on the quality level of ripened sausages. *Meat Science*. 74: 249-254.
- Summo, C., Caponio, F., Paradiso, V.M., Pasqualone, A., Gomes, T. 2010. Vacuum-packed ripened sausages: Evolution of oxidative and hydrolytic degradation of lipid fraction during long-term storage and influence on the sensory properties. *Meat Science*. 84: 147-151.
- Sundrum A., Butfering L., Henning M. y Hoppenbrock K.H. 2000. Effects of on-farm diets for organic pig production on performance and carcass quality. *Journal of Animal Science* 78-5: 1199-1205.
- Suryati, T., Astwan, M., Lioe, H.N., Wresdiyati, T., Usmiati, S. 2014. Nitrite residue and malonaldehyde reduction in *dendeng* – Indonesian dried meat – influenced by spices, curing methods and precooking preparation.
- Swize, S.S., Harris, K.B., Savell, J.W., Cross, H.R. 1992. Cholesterol content of lean and fat from beef, pork, and lamb cuts. *Journal of Food Composition and Analysis*. 5: 160-167.
- Talon, R., Leroy, S., Lebert, I., Gianmarinaro, P., Chacornac, J.P., La Torre, M., Vidal, C., Zanardi, E., Conter, M., Lebecque, A. 2008. Safety improvement and preservation of typical sensory qualities of traditional dry fermented sausage using autochthonous starter cultures. *International Journal of Food Microbiology*. 126: 227-234.
- Tarrant, P.V. y Sherington, J. 1980. A investigation of ultimate pH in the muscle of commercial beef carcass. *Meat Science*, 4: 287-297.

- Tejada, J.F., García, C., Muriel, E., Antequera, T. 2002. Muscle lipid composition of Iberian pig meat as related to genetic line. In 48th International Congress of meat science and Technology (Vol II-734), Italy. August 2002.
- Terlouw, C., Berne, A., Astruc, T. 2009. Effect of rearing and slaughter conditions on behaviour, physiology and meat quality of Large White and Duroc-sired pigs. *Livestock Science*. 122: 199-213.
- Teruel, M.R. 2011. Efecto de la suplementación con glicerol sobre la calidad de la carne de cerdo blanco criado en intensivo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. España.
- Teye G.A., Sheard P.R., Whittington F.M., Nute G.R., Stewart A. y Wood J.D. 2006. Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. *Meat Science* 73: 157-165.
- Thippareddi, H. 1998. Modified atmosphere packaging (MAP): Microbial control and quality. National Pork Board, Des Moines, IA., 1-8.
- Tibau J., Puigvert X., Soler J., Trilla N., Diestre A., Gispert M., Fernández J. y Manteca X. 1997. Incidencia de factores genéticos y de comportamiento en la eficiencia del crecimiento, la composición y la calidad de la canal y de la carne en distintas razas porcinas. *Anaporc* 171: 74-91.
- Tims, M.J. y Watts, B.M. 1958. Protection of cooked meats with phosphates. *Food Technol.* 12, 241-247.
- Touraille, C. y Girard, J.P. 1985. Influence du sexe et de l'âge à l'abattage sur les qualités organoleptiques des viandes de bovins Limousins abattus entre 16 et 33 mois. *Bull Tech. CRZV Theix., INRA*. 48: 83-89.
- Tsoukalas, D.S., Katsanidis, E., Marantidou, S., Bloukas, J.G. 2011. Effect of freeze-dried leek powder (FDLP) and nitrite level on processing and quality characteristics of fermented sausages. *Meat Science*. 87: 140-145.
- Tu, C., Powrie, W.D., Fennema, O. 1967. Free and esterified cholesterol content of animal muscles and meat products. *Journal of Food Science*. 32: 30-34.
- UNE 87005:1992 Análisis sensorial. Prueba de comparación por parejas.
- UNE 87006:1992 Análisis sensorial. Metodología. Prueba triangular.
- UNE 87010:1993 Análisis sensorial. Metodología. Prueba dúo-trío.
- Van Oeckel, M.J., Warmants, N., Boucqué, Ch.V. 1999. Measurement and prediction of pork color. *Meat Science*. 52: 347-354.

- Varela, A., Oliete, B., Moreno, T., Portela, C., Carballo, J.A., Sánchez, L., Monserrat, L., 2003. Calidad de la carne de machos enteros y castrados de raza Rubia Gallega sacrificados con 24 meses. *Archivos de Zootecnia*. 52: 347-358.
- Vergara, H., Molina, A., Gallego, L. 1999. Influence of sex and slaughter weight on carcass and meat quality in light and medium weight produced in intensive systems. *Meat Science*. 52: 221-226. Vergara, H., Gallego, L., García, A., Landete-Castillejos, T. 2003. Conservation of versus elaphus meat in modified atmosphere. *Meat Science*. 65: 779-793.
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J.A. 2009. Effect of orange dietary, oregano essential oil and packing conditions on shelf life of bologna sausage. *Food Control*. 45: 213-218.
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J.A. 2010. Effect of adding citrus fibre washing water and rosemary essential oil on the quality characteristics of a bologna sausage. *LWT-Food Science and Technology*. 43: 958-963.
- Vicente, V. 2011. Tipos histoquímicos de miocitos en el músculo Longísimo lumbar del cerdo: su relación con la calidad de la carne. Estudio comparado entre cerdos de raza Chato Murciano y cerdo de cruce comercial (Landrace x Large White x Pietrain). Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. España.
- Vipond, J.E., Marie, S. y Hunter, E.A. 1995. Effects of clover and milk in the diet of grazed lambs on meat quality. *Anim Sci*. 60: 231-238.
- Wanasundara, U.N., Shahidi, F. 1996. Stabilization of Seal Blubber and Menhaden Oil with green tea catechins. *Journal of the American Oil Chemist Society*. 73: 1183-1190.
- Warren, H.E., Scollan, N.D., Enser, M., Hughes, S.I., Richardson, R.I., Wood, J.D. 2008. Effects of breed and concentrate or grass silage on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Science*. 78: 256-269.
- Weiss, J., Gibis, M., Schih, V., Salminen, H. 2010. Review. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products.
- Wheeler, T.L., Cundiff, L.V., Shackelford, S.D., Koohmaraie, M. 2005. Characterization of biological types of cattle (Cycle VII): Carcass, yield, and Longissimus palatability traits. *Journal of Animal Science*. 83: 196-207.

- Wirth, F. 1991. Reducing the fat and sodium content of meat products. What possibilities are there?. *Fleischwirtschaft*. 71: 294-297.
- Williams, G.W. 1991. Assessment of marketing strategies to enhance returns to lamb producers. Texas Agricultural Market Research Center Commodity Market Research Report n° CM: 1-91. Texas. A&M University, College Station.
- Witkowska, A.M., Hickey, D.K., Alonso-Gomez, M., Wilkinson, M.G. 2011. The microbiological quality of commercial herb and spice preparations used in the formulation of a chicken supreme ready meal and microbial survival following a simulated industrial heating process. *Food Control*. 22: 616-625.
- Wood, J.D. 1993. Consequences of changes in carcass composition on meat quality. In: Cole, D.J.A., Haresign, W., Garnsworthy. (Eds), *Recent Development in pig Nutrition 2*. University Press, UK. (20-29).
- Wood J.D. y Enser M. 1997. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition* 78: 49-60.
- Wood J.D. 1984. Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. En: Wiseman J., Editor, 1984. *Fats in animal nutrition*, Butterworths, London. 407-435.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R., Enser, M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*. 66: 21-32
- Wood J.D., Nute G.R., Richardson R.I., Whittington F.M., Southwood O., Plastow G., Mansbridge R., da Costa N. y Chang K.C. 2004. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Science* 67: 651-667.
- Wu, J.W., Lee, M.H., Ho, C.T., Chan, S.S. 1982. Elucidation of the chemical structures of natural antioxidants isolated from Rosemary. *Journal of American oil chemistry society*. 59: 339-345.
- Yang, A., Lanari, M.C., Brewster, M., Tume, R.K. 2002. Lipid stability and meat color of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E. *Meat Science*. 60: 41-50.
- Xie, C., Woollent, L.A., Turley, S.D., Dietschy, J.M. 2002. Fatty acids differentially regulate hepatic cholesteryl ester formation and incorporation into lipoproteins in the liver of the mouse. *Journal of Lipid Research*. 43: 1508-1519.

- Zanardi, E., Dazzi, G., Madarena, G., Chizzolini, R. 2002. Comparative study on nitrite and nitrate ions determination. *Annella Facolta di Medicina Veterinaria di Parma*. 22: 70-86
- Zerby, H.N., Bell, K.E., Ahola, J.K., Schaefer, D.M., Morgan, J., Smith, G.C. 1999. Effects of muscle alfa-tocopherol level and surface microbiological contamination on the retail caselife of fresh beef from the US, Japan and Australia. *Meat Science*, 52: 111-118.
- Zhang, S.X., Farouk, M.M., Young, O.A. Wieliczko, K.J., Podmore, C. 2005. Functional stability of frozen normal and high pH beef. *Meat Science*. 69: 765-772.
- Zheng, W., Wang, S.Y. 2001. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 5165-5170.