



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
SAN ANTONIO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD, DE LA
ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

Departamento de Tecnología de la Alimentación y Nutrición

Tecnología y caracterización de productos cárnicos
curados obtenidos a partir de cerdo Chato Murciano

Autora:

Eva Salazar Serna

Directores:

Dr. D. José María Cayuela García

Dr. D. Luis Tejada Portero

Murcia, 30 de Julio de 2013



UCAM
UNIVERSIDAD CATÓLICA
SAN ANTONIO

AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS
PARA SU PRESENTACIÓN

El Dr. D. José M^a Cayuela García y el Dr. D. Luis Tejada Portero como Directores⁽¹⁾ de la Tesis Doctoral titulada “Tecnología y caracterización de productos cárnicos curados obtenidos a partir de cerdo Chato Murciano” realizada por Dña. Eva Salazar Serna en el Departamento de Tecnología de la Alimentación y Nutrición, **autoriza su presentación a trámite** dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

LO QUE FIRMO, PARA DAR CUMPLIMIENTO A LOS REALES DECRETOS 99/2011, 1393/2007, 56/2005 Y 778/98, EN MURCIA A 30 DE JULIO DE 2013.

Dr. D. José M^a Cayuela García

Dr. D. Luis Tejada Portero

⁽¹⁾ Si la Tesis está dirigida por más de un Director tienen que constar y firmar ambos.

Tercer Ciclo. Vicerrectorado de Investigación
Campus de Los Jerónimos. 30107 Guadalupe (Murcia)
Tel. (+34) 968 27 88 22 • Fax (+34) 968 27 85 78 - C. e.: tercerciclo@pdi.ucam.edu

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, mis agradecimientos van dirigidos hacia los directores de esta tesis, el Dr. José M^a Cayuela García y el Dr. Luis Tejada Portero, por su guía, dedicación, y por compartir conmigo su saber científico durante estos años. A pesar de sus obligaciones, siempre han me han asesorado de forma excelente.

A la Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM), por darme la oportunidad de iniciar mi formación en un campo tan enriquecedor como es el de la Investigación, tras la concesión de una beca predoctoral.

Al Vicerrectorado de Investigación de la UCAM, especialmente a la Dra. Estrella Núñez.

De forma muy especial a todos mis compañeros del Departamento de Tecnología de la Alimentación y Nutrición de la UCAM. También a los que formaron parte de él, Carmen y Mavi. Una parte de este trabajo ha sido fruto de cada uno vosotros, aportando en el día a día ánimo y fuerzas para que todo saliera adelante, además de ser un panel de catadores extraordinario. Gracias por hacer que la universidad sea un segundo hogar. Es un placer trabajar con vosotros.

Especial mención a mi “generación de becarios”: Fernando, Paco, Carmen, Pilar, Patricia, Jose Mi y Maite, por todo lo que hemos compartido. A todos, mi profunda gratitud, pero especialmente a Maite, por tu generosidad, por tu gran ayuda.

A Gabi y Alfonso, por la asistencia prestada en el desarrollo de la parte experimental de esta tesis. También por su parte personal.

A Ángel Poto, Begoña Peinado, y a todas las personas que, durante la realización de esta tesis, han formado parte del Equipo de Mejora Animal del IMIDA.

A las empresas URBEAN, S.L. y Cárnicas La Noria, S.L.

A mi familia, por confiar en mí tanto y, especialmente, a mi hermano, por estar continuamente ahí. A mis padres, que siempre estarán en mi recuerdo.

A mis amigas Laura, Lorena, mi hermana, Carmela, Gelen, Alicia, y a todas las "Churris", por sus gestos de ánimo y su apoyo moral.

Y a Kiko, por su paciencia y por su cariño.

A todos los que, de una forma u otra, han contribuido en la realización de esta tesis.

Muchas gracias.

ARTÍCULOS PUBLICADOS

El contenido de esta Tesis Doctoral ha sido parcialmente publicado en los siguientes trabajos:

- Salazar E., Cayuela J. M., Abellán A., Poto A., Peinado B. y Tejada L. (2013). A comparison of the quality of dry-cured loins obtained from the native pig breed (Chato Murciano) and from a modern crossbreed pig. *Animal Production Science*, 53 (4), 352-359.
- Salazar E., Abellán A., Cayuela J. M., Poto A. y Tejada L. Effect of processing time on the quality of dry-cured ham obtained from a native pig breed (Chato Murciano). *Animal Production Science*. (Enviado, en proceso de revisión).

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	15
ÍNDICE DE FIGURAS	21
LISTA DE ABREVIATURAS	25
RESUMEN	27
ABSTRACT	29
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	31
I. INTRODUCCIÓN	33
I.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA CARNE DE CERDO Y SUS PRINCIPALES PRODUCTOS	33
I.2. EL CERDO CHATO MURCIANO. ORIGEN Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA	36
I.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y DE LA CARNE FRESCA DE CHATO MURCIANO	41
I.4. PRODUCTOS CÁRNICOS CURADOS DERIVADOS DEL CERDO	45
I.4.1. Lomo curado: proceso de elaboración	46
I.4.2. Jamón curado: proceso de elaboración	47
I.5. EVOLUCIÓN DE LOS PRODUCTOS CÁRNICOS CURADOS DURANTE LA ETAPA DE SECADO-MADURACIÓN	51
I.5.1. Parámetros físico-químicos	51
<i>I.5.1.1. Humedad y actividad de agua</i>	<i>51</i>
<i>I.5.1.2. pH</i>	<i>53</i>
<i>I.5.1.3. Desarrollo del color</i>	<i>53</i>
I.5.2. Fracción proteica	55
<i>I.5.2.1. Evolución de las fracciones nitrogenadas</i>	<i>57</i>
<i>I.5.2.2. Proteolisis</i>	<i>58</i>
I.5.3. Fracción lipídica	61
<i>I.5.3.1. Lipolisis</i>	<i>62</i>
<i>I.5.3.2. Oxidación lipídica</i>	<i>63</i>

I.5.4. Otras reacciones	66
I.6. PARÁMETROS DE CALIDAD EN PRODUCTOS CÁRNICOS CURADOS DERIVADOS DEL CERDO	67
I.6.1. Parámetros relacionados con la materia prima	68
I.6.2. Influencia del proceso de elaboración	69
1.6.2.1. <i>Aportación de sal</i>	70
1.6.2.2. <i>Efecto de nitratos y nitritos</i>	71
1.6.2.3. <i>Difusión del agua, desde el interior del producto a la superficie, y evaporación superficial</i>	72
I.7. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD SENSORIAL DE PRODUCTOS CÁRNICOS CURADOS DERIVADOS DEL CERDO	73
I.7.1. Metodología en análisis sensorial	74
1.7.1.1. <i>Pruebas afectivas</i>	74
1.7.1.2. <i>Pruebas discriminantes</i>	75
1.7.1.3. <i>Pruebas descriptivas</i>	75
I.7.2. Análisis sensorial de lomo y jamón curado	75
1.7.2.1. <i>Aspecto</i>	76
1.7.2.2. <i>Olor y flavor</i>	76
1.7.2.3. <i>Textura</i>	78
1.7.2.4. <i>Sabor</i>	81
CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS	85
II. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS	87
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	89
III. MATERIALES Y MÉTODOS	91
III.1. MATERIAL EXPERIMENTAL	91
III.1.1. Obtención de la materia prima: cría y sacrificio de cerdos	91
III.1.2. Proceso de elaboración y toma de muestras	92

III.1.2.1. <i>Lomo curado</i>	92
III.1.2.2. <i>Jamón curado</i>	92
III.2. PROCEDIMIENTO GENERAL	93
III.2.1. Estudio 1: Caracterización del lomo curado de cerdo Chato Murciano durante el procesado	95
III.2.2. Estudio 2: Estudio comparativo del lomo curado de cerdo Chato Murciano y del lomo de cerdo blanco durante la etapa de maduración	95
III.2.3. Estudio 3: Estudio preliminar del jamón curado de cerdo Chato Murciano durante el procesado	96
III.3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA EN ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN	97
III.3.1. Humedad	97
III.3.2. Cenizas	97
III.3.3. Grasa intramuscular	98
III.3.4. Energía	98
III.3.5. Determinación de cloruros	99
III.3.6. Proteína bruta y Nitrógeno total	99
III.4. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA PROTEOLISIS	100
III.4.1. Nitrógeno no protéico	100
III.4.2. Extracción y determinación de aminoácidos libres mediante HPLC-fluorescencia	100
III.5. ANÁLISIS DE LAS FRACCIONES LIPÍDICAS DE LA GRASA INTRAMUSCULAR	103
III.6. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA EN ANÁLISIS SENSORIAL	105
III.6.1. Análisis instrumental del color	105
III.6.2. Análisis sensorial con panel entrenado y de consumidores	105
III.6.2.1. <i>Reclutamiento, selección y entrenamiento</i>	105
III.6.2.1.1. Entrenamiento general	107
III.6.2.1.2. Entrenamiento específico	109
III.6.2.2. <i>Sesiones de cata</i>	112
III.6.2.2.1. Condiciones de desarrollo de las pruebas	112

III.6.2.2.2. Preparación de las muestras	112
III.6.2.2.3. Prueba cuantitativa-descriptiva	112
III.6.2.2.4. Análisis sensorial de consumidores	118
III.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	123
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	127
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	129
IV.1. ESTUDIO 1: CARACTERIZACIÓN DEL LOMO CURADO DE CERDO CHATO MURCIANO DURANTE EL PROCESADO	129
IV.1.1. Composición del lomo curado	129
IV.1.2. Proteolisis del lomo curado	131
IV.1.2.1. Fracciones nitrogenadas	131
IV.1.2.2. Evolución de los aminoácidos libres	132
IV.1.3. Lipolisis de la grasa intramuscular del lomo curado	137
IV.1.4. Evolución del color instrumental del lomo curado	148
IV.2. ESTUDIO 2: ESTUDIO COMPARATIVO DEL LOMO CURADO DE CERDO CHATO MURCIANO Y DEL LOMO DE CERDO BLANCO DURANTE LA ETAPA DE MADURACIÓN	151
IV.2.1. Composición del lomo curado: efecto de la raza	151
IV.2.2. Proteolisis del lomo curado: efecto de la raza	154
IV.2.2.1. Fracciones nitrogenadas	154
IV.2.2.2. Aminoácidos libres	155
IV.2.3. Composición de la grasa intramuscular del lomo curado: efecto de la raza	159
IV.2.4. Caracterización sensorial del lomo curado: efecto de la raza	170
IV.2.4.1. Medida del color instrumental durante la etapa de maduración	170
IV.2.4.2. Análisis sensorial descriptivo del lomo curado	173
IV.2.4.3. Preferencia, aceptación y evaluación sensorial de consumidores del lomo curado de cerdo Chato Murciano y del lomo de cerdo blanco	179

IV.3. ESTUDIO 3: ESTUDIO PRELIMINAR DEL JAMÓN CURADO DE CERDO CHATO MURCIANO DURANTE EL PROCESADO.....	184
IV.3.1. Composición del jamón curado	184
IV.3.2. Proteolisis del jamón curado	187
IV.3.2.1. <i>Fracciones nitrogenadas</i>	187
IV.3.2.2. <i>Evolución de los aminoácidos libres</i>	189
IV.3.3. Lipolisis de la grasa intramuscular del jamón curado	195
IV.3.4. Caracterización sensorial del jamón curado	207
IV.3.4.1. <i>Análisis sensorial descriptivo del jamón curado</i>	207
IV.3.4.2. <i>Preferencia, aceptación y evaluación sensorial de consumidores del jamón curado</i>	214
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	221
V. CONCLUSIONES	223
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA	227
VI. BIBLIOGRAFÍA	229

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	31
<i>Tabla I.1. Datos de población de animales vivos de raza Chato Murciano inscritos en los distintos registros. Sistema de Información de la diversidad de los animales domésticos (DAD-IS, http://dad.fao.org)</i>	40
<i>Tabla I.2. Composición en ácidos grasos (%) del músculo longísimo lumbar y del tocino dorsal de cerdo de raza Chato Murciano correspondientes a una población de cría en extensivo y otra en intensivo</i>	44
<i>Tabla I.3. Productos específicos de degradación de los ácidos oleico, linoleico y linolenico</i>	65
<i>Tabla I.4. Descriptores de textura utilizados en productos cárnicos curados</i>	80
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	89
<i>Tabla III.1. Esquema del trabajo experimental</i>	94
<i>Tabla III.2. Programa de gradientes del análisis de aminoácidos libres mediante HPLC</i>	102
<i>Tabla III.3. Disolventes usados en la en la separación de las distintas clases de lípidos</i>	103
<i>Tabla III.4. Concentración de la disolución madre para cada sabor básico. Norma UNE 87003</i>	108
<i>Tabla III.5. Series de diluciones para cada sabor básico. Norma UNE 87003</i>	108
<i>Tabla III.6. Características del panel de consumidores del estudio sensorial del lomo curado (N=50)</i>	118
<i>Tabla III.7. Características del panel de consumidores del estudio sensorial del jamón curado (N=198)</i>	122

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	127
Tabla IV.1. Evolución de la composición del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio y desviación estándar.....	129
Tabla IV.2. Evolución del contenido en nitrógeno total (NT) y nitrógeno no proteico (NNP) del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (% peso en fresco) y desviación estándar	132
Tabla IV.3. Evolución del contenido en aminoácidos libres del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g extracto seco) y desviación estándar.....	133
Tabla IV.4. Evolución de la concentración total de los ésteres metílicos de los ácidos grasos de las fracciones de lípidos neutros (LN), fosfolípidos (FL) y ácidos grasos libres (AGL) del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g de grasa intramuscular) y desviación estándar	137
Tabla IV.5. Evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos de los lípidos neutros (LN) del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g grasa intramuscular) y desviación estándar.....	140
Tabla IV.6. Evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos de los fosfolípidos (FL) del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g grasa intramuscular) y desviación estándar.....	144
Tabla IV.7. Evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos de la fracción de ácidos grasos libres (AGL) del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g grasa intramuscular) y desviación estándar.....	146
Tabla IV.8. Evolución de los parámetros de color instrumental del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio y desviación estándar	149
Tabla IV.9. Efecto de la raza y del tiempo de procesado en la composición del lomo curado de Chato Murciano (CM) y del lomo de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio y desviación estándar	152

- Tabla IV.10.** Efecto de la raza y del tiempo de procesado en el contenido en nitrógeno total (NT) y nitrógeno no proteico (NNP) del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio (% peso en fresco) y desviación estándar155
- Tabla IV.11.** Efecto de la raza y del tiempo de procesado en el contenido en aminoácidos libres del lomo curado de Chato Murciano (CM) y del lomo de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio (mg/g extracto seco) y desviación estándar156
- Tabla IV.12.** Efecto de la raza y del tiempo de procesado en la concentración total de los ésteres metílicos de los ácidos grasos de las fracciones de lípidos neutros (LN), fosfolípidos (FL) y ácidos grasos libres (AGL) del lomo curado de Chato Murciano y de cerdo blanco durante la etapa de maduración. Valores promedio (mg ésteres metílicos /100g lomo) y desviación estándar159
- Tabla IV.13.** Efecto de la raza y del tiempo de procesado en la evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos de los lípidos neutros (LN) del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio (mg ésteres metílicos /100g lomo) y desviación estándar161
- Tabla IV.14.** Efecto de la raza y del tiempo de procesado en la evolución de los ácidos grasos SFA, MUFA y PUFA de la fracción de lípidos neutros (LN) del lomo curado de de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio (mg ésteres metílicos /100g lomo) y desviación estándar163
- Tabla IV.15.** Efecto de la raza y del tiempo de procesado en la evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos de los fosfolípidos (FL) del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio (mg ésteres metílicos /100g lomo) y desviación estándar165
- Tabla IV.16.** Efecto de la raza y del tiempo de procesado en la evolución de los ácidos grasos SFA, MUFA y PUFA de la fracción de fosfolípidos (FL) del lomo curado de de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio (mg ésteres metílicos /100g lomo) y desviación estándar167

Tabla IV.17. Efecto de la raza y del tiempo de procesado en la evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos libres (AGL) de la grasa intramuscular del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio (mg ésteres metílicos /100g lomo) y desviación estándar	168
Tabla IV.18. Efecto de la raza y del tiempo de procesado en la evolución de los ácidos grasos SFA, MUFA y PUFA de los ácidos grasos libres (AGL) del lomo curado de de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio (mg ésteres metílicos /100g lomo) y desviación estándar	169
Tabla IV.19. Efecto de la raza y del tiempo de procesado en los parámetros de color instrumental del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio y desviación estándar	171
Tabla IV.20. Atributos sensoriales del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB). Puntuaciones medias y desviación estándar	173
Tabla IV.21. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) del estudio de la influencia de las características del panel de consumidores en la evaluación sensorial del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB)	180
Tabla IV.22. Efecto de la raza en la evaluación sensorial de consumidores del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB). Puntuaciones medias y desviación estándar	182
Tabla IV.23. Evolución de la composición del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio y desviación estándar	185
Tabla IV.24. Evolución del contenido en nitrógeno total (NT) y nitrógeno no proteico (NNP) del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (% peso en fresco) y desviación estándar	188
Tabla IV.25. Evolución del contenido en aminoácidos libres del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg AAL/g extracto seco) y desviación estándar	190

<i>Tabla IV.26. Evolución de la concentración total de los ésteres metílicos de los ácidos grasos de las fracciones de lípidos neutros (LN), fosfolípidos (FL) y ácidos grasos libres (AGL) del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g de grasa intramuscular) y desviación estándar</i>	195
<i>Tabla IV.27. Evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos de los lípidos neutros (LN) del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g grasa intramuscular) y desviación estándar</i>	198
<i>Tabla IV.28. Evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos de los fosfolípidos (FL) del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g grasa intramuscular) y desviación estándar</i>	202
<i>Tabla IV.29. Evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos libres (AGL) del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g grasa intramuscular) y desviación estándar</i>	205
<i>Tabla IV.30. Atributos sensoriales del jamón curado de Chato Murciano con distinto tiempo de procesado. Puntuaciones medias y desviación estándar</i>	208
<i>Tabla IV.31. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) del estudio de la influencia de las características del panel de consumidores en la evaluación sensorial del jamón curado de Chato Murciano con distinto tiempo de procesado</i>	215
<i>Tabla IV.32. Efecto del tiempo de procesado en la evaluación sensorial de consumidores del jamón curado de Chato Murciano. Puntuaciones medias y desviación estándar</i>	217

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	31
<i>Figura I.1. Distribución del censo total de ganado porcino por comunidades autónomas (miles de animales)</i>	33
<i>Figura I.2. Evolución de las exportaciones intracomunitarias de España en el sector de la carne porcina según tipo de productos (toneladas)</i>	34
<i>Figura I.3. Evolución de las exportaciones extracomunitarias de España en el sector de la carne porcina según tipo de productos (toneladas)</i>	35
<i>Figura I.4. Panel de razas porcinas que contribuyeron en la creación de la raza Chato Murciano</i>	37
<i>Figura I.5. Cerda y lechones de raza Chato Murciano (DAD-IS, http://dad.fao.org)</i>	39
<i>Figura I.6. Lomo curado de Chato Murciano en fase de secadero</i>	46
<i>Figura I.7. Piezas de jamones acondicionadas</i>	48
<i>Figura I.8. Cámara de salado de jamones</i>	48
<i>Figura I.9. Eliminadora de sal</i>	48
<i>Figura I.10. Jamones en fase de post-salado</i>	49
<i>Figura I.11. Jamones en fase de secadero</i>	49
<i>Figura I.12. Recubrimiento de manteca de la superficie del jamón</i>	50
<i>Figura I.13. Cámara de maduración de jamones</i>	50
<i>Figura I.14. Jamones de Chato Murciano en fase de maduración</i>	50
<i>Figura I.15. Curva de deshidratación de un embutido crudo-curado tipo a lo largo de la maduración</i>	52
<i>Figura I.16. Ciclo de color en las carnes curadas</i>	54
<i>Figura I.17. Esquema de la proteólisis existente en las proteínas durante el proceso de curado y de enzimas implicadas</i>	59
<i>Figura I.18. Mecanismo de actuación de las lipasas musculares</i>	62

<i>Figura I.19. Mecanismo de actuación de las fosfolipasas musculares</i>	62
<i>Figura I.20. Esquema de los principales pasos en la lipólisis y oxidación lipídica</i>	64
<i>Figura I.21. Aldehídos producidos en la degradación de Strecker, aroma que generan y umbral de percepción</i>	67
<i>Figura I.22. Diagrama esquemático de los procesos que conducen a la percepción de la textura</i>	78
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	89
<i>Figura III.1. Reacción de derivatización de aminoácidos con orto-ftalaldehído</i>	101
<i>Figura III.2. Cuestionario de reclutamiento para la formación del panel de catadores entrenados</i>	106
<i>Figura III.3. Formulario para la identificación y detección de umbrales en sabores básicos Norma UNE 87003</i>	109
<i>Figura III.4. Escala de referencia para el estudio del color del magro del jamón curado</i> ..	110
<i>Figura III.5. Escala de referencia para el estudio del color de la grasa subcutánea del jamón curado</i>	110
<i>Figura III.6. Escala de referencia para el estudio del brillo del lomo curado</i>	111
<i>Figura III.7. Escala de referencia para el estudio del veteado del jamón curado</i>	111
<i>Figura III.8. Formulario para la prueba descriptiva-cuantitativa del estudio 2</i>	116
<i>Figura III.9. Formulario para la prueba descriptiva-cuantitativa del estudio 3</i>	117
<i>Figura III.10. Formulario para la evaluación sensorial y el estudio del grado de aceptación y preferencia de consumidores del lomo curado</i>	120
<i>Figura III.11. Formulario para para la evaluación sensorial, el estudio discriminante y el estudio del grado de aceptación y preferencia de consumidores del jamón curado</i>	121

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	127
<i>Figura IV.1. Evolución de los aminoácidos libres del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado (mg AAL/100g extracto seco)</i>	134
<i>Figura IV.2. Perfil de aminoácidos libres del lomo curado de Chato Murciano el día 0 de procesado (mg AAL/100g extracto seco)</i>	135
<i>Figura IV.3. Perfil de aminoácidos libres del lomo curado de Chato Murciano el día 60 de procesado (mg AAL/100g extracto seco)</i>	136
<i>Figura IV.4. Evolución (%) de los ésteres metílicos de los ácidos grasos totales de las fracciones de lípdos neutros (LN) (●), fosfolípidos (FL) (▼) y ácidos grasos libres (AGL) (○) del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado</i>	138
<i>Figura IV.5. Evolución de los ésteres metílicos de los ácidos grasos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) y polinsaturados (PUFA) de los lípidos neutros (LN) (a), los fosfolípidos (FL) (b) y los ácidos grasos libres (AGL) (c), durante el procesado del lomo curado de Chato Murciano (mg/g de grasa intramuscular)</i>	142
<i>Figura IV.6. Perfil de aminoácidos libres del lomo curado de Chato Murciano (CM) y del lomo de Cerdo blanco (CB) a los 60 días de procesado (mg AAL/100g extracto seco)</i>	158
<i>Figura IV.7. Perfil sensorial de aspecto del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de lomo de cerdo blanco (CB)</i>	174
<i>Figura IV.8. Perfil sensorial de olor y flavor del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de lomo de cerdo blanco (CB)</i>	176
<i>Figura IV.9. Perfil sensorial de textura del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de lomo de cerdo blanco (CB)</i>	178
<i>Figura IV.10. Perfil sensorial de sabor del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de lomo de cerdo blanco (CB)</i>	178
<i>Figura IV.11. Porcentajes de elección obtenidos en la prueba de preferencia de consumidores del lomo curado de cerdo Chato Murciano (CM) frente al lomo de cerdo blanco (CB)</i>	179
<i>Figura IV.12. Evolución de los aminoácidos libres del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado (mg AAL/100g extracto seco)</i>	191

<i>Figura IV.13. Perfil de aminoácidos libres del jamón curado de Chato Murciano el día 0 de procesado (mg AAL/100g extracto seco).....</i>	<i>193</i>
<i>Figura IV.14. Perfil de aminoácidos libres del jamón curado de Chato Murciano el mes 24 de procesado (mg AAL/100g extracto seco).....</i>	<i>194</i>
<i>Figura IV.15. Evolución (%) de los ésteres metílicos de los ácidos grasos totales de las fracciones de lípidos neutros (LN) (●), fosfolípidos (FL) (▼) y ácidos grasos libres (AGL) (○) del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado.....</i>	<i>196</i>
<i>Figura IV.16. Evolución de los ésteres metílicos de los ácidos grasos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) de los lípidos neutros (LN) (a), los fosfolípidos (FL) (b) y los ácidos grasos libres (c) (AGL), durante el procesado del jamón curado de Chato Murciano (mg/g de grasa intramuscular).....</i>	<i>200</i>
<i>Figura IV.17. Porcentaje de discriminación obtenido en la prueba triangular del panel de consumidores de jamón curado de Chato Murciano con distinto tiempo de procesado</i>	<i>214</i>
<i>Figura IV.18. Porcentajes de elección obtenidos en la prueba de preferencia de consumidores del jamón curado de Chato Murciano con distinto tiempo de procesado</i>	<i>215</i>

LISTA DE ABREVIATURAS

AAL: Aminoácidos libres	FAO: <i>Food and Agricultural Organization</i> (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación	FL: Fosfolípidos
AGL: Ácidos grasos libres	GIM: Grasa intramuscular
AGM: Ácidos grasos monoinsaturados	Glu: Ácido glutámico
AGP: Ácidos grasos poliinsaturados	Gly: Glicina
AGS: Ácidos grasos saturados	HDL: <i>High density lipoprotein</i> (lipoproteínas de baja densidad)
Ala: Alanina	His: Histidina
Arg: Arginina	Iso: Isoleucina
Asn: Asparagina	ISO: <i>International Organization for Standardization</i> (Organización Internacional de Normalización)
Asp: Aspártico	LDL: <i>Low density lipoprotein</i> (lipoproteínas de baja densidad)
CARM: Comunidad Autónoma de la Región de Murcia	Leu: Leucina
CB: Cruce comercial de razas blancas de cerdo	LN: Lípidos neutros
CECA: Centro de Capacitación y Experiencias agrarias	Lys: Lisina
CM: Chato Murciano	MAGRAMA: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
CHE: Chato Murciano criado en extensivo	Met: Metionina
CHI: Chato Murciano criado en intensivo	NNP: Nitrógeno no proteico
CHxIB: Chato Murciano cruzado con Ibérico	NP: Nitrógeno peptídico
D.O.: Denominación de origen	NT: Nitrógeno total
ETD: Espesor de tocino dorsal	OPA: Orto-ftalaldehído
	Phe: Fenilalanina

PSE: *Pale, soft and exudative* (pálido, blando y exudativo)

REGA: Registro general de explotaciones ganaderas

RSE: *Reddish-pink, soft and exudative* (rojo-rosa, blando y exudativo)

Ser: Serina

SERGA: Sociedad Española para los Recursos Genéticos Animales

Thr: Treonina

Trp: Triptófano

Tyr: Tirosina

Val: Valina

RESUMEN

El cerdo Chato Murciano es una raza de cerdo autóctona de la Región de Murcia, que ha pasado de estar en peligro de extinción, a encontrarse en fase de recuperación y expansión. Para la consolidación de la raza, es necesario ajustar la calidad y la tecnología de procesado de los productos cárnicos derivados, lo que permitirá incrementar su valor, y la aparición de una industria local sostenible.

Se ha realizado la caracterización del lomo y del jamón curado, obtenidos a partir de cerdo Chato Murciano, con el objetivo de mejorar el proceso de elaboración, así como de conseguir su estandarización. Para ello, se ha estudiado la evolución de la composición físico-química y de la concentración de aminoácidos libres y ácidos grasos libres, así como de las características sensoriales de ambos productos.

Del estudio del lomo curado durante su proceso de elaboración, puede afirmarse que las modificaciones más significativas tienen lugar en el contenido en humedad, grasa intramuscular y cenizas. También se observan cambios significativos en las fracciones proteicas y lipídicas, liberándose aminoácidos como arginina y ácido glutámico, y ácidos grasos como oleico y linoleico, que conforman su perfil de olor, sabor y flavor.

Por otra parte, se ha visto que el lomo curado de Chato Murciano presenta características diferentes a las del lomo curado de cruces comerciales de cerdo blanco, fundamentalmente en relación al contenido en grasa intramuscular y ácidos grasos monoinsaturados. Estas diferencias se ven reflejadas en el estudio sensorial, en el que el lomo de Chato Murciano presenta puntuaciones superiores a las del cerdo blanco en los atributos de intensidad de color, brillo, nivel y tamaño de veteado, intensidad de olor y olor a curado, dureza, intensidad de flavor, flavor a curado y regusto, e inferiores en el caso de atributos como el sabor dulce y la adhesividad.

Respecto al jamón curado, las modificaciones más significativas se producen hasta el mes 22 de procesado, tanto en la composición, como en el contenido en aminoácidos libres y ácidos grasos libres. En el análisis sensorial se observa hasta los 22 meses que, al aumentar el tiempo de

procesado, mejoran la intensidad del color rojo, el color de la grasa, todos los atributos de olor y flavor estudiados, y todos los de textura, con la excepción de la jugosidad.

Se ha constatado, por tanto, que a partir del cerdo Chato Murciano se obtienen productos derivados de alta calidad, que además son bien aceptados por el consumidor.

ABSTRACT

The Chato Murciano is an autochthonous pig breed of the province of Murcia, which is no longer under threat of extinction but in the process of full recovery and expansion. However, to consolidate its position, the quality and processing technology for obtaining derived meat products need to be assessed in an attempt to increase the breed's value and contribute to the growth of a local and sustainable industry.

Dry-cured loin and dry-cured ham obtained from Chato Murciano have been characterised in an attempt to improve the elaboration process and achieve a degree of standardisation. For this, the evolution of the physico-chemical composition and concentrations of free amino acids and fatty acids were studied, along with the sensory characteristics of both products.

In the dry-cured loin processing the most pronounced modifications take place in the moisture, intra-muscular fat and ash contents. Significant changes in the proteic and lipidic fractions also occur as amino acids such as arginine and glutamic acid are released, as are oleic and linoleic fatty acids, all of which contributes to its odour, taste and flavour.

The cured loin of Chato Muriano was seen to have different characteristics from the equivalent product obtained from commercial white crosses with regard to the intra-muscular fat and monounsaturated fatty acid content. These differences were reflected in the sensory analysis, in which the Chato Murciano product obtained higher scores for colour intensity, brightness, size and level of marbling, colour and odour intensity, hardness and flavour intensity, cured flavour and after-taste, but lower scores in sweet taste and adhesiveness.

In the case of the dry-cured ham, the most significant modifications were those that took place up to 22 months of processing both in terms of composition and free amino acid and fatty acid contents. The sensory analysis showed that the red colour intensity, fat colour, all odour and flavour attributes studied and texture (except juiciness) increased with the processing time up to 22 months.

Therefore it can be confirmed the high quality of the products obtained from the Chato Murciano pig breed and their good degree of consumer acceptance.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

I.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA CARNE DE CERDO Y SUS PRINCIPALES PRODUCTOS

El sector porcino es el primer sector ganadero español. En el año 2012 supuso un 37,1% de la producción final ganadera, contribuyendo económicamente con cifras superiores a los 6.000 millones de euros, según datos publicados por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, (MAGRAMA, 2013_a). Dentro de la Unión Europea, España se posiciona como el 2º productor de carne porcina, por detrás de Alemania. Aunque el sector ganadero no se encuentra en su mejor momento, los últimos datos censan en 29 millones las cabezas de ganado porcino, de las cuales, más de 2 millones corresponden a la raza autóctona de cerdo Ibérico (MAGRAMA, 2013_b), y más de 1.400.000 toneladas de carne son exportadas, tanto a la U.E., como al resto de mercado mundial (MAGRAMA, 2013_a).

Aragón, Cataluña y Castilla La Mancha lideran la producción. La Región de Murcia ocupa el sexto puesto en producción ganadera porcina con un total de 1.896.000 cabezas de ganado, según el Registro General de Explotaciones Ganaderas (REGA) (MAGRAMA, 2013_a), lo que supone un 6,3% del total nacional (figura I.1).

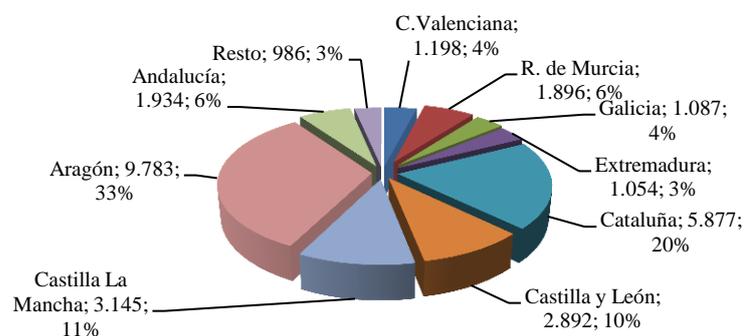


Figura I.1. Distribución del censo total de ganado porcino por comunidades autónomas (miles de animales) (MAGRAMA, 2013_a).

En la actualidad, predominan tanto en España como en la Unión Europea las explotaciones de ciclo cerrado, donde se obtienen los lechones que se engordan en otras naves de la misma explotación.

En cuanto a la producción de carne de porcino, en el año 2012 fue 3,5 millones de toneladas en canal, volumen ligeramente superior al del año precedente. Respecto a la producción de carne procedente de la raza autóctona de cerdo Ibérico, los datos se situaron en torno a los 40 millones de kg en el año 2012 (MAGRAMA, 2013_c). En la Región de Murcia, los datos disponibles más recientes relativos a la producción ganadera, son los correspondientes al año 2009. Más del 80% de la producción cárnica total de ese año (304.743 toneladas) correspondió a carne de porcino (250.825 toneladas) (CARM, 2013).

Como se ha comentado anteriormente, en el año 2012 España exportó un total de 1.400.000 toneladas de carne de porcino, e importó 176.250 toneladas. La Unión Europea fue el primer destino, tanto de las ventas, como de las compras (MAGRAMA, 2013_a).

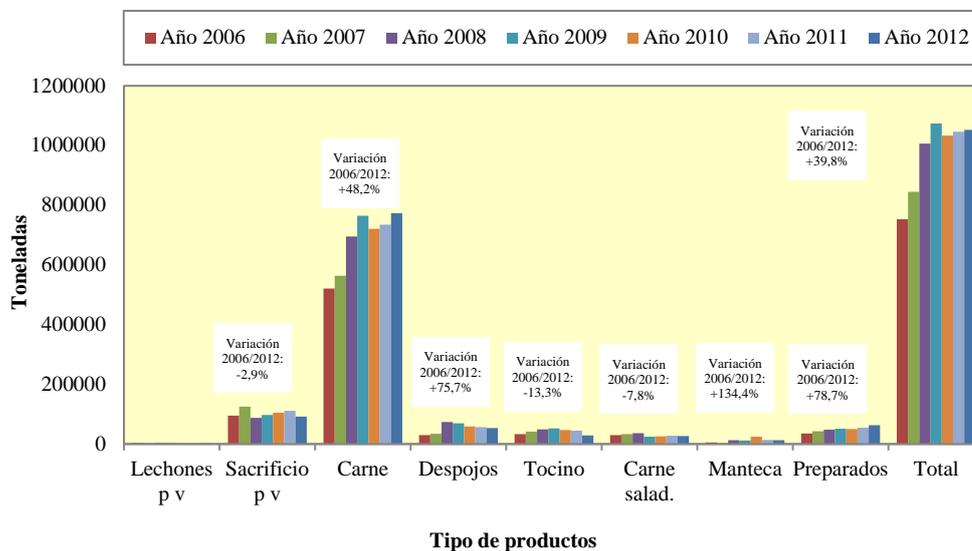


Figura I.2. Evolución de las exportaciones intracomunitarias de España en el sector de la carne porcina según tipo de productos (toneladas) (MAGRAMA, 2013_a).

En la figura I.2 se puede observar que, las exportaciones de preparados del sector porcino español, hacia el resto de la Unión Europea, han aumentado hasta un 40% a lo largo de los últimos años, a pesar de que en 2010 sufrieron una ligera caída. Respecto a las extracomunitarias (figura I.3), también se ha producido un aumento desde el año 2006 hasta el 2012 (MAGRAMA, 2013_a).

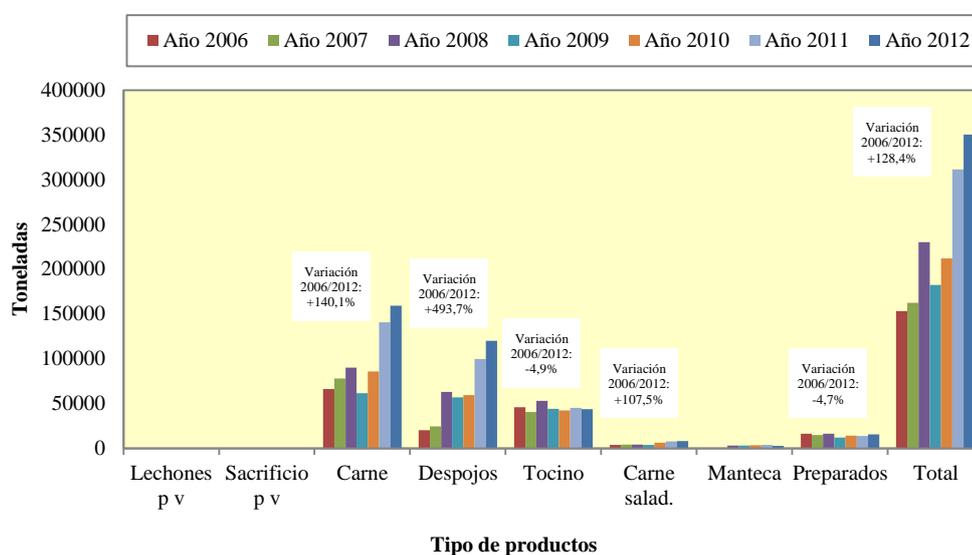


Figura I.3. Evolución de las exportaciones extracomunitarias de España en el sector de la carne porcina según tipo de productos (toneladas) (MAGRAMA, 2013_a).

En general, la producción de preparados cárnicos procedentes del sector porcino estuvo en constante crecimiento, hasta el año 2006. Este crecimiento tiene su causa en el fomento del comercio exterior que se dio en el año 2005, por parte de la administración estatal. De este modo, se vieron favorecidas las exportaciones, al facilitar la apertura de nuevos mercados para productos cárnicos curados de cerdo, como es el caso del jamón, lo que motivó al sector productor a llevar sus productos a mercados como el estadounidense. Los resultados de apertura de estos nuevos mercados fueron evidentes a partir del año 2010, momento en el que las exportaciones extracomunitarias experimentaron un gran aumento respecto

al año anterior (figura I.3). Esta tendencia es la que se ha mantenido hasta el año 2012 (MAGRAMA, 2013_a).

El número total de productos cárnicos comercializados bajo la Norma de Calidad de Ibérico (BOE, 2007_a) se situó ligeramente por debajo de los 5 millones de kg de jamón (MAGRAMA, 2013_d), y alrededor de los 3 millones de kg de lomo curado, en el año 2012 (MAGRAMA, 2013_e).

Si se habla de consumo en España, en el año 2012 se registró un consumo en los hogares españoles de 491.808 toneladas de carne fresca, y de 573.289 toneladas de elaborados cárnicos. Según datos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, el consumo per cápita estuvo en torno a 10,4 kg/persona/año de carne fresca y en los transformados ronda los 12,1 kg/persona/año. Respecto al año anterior, estas cifras han disminuido en el caso de la carne fresca, y han aumentado ligeramente en el de transformados (MAGRAMA, 2013_a).

I.2. EL CERDO CHATO MURCIANO. ORIGEN Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA

Hoy día, las razas autóctonas son consideradas un ejemplo de la multifuncionalidad de la actividad agraria, cuyo valor estratégico debe ser aprovechado y mantenido, ya que son un componente esencial de la biodiversidad. Hay que tener en cuenta que, a pesar de que la desaparición de una raza puede tener poca repercusión en el mantenimiento de la variabilidad de una especie, este hecho puede suponer la pérdida de genes únicos (Molina, 2010).

La raza de cerdo Chato Murciano es la única raza autóctona superviviente de los cerdos tradicionalmente producidos en la Región de Murcia (España). Esta raza procede de la raza Murciana primitiva o cerdo Murciano, que tiene su origen en el “Tronco Ibérico” formado, al igual que otras razas españolas, a partir de la subespecie de jabalí llamada *Sus Mediterraneus*. Este cerdo Murciano Primitivo, tenía como área de expansión la huerta de Murcia y contaba, según datos recogidos por Martínez Gallego en 1986, con casi 50.000 cabezas en el año 1865 (Lobera, 1998; citado en Galián, 2007). Existían dos variedades: la Gabana o Gabacha, con piel y

cerdas de color negro, y la Pintada, con la piel también negra y las cerdas de color leonado, o con manchas de pelos rojos o blancos.

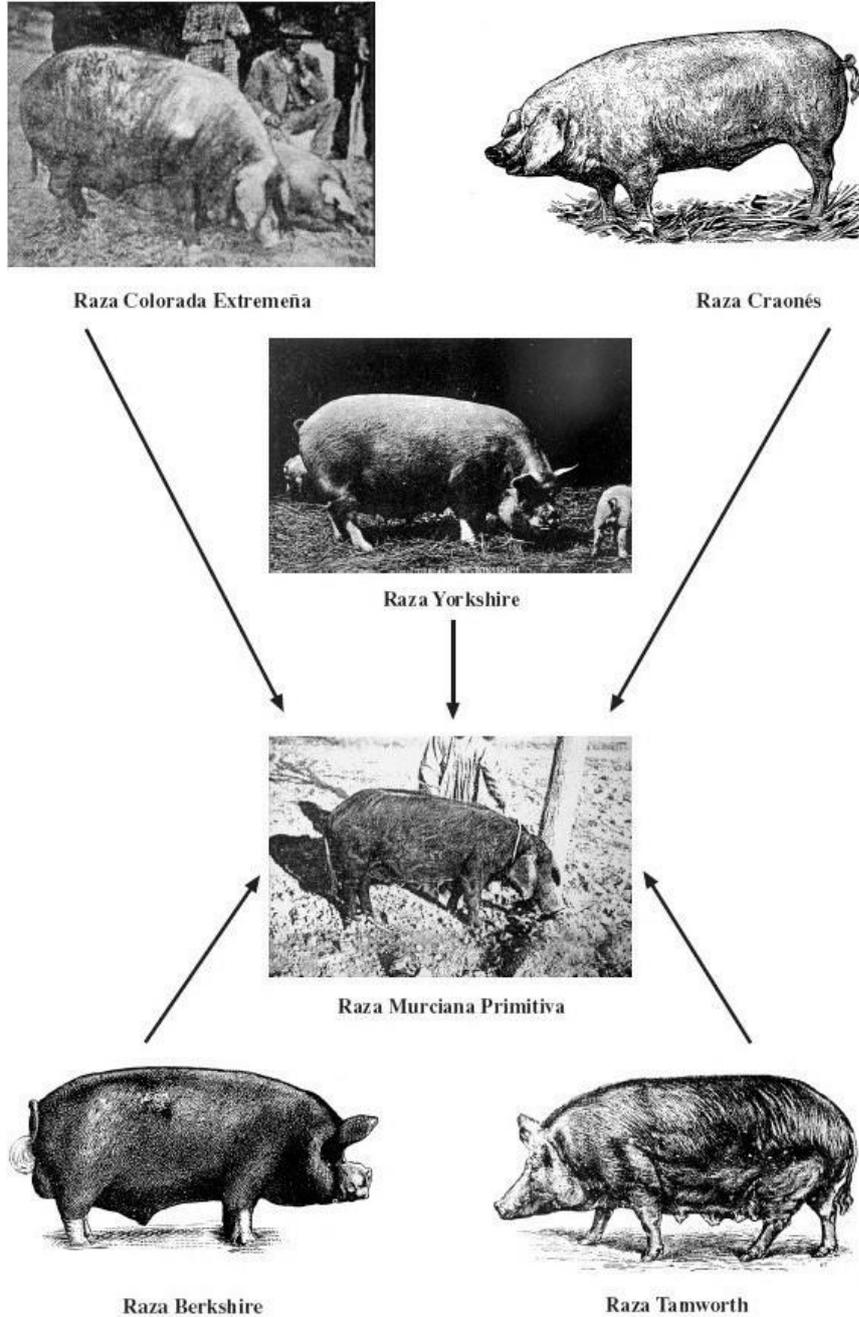


Figura I.4. Panel de razas porcinas que contribuyeron en la creación de la raza Chato Murciano (Lobera, 1998).

La formación del cerdo Chato Murciano se produjo a comienzos del siglo XX, a partir de cerdos autóctonos de capa negra pertenecientes al tronco Ibérico raza Gabana, para el cerdo Chato Murciano de capa negra, siendo su origen y núcleo de difusión el área de Lorca (Lobera, 1998). Su centro de selección se estableció en la Granja Agraria de Lorca (en la actualidad CECA). La variedad blanca se seleccionó en La Alberca -Estación Sericícola- a partir de la variedad Pintada. Sobre las razas de cerdo Murciano actuaron cerdos de raza *Berkshire*, *York (Middle White)* y Colorado Extremeño, sobre todo, aunque también se obtuvieron cruces a partir de las razas *Tamworth*, *Craonés* y *Alderney* (figura I.4).

La aparición del cerdo Chato Murciano estuvo motivada por la necesidad de los ganaderos del levante español de incrementar el rendimiento productivo del antiguo cerdo Murciano primitivo pues, en relación con otras razas, este cerdo requería mayor tiempo de engorde y el peso en carne era menor (Galián, 2007). Este hecho motivó el cruce de este cerdo con diferentes razas importadas, lográndose una población porcina de mejor rendimiento, que también mantenía la adaptación al medio de la Región. Así, resultó un animal que requería tiempos de engorde menores y que, además, mantenía una adecuada proporción de magro y un buen engrasamiento de las canales, tanto en la zona dorsal como glútea.

Morfológicamente (figura I.5) se trata de un animal subhipermétrico, cóncavo y longilíneo, con orejas de tamaño medio, erectas y tendentes a la verticalidad, hocico corto, grande y fuerte, y jeta inclinada de delante a atrás y de abajo a arriba. La capa es de color negro, exceptuando algunos ejemplares que pueden presentar manchas blancas en los extremos distales de las cuatro extremidades, hocico y frente.

Los machos presentan una altura de la cruz de 82 cm y las hembras de 65 cm. Las hembras adultas presentan una prolificidad de 10 lechones por parto, y las primíparas de 7. Los celos postdestete tienen lugar dentro de la primera semana.



Figura I.5. Cerda y lechones de raza Chato Murciano (DAD-IS, <http://dad.fao.org>) (FAO, 2013).

Hasta la década de los años 50 fue una raza de cerdo económicamente relevante, tanto a nivel regional como nacional pero, tras la entrada de nuevas razas de mayor prolificidad y precocidad, comenzó a desaparecer. Su desaparición también estuvo motivada por el hecho de que, estas nuevas razas, presentaban un contenido graso menor, satisfaciendo las demandas de mercado del momento.

Todo ello puso en peligro de desaparición la única raza autóctona superviviente de la Región de Murcia. Afortunadamente la raza no llegó a extinguirse. En los últimos años, el cerdo Chato Murciano ha pasado de estar catalogado como una raza de protección especial en peligro de extinción (BOE, 1997), compuesta por una población de 65 ejemplares en el año 1999, según datos de la Sociedad Española para los Recursos Genéticos Animales (SERGA), a encontrarse en fase de recuperación y expansión.

Este hecho se ha visto favorecido por el apoyo administrativo, que ha facilitado la realización de diversos trabajos, dirigidos al estudio de las posibilidades de conservación, recuperación y mejora de la raza, así como a su caracterización genética (Calvo *et al.*, 2000; Poto *et al.*, 2000; Peinado *et al.*, 2003; Herrero, 2012).

Actualmente en España, estos planes de apoyo a las razas autóctonas están integrados en los programas europeos de Desarrollo Rural del Reglamento (CEE) 1698/2005 (DOUE, 2005). Las diferentes actuaciones están enfocadas al mantenimiento de la población y a la mejora de la calidad de vida del conjunto del medio rural. En este Plan Estratégico Nacional de Desarrollo Rural para el periodo 2007-2013, de acuerdo con el

marco competencial establecido en España, la gestión de las medidas de Desarrollo Rural corresponde íntegramente a las Comunidades Autónomas.

Como se ha comentado anteriormente, la raza de cerdo Chato Murciano se encuentra, en la actualidad, en fase de expansión. Los datos de población de la raza y su evolución desde el año 1997 hasta el año 2011 pueden observarse en la tabla I.1.

Tabla I.1. Datos de población de animales vivos de raza Chato Murciano inscritos en los distintos registros. Sistema de Información de la diversidad de los animales domésticos (DAD-IS, <http://dad.fao.org>) (FAO, 2013).

	Año				
	1997	1999	2001	2009	2011
Población	20 - 30	<100	100-1000	287	398
Cifras de población basadas en	-	censo a nivel de raza			
Fiabilidad	-	muy fiable	muy fiable	fiable	fiable
Tendencia evolutiva	-	creciente	creciente	creciente	estable
Machos reproductores	-	-	-	22	28
Hembras reproductoras	-	-	-	265	290
Hembras registradas en los libros genealógicos	-	-	-	265	290
Hembras criadas en pureza (%)	-	-	-	-	70
Rebaños	2	-	-	16	18
Tamaño del rebaño (media)	-	-	-	-	16

Se puede observar que, desde que se inició el proceso de recuperación de la raza, la tendencia de la población ha sido creciente hasta el año 2009. En 2011 la situación de la población se estabilizó. Este año los datos del censo de animales vivos inscritos en los distintos registros se situaron en un

total de 398 animales (290 hembras y 28 machos reproductores). En la Región de Murcia están censadas 18 explotaciones ganaderas ubicadas en los municipios de Murcia, Lorca, Puerto Lumbreras y Bullas.

La forma de producción más frecuente es en sistema de manejo intensivo de granjas convencionales, aunque también existen explotaciones tipo camping o semiextensivo (Poto *et al.*, 2007).

A pesar de que la recuperación de la raza es un hecho, son varios los aspectos a considerar para conseguir una raza competitiva, tanto desde el punto de vista económico como tecnológico. Calvo *et al.* (2000) pusieron de manifiesto que la población de Chato Murciano presentaba una alta variabilidad, con altos niveles de consanguinidad (en torno al 11%), lo que dió explicación a la aparición de malformaciones y la poca productividad de la población en ese momento. Para solucionar esto, se diseñaron cruces con otras razas, dirigidos hacia una reducción de este parámetro. En relación a ello, un aspecto a destacar es el hecho de que se ha observado una gran influencia de razas como la Ibérica y la raza *Duroc*, en la caracterización genética del Chato Murciano, como resultado de las estrategias de mejora realizadas por los productores de forma independiente (Herrero, 2012)

Otro de los principales objetivos a perseguir, para conseguir la rentabilidad de la raza porcina Chato Murciano, es el de la obtención de una materia prima homogénea, destinada a la obtención de productos cárnicos derivados, que presenten propiedades sensoriales características y diferenciadoras.

I.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y DE LA CARNE FRESCA DE CHATO MURCIANO

El principal inconveniente que tiene la raza de cerdo Chato Murciano para su conservación y explotación, por parte de la industria, es el desconocimiento de las características que posee, que la diferencian tanto de otras razas autóctonas, como de los cerdos obtenidos por cruces comerciales de razas de cerdo blanco. A pesar de ello, ya se está empezando a conocer su potencial productivo y tecnológico, así como sus propiedades

organolépticas y nutritivas, gracias a los diferentes estudios realizados al respecto.

Se ha visto que el cerdo Chato Murciano tiene un crecimiento más lento que el de otras razas porcinas, alcanzando los 125kg entre los 8-10 meses de edad (Peinado *et al.*, 2009). El peso vivo al sacrificio y los pesos de la canal lo clasifican como un cerdo de tipo polivalente y graso (Poto, 2003).

Algunos resultados preliminares acerca de los parámetros indicativos de la calidad de la canal y de la carne de cerdo Chato Murciano son los obtenidos por Poto *et al.* (2000) en su trabajo con animales híbridos, sacrificados a los 8 meses de vida, y con unos pesos de aproximadamente 100 kg. De las medidas tomadas sobre la canal, concluyó que el cerdo de raza Chato Murciano produce una canal muy similar a la obtenida del cruce de razas de cerdo blanco. En el mismo trabajo, se obtuvieron datos sobre parámetros determinantes de la calidad de la canal, como es el espesor del tocino dorsal (ETD), indicando que esta raza presenta un alto grado de engrasamiento (ETD1, medido sobre la primera costilla: 50,0-56,0 mm; ETD2, medido sobre la última costilla: 32,4-36,4 mm; ETD3, extremo craneal del glúteo medio: 43,0-48,3 mm y ETD4, medido en el área de menor espesor graso a nivel del músculo glúteo medio: 28,0-32,0 mm) lo que es consecuencia, en gran medida, de la rusticidad de la raza.

Datos más completos son los publicados por Peinado *et al.* (2009), sobre una población mayor de Chatos Murcianos, que describen resultados similares a los anteriores, en los mismos parámetros (ETD1: 48,1mm; ETD2: 28,3mm; ETD3: 37,7mm y ETD4: 26,4mm). En el estudio morfométrico de la canal del mismo trabajo, al determinar parámetros de piezas nobles de mayor importancia, como son el perímetro y la longitud del jamón, se observó también que la canal produce un adecuado rendimiento. Los valores obtenidos fueron de 73,8 cm y de 37,5 cm respectivamente, también cercanos a los de Poto *et al.* (2000) para híbridos.

En los trabajos de Galián (2007) sobre carne fresca, también se caracterizó la canal y se estudió la calidad de la carne de cerdos de esta raza y su cruce con Ibérico, considerando además el sistema de manejo de estos

animales. Sobre cerdos castrados sacrificados a edades similares, obtuvo rendimientos cárnicos de la canal, superiores al 80%, concretamente, en cerdos explotados en sistema intensivo, y alimentados con pienso comercial. En este trabajo se estudiaron dos lotes de cerdo: Chato Murciano puro y Chato Murciano cruzado con Ibérico. Para los mismos describió pesos de la canal caliente de 110,29 kg y de 114,32 kg, respectivamente. Los datos de ETD_s obtenidos en este trabajo se acercan a los descritos previamente en Chato Murciano. En el despiece de la canal, Galián (2007) obtuvo valores del rendimiento de piezas nobles, comprendidos entre 8,76-278 kg de carne, en el caso del lomo, y de 11,89-12,9 kg de carne, en el caso del jamón.

Respecto a la caracterización de la carne fresca, los datos referentes al estudio del color instrumental, descritos en distintos trabajos (Poto, 2003; Peinado *et al.*, 2004; Galián, 2007; Peinado *et al.*, 2009), son similares a los obtenidos por otros autores en razas porcinas tradicionales (Franci *et al.*, 2005; Estévez, Morcuende y Cava, 2006), estableciendo un color de la carne característicamente más oscuro y rojo, que el de razas porcinas comerciales.

En cuanto al porcentaje de grasa intramuscular, Galián (2007), al igual que otros autores (Poto *et al.*, 2000; Poto, 2003; Peinado *et al.*, 2004; Poto *et al.*, 2007), observó altos valores (en torno al 6%), de lo que se puede concluir que, la carne procedente de cerdo de raza Chato Murciano es un tipo de carne idónea para la elaboración de productos transformados. Debido a su contenido en grasa intramuscular, esta carne será apta para soportar largos procesos de transformación, permitiendo la adquisición de propiedades sensoriales adecuadas para dar lugar a alimentos de alta calidad.

Además de los porcentajes de grasa, también ha sido descrito el perfil lipídico de la grasa de cerdos puros Chatos Murcianos criados bajo distintas condiciones, así como el de su cruce con Ibérico, en diferentes zonas anatómicas. En la tabla I.2 se puede observar este perfil lipídico correspondiente a Chato Murciano puro (Galián, 2007).

Tanto en el músculo longísimo lumbar como en el tocino dorsal, un fenómeno destacable que se puede observar es que, los lotes de cerdos explotados bajo un sistema intensivo, presentaron unos niveles superiores de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, respecto al lote criado en

extensivo. Según estos datos, el perfil de ácidos grasos de esta raza porcina se adecúa a la elaboración de productos transformados.

Tabla I.2. Composición en ácidos grasos (%) del músculo longísimo lumbar y del tocino dorsal de cerdo de raza Chato Murciano correspondientes a una población de cría en extensivo (CHE) y otra en intensivo (CHI) (Galián, 2007).

ÁCIDO GRASO	Longísimo lumbar		Tocino dorsal	
	CHE	CHI	CHE	CHI
C14:0 Mirístico	1,8±0,27	1,36±0,13	2,06±0,21	1,48±0,05
C16:0 Palmítico	28,40±1,77	24,13±1,14	30,31±1,14	26,11±0,44
C16:1Palmitoléico	4,66±0,52	4,37±0,44	2,63±0,44	2,61±0,98
C17:0 Margárico	0,12±0,05	0,18±0,04	0,20±0,03	0,31±0,03
C17:1Margarol	0,11±0,01	0,20±0,02	0,18±0,03	0,31±0,03
C18:0 Esteárico	11,05±0,85	12,30±0,62	13,11±1,49	13,38±0,82
C18:1Oleico	45,05±1,01	47,10±0,91	40,50±0,85	44,18±0,95
C18:2Linoleico	5,81±1,16	6,88±1,47	8,27±1,38	9,35±0,61
C18:3 Linolénico	0,25±0,06	0,27±0,03	0,48±0,09	0,45±0,20
C20:0Araquídico	0,10±0,02	0,24±0,04	0,14±0,03	0,23±0,04
C20:1 Gadoléioco	0,49±0,04	0,86±0,12	0,60±0,08	1,08±0,10
C20:2 Eicosadecanóico	0,06±0,02	0,33±0,10	0,21±0,11	0,51±0,01
C20:4 Araquidónico	0,96±0,28	1,56±0,54	-	-
ΣAGS	42,43±2,15	38,21±1,96	46,55±2,16	41,51±1,38
ΣAGM	50,34±1,12	52,53±1,49	44,24±1,05	48,18±2,07
ΣAGP	7,20±1,49	9,26±2,28	9,16±1,49	10,31±0,83

Respecto a su composición mineral, tanto en pureza como cruzado con otras razas, se ha visto que se trata de una carne rica en hierro, cobre y fósforo, pobre en calcio y sodio, y con unos niveles medios de magnesio, zinc y potasio (Galián, 2007).

A la conclusión a la que se llega, tras observar todos estos parámetros de los distintos estudios es que, la carne de Chato Murciano es una carne que presenta características que la hacen diferente de la carne porcina que

habitualmente se comercializa y consume, tanto de la procedente de razas autóctonas como de la obtenida a partir de cruces comerciales de cerdo blanco. También se puede decir que es adecuada para la transformación en productos derivados, lo que puede favorecer la ampliación de la oferta de mercado, dando lugar a alimentos nutricionalmente saludables, debido a que en su composición lipídica, el ácido oleico se presenta como ácido graso mayoritario.

I.4. PRODUCTOS CÁRNICOS CURADOS DERIVADOS DEL CERDO

La Región de Murcia es una región con una gran tradición en el consumo y la elaboración de derivados cárnicos procedentes del cerdo (Poto *et al.*, 2002).

Como se ha visto en el apartado anterior, a partir de la raza de cerdo Chato Murciano se obtiene una materia prima apta para la transformación en productos derivados, que potencialmente pueden ser bien aceptados por los consumidores. Los más importantes son el jamón y el lomo curado, tratándose de los principales productos que se obtienen a partir de la raza Chato Murciano, y que presentan un mayor impacto social y económico. Estos productos destacan principalmente por su olor, sabor y contenido graso. Además, también se elaboran otros productos a partir de cerdo Chato Murciano como chorizo, longaniza, sobrasada y salchicha. Por otro lado, se elaboran productos típicos mediante cocción, como morcón de Lorca, chiquillo, morcilla, butifarra lorquina, y otros menos conocidos como la perejila, el buche o botija y el envuelto, considerados estos últimos como los más locales y específicos (Poto *et al.*, 2002).

La transformación de la carne de Chato Murciano en productos derivados se lleva a cabo mediante métodos de elaboración tradicionales.

A continuación se describen, de forma general, los procesos tradicionales de elaboración del lomo y del jamón curado. En los siguientes apartados se detallarán las modificaciones que experimenta el producto durante el procesado (apartado I.5) así como los parámetros directamente

relacionados con la calidad del producto, tanto los que tienen que ver con la materia prima como los referentes al proceso de elaboración (apartado I.6).

I.4.1. Lomo curado: proceso de elaboración

El lomo es una de las denominadas “piezas nobles” obtenidas tras el despiece de la canal del cerdo, a partir de la que se obtiene el lomo curado, también denominado cinta o caña de lomo. Según la Norma de Calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo Ibéricos que recoge el BOE (2007_a) en el Real Decreto 1469/2007, el lomo curado es el producto cárnico elaborado con el paquete muscular formado por los músculos espinal y semiespinal del tórax, así como los músculos longísimos, lumbar y torácico del cerdo, prácticamente libre de grasa externa, aponeurosis y tendones, salado, adobado y embutido en tripas naturales o artificiales, el cual ha sufrido un adecuado proceso de curado-maduración.



Figura I.6. Lomo curado de Chato Murciano en fase de secadero.

El proceso de elaboración “tipo” de este producto, en la Región de Murcia, incluye una primera fase de preparación, que debe realizarse transcurridas 48 horas después del sacrificio del animal, y en la que se elimina la grasa externa del músculo.

Tras esta etapa de acondicionamiento, el lomo se sazona con la cantidad correspondiente de sal, dextrosa y nitrificante (40 g/kg de peso).

La siguiente etapa es la de estabilización de la pieza, en la que se mantiene 2 días a una temperatura de 4°C.

Una vez se ha estabilizado el producto se procede al adobado, fase en la que se le añade una mezcla de pimentón y otras especias (10 g/kg de peso), que le van a aportar el sabor, color y olor característicos de este tipo de productos. El lomo permanece macerándose durante unos 4 días (4°C). Una vez finalizada la fase de adobo, el lomo se frota para eliminar el exceso de mezcla y se embucha en tripas, que pueden ser naturales o artificiales. El lomo embuchado se mantiene durante 30 días a una temperatura de 4°C y humedad relativa entre 75%-80%. Finalmente el lomo se madura a 20°C-22°C y 65%-75% de humedad relativa durante 24 días.

I.4.2. Jamón curado: proceso de elaboración

Otra de las piezas nobles que se obtienen de la canal del cerdo es el jamón. El jamón curado, según la Norma de Calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo Ibéricos del Real Decreto 1469/2007 (BOE, 2007_a), es el producto elaborado con la extremidad posterior, cortada a nivel de la sínfisis isquiopubiana, con pata y hueso, que incluye la pieza osteomuscular íntegra, procedente de cerdos adultos, sometido al correspondiente proceso de salazón y curado-maduración.

La elaboración del jamón curado está comprendida por cinco etapas: 1.-Acondicionamiento de la pieza, 2.- Salado, 3.- Post-Salado/Asentamiento, 4.- Secadero, 5.- Maduración en Bodega. La forma en que se llevan a cabo depende de varios factores que se relacionan con la materia prima y que definen el periodo de duración de cada una de ellas, así como sus condiciones particulares de temperatura y humedad. En líneas generales, la tecnología empleada en la fabricación de jamones españoles es la siguiente:

En primer lugar, una vez se ha acondicionado la pieza (figura I.7) lo que se persigue es la estabilización de la materia prima. Para ello los jamones son frotados con sal común y sales de curado (nitratos y nitritos), cuya incorporación va a inhibir el desarrollo de microorganismos alterantes y patógenos.



Figura I.7. Piezas de jamones acondicionadas.

Los jamones se apilan en las cámaras de salado formando capas que alternan jamón y sal a temperatura de refrigeración (0°C-4°C) y humedad relativa alta (90%-95%) durante un tiempo de 1-2 días por kg de peso (figura I.8). Durante esta fase, va a tener lugar una ligera disminución del contenido acuoso (6%-8%) ayudado por la presión ejercida por la disposición de las propias piezas, colocadas unas sobre otras.



Figura I.8. Cámara de salado de jamones.



Figura I.9. Eliminadora de sal.

Finalizada esta etapa, la pieza se limpia con la ayuda de la eliminadora de sal (figura I.9) y se cuelga para acabar de eliminar el agua de limpieza (figura I.10).

En la etapa de post-salado/asentamiento (figura I.10) los jamones se someten a un aumento de temperatura (4°C - 15°C) y una disminución de la humedad relativa (90%-70%) con la finalidad de favorecer la distribución homogénea de la sal por toda la pieza y la pérdida de agua (18%) que la conduzcan a la estabilización microbiológica.



Figura I.10. Jamones en fase de post-salado. Figura I.11. Jamones en fase de secadero.

La duración de esta etapa es de unos 50-60 días tras la que los jamones pasan a la fase de secado (figura I.11) en la que la temperatura aumentará hasta unos 25°C - 30°C y la humedad relativa va a disminuir de un 85% hasta alcanzar un valor de un 65% aproximadamente. Bajo estas condiciones va a permanecer la pieza entre de un mes a un mes y medio, y es en esta fase durante en la que va a tener lugar una intensa formación de precursores del sabor y del flavor característicos de este producto.

Una vez finaliza la fase de secado, los jamones son frotados con manteca (figura I.12) para iniciar la última fase del proceso



Figura I.12. Recubrimiento de manteca de la superficie del jamón.

La etapa final de la elaboración del jamón curado corresponde a la maduración en bodega (figura I.13 y figura I.14), en la que la temperatura va a disminuir respecto a la anterior etapa (14°C-18°C) y la humedad relativa se va a mantener entre el 65% y el 80%.



Figura I.13. Cámara de maduración de jamones.



Figura I.14. Jamones de Chato Murciano en fase de maduración.

Durante las primeros etapas del proceso de elaboración del jamón curado (salado, secado y primeros meses de maduración), los principales volátiles que se generan proceden de la lipólisis y de la oxidación lipídica mientras que, posteriormente, se formarán también a partir de la degradación proteica (Hinrichsen y Pedersen, 1995).

Es, sobre todo, durante la etapa de maduración, cuando tiene lugar esta formación de compuestos derivados, volátiles y no volátiles, resultado de las transformaciones de compuestos nitrogenados, así como de los procesos degradativos de los lípidos. Estos productos determinarán las características sensoriales de textura, aroma y sabor del jamón.

I.5. EVOLUCIÓN DE LOS PRODUCTOS CÁRNICOS CURADOS DURANTE LA ETAPA DE SECADO-MADURACIÓN

Durante la etapa de secado-maduración de los productos curados es cuando tiene lugar la estabilización de las piezas, al disminuir la actividad de agua por la adición de sal y por el proceso de deshidratación. Además, se van a dar un gran número de reacciones químicas y bioquímicas en las que participan, como sustratos principales, los lípidos y las proteínas. Tanto la oxidación lipídica como las reacciones proteolíticas y lipolíticas, entre otras, van a ser el conjunto de fenómenos madurativos que van a ir modificando la composición y, como se ha comentado anteriormente, determinarán la calidad final, dando como resultado las características sensoriales típicas de productos curados, como el lomo y el jamón.

I.5.1. Parámetros físico-químicos

I.5.1.1. Humedad y actividad de agua

Uno de los objetivos de someter la pieza a una fase de secado-maduración es el de provocar la deshidratación de la misma (Sánchez-Molinero, 2003). La humedad expresa el porcentaje de agua que posee un tejido, y va a disminuir a lo largo de todo el proceso de elaboración. Por lo

tanto, también se producirá un descenso de la actividad de agua, reduciéndose el riesgo de alteración por microorganismos.

El descenso progresivo de la actividad de agua (a_w) en los productos curados se produce como consecuencia de la absorción de sales de curado durante el salado, así como por la pérdida de agua debida a la evaporación, durante el secado.

Por otra parte, en la variación del contenido en humedad de productos curados van a influir diferentes factores, dependientes tanto del animal (raza, sexo, edad de sacrificio, etc.), como del tratamiento de la carne (temperatura, humedad relativa, productos añadidos a la superficie, etc.). En cualquier caso, la velocidad a la que debe de producirse la deshidratación debe ser la apropiada consiguiéndose, al cabo de 2 semanas, que las pérdidas de peso estén comprendidas entre el 20% y el 40% en productos crudos-curados (figura I.15) (Prieto y Carballo, 1997).

Si la velocidad de deshidratación no es la apropiada, pueden producirse defectos en el producto. Cuando es muy lenta, tiene lugar una proliferación microbiana en superficie, que tendrá como resultado la aparición de limosidad y desarrollo de procesos de putrefacción. Por el contrario, si la velocidad es muy rápida, se formará una costra superficial e impermeable al agua, que impedirá la salida de humedad desde el interior del producto, dando lugar a procesos de putrefacción profunda. Este fenómeno es conocido como “encostramiento” (Prieto y Carballo, 1997).

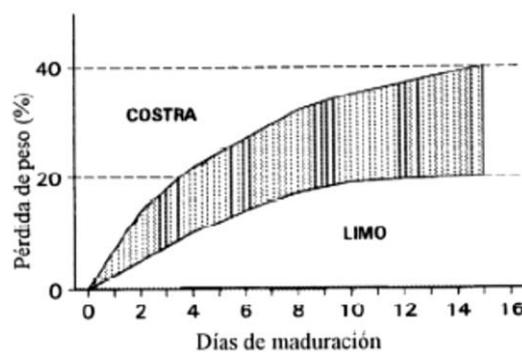


Figura I.15. Curva de deshidratación de un embutido crudo-curado tipo a lo largo de la maduración (Prieto y Carballo, 1997).

La pérdida de humedad es más elevada en las etapas previas a la maduración, debido a que las condiciones termohigrométricas van a ser más suaves. A ello, se suma una superficie más seca del producto, lo que va a ocasionar que la pérdida de humedad sea menor durante esta última etapa del procesado (figura I.15).

1.5.1.2. pH

El pH de la carne es un parámetro que influye directamente sobre los fenómenos bioquímicos que tienen lugar durante el proceso de elaboración de productos curados como el jamón (Watanabe y Devine, 1996; Beltrán *et al.*, 1997).

El pH de salazones cárnicas como el jamón curado va a oscilar entre valores de 5,6 y 6,2 (Sánchez-Molinero, 2003), con una tendencia a aumentar ligeramente, tanto en superficie como en el interior, a lo largo del proceso (Arnau *et al.*, 1995).

Este parámetro va a presentar una variabilidad mayor en la parte superficial del producto, ya que va a verse afectado por factores como la velocidad de entrada de la sal durante el curado, así como por la velocidad de secado (Sánchez-Molinero, 2003). Otro fenómeno que determina el pH del jamón es la dinámica de precipitación de los fosfatos, que pueden presentar una tendencia a migrar a la superficie durante el secado y reposo de las piezas, especialmente si durante esta última etapa la humedad relativa ambiental es alta (Arnau *et al.*, 2003).

En la selección del producto, será recomendable evitar aquellos jamones con pH > 6,2 por razones de seguridad microbiológica, con el fin de mejorar la salazón y evitar problemas de aspecto y de textura blanda (Mora, 2010).

1.5.1.3. Desarrollo del color

El color de la carne depende de varios factores como son la concentración y la forma química de los pigmentos musculares, así como de la tasa de caída del pH y su valor final. En el caso de productos cárnicos

electrónica adecuada. La naturaleza de este sexto ligando y el estado de oxidación del hierro van a ser los que determinen el color de la carne.

Si la sexta posición de coordinación está vacía y el hierro aparece en forma reducida el color de la carne será rojo púrpura (mioglobina); si está ocupada por oxígeno, la mioglobina estará oxigenada (oximioglobina) presentando un color rojo anaranjado, y si en la sexta posición se aloja el agua y el hierro se encuentra en estado férrico, la mioglobina está oxidada (metamioglobina), adquiriendo la carne un color pardo. Las sales de curado comerciales contienen, además de cloruro sódico, una mezcla de nitrito sódico y nitrato potásico que, tras la acción de microorganismos, se reducen dando lugar al compuesto activo, el óxido nítrico. Este óxido nítrico se va a unir al grupo hemo de la mioglobina, dando lugar al pigmento responsable de la coloración rosácea típica de productos curados, la nitrosomioglobina. Parte de la nitrosomioglobina formada puede desnaturalizarse durante la maduración, dando lugar entonces a otro pigmento, el nitrosohemocromo que mejora la estabilidad del color, puesto que el óxido nítrico del grupo hemo es menos disociable en este compuesto.

Sin embargo, el desarrollo del color de productos curados como el jamón, no sólo depende del desarrollo del pigmento nitrosomioglobina, generado tras la reacción del óxido nítrico con la mioglobina. En jamón de Parma, por ejemplo, se ha estudiado el desarrollo del característico color rojo sin haber añadido sales nitrificantes durante el proceso de elaboración (Parolari, 1996). Se ha observado que el pigmento rojo Zn-protoporfirina IX parece ser el responsable del desarrollo del color, en los productos a los que únicamente se les ha añadido sal en su proceso, ya que se trata del pigmento mayoritario encontrado en este tipo de jamones. Así, se ha observado que este pigmento actúa reemplazando el hierro por zinc, en la molécula de hemoglobina (Parolari *et al.*, 2009).

1.5.2. Fracción proteica

Las proteínas representan el componente más abundante de la materia seca del músculo. Además de las proteínas, en la carne se pueden

encontrar otros compuestos nitrogenados como aminas, compuestos guanidínicos, compuestos de amonio cuaternario, aminoácidos libres y péptidos pero, son las proteínas, las que van a desempeñar un papel fundamental en las propiedades de la carne, tanto para su consumo en fresco como para su industrialización (Larrea, 2003).

Atendiendo a su solubilidad, las proteínas se pueden clasificar en tres grupos (Pospiech *et al.*, 2003):

- *Proteínas solubles* (proteínas sarcoplásmicas), extraíbles con agua o en soluciones diluidas de sal (<50mM). Este grupo supone un 30%-35% de las proteínas del músculo esquelético del mamífero adulto. Constituyen un grupo heterogéneo formado por más de 100 proteínas diferentes, entre las que se encuentran pigmentos como la mioglobina y la mayor parte de enzimas involucrados en el metabolismo muscular.

- *Proteínas del aparato contráctil* (proteínas miofibrilares), son solubles en soluciones con alta fuerza iónica, especialmente a 0,6 M de KCl. Se organizan en miofibrillas, que conforman la unidad estructural responsable de la contracción muscular. Constituyen entre el 50%-55% de las proteínas totales del músculo. Entre las más importantes se encuentran las proteínas contráctiles actina y miosina, troponina, tropomiosina, proteínas M y C (del grupo de las proteínas reguladoras), además de la α -actinina y diversas enzimas del citoesqueleto. Dentro de este grupo, las más importantes son la titina, nebulina, desmina y vinculina que, junto con otras proteínas que se presentan en pequeñas cantidades, conforman el citoesqueleto muscular.

- *Proteínas insolubles*. Son las proteínas del tejido conjuntivo y las proteínas de los orgánulos. En carne, suponen entre un 2% y un 6% en relación al contenido total de proteínas musculares.

Además de las modificaciones post-mortem que se producen en las proteínas de la carne, durante la etapa de maduración de productos cárnicos curados, las proteínas y los compuestos nitrogenados van a verse afectados por una serie de transformaciones, que van a tener como

resultado un aumento progresivo de la fracción nitrogenada no proteica. Por ello, al inicio de la etapa de maduración, predominarán los péptidos, mientras que, los aminoácidos libres serán más abundantes al final del proceso. Este fenómeno, junto con la lipólisis, va a determinar las características de textura, sabor y aroma del embutido.

En la carne y los productos cárnicos, la oxidación proteica y la lipídica son procesos muy relacionados (Ramírez, 2006) pues ambos se ven afectados por promotores de la oxidación similares (pigmento hemo muscular, metales, enzimas oxidativas, etc.). La concentración de mioglobina, por ejemplo, además de influir sobre la coloración roja del magro, va a tener consecuencias sobre la aceptabilidad y el flavor del jamón, pues va a potenciar la liberación de aminoácidos a partir de las proteínas, especialmente durante las etapas intermedias de la maduración del jamón (Jurado *et al.*, 2007). Esto proporciona importantes precursores de compuestos del aroma que se formarán, principalmente, durante los últimos meses de maduración, tales como el ácido glutámico. Este aminoácido se ha relacionado con la presencia de sabores cárnicos muy intensos, detectándose en concentraciones que se sitúan hasta 20 veces por encima de su umbral de percepción (Ventanas, 2009).

1.5.2.1. Evolución de las fracciones nitrogenadas

Tanto las proteínas sarcoplásmicas como las miofibrilares experimentan, durante la maduración de los productos cárnicos curados, un proceso de desnaturalización, que se manifiesta en un descenso de la cantidad de proteína (Toldrá *et al.*, 1993; Córdoba *et al.*, 1994). Por otra parte, la hidrólisis de proteínas, también tiene como resultado un aumento de la concentración de nitrógeno no proteico (NNP).

La fracción de NNP se constituye de péptidos de diferentes tamaños, aminoácidos y otros compuestos de degradación. En jamón Ibérico al final de la maduración, se han descrito tasas de transformación de nitrógeno proteico en nitrógeno no proteico del orden de 25%-27% (Ventanas y Timón, 2001). La medida de este parámetro puede ser útil para determinar el grado de proteólisis del proceso.

La evolución del contenido y composición del NNP va a estar condicionada tanto por la variación de temperatura, como por el grado de secado del producto. El incremento de la concentración se verá favorecido en las fases en las que la temperatura sea mayor. Sin embargo, a la vez que el aumento de temperatura favorece la proteólisis, también va a provocar una desecación en el producto, circunstancia en la que se verá disminuida la actividad enzimática (Sánchez-Molinero, 2003).

En la etapa inicial de maduración, el nitrógeno peptídico (NP) representará la mayor parte del NNP. Al aumentar la temperatura en la fase de secado, el contenido en NP aumentará más lentamente pues, en estas condiciones, se va a ver más favorecida la hidrólisis de péptidos hacia aminoácidos libres, que la propia generación de péptidos (Antequera y Martín, 2001). Lo mismo ocurre en las últimas etapas, en las que la cantidad de NP puede llegar a disminuir pues, en estas fases, queda inhibida la actividad de determinadas proteasas y, por lo tanto, los aminoácidos libres al final de la fase de maduración pueden llegar a sustituir a los péptidos como principal fracción del NNP (Toldrá, 2006). Los aminoácidos libres lisina, alanina y ácido glutámico han sido descritos como aminoácidos mayoritarios de la fracción amininoacídica (NA) de productos cárnicos curados como el jamón, al final del proceso de maduración (Toldrá, Ariatoy y Flores, 2000; Martín *et al.*, 2001; Jurado *et al.*, 2007).

1.5.2.2. Proteólisis

La proteólisis es un fenómeno de naturaleza enzimática, que consiste en una cadena sucesiva de actuación de distintas enzimas proteolíticas sobre las proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares (figura I.17).

Las principales enzimas musculares que se asocian con la hidrólisis de las proteínas son endoproteasas y, las que generan péptidos pequeños y aminoácidos libres, son exopeptidasas (Toldrá y Aristoy, 2010).

La primera etapa de la proteólisis consiste en la hidrólisis de las proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas por la acción de las endoproteasas

musculares (calpaínas I y II, catepsinas B, B+L y H principalmente y, en menor medida, proteosoma o complejo endopeptidasa multicatalítico).

Las calpaínas son cisteína endopeptidasas de origen muscular. Están formadas por la calpaína I, la calpaína II y la calpastatina, proteína que inhibe de modo específico la actividad de las anteriores (Koomaraie, 1994). Estas enzimas sólo actúan en la carne cruda y durante las dos primeras semanas del periodo de maduración de productos cárnicos curados, ya que su pH óptimo de actuación es de 7,5 (Ordóñez y De la Oz, 2001), mientras que, el de productos curados se aproxima a 5,5, por lo que su papel en esta etapa no es significativo. Estas enzimas son muy inestables, perdiendo su actividad a los 10-14 días de procesado (Rosell y Toldrá, 1996). Las calpaínas son capaces de hidrozilar proteínas como la titina, la nebulina, las troponinas T e I, la tropomiosina y la desmina (Koochmaraie, 1994).

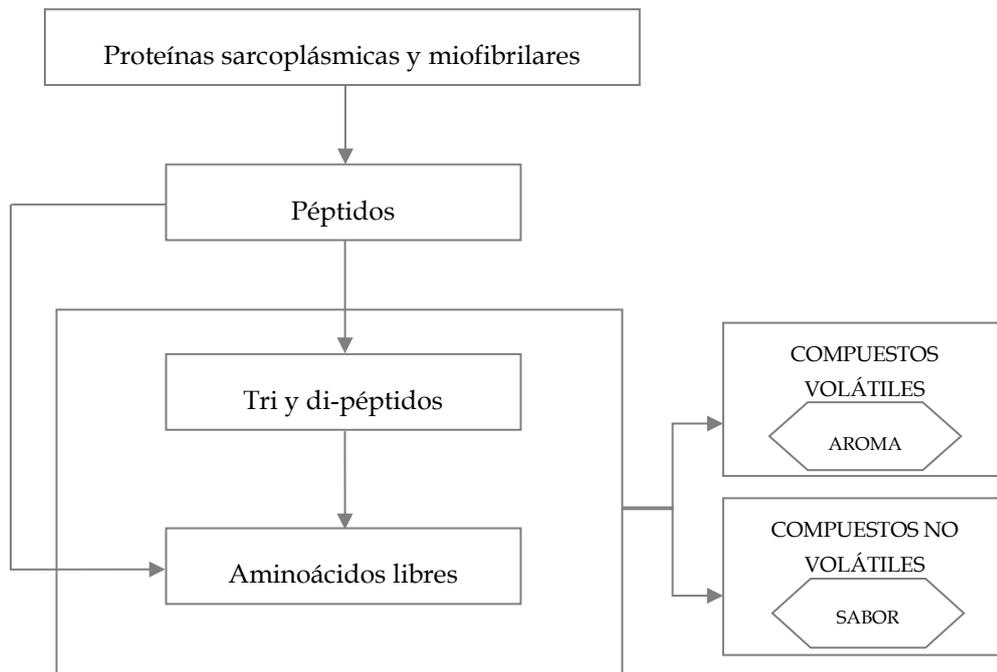


Figura I.17. Esquema de la proteólisis existente en las proteínas durante el proceso de curado y de enzimas implicadas (Toldrá, 1998).

Las catepsinas, pertenecientes también al grupo de las endoproteasas musculares, son proteinasas ácidas lisosomales. Este grupo de enzimas son especialmente activas a pH ácido, provocando la liberación de fragmentos proteicos de tamaño intermedio procedentes, en gran medida, de la degradación de proteínas miofibrilares (fundamentalmente miosina y troponina). Las catepsinas van a ser las principales responsables de los cambios que van a tener lugar durante la maduración ya que, al contrario que las calpaínas, este grupo de enzimas son bastante estables a lo largo del proceso de curado. De hecho, se ha llegado a encontrar una actividad residual del 5%-10% de las catepsinas B, H y L, incluso después de 15 meses de procesado de jamones (Toldrá, 1998). Por otro lado, la actividad de la catepsina D tiende a desaparecer a partir del sexto mes de procesado. El resultado de la actividad de estas enzimas se traduce en una disminución de la capacidad de retención de agua, así como una serie de cambios en las características texturales y en el valor nutricional (Ramírez, 2006).

Las exopeptidasas (dipeptidilpeptidasa y tripeptidilpeptidasas) actúan sobre los fragmentos proteicos obtenidos tras la acción de las catepsinas, que han generado pequeños polipéptidos y péptidos que van a participar en una serie de reacciones secundarias (hidrólisis de aminopeptidasas y carbopeptidasas) dando lugar a acumulación de aminoácidos libres. Por lo tanto, la mayor parte de los aminoácidos libres que se generan durante el procesado del jamón curado son resultado de la acción de las aminopeptidasas (Toldrá, Flores y Sanz, 1997). Se ha observado que la actividad de las aminopeptidasas musculares, incluyendo la alanil, arginil, leucil, tirosil y piroglutamil aminopeptidasas, es estable durante los 8 primeros meses de curado, disminuyendo al final del proceso, debido al efecto inhibitor de la sal, la desecación y la propia actividad proteolítica (Toldrá *et al.*, 1992). Las principales aminopeptidasas son la alanil aminopeptidasa (responsable de más del 80% de la actividad total de aminopeptidasas) y la metionil aminopeptidasa, que presentan amplia especificidad por los sustratos, y la arginil aminopeptidasa que hidroliza principalmente aminoácidos básicos (Flores, Aristoy y Toldrá, 1996).

Estos aminoácidos liberados van a contribuir destacadamente en las características sensoriales del producto, tanto a nivel de aroma (como compuestos precursores) como de sabor.

Los principales aminoácidos relacionados con las características sensoriales de productos sometidos a largos tiempos de curado, como el jamón, son ácido glutámico, alanina, leucina, lisina valina y ácido aspártico (Toldrá, 1998). Según qué aminoácidos predominen, el sabor será más dulce, amargo o salado.

Todo este proceso de hidrólisis proteica y liberación de aminoácidos va a estar regulado por parámetros extrínsecos como el grado de secado, la temperatura, la cantidad de sal del músculo y el pH (Toldrá, 1998). De todos estos factores, el que más va a influir en la regulación de la proteólisis es la temperatura. La temperatura óptima de actividad de la catepsina B, por ejemplo, es de 30°C y la de las catepsinas H y L, de 37°C (Sánchez-Molinero, 2003). Así, el aumento de temperatura a lo largo del proceso de elaboración, producirá un aumento de la proteólisis, al aumentar la actividad de las enzimas proteolíticas. Respecto a la cantidad de sal, cuando la concentración es baja las enzimas pueden actuar, y la proteólisis estará favorecida mientras que, en etapas posteriores de curado, debido a un aumento en su concentración tras la incorporación de sales, la actividad proteolítica irá disminuyendo (Antequera y Martín, 2001).

I.5.3. Fracción lipídica

La fracción lipídica es la más variable en la composición de la carne y se localiza en el tejido adiposo subcutáneo, en el interior de la cavidad corporal o incluida en el tejido intermuscular e intramuscular. En la grasa animal predominan los lípidos neutros, que se localizan, en forma de triglicéridos, en los depósitos de tejido adiposo y en la grasa intramuscular. La grasa también se constituye de fosfolípidos y otros lípidos polares que forman parte de las membranas celulares.

La lipólisis es uno de los fenómenos madurativos de los productos curados, que se desarrolla en la grasa durante el proceso de secado-

maduración y constituye el principal paso en la auto-oxidación de ácidos grasos libres. Esta auto-oxidación generará compuestos volátiles que determinarán el perfil de flavor del producto (Martín *et al.*, 1999). De forma general, se puede afirmar que los lípidos de los embutidos crudos-curados son precursores de muchas sustancias aromáticas, que se forman como resultado de fenómenos lipolíticos y oxidativos, durante el proceso de maduración, que van a tener un importante papel en el desarrollo de las características sensoriales finales.

I.5.3.1. Lipolisis

La lipolisis consiste en la hidrólisis enzimática de los lípidos musculares o del tejido adiposo y tiene como resultado la generación de ácidos grasos libres. Las enzimas lipolíticas tales como lipasas, esterases, fosfolipasas y lisofosfolipasas estarán involucradas en la hidrólisis de lípidos durante la refrigeración y la maduración de la carne y de los productos cárnicos (Ramírez, 2006).

Pueden distinguirse dos tipos de lipólisis, según los lípidos estén localizados en el interior del músculo o en el tejido adiposo. Respecto a la lipólisis muscular, la grasa muscular se compone esencialmente de triglicéridos y fosfolípidos. Estos compuestos son los sustratos de las lipasas (ácida lisosomal, neutra y básica) y las fosfolipasas (tipo A1, A2, C y D) musculares, que reaccionan de forma hidrolítica (figura I.18 y figura I.19) liberando ácidos grasos de estas moléculas (Motilva *et al.*, 1993).

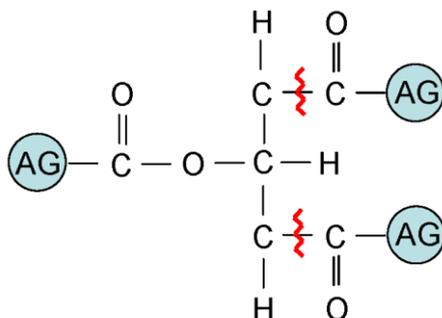


Figura I.18. Mecanismo de actuación de las lipasas musculares (Mora, 2010).

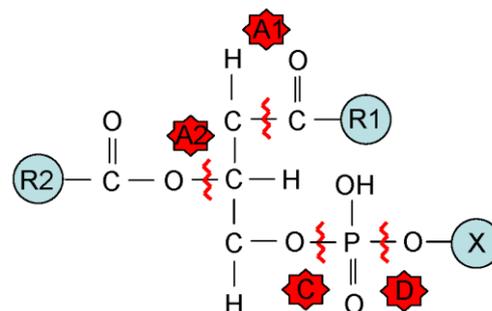


Figura I.19. Mecanismo de actuación de las fosfolipasas musculares (Mora, 2010).

El resultado final de la acción de ambos grupos de enzimas es la generación de numerosos ácidos grasos libres que, en productos como el jamón, aumentan su contenido inicial desde un 2%, a entre un 8% y 20% del contenido total lipídico, al final de su maduración (Gandemer, 2002).

La actividad de las lipasas neutra y básica es más importante durante los primeros 3-4 meses del proceso de elaboración. Posteriormente, su actividad disminuye de forma progresiva mientras que, la lipasa ácida ejerce una baja actividad a lo largo de todo el procesado (Gandemer, 2002). Motilva *et al.* (1993) encontraron una actividad lipolítica de lipasas musculares en jamones equivalente al 10%-20% de su máxima actividad, incluso a los 15 meses de procesado. La bibliografía acerca de la actividad de las fosfolipasas en el proceso de curado del jamón es escasa, sin embargo, se ha visto que este grupo enzimático permanece activo durante al menos 6 meses, pues se ha asociado al incremento de la proporción de PUFA de cadena larga, en la fracción de ácidos grasos libres, lo que evidencia hidrólisis de fosfolípidos (Buscailhon y Monin, 1994).

En el caso del tejido adiposo, la grasa está compuesta en un 99% de triglicéridos, sobre los que actúa la lipasa sensible a hormonas. Esta enzima es la principal enzima responsable de la liberación de ácidos grasos a partir de los lípidos presentes en este tejido. Su actividad se va a desarrollar principalmente durante los primeros 8-10 meses de curado (Mora, 2010).

1.5.3.2. Oxidación lipídica

Como se ha comentado anteriormente, la degradación de lípidos es una de las principales reacciones químicas que generan compuestos volátiles en productos cárnicos curados, compuestos que aportan aromas característicos. Puede afirmarse que, la oxidación de lípidos tiene su inicio en la hidrólisis enzimática, descrita en el apartado anterior (figura I.20).

Los ácidos grasos que se liberan durante la fase de maduración de productos curados van a ser muy susceptibles de oxidación (Estévez *et al.*, 2009). Al oxidarse, resultarán compuestos oxidados (hidroperóxidos, epóxidos, furanos, etc.), que van a actuar como precursores de un gran

número de compuestos volátiles (Toldrá, 1998). Estos compuestos volátiles derivados de la oxidación lipídica, entre otros, determinarán el aroma de los productos en los que se desarrollan (Toldrá y Aristoy, 2010).

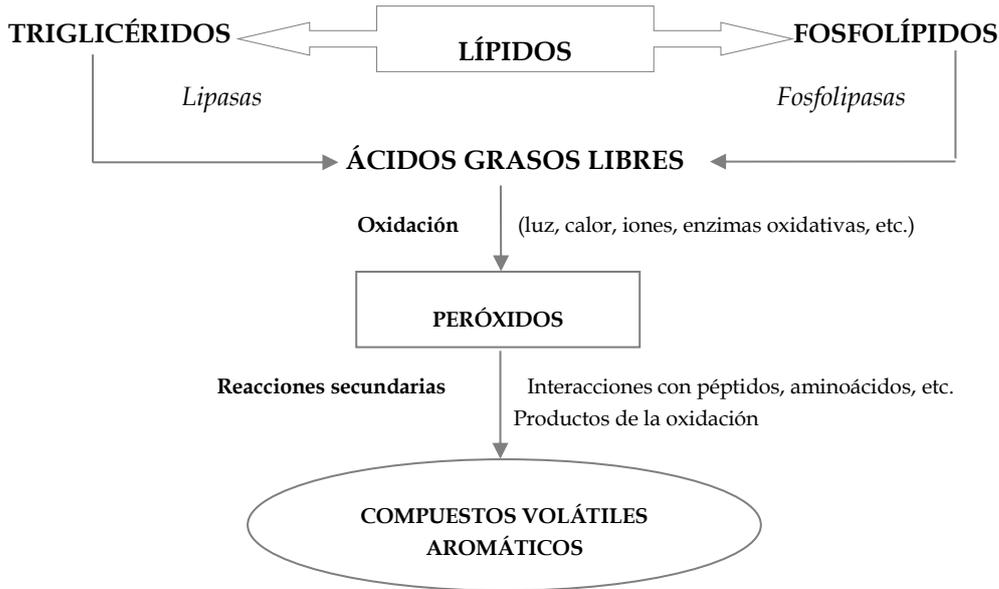


Figura I.20. Esquema de los principales pasos en la lipólisis y oxidación lipídica (Toldrá, 1998).

La susceptibilidad a la oxidación de los ácidos grasos incrementa con el número de dobles enlaces, siendo el conjunto de ácidos grasos poliinsaturados los más propensos a sufrir reacciones de oxidación (Nawar, 1996). Esto se ha visto reflejado en estudios como el de Martín *et al.* (1999) de jamón Ibérico, donde se describe un aumento de ácidos grasos saturados libres, y un descenso del contenido en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados durante el procesado, indicando que la degradación de estos dos últimos conjuntos de ácidos grasos no fue tan destacada como en el caso de poliinsaturados. Sin embargo, en otros trabajos también de jamón curado (Antequera *et al.*, 1993; Cava, 1997; Martín *et al.*, 1999; Andrés *et al.*, 2005; Flores *et al.*, 2009), la degradación de poliinsaturados, no fue tan evidente, al describir un aumento de ácidos grasos insaturados al final de la maduración. Estas diferencias pueden ser explicadas por las numerosas variables que influyen en los procesos de oxidación lipídica, favoreciéndola

o inhibiéndola. Por un lado, la presencia de antioxidantes naturales, procedentes de la alimentación del animal (vitamina E y tocoferoles), o los propios del proceso de elaboración (nitrito), inhibirán, en cierta medida, las reacción de oxidación de ácidos grasos. Por otra parte, también hay que considerar el efecto de diversos factores prooxidantes como el cloruro sódico, la luz o la presencia de determinados metales, que van a favorecer los procesos de oxidación (Morrissey *et al.*, 1998).

El conjunto de compuestos que más interés presenta en la degradación de lípidos, desde el punto de vista del desarrollo de componentes aromáticos, son los aldehídos, debido a su repercusión sobre el flavor del producto final (Ordóñez y de la Hoz, 2001). Se han identificado más de 100 compuestos volátiles en productos curados de cerdo procedentes tanto de lípidos como de proteínas. La importancia de determinados aldehídos tiene que ver con los bajos umbrales de percepción que presentan, lo que supone un impacto en el aroma de productos curados (Gandemer, 2002). La tabla I.3 recoge los principales aldehídos lineales formados a partir de la oxidación de los ácidos grasos insaturados oleico (C18:1), linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3).

Tabla I.3. Productos específicos de degradación de los ácidos oleico, linoleico y linolénico (Ordóñez y de la Hoz, 2001).

Ácido graso	Grupo metileno atacado ^(a)	Hidroperóxidos isómeros	Aldehídos formados por descomposición de hidroperóxidos
Oleico	11	11-hidroperoxi-9-eno	Octanal
		9-hidroperoxi-10-eno	2-Decenal
	8	8-hidroperoxi-9-eno	2-Undecenal
		10-hidroperoxi-8-eno	Nonanal
Linoleico	11	13-hidroperoxi-9,11-dieno	Hexanal
		11-hidroperoxi-9,11-dieno	2-Octenal
		9-hidroperoxi-10,12-dieno	2,4-Decadienal
Linolénico	14	16-hidroperoxi-9,12,14-trieno	Propanal
		14-hidroperoxi-9,12,15-trieno	2-Pentenal
		12-hidroperoxi-9,13,15-trieno	2,4-Heptadienal
	11	13-hidroperoxi-9,11,15-trieno	3-Hexenal
		11-hidroperoxi-9,12,15-trieno	2,5-Octadienal
		9-hidroperoxi-10,12,15-trieno	2,4,7,-Decatrienal

^(a)Sólo se consideran los grupos metileno más activos

Algunos de los olores típicos que aportan estos compuestos son notas rancias y grasas (nonanal y 2,4-decadienal) que, aunque pueden considerarse desagradables, en el caso del jamón podrían matizarse con otros originando su olor característico (García y Timón, 2001). Otro tipo de olores más agradables, son los que aportan aldehídos como el hexanal, que le confiere aroma a verde.

Otros productos derivados de la oxidación de ácidos grasos son las cetonas, principalmente metilcetonas, que confieren a los curados una amplia variedad de notas aromáticas como frutales (2-heptanona, 2-decanona, 2-undecanona), grasas (2-decanona) o queso azul (2-heptanona) (Sahidi, Rubin y D'Souza, 1986).

La contribución al aroma de aldehídos y cetonas dependerá de su umbral de olfacción, de la matriz que los contenga, así como de las interacciones de estos compuestos con el resto de sustancias que conforman el perfil volátil de los productos cárnicos curados (García y Timón, 2001).

I.5.4. Otras reacciones

Además de fenómenos de proteólisis, lipólisis y oxidación lipídica, en los productos curados tienen lugar otras reacciones que van a dar lugar también a la formación de compuestos aromáticos de interés, como son las reacciones de Maillard y degradación de Strecker. En estas reacciones intervienen aminoácidos libres, azúcares y otros compuestos carbonilo, particularmente procedentes de la peroxidación lipídica (Antequera y Martín, 2001). En las etapas finales del proceso de elaboración es cuando se dan este tipo de reacciones, que están asociadas a cierto aporte de calor, así como a almacenamientos prolongados a temperatura ambiente (Ventanas *et al.*, 1992).

En la figura I.21 se pueden ver los aminoácidos que participan en las reacciones de degradación de Strecker, los principales aldehídos que se forman por esta vía, la nota aromática a la que da lugar y su umbral de percepción ($\mu\text{g/L}$; H_2O).

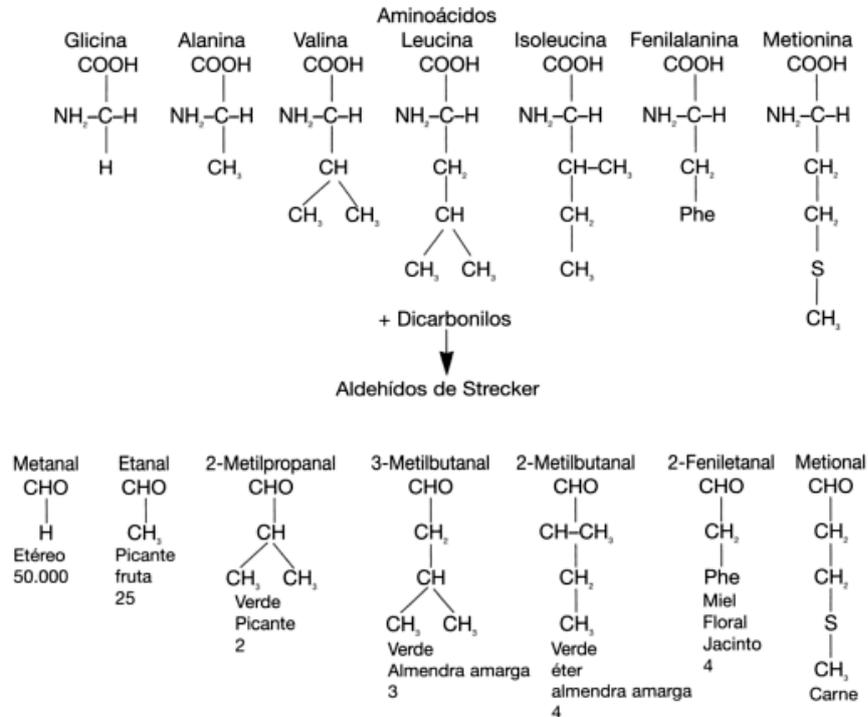


Figura I.21. Aldehídos producidos en la degradación de Strecker, aroma que generan y umbral de percepción ($\mu\text{g/L}$; H_2O) (Antequera y Martín, 2001).

I.6. PARÁMETROS DE CALIDAD EN PRODUCTOS CÁRNICOS CURADOS DERIVADOS DEL CERDO

En la actualidad, los procesos de elaboración, tanto del lomo como del jamón curado, pretenden obtener un producto derivado estable y seguro, con un alto valor añadido, y que sea bien aceptado por el consumidor. Para conseguir este último propósito, uno de los objetivos del proceso tecnológico debe ser el de favorecer un desarrollo adecuado de sus características organolépticas. Los parámetros relacionados con la materia prima, así como el proceso de elaboración aplicado condicionarán, en gran medida, la calidad final del producto.

I.6.1 Parámetros relacionados con la materia prima

Son numerosos los trabajos en los que se ha puesto de manifiesto que las características de la materia prima condicionan el proceso de elaboración de los productos cárnicos curados, e influyen su calidad sensorial (Molinero, 2009).

Un parámetro importante en la determinación de la aptitud tecnológica de la materia prima es el pH. El pH de la carne, tras el *rigor mortis*, suele situarse entre 5,4 y 6,2, 24 horas después del sacrificio. En la carne de cerdo Chato Murciano se han obtenido valores medios de pH msucular de 5,6, por lo que se puede afirmar que esta carne no va a ser susceptible de sufrir procesos metabólicos defectuosos de tipo genético, o de carnes anómalas (Poto, 2003). Además, con estos valores de pH, la capacidad de retención de agua de la materia prima es mayor, lo que se ha asociado con tiempos más lentos en el salado y la deshidratación. En consecuencia, las mermas del producto serán menores cuando se empleen carnes que presenten valores de pH como los citados (Molinero, 2009).

En la elaboración de piezas cárnicas enteras, desde el punto de vista tecnológico, también son de interés tanto la cantidad como la calidad de la grasa, así como el color de la pieza de la que se parte. Estos parámetros dependen, fundamentalmente, de la raza del animal. Así, la raza condiciona las características de la carne y, por tanto, su composición química, fundamentalmente la que se refiere a la grasa del producto. Además del contenido graso, la genética también va a determinar el color de esa carne.

En relación a los parámetros de calidad citados anteriormente, las características más destacables de la raza Chato Murciano pueden resumirse en: tendencia a acumular grasa, que le concede un marcado carácter adipogénico, considerándose éste como uno de los factores más importantes que determinan la calidad de los productos derivados (López-Bote, 1992); y coloración roja del magro, parámetro determinante en la calidad comercial y el flavor de este tipo de productos puesto que, una mayor concentración de mioglobina, favorece la liberación de aminoácidos a partir de las proteínas, durante las etapas intermedias de maduración de productos

curados (especialmente en jamón curado cuando se encuentra en la fase de secadero) (Jurado *et al.*, 2007).

Sin duda, de entre las características relacionadas con la calidad de la carne y de los productos cárnicos del cerdo, la cantidad y composición grasa, como se ha comentado con anterioridad, son factores determinantes (Ruíz *et al.*, 2000; Ventanas *et al.*, 2005).

Haciendo referencia a la calidad tecnológica, en términos de aptitud para el proceso, las piezas con mayor contenido en grasa intramuscular, requieren tiempos mayores de maduración para conseguir la pérdida de humedad y el grado de penetración de sal, que asegure la estabilidad microbiológica. Por otro lado, la composición en ácidos grasos de esta grasa también condiciona la pérdida de humedad de las piezas pues, se ha visto que, jamones con niveles de ácidos grasos poliinsaturados por encima del 12%-15%, se ven afectados por el estado físico de la grasa (mayor fluidez), ocasionando dificultades en la migración del agua a través de las piezas (Ventanas, 2006).

Desde el punto de vista de la calidad sensorial, el contenido y la composición grasa determinan tanto el aspecto como la textura (Fernández *et al.*, 2000). Por un lado, la grasa acumulada entre las fibras musculares constituye lo que se conoce como la grasa de infiltración, marmoreado (German, 1990) o veteado. La presencia de esta grasa intramuscular suele ser asociada por el consumidor con una alta calidad y es apreciable cuando está presente por encima del 5% (Buscailhon, Gandemer y Monin, 1994). Además del veteado, el brillo y la jugosidad también van a ser atributos sensoriales directamente relacionados con la composición lipídica de la grasa, así como el flavor pues, como se ha descrito en apartados anteriores (apartado I.5.3.), los lípidos son precursores de compuestos aromáticos que se forman durante la etapa de maduración (Gandemer, 2002).

I.6.2 Influencia del proceso de elaboración

La calidad de los productos curados depende, en gran medida, de la materia prima de partida pero también son determinantes las condiciones

del proceso de transformación a las que las piezas se someten (Carrasco, 2001). La tecnología de elaboración de los productos curados persigue, por un lado, estabilizar el producto para que pueda mantenerse a temperatura ambiente sin peligro para la salud ni riesgo de alteración, y por otro, facilitar el desarrollo de sus características sensoriales.

El balance entre los compuestos aromáticos de la oxidación lipídica y los procedentes de la degradación de aminoácidos, así como los que proceden de aditivos como especias, serán puntos críticos de control en el procesado de productos curados de alta calidad (Gandemer, 2002).

Además de los factores citados anteriormente, existen unos procesos de tipo físico (aportación de sal y nitrificantes durante el salado, y difusión durante el post-salado) que también habrá que considerar en el proceso tecnológico.

Por otro lado, también tiene lugar un proceso de difusión del agua muscular desde el interior de la pieza hasta la zona externa y una posterior evaporación durante el postsalado y secado. Para que este proceso se desarrolle de forma correcta será necesaria una inspección diaria de secaderos, y un control de humedad relativa y de aireación de los jamones.

1.6.2.1. Aportación de sal

La mayoría de estudios realizados en carne y productos cárnicos muestran que el movimiento de la sal en el interior de estos productos se produce mediante fenómenos de difusión (Gou y Comaposada, 2000), influenciados por la diferencia de concentraciones entre el exterior y la superficie, además de por el área de carne que permanece en contacto con la sal (Carrasco, 2001).

Este proceso de difusión será diferente según la zona de la carne por la que la sal penetra. El cloruro sódico difunde a través de la fase líquida del músculo (Gou y Comaposada, 2000), pero en alimentos sometidos a proceso de secado esta fase no va a permanecer inmóvil, se mueve hacia el exterior y va arrastrando la sal en sentido opuesto al del agua. Otro factor implicado en la penetración de la sal al interior del producto es el contenido en materia

seca del músculo y su composición, que van a determinar tanto la cantidad, como el recorrido de la sal, e incluso va a actuar directamente sobre ella, fijándola a la estructura de la proteína.

Así, la concentración de sal de los productos curados es un parámetro tecnológico a tener en cuenta porque va a influir tanto en la actividad de agua del producto, como en la capacidad de retención de agua. Además, también influye en la actividad proteolítica, así como el color, la textura y el flavor de estos productos (Toldrá, 2002).

1.6.2.2. Efecto de nitratos y nitritos

El proceso de elaboración de productos curados incluye la utilización de aditivos y especias, lo que tiene importantes repercusiones sobre el sabor y el aroma del producto (Muriel, 2003). Los nitratos (E-251, E-252) y los nitritos (E-249, E250) son, junto con la sal, los principales agentes de curado (Molinero, 2009).

Los nitratos se convierten en nitritos por procesos enzimáticos o por la acción de microorganismos, produciéndose así la coloración deseada, el aroma, y cierta acción antioxidante y antibacteriana (Arnau, Hugas y Monfort, 1988). Su adición durante el procesado, por lo tanto, va a tener tres acciones: son los responsables de la coloración típica de curados (apartado I.5.1), proporcionan un aroma específico y posee capacidad antioxidante y bactericida.

El nitrito es responsable del desarrollo del flavor característico de los productos curados aunque los mecanismos que dan lugar a tal efecto no son muy conocidos (Pegg y Shahidi, 2000).

La actividad antioxidante que desempeñan estos compuestos se debe a la formación de un complejo entre los pigmentos hemo y el nitrito, que va a evitar la liberación de hierro ferroso, agente prooxidante de la oxidación lipídica.

Otra acción del nitrito en productos curados es como agente bactericida. En las concentraciones habituales la acción antibacteriana se debe únicamente a los nitritos pues la acción antimicrobiana del nitrato es

por sí misma escasa. No todos los microorganismos van a tener igual sensibilidad al nitrito. Micrococos, enterococos, todas las especies de lactobacilos y *Staphylococcus aureus* son resistentes a las concentraciones de nitrito habitualmente usadas en productos curados, mientras que *Pseudomonas spp.*, *E. coli* y coliformes, y todas las especies de bacilos se inhiben en presencia de nitrito (García-Herrero, 1994). Para *Clostridium botulinum*, en el caso de productos cárnicos heterogéneos no tratados por el calor es recomendable añadir entre 125 y 150 ppm para asegurar el efecto conservador en la totalidad del producto (Toldrá, 2006).

A pesar de todos sus efectos positivos en el proceso tecnológico, hay que considerar que el uso de estos aditivos conlleva un riesgo de formación de N-nitrosaminas, sustancias que pueden resultar altamente tóxicas. Estas sustancias se forman como resultado de la reacción del nitrito con aminas secundarias. Debido a su toxicidad, los niveles permitidos de nitratos y nitritos han sido reducidos en los últimos años. En la actualidad, la cantidad límite para incorporar en productos cárnicos curados se sitúa en 150 ppm, según dicta el Real Decreto 1118/2007 (BOE, 2007_b).

1.6.2.3. Difusión del agua, desde el interior del producto a la superficie, y evaporación superficial

Otro de los fenómenos que repercuten sobre el producto final es el de la difusión del agua, desde el interior del producto hasta su superficie.

Como se ha comentado en el apartado 1.6.2.1., la sal tiene un importante papel en el proceso de difusión del agua de los productos cárnicos curados. Los fenómenos de difusión producidos por la incorporación de sal tienen como resultado la reducción de la actividad de agua (a_w), lo que limita significativamente el crecimiento de microorganismos alterantes en la carne.

Por otra parte, la pérdida de agua durante el proceso de secado tiene lugar por la superficie del producto de forma que, el tiempo de secado, estará directamente relacionado con la superficie que esté en contacto con el aire. En la velocidad de secado también intervienen otros factores como la

humedad del aire exterior, la humedad del producto y la transmisión de calor, que será fundamental para que tenga lugar la evaporación del agua.

Este fenómeno de evaporación superficial de agua va a dar lugar a una pérdida de peso de las piezas en relación al peso inicial del producto (% de mermas acumuladas). En la actualidad, las industrias dedicadas a la elaboración de productos curados suelen dar salida al mercado a productos, como el lomo curado, con un porcentaje de mermas en torno al 35%, cuando se destinan al consumo en hogares, mientras que, para hostelería, se suelen alcanzar porcentajes de mermas mayores, en torno al 40% (Ventanas, 2006).

I.7. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD SENSORIAL DE PRODUCTOS CÁRNICOS CURADOS DERIVADOS DEL CERDO

La calidad sensorial de productos curados, al igual que la de cualquier alimento, se puede establecer a través de una valoración de sus características organolépticas. Esta valoración se lleva a cabo a través de un conjunto de individuos, previamente entrenados, que evalúan en el producto de forma objetiva, la presencia e intensidad de una serie de parámetros.

La caracterización de un producto alimentario mediante el análisis sensorial puede considerarse una importante fuente de información del mismo, pues se trata de la disciplina científica que define, analiza e interpreta objetivamente las sensaciones percibidas por los humanos (Anzaldúa-Morales, 1994) y, por lo tanto, es un elemento complementario al análisis instrumental, en la tipificación de alimentos.

Son numerosos los trabajos que se han llevado a cabo sobre calidad sensorial en productos curados obtenidos a partir de distintas razas de cerdo, sobre todo de Ibérico (Guerrero *et al.*, 1998; Muriel *et al.*, 2003; Muriel *et al.*, 2004_a; Muriel *et al.* 2004_b; García-Esteban *et al.*, 2005; García *et al.*, 2007; Ramírez y Cava, 2007; Ventanas, Ventanas y Ruíz, 2007; Ventanas *et al.*, 2007; Carrapiso y García, 2008; Sánchez- Molinero y Arnau, 2010; Benedini *et al.*, 2012), pero hasta la fecha, son escasos los estudios realizados en cerdo Chato Murciano. Sólo se han caracterizado sensorialmente embutidos como

la salchicha imperial lorquina (Bañón *et al.*, 2010), mientras que no se han publicado trabajos sobre otros productos como el lomo o el jamón curado.

I.7.1. Metodología en análisis sensorial

El análisis sensorial puede definirse como la metodología que evalúa y cuantifica, de manera objetiva, el conjunto de sensaciones asociadas a un producto. Se trata de un conjunto de métodos que proporcionan una medida directa de los atributos sensoriales del producto, aportando información interesante en relación a la futura aceptación del consumidor.

La información obtenida de ensayos descriptivos con catadores entrenados, y la adquirida mediante tests hedónicos, permite valorar la importancia relativa de cada atributo sobre la calidad global de un producto (Ruíz y López-Bote, 2005).

A grandes rasgos, los métodos de análisis sensorial pueden agruparse en tres apartados o contextos distintos. En función de la naturaleza de la información que se quiera obtener del producto que se va a someter a evaluación, se puede hablar de pruebas afectivas, discriminantes o descriptivas (Onega, 2003).

I.7.1.1. Pruebas afectivas

Las pruebas afectivas permiten conocer el grado de satisfacción o aceptación de los consumidores en relación con los productos, y son llevadas a cabo por paneles de consumidores. Se entiende por prueba afectiva aquella en la que el juez catador expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, si lo prefiere a otro o no. Son pruebas difíciles de interpretar ya que se trata de apreciaciones completamente personales, con la variabilidad que ello supone (Anzaldúa-Morales, 1994).

1.7.1.2. Pruebas discriminantes

En el análisis sensorial discriminante se pretende establecer si dos o más muestras son distintas entre sí, o no y, en algunos casos, la magnitud o importancia de esa diferencia.

Este tipo de pruebas son muy útiles en el control de calidad de procesos, y pueden llevarse a cabo por catadores semientrenados aunque, en ocasiones, en función de la complejidad de la prueba, puede requerirse un panel de cata entrenado (Anzaldúa-Morales, 1994).

Una de las pruebas discriminantes más utilizadas es la prueba triangular. Esta prueba consiste en presentar simultáneamente tres muestras, dos de ellas iguales entre sí, y el juez debe identificar cuál es la muestra diferente, forzando el juicio.

1.7.1.3. Pruebas descriptivas

Las pruebas descriptivas son las que tratan de definir las propiedades del alimento, y medirlas de la manera más objetiva posible (Briz *et al.*, 2004). Estas pruebas se utilizan en la cuantificación de la intensidad de cada uno de los atributos de aspecto, olor, textura y sabor de los alimentos. La metodología descriptiva tiene la ventaja de que es la que proporciona una información más completa, pero tiene el inconveniente de que requiere de individuos muy entrenados para su desarrollo, ya que es la que más dificultad presenta.

Los diferentes atributos descriptivos se califican con una escala de intensidad, y los resultados se pueden utilizar para establecer los perfiles sensoriales del producto, que son aquellos que describen una propiedad concreta mediante un conjunto de atributos.

1.7.2. Análisis sensorial de lomo y jamón curado

El proceso de percepción sensorial del producto cárnico es el siguiente (Ibáñez y Barcina, 2001): primero se reciben estímulos externos, tanto por la vista como por el olfato. Al introducirlo en la boca y, mientras se mastica, se

percibe el sabor y el aroma retronasal. A la vez, se perciben sensaciones a través del sentido del tacto, y sensaciones propioceptivas (posición relativa de las articulaciones, medida del esfuerzo al masticar, etc.), que constituyen las sensaciones de textura.

Las condiciones de procesado, así como los ingredientes y aditivos empleados en el proceso de elaboración, juegan un papel importante en el desarrollo de las propiedades sensoriales típicas de productos curados (Muriel *et al.*, 2003), además de otros factores relacionados con la materia prima de partida.

Las propiedades sensoriales se pueden definir como el conjunto de atributos del alimento que se detectan por medio de los sentidos (Briz *et al.*, 2004). Estos atributos pueden agruparse en cuatro, en función del orden de percepción: aspecto, olor y flavor, textura y sabor.

1.7.2.1. Aspecto

Desde el punto de vista comercial, la apariencia externa de los alimentos es un factor determinante, pues se trata de la única información sensorial que recibe el consumidor a la hora de la elección. Atributos como la intensidad de color o su homogeneidad, constituyen buenos predictores de sus características gustativas (Guerrero *et al.*, 1998).

En la evaluación sensorial de productos curados, algunos descriptores de aspecto que se evalúan sobre las lonchas son la intensidad de color, tanto en la parte del magro, como en la grasa, el brillo, el contenido en grasa infiltrada o vetado, así como el tamaño y forma de las vetas de grasa.

1.7.2.2. Olor y flavor

Los cambios en los componentes proteicos y lipídicos de los productos cárnicos curados, que se producen durante el proceso de elaboración, van a ser los principales responsables de las características aromáticas propias de estos productos. Estas modificaciones bioquímicas dan lugar, tanto a compuestos con implicaciones positivas en el aroma global, como a sustancias con aromas desagradables siendo, en muchos casos, una cuestión

cuantitativa, el que resulte un problema o una ventaja su presencia en los productos (Ruíz y López-Bote, 2005). Además, en el flavor también van a estar implicados los componentes estructurales (tejido magro y tejido graso) que determinan la consistencia del producto, y que actúan como matriz contenedora de estas sustancias aromáticas (García y Timón, 2001).

El perfil volátil se constituye de sustancias pertenecientes a distintas familias químicas (hidrocarburos, aldehídos, cetonas, alcoholes, ácidos carboxílicos, compuestos azufrados, nitrogenados, clorados, etc.). Su presencia, en distintas concentraciones dará lugar a un aroma global concreto para cada producto (García y Timón, 2001).

Junto con aldehídos y cetonas, ya vistas anteriormente, los alcoholes constituyen un grupo de compuestos importante en el flavor de productos curados. Los principales alcoholes que van a contribuir al aroma global en jamón curado son alcoholes saturados de cadena larga (7-10 átomos de carbono) y los insaturados como el 1-octen-3-ol y el 1-pentel-3-ol, que aportan notas a champiñones y herbáceas, respectivamente (Sahidi, Rubin y D'Souza, 1986).

El olor es producido por las moléculas de estos compuestos volátiles, que llegan al epitelio olfatorio a través de la vía nasal, antes de ingerir el alimento. Por otro lado, el aroma es producido por las moléculas de los compuestos volátiles que llegan al epitelio olfatorio a través de la vía retronasal, una vez se ha ingerido el alimento. A este último concepto también se le denomina flavor, y engloba impresiones de olor y de sabor. De este modo, el flavor de un producto se ha definido como el equilibrio entre compuestos volátiles, no volátiles y propiedades sápidas, que interaccionan con proteínas y lípidos, dando lugar a un conjunto de propiedades gustativas y olfativas (Molinero, 2009).

En el análisis cuantitativo descriptivo, tanto del lomo como del jamón curado, su evaluación se realiza con una serie de atributos, agrupados en dos bloques independientes. En primer lugar se valora el olor, y por otro lado las distintas propiedades que hacen referencia al flavor. En ambos casos, se determina la intensidad y el nivel global en el que se presentan, así como las notas típicas de curado, pero la diferencia es que los atributos que

hacen referencia al olor se puntúan antes de ingerir la muestra, y los del flavor, una vez la muestra se ha ingerido. Otro de los atributos que suele estudiarse es el flavor “a curado”, que ha sido atribuido a un retraso de la oxidación lipídica, producida como consecuencia de la acción antioxidante de los nitritos incorporados durante el proceso de elaboración (García y Timón, 2001).

Para completar la descripción sensorial del flavor, es interesante incluir descriptores como flavor “a rancio” y regusto. Este último concepto corresponde con la sensación olfato-gustativa que se aprecia una vez el producto es tragado, y que difiere de la que se percibía cuando éste estaba en la boca, es decir, la intensidad y persistencia en boca del flavor.

1.7.2.3. Textura

La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR, 1994) define la textura como conjunto de propiedades mecánicas, geométricas y de superficie de un producto, perceptibles por los mecanoreceptores, los receptores táctiles y, en ciertos casos, los visuales y los auditivos.

La textura se percibe por el sentido del tacto, y comprende dos componentes: *somestesia*, una respuesta táctil superficial de la piel, y *cinestesia* (o propiocepción), una respuesta profunda de los músculos y tendones (Rosenthal, 2001).

En la figura I.22 se pueden observar los procesos que conducen a la percepción de textura.

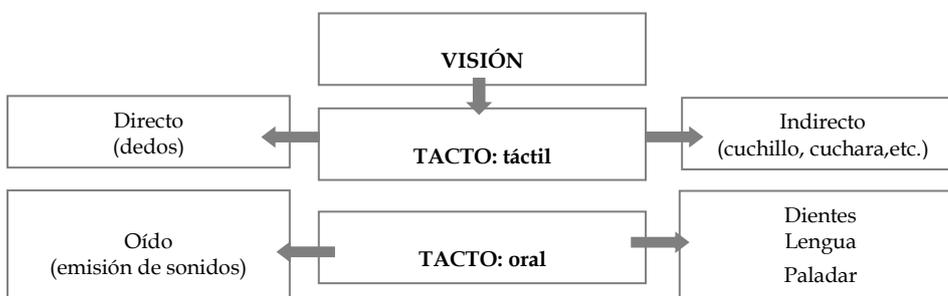


Figura I.22. Diagrama esquemático de los procesos que conducen a la percepción de la textura (Rosenthal, 2001).

En muchos alimentos, a partir de los estímulos visuales, ya se generará una impresión de las propiedades de textura. Los estímulos al tacto, por ellos mismos, pueden surgir de la manipulación táctil de los alimentos con las manos y los dedos, bien directamente o a través de utensilios intermedios tales como un cuchillo o una cuchara. Por otra parte, el contacto oral con un alimento puede tener lugar a través de los labios, la lengua, el paladar y los dientes. Todos ellos proporcionan información textural.

Cuando se habla de jamón curado, la textura depende de factores como el grado de secado (pérdida de humedad), el alcance de la proteólisis (hidrólisis de proteínas miofibrilares) y el tejido conectivo (Tabilo *et al.*, 1999). El contenido en grasa intramuscular también influye de forma positiva en la textura del jamón (Fernandez *et al.*, 2000).

La dinámica del secado influye de forma importante en la textura del producto, condicionando el efecto de fenómenos de agregación de proteínas miofibrilares, que tienen lugar al disminuir el contenido en agua. Además, un secado excesivamente rápido, tendrá como resultado un aumento en la dureza externa o acortezamiento, y blandura en la zona interna (Arnau, 1991).

La textura de productos curados también va a estar parcialmente determinada por la hidrólisis de proteínas. Un exceso de proteólisis puede producir una textura blanda y pastosa, difícil de lonchear y desagradable para el consumidor (Arnau, 1991).

En productos curados como el lomo y el jamón, las características que constituyen el perfil sensorial de textura aparecen tanto en la grasa (dureza y fluidez), como en el magro (sequedad, fibrosidad y jugosidad, entre otros), y se valoran de forma independiente.

Para establecer la textura de productos curados, son varios los atributos que han sido empleados por diversos autores en diferentes estudios de análisis sensorial (tabla I.4). Algunos de los más utilizados son dureza, tanto del magro como de la grasa, adhesividad, fibrosidad y

jugosidad. Su valoración, por un panel de cata entrenado, puede utilizarse para establecer el perfil de textura de estos productos.

Tabla I.4. Descriptores de textura utilizados en productos cárnicos curados.

DESCRIPTORES	PRODUCTO	REFERENCIA
Dureza	Jamón curado	Gou <i>et al.</i> (1996)
		Arnau <i>et al.</i> (1998)
	Lomo curado	Ruíz <i>et al.</i> (2000)
		Muriel <i>et al.</i> (2003)
Ramírez y Cava (2007) Ventanas, Ventanas y Ruíz (2007)		
Jugosidad	Jamón curado	Ruíz <i>et al.</i> (2000)
	Lomo curado	Muriel <i>et al.</i> (2003)
		Ramírez y Cava (2007)
		Ventanas, Ventanas y Ruíz (2007) Soto <i>et al.</i> (2008)
Pastosidad	Jamón curado	Gou, Guerrero y Arnau (1995)
		Arnau <i>et al.</i> (1998)
Fibrosidad	Jamón curado	Ruíz <i>et al.</i> (2000)
	Lomo curado	Muriel <i>et al.</i> (2003)
		Ventanas, Ventanas y Ruíz (2007) Ramírez y Cava (2007)
Desmenuzabilidad	Jamón curado	Gou, Guerrero y Arnau (1995) Gou <i>et al.</i> (1996)
	Lomo curado	Arnau <i>et al.</i> (1998)
Adhesividad	Jamón curado	Gou, Guerrero y Arnau (1995)
		Arnau <i>et al.</i> (1998)
Terneza	Jamón curado	Bañón <i>et al.</i> (2002)
	Lomo curado	Soto <i>et al.</i> (2008)

La dureza es una propiedad textural mecánica, que puede ser definida como el esfuerzo requerido para masticar, hasta llevar la muestra a ser tragable. La dureza de la grasa, que se percibe durante la masticación, se ve influida por el estado de los lípidos que la constituyen, además de por la cantidad de tejido conectivo presente. La dureza del magro, o resistencia

que ofrece a la masticación, está muy relacionada con la fibrosidad, y su percepción depende también de la cantidad de tejido conectivo, así como de la presencia de grasa infiltrada (García y Carrapiso, 2001_a).

Otro de los atributos que conforman el perfil sensorial de textura de productos cárnicos curados es la adhesividad. La adhesividad se puede definir como la fuerza requerida por la lengua, para mover los materiales que quedan adheridos a la boca (generalmente al paladar pero también labios, dientes, etc.), durante el desarrollo normal de una comida.

En el perfil sensorial de textura de productos cárnicos curados, suele ser habitual evaluar la fibrosidad. La fibrosidad es definida como la percepción de partículas alargadas y de orientación paralela en un producto o, lo que es lo mismo, el grado de percepción al masticado de las fibras.

Y por último, la jugosidad como atributo textural, también es un parámetro común en la evaluación sensorial de productos curados. Se trata del atributo que representa la impresión de humedad durante el masticado, es decir, la cantidad de jugo liberado por la muestra durante su masticación. Este último parámetro es determinante a la hora de establecer la calidad de un producto, pues se ha constatado una relación directa del mismo, con la aceptabilidad de productos como es el caso del jamón Ibérico (Ruíz *et al.*, 2000).

1.7.2.4. Sabor

Para completar la caracterización sensorial de productos curados derivados del cerdo es preciso incluir una valoración de los componentes del gusto, es decir, una descripción de la intensidad y el nivel en el que se presentan cada uno de los cuatro sabores básicos.

El sentido del gusto reside principalmente en la lengua, donde se localizan los receptores específicos para los sabores fundamentales. Las características sápidas del alimento están determinadas por la presencia de compuestos solubles en agua, de bajo peso molecular y poco volátiles (Muriel *et al.*, 2003).

Las sustancias sápidas de los productos curados pueden estar presentes en la materia prima, pueden formarse durante el proceso de elaboración, o pueden ser incorporadas durante el mismo.

En el jamón curado, el sabor se ha asociado principalmente con la presencia de compuestos no volátiles, como aminoácidos libres y péptidos pequeños que se acumulan al final del proceso, entre otras sustancias. La proteólisis genera una gran cantidad de estos compuestos que, además de ser origen de sustancias volátiles, contribuyen a la mejora del sabor (Aristoy y Toldrá, 1998).

Además de las sustancias derivadas de la hidrólisis proteica, otros componentes no volátiles que determinan el sabor en los productos curados son los elementos añadidos durante el procesado, como es el caso del cloruro sódico (García y Timón, 2001) en jamón y lomo curado, y la mezcla ingredientes del adobo, de este último.

De este modo, en los productos cárnicos curados, el sabor salado se debe fundamentalmente a la sal añadida durante su procesado, pero también a una serie de aminoácidos que potencian o enmascaran la salinidad. Por lo tanto, el gusto salado del jamón no sólo va a depender de la cantidad de sal, sino que también influye la presencia de compuestos derivados de la proteólisis (Careri *et al.*, 1993), así como la formación de complejos entre los iones sodio y cloruro, con las proteínas de la carne (Arnau, 2000). Además, el contenido graso también va a ejercer influencia en la percepción del sabor salado, debido a que la grasa disminuye la sensibilidad de las papilas gustativas hacia este sabor.

El sabor dulce, se atribuye a una amplia variedad de compuestos: aldehídos, cetonas, ésteres y aminoácidos, que se generan durante los procesos de maduración, provocando una sensación dulce (Martín, 1996; Ruíz *et al.*, 1999). Por este motivo, este sabor se suele detectar con mayor intensidad al aumentar el tiempo de maduración (Guardia *et al.*, 1999). Algunos de los aminoácidos asociados con el sabor dulce son glicina, alanina, serina, treonina, lisina y prolina (McLeod, 1986). Este sabor se enmascara por concentraciones de sal elevadas, que además tienen un

efecto inhibitor de la actividad de enzimas responsables de la formación de estos compuestos.

Por otra parte, es muy probable que el sabor amargo sea también debido a aminoácidos libres y péptidos de pequeño peso molecular, procedentes de la hidrólisis de proteínas (Virgili *et al.*, 1998). La presencia de péptidos de pequeño tamaño e hidrófobos está relacionada con la actividad proteolítica, tanto de enzimas tisulares como microbianas, y estará también influida por las condiciones y el tiempo de maduración (Ruíz *et al.*, 1999). Este sabor se suele asociar, por tanto, con aquellos productos que han sufrido una proteólisis intensa (Aristoy y Toldrá, 1995; Virgili *et al.*, 1998). Algunos aminoácidos que aportan este sabor son histidina, arginina, metionina, valina, leucina, isoleucina, fenilalanina, triptófano y tirosina (McLeod, 1986).

Finalmente, el sabor ácido se percibe muy raramente en los productos cárnicos (García y Carrapiso, 2001_b), ya que no es un sabor característico del jamón curado español (Arnau, 2000). A pesar de ello, los ácidos orgánicos y algunas sustancias derivadas de la proteólisis podrían aportar ese sabor a los productos curados (Careri *et al.*, 1993). Así, en productos como el lomo curado, puede estar debido al crecimiento microbiano en superficie, que va a verse favorecido por la presencia de los azúcares del pimentón, y otros componentes del adobo. Estos ingredientes son transformados por la población microbiana en ácidos, aportando notas ácidas al sabor del producto. También se ha detectado en jamones que se deshuesan al inicio del curado, o en una etapa intermedia para acelerar su maduración, práctica que ocasiona una contaminación del interior del jamón, producida por bacterias lácticas que acidifican el producto (Arnau, 2000).

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS

II. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS

En el sureste de Europa existe una amplia variedad de razas de cerdo autóctonas. La mayoría de estas razas provienen de pequeñas poblaciones de forma que, para su mantenimiento, requieren de una gestión colectiva. La comercialización de productos típicos derivados de estas razas, es un buen ejemplo de la cooperación entre instituciones públicas, productores y la comunidad científica (Pugliese y Sirtori, 2012), ya que va favorecer la conservación de las mismas. Además, los animales autóctonos contribuyen al mantenimiento de los ecosistemas en los que viven, haciéndolos económicamente más sustentables (Molina, 2010).

El cerdo Chato Murciano, raza local de la Región de Murcia, es una raza que participa de esta biodiversidad genética europea. En los últimos años, esta raza ha sido incluida en programas nacionales y regionales de conservación y recuperación (Galián, 2007). Así, mediante el apoyo de la Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia, instituciones como la Universidad Católica San Antonio de Murcia, la Universidad de Murcia y el Instituto Murciano de Investigación Agraria y Alimentaria, han desarrollado diversos estudios (previamente citados), que se han llevado a cabo para evaluar su uso productivo.

Son varios los trabajos publicados acerca de la caracterización genética de la raza, así como de la descripción de las propiedades nutritivas y tecnológicas, tanto de la canal como de la carne. Respecto a sus productos derivados, sólo se han descrito las características de embutidos crudos-curados como la salchicha (Bañón *et al.*, 2010) pero hasta el momento, no se han caracterizado productos de mayor repercusión social y económica.

La recuperación del cerdo Chato Murciano es, hoy día, una realidad, y las propiedades nutritivas de la canal y la carne han sido previamente descritas. El siguiente paso para conseguir la preservación y consolidación de la raza debe ser la caracterización de sus productos derivados, con el propósito de mejorar el

proceso de elaboración, y establecer su calidad diferencial respecto a productos obtenidos a partir de otras razas de cerdo.

Por ello, esta tesis se centrará en el estudio del lomo curado y del jamón curado de Chato Murciano, como principales productos derivados, y que presentan un alto impacto social y económico.

Considerando que uno de los principales factores determinantes, tanto de la aptitud de la carne para el procesado, como de la calidad final de productos curados, son las características de la materia de partida, se plantea como **objetivo general**:

Caracterización composicional, bioquímica y sensorial del lomo y del jamón curado obtenidos a partir de Chato Murciano, durante su proceso de elaboración, con objeto de mejorar la tecnología de procesado y conseguir la estandarización de los productos.

Para alcanzar ese objetivo general se plantean los siguientes **objetivos específicos**:

- Estudiar la evolución de la composición físico-química, la proteólisis y la lipólisis del lomo curado de cerdo Chato Murciano durante el procesado.
- Comparar las características composicionales, bioquímicas y sensoriales, y evaluar el grado de aceptación del lomo curado de cerdo Chato Murciano, valorando su diferenciación con respecto al lomo de razas comerciales.
- Realizar un estudio preliminar de la evolución de la composición físico-química, la proteólisis, la lipólisis y de las características sensoriales en el jamón curado de cerdo Chato Murciano durante el proceso de elaboración.
- Establecer el tiempo óptimo de procesado para el lomo y el jamón, y validar el actual proceso de elaboración o, en su caso, proponer modificaciones, en función de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. MATERIAL EXPERIMENTAL

III.1.1. Obtención de la materia prima: cría y sacrificio de cerdos

Para las diferentes experiencias realizadas en la presente tesis se emplearon 15 cerdos de raza Chato Murciano puro y 6 cerdos blancos, obtenidos mediante cruces comerciales de cerdo blanco (estos últimos para el estudio del lomo que se describirá posteriormente). El genotipo comercial estudiado fue *Landrace* (LR) como línea paterna y *Large White* (LW) como materna.

El sistema de cría de los dos genotipos de animales fue el mismo. Los cerdos (machos castrados) se criaron en intensivo, manejados bajo un sistema convencional en naves para porcino y recibieron la misma dieta comercial, desde la edad de 45-50 días, hasta el momento del sacrificio. El pienso y el agua se proporcionaron *ad libitum*. La composición de la dieta fue de 15%-17% de proteína bruta, 2%-4% de grasa y un contenido en energía digerible porcina de 3000-3200 Kcal.

Todos los animales se pesaron periódicamente desde la edad de 100 días, hasta el momento del sacrificio, que tuvo lugar considerando la proximidad a los 120 Kg de peso vivo, siguiendo los criterios de demanda del mercado cárnico regional.

Finalmente, los animales se sacrificaron con un peso vivo medio de aproximadamente 119,58 Kg. La edad de sacrificio estuvo en torno a los 9 meses para el Chato Murciano, mientras que los cerdos de genotipos comerciales fueron sacrificados entre el quinto y el sexto mes de vida.

III.1.2. Proceso de elaboración y toma de muestras

III.1.2.1. Lomo curado

A partir de los músculos *Longissimus dorsi* de la canal izquierda de cada animal se elaboraron los lomos adobados curados en una industria cárnica local, siguiendo el proceso tradicional. Se eliminó parcialmente la grasa externa del músculo, en la fase de acondicionamiento. En este momento se tomaron muestras de la parte central de cada uno de los músculos por lo que, cada pieza muscular, fue procesada en dos partes (una destinada a determinaciones analíticas durante el procesado y la otra a análisis sensorial del producto final).

Posteriormente, los lomos se frotaron con una mezcla comercial (*Pokel Salz, PROSUR S.A.*) de sales de curado, en cantidades de 40g/Kg de peso, cuyos ingredientes fueron sal (80%), dextrosa (18%) y nitrato/nitrito (2%) y se mantuvieron durante 2 días a 4°C, para permitir que la mezcla penetrara. Tras la etapa de salado, se añadió a los lomos una mezcla comercial (*Loin marinade spices, PROSUR S.A.*) de pimentón (90%) y especias (10%) en cantidades de 10g/Kg de peso y se mantuvieron durante 4 días a 4°C. Posteriormente, los lomos fueron lavados, embutidos en tripas de colágeno, y mantenidos durante 30 días a 4°C y una humedad relativa de 75%-80%. Finalmente, los lomos se maduraron a 20°C-22°C y 65%-75% de humedad relativa durante 24 días.

Tras la toma de muestras, los lomos se llevaron al laboratorio y, una vez realizados los análisis inmediatos, se envasaron al vacío y se almacenaron a una temperatura de -80°C, hasta la realización de determinaciones posteriores. Además del muestreo destinado a determinaciones analíticas, los medios lomos restantes se emplearon en la realización del análisis sensorial, que tuvo lugar una vez finalizado el proceso de elaboración, durante las siguientes 24 horas.

III.1.2.2. Jamón curado

El proceso de elaboración del jamón fue el siguiente: tras el sacrificio y despiece de cada animal se sometió la pieza completa al proceso tradicional de elaboración de jamón curado en una planta de procesado, con la excepción de 3 perniles que se destinaron a la obtención de la muestra del producto en fresco.

Cada una de estas 3 piezas se deshuesó en fresco y se tomó una muestra de la parte central del pernil, compuesta principalmente por los músculos *Semimembranosus*, *Biceps femoris* y *Semitendinosus*.

Las piezas restantes siguieron el proceso habitual de elaboración de forma que, tras la fase de acondicionamiento, se frotaron con sal común y sales de curado (nitratos y nitritos), y se apilaron en la cámara de salado, formando capas que alternaban jamón y sal, a temperatura de refrigeración (4°C) y humedad relativa de 90%-95%, durante 1-2 días por kg de peso. Tras el salado, las piezas se limpiaron en la eliminadora de sal y se colgaron para acabar de eliminar el agua de limpieza. Posteriormente, tuvo lugar la etapa de post-salado/asentamiento, en la que las piezas se mantuvieron a una temperatura de 15°C y humedad relativa del 70%, durante 55 días. Después, los jamones se trasladaron a la cámara de secado, donde permanecieron durante 40 días, a una temperatura de 25°C-30°C y una humedad relativa de 65%. Una vez finalizada la fase de secado, los jamones se cubrieron de manteca y pasaron a la etapa final de maduración en bodega, con una humedad relativa similar a la anterior fase, pero a inferior temperatura (16°C-18°C). Los jamones permanecieron en bodega hasta que se alcanzaron los correspondientes tiempos de estudio.

Una vez alcanzado el tiempo de maduración, el muestreo se realizó de la siguiente forma: los jamones curados se deshuesaron y se cortaron transversalmente a nivel del hueso de la cadera. Las muestras se tomaron de la parte central del jamón ("maza"), compuesta principalmente por los músculos *Semimembranosus*, *Biceps femoris* y *Semitendinosus*, y se transportaron al laboratorio. Cada muestra se partió en dos piezas, una de ellas se destinó a las determinaciones analíticas y, tras la realización de los análisis inmediatos, fue envasada al vacío y almacenada a una temperatura de -80°C (hasta determinaciones posteriores). La pieza restante fue utilizada en la realización del análisis sensorial, que tuvo lugar durante las siguientes 24 horas.

III.2. PROCEDIMIENTO GENERAL

El trabajo experimental de la presente tesis se ha dividido en tres estudios. En la tabla III.1. se esquematiza de forma general los experimentos realizados:

Tabla III.1. Esquema del trabajo experimental.

Estudio	Producto	Raza	Momento muestreo	Análisis realizados
1	Lomo	Chato Murciano	<ul style="list-style-type: none"> - Día 0 (pieza muscular) - Día 15 procesado - Día 30 procesado - Día 45 procesado - Día 60 procesado 	<ul style="list-style-type: none"> - Composición físico-química (humedad, cenizas, grasa intramuscular, proteína bruta, nitrógeno total, nitrógeno no proteico, energía, aminoácidos libres y perfil lipídico). - Color instrumental
2	Lomo	Chato Murciano y Cruce comercial	<ul style="list-style-type: none"> - Día 30 procesado - Día 45 procesado - Día 60 procesado 	<ul style="list-style-type: none"> - Composición físico-química (humedad, cenizas, grasa intramuscular, proteína bruta, nitrógeno total, nitrógeno no proteico, energía, aminoácidos libres y perfil lipídico). - Color instrumental
			<ul style="list-style-type: none"> - Día 60 procesado 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis sensorial descriptivo - Análisis sensorial consumidores
3	Jamón	Chato Murciano	<ul style="list-style-type: none"> - Día 0 (pieza muscular) - Mes 14 procesado - Mes 18 procesado - Mes 22 procesado - Mes 24 procesado 	<ul style="list-style-type: none"> - Composición físico-química (humedad, cenizas, grasa intramuscular, proteína bruta, nitrógeno total, nitrógeno no proteico, aminoácidos libres y perfil lipídico).
			<ul style="list-style-type: none"> - Mes 14 procesado - Mes 18 procesado - Mes 22 procesado - Mes 24 procesado 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis sensorial descriptivo
			<ul style="list-style-type: none"> - Mes 14 procesado - Mes 24 procesado 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis sensorial consumidores

A continuación se describen las muestras empleadas en cada uno de los estudios, así como las determinaciones analíticas realizadas.

III.2.1. Estudio 1: Caracterización del lomo curado de cerdo Chato Murciano durante el procesado

El estudio 1 consistió en una caracterización del lomo curado de cerdo Chato Murciano durante el proceso de elaboración, que incluyó el análisis de la evolución de parámetros de composición físico-química.

Para el mismo, se emplearon 9 medios lomos curados de raza Chato Murciano. Durante el proceso de elaboración, se tomaron muestras los días 0, 15, 30, 45 y 60. A partir del día 15, tras el muestreo, la parte seccionada se cubrió con parafina, para permitir el desarrollo normal del proceso de maduración.

Para la realización de las determinaciones analíticas, se eliminó la piel y la grasa de depósito de las muestras, y se homogeneizaron con la ayuda de una picadora comercial.

Los parámetros de composición físico-química determinados fueron humedad, cenizas, grasa intramuscular, energía, proteína bruta, nitrógeno total, nitrógeno no proteico, concentración de aminoácidos libres y determinación de ácidos grasos de las distintas fracciones lipídicas.

También se determinó el color instrumental en cada una de las muestras.

III.2.2. Estudio 2: Estudio comparativo del lomo curado de cerdo Chato Murciano y del lomo de cerdo blanco durante la etapa de maduración

En el estudio 2 se realizó una comparación de las características del lomo curado de Chato Murciano y lomo procedente de genotipos comerciales de cerdo blanco, estudiando la composición físico-química así como las características organolépticas del producto.

En este estudio se emplearon un total de 15 lomos curados (9 de raza Chato Murciano y 6 de cruce comercial de cerdo blanco).

En la caracterización físico-química se tomaron muestras los medios lomos de cada una de las piezas a los 30, 45 y 60 días de procesado, coincidiendo con el tiempo de comercialización más habitual para este producto. Tras el muestreo, la parte seccionada se cubrió con parafina, para permitir el desarrollo normal del proceso de maduración.

Para la realización de las determinaciones analíticas, se eliminó la piel y la grasa de depósito de las muestras, y se homogeneizaron con la ayuda de una picadora comercial.

Los parámetros de composición físico-química determinados fueron humedad, cenizas, grasa intramuscular, energía, proteína bruta, nitrógeno total, nitrógeno no proteico, concentración de aminoácidos libres y determinación de ácidos grasos de las distintas fracciones lipídicas.

También se determinó el color instrumental en cada una de las muestras.

Al finalizar la etapa de maduración (60 días de procesado), se realizó un estudio sensorial del lomo curado de ambos genotipos, que consistió en un análisis cuantitativo-descriptivo, y en un análisis de preferencia, aceptación y evaluación de consumidores, de los productos de ambos genotipos.

III.2.3. Estudio 3: Estudio preliminar del jamón curado de cerdo Chato Murciano durante el procesado

En el estudio 3 se realizó un análisis de las características físico-químicas y sensoriales del jamón curado de cerdo Chato Murciano a lo largo del procesado.

Para el estudio del jamón curado se emplearon 15 pernils de raza Chato Murciano que se agruparon en dos lotes:

En el lote 1 se utilizaron los pernils izquierdos de 12 animales. De estos 12 pernils, 3 fueron utilizados en las determinaciones analíticas del producto en fresco (día 0 de procesado), mientras que las 9 piezas restantes se sometieron al proceso de elaboración completo (con diferente tiempo de maduración) y fueron destinadas tanto a las determinaciones analíticas, como a análisis sensorial descriptivo.

El lote 2 estuvo compuesto por 3 pernils izquierdos de los 15 animales empleados en el estudio, que se procesaron durante 14 meses (bajo las mismas condiciones que el lote 1 pero en distinto momento), con una diferencia de tiempo respecto a los anteriores de 10 meses, y coincidiendo con los 24 meses de procesado del lote 1. Este último lote se configuró con el objetivo de emplearlo en

el análisis de consumidores, para el estudio de la preferencia y discriminación entre jamones con maduración corta (14 meses) y maduración larga (24 meses).

Los parámetros de composición físico-química determinados fueron humedad, cenizas, grasa intramuscular, proteína bruta, nitrógeno total, nitrógeno no proteico, concentración de aminoácidos libres y determinación de ácidos grasos de las distintas fracciones lipídicas.

Por otro lado, también se realizó la caracterización sensorial del producto, mediante la realización de una prueba cuantitativa-descriptiva durante la etapa final de la maduración (14, 18, 22 y 24 meses de procesado), y se determinó la preferencia y aceptación en consumidores del jamón con distinto tiempo de procesado (14 y 24 meses).

III.3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA EN ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN

En los análisis de composición físico-química las determinaciones fueron realizadas por triplicado.

III.3.1. Humedad

La medida de la cantidad de agua presente en el lomo curado y en el jamón curado se determinó siguiendo el procedimiento gravimétrico descrito por la norma ISO 1442 (ISO, 1997) mediante su desecación en una estufa a 105°C, hasta la obtención de un peso constante.

Los valores de humedad obtenidos se utilizaron para la conversión de la composición centesimal de las muestras a materia seca.

III.3.2. Cenizas

Para la determinación del contenido en cenizas del lomo curado y del jamón curado se siguió el método oficial de la norma ISO 936 (ISO, 1998) mediante incineración de las muestras. Para ello se introdujeron en un horno MUFLA (Selecta, 2000 366), y se mantuvieron a una temperatura de 550°C, hasta la obtención de cenizas sin restos de materia orgánica.

III.3.3. Grasa intramuscular

La determinación cuantitativa de la grasa intramuscular de las muestras se realizó en un equipo Soxtec (Avanti, 2055), siguiendo la metodología descrita por la norma ISO 1444 (ISO, 1996_a), mediante extracción de la grasa con un disolvente orgánico (éter dietílico) y su posterior evaporación. Para la misma, la muestra se introdujo en un cartucho de celulosa, que se colocó en el equipo de extracción, en contacto con éter dietílico, y se calentó a 80°C durante 30 minutos. Una vez transcurrido ese tiempo, el cartucho contenedor de la muestra se separó del disolvente, facilitando la recirculación del mismo, con el propósito de aumentar el rendimiento de la extracción. Se mantuvo durante 45 minutos a 100°C. Finalizado este tiempo, se abrieron los circuitos del aire del equipo y se mantuvo durante 15 minutos a 100°C, para favorecer la evaporación del disolvente. La grasa extraída quedó depositada en el vaso metálico que inicialmente contenía el disolvente. Tras dejar enfriar el vaso, se pesó al alcanzar la temperatura ambiente. El porcentaje de grasa se calculó según la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Grasa intramuscular} = (m_2 - m_1) \times 100 / m$$

donde m_1 es el peso del vaso vacío, m_2 es el peso del vaso con el extracto etéreo y m el peso de la muestra.

III.3.4. Energía

El contenido calórico se determinó según la metodología descrita por Abellán *et al.* (2007) en una bomba calorimétrica (IKA, C4000) mediante la obtención de la capacidad calorífica de la muestra desecada.

Para la obtención del contenido en energía se pesó 1g de muestra en un dedal de cristal de cuarzo y se colocó en un obús, con un trozo de alambre de ignición en contacto con los electrodos, al que se le enlazó una mecha de hilo de algodón. Se cerró y posteriormente se presurizó con O₂ a 30 bares. El calderín (recipiente con agua) con el obús, se introdujo dentro del equipo, cerrando la bomba herméticamente al exterior. Una vez alcanzado el equilibrio térmico entre los distintos componentes del sistema y estabilizada la temperatura, se provocó la

combustión de la muestra. El proceso finalizó al estabilizarse de nuevo la temperatura del equipo.

El contenido calórico de la muestra se expresó como energía en Kcal/g de materia seca y se obtuvo aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad calorífica de la muestra (Julios/g)} = C\Delta T - e / Mm$$

donde C es la capacidad calorífica de la bomba calorimétrica, sus accesorios y el agua utilizada (8.893 J/°K), ΔT es el cambio de temperatura registrado, e tiene un valor de 80 Julios, correspondiente al calor extraño generado por la combustión del hilo metálico y el algodón y Mm es la masa (g) de la muestra.

III.3.5. Determinación de cloruros

El método de Volhard descrito en la norma ISO 1841-1 (ISO, 1996_b) se modificó añadiendo a la muestra (2,5 g) 2 mL de nitrobenzeno después de la mineralización con ácido nítrico y la oxidación simultánea con permanganato potásico, con el objetivo de eliminar las fases de decantación. Finalmente se valoró por retroceso con tiocianato potásico utilizando sulfato férrico amónico tetrahidrato en solución saturada. Los cloruros así determinados se expresaron en forma de cloruro sódico y se calcularon de la siguiente forma:

$$Na\ Cl\ (\%) = ((2,51 - V\ KSCN * 0,1) * 58,46) / 1000 * 100 / m$$

donde 2,51 son los miliequivalentes de nitrato de plata (NO_3Ag) totales, V KSCN es el volumen de tiocianato potásico gastado en la valoración, 0,1 es la normalidad del tiocianato de potásico y el producto de ambos son los miliequivalentes de nitrato de plata que hay en exceso, que dan el contenido en miliequivalentes de cloruro sódico; 58,46 es el peso molecular del cloruro sódico y m es el peso de la muestra en gramos.

III.3.6. Proteína bruta y Nitrógeno total

El contenido en proteína bruta se llevó a cabo mediante la cuantificación del contenido en nitrógeno total de las muestras, por la determinación de los grupos -NH de la proteína verdadera, el nitrógeno amínico y amídico, aplicando

el método Kjeldahl, según la norma ISO 937 (ISO, 1978). Este método incluye una fase de digestión, una de destilación y una valoración final.

La digestión de la muestra (0,25g) se llevó a cabo en un digester Buchi modelo K424 con 10 mL de ácido sulfúrico, en presencia de un catalizador, dando lugar a la transformación de los componentes nitrogenados en nitrógeno inorgánico en forma de ión amonio.

Posteriormente, se sometió a la muestra digerida a una destilación en medio fuertemente básico (hidróxido sódico 40%) recogiendo el nitrógeno en forma de gas (NH_4), en 25 mL de ácido bórico (4%) para proceder a su valoración con ácido clorhídrico (0,1N).

La cantidad de nitrógeno obtenido se transformó en contenido proteico (valor de proteína bruta) haciendo uso del factor de conversión 6,25.

III.4. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA PROTEOLISIS

Los parámetros relacionados con la proteolisis que se determinaron fueron el contenido en nitrógeno no protéico y la concentración de aminoácidos libres presentes en la muestra.

III.4.1. Nitrógeno no proteico

La obtención de la fracción nitrogenada libre de proteínas (nitrógeno no proteico) se realizó tras la precipitación de las proteínas de la muestra, con una solución de ácido tricloroacético (20%). Su cuantificación se llevó a cabo mediante digestión, destilación y valoración, siguiendo el mismo procedimiento descrito en el apartado III.3.6.

III.4.2. Extracción y determinación de aminoácidos libres mediante HPLC con detector de fluorescencia

Para la determinación del contenido en aminoácidos libres de las muestras se siguió el método de Abellán *et al.* (2012), con ligeras modificaciones.

En primer lugar, se precipitaron los péptidos del extracto correspondiente a la fracción nitrogenada libre de proteínas. Para ello se añadieron 10 mL de ácido sulfosalicílico (10%) a 10 mL de extracto de nitrógeno no protéico, y se mantuvo durante 17 h de reposo a 0°C-1 °C. Después se ajustó a pH 6 con NaOH (4N) y se filtró. Finalmente se llevó a un volumen de 50 mL con agua destilada y se almacenó a -18°C para su posterior análisis. Todas las muestras se filtraron a través de filtros de 0,2 mm de tamaño de poro, antes de la inyección en el cromatógrafo.

Los aminoácidos libres se identificaron y cuantificaron mediante derivatización y separación por HPLC (Shimadzu LC-10AD) con detector de fluorescencia. La derivatización en precolumna fue realizada con orto-ftalaldehído (OPA), como proponen Jones, Pablo y Stein (1981).

La solución de derivatización se obtuvo mezclando 25 mg de OPA en 625 µl de metanol absoluto, 25 µl de 2-mercaptoetanol y 5,6 mL de borato sódico 0,4 M, mantenida en recipiente opaco durante 24 horas antes de su uso, y adicionada con 5 microlitros de 2-mercaptoetanol cada 2 días para mantener la fuerza del reactivo (Jones, Pablo y Stein, 1981).

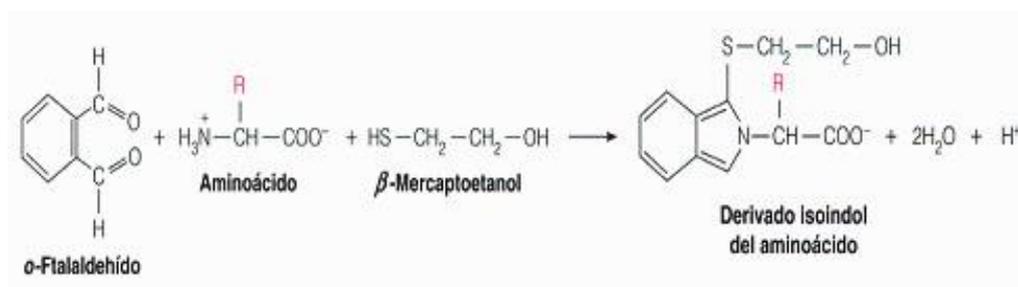


Figura III.1. Reacción de derivatización de aminoácidos con orto-ftalaldehído.

La derivatización se realizó mezclando 25µl de muestra + 25µl de solución de Sodio Dodecil Sulfato (2%) en Borato Sódico (0,4 M; pH 9,5) + 25µl de solución de OPA. Tras 1 minuto, la reacción se paralizó anañadiendo 50µl de fosfato potásico (0,1 M; pH 4,6). Este proceso se llevó a cabo en el equipo mediante un programa de pretatamiento de la muestra. El volumen de inyección fue de 20µl.

El gradiente de elución y los solventes usados para la separación del derivado OPA fueron los que se muestran en la tabla III.2.

Tabla III.2. Programa de gradientes del análisis de aminoácidos libres mediante HPLC.

SOLVENTE A	Acetato sódico (0,05 M; pH 5,9)	
SOLVENTE B	Metanol	
FLUJO	1,5 mL/min	
TIEMPO	MÓDULO	CONCENTRACIÓN DE B
0.01	Pumps	0
50.00	Pumps	100
60.00	Pumps	0
60.00	Controller	Stop

Para la separación cromatográfica se utilizó una columna eclipse XDB-C18 (5 μ /4,6x250 m/m), acondicionada a 30°C.

La determinación se llevó a cabo mediante detector de fluorescencia (RF-10A XL). La configuración del detector fue la siguiente:

- Excitación (Ex): 340 nm
- Emisión (EM): 450 nm
- Respuesta: 0,5seg.
- Ganancia :x1
- Sensibilidad: Media

Los derivados de los aminoácidos libres se identificaron de acuerdo a sus tiempos de retención, mediante comparación con los patrones estándar y la incorporación de norvalina como patrón cromatográfico, tanto en las muestras como en las soluciones patrón.

Se prepararon seis soluciones de distintas concentraciones, comprendidas entre 1,75 mg/L y 28 mg/L, de los siguientes aminoácidos: ácido aspártico (Asp), ácido glutámico (Glu), asparagina (Asn), serina (Ser), treonina (Thr), glicina (Gly), arginina (Arg), alanina (Ala), tirosina (Tyr), histidina (His), metionina (Met), triptófano (Trp), valina (Val), fenilalanina (Phe), isoleucina (Iso), leucina (Leu) y lisina (Lys), que fueron inyectadas para examinar la relación lineal entre cantidad

de aminoácido y área de los picos obtenidos. Con estas soluciones se realizó la cuantificación de los aminoácidos presentes en las muestras.

III.5. ANÁLISIS DE LAS FRACCIONES LIPÍDICAS DE LA GRASA INTRAMUSCULAR

La extracción de grasa intramuscular, para el análisis de los ácidos grasos de las fracciones lipídicas, se realizó mediante el método de Folch (1957) con cloroformo-metanol, siguiendo los siguientes pasos:

Se homogeneizó la muestra (5g) con 90 mL de cloroformo-metanol. Posteriormente, el homogeneizado se filtró y se llevó a un embudo de decantación, al que se le añadieron 60 mL de NaCl. Se homogeneizó por agitación y se dejó decantar durante 24h. La fase orgánica se filtró y, posteriormente, se eliminó el solvente por medio de un rotavapor a vacío. El residuo graso se disolvió en hexano para su almacenamiento (-80°C), hasta posterior análisis.

Para el análisis de la composición de ácidos grasos se siguió el método descrito por Ruíz *et al.* (2004). Se procedió a un fraccionamiento previo de la grasa en lípidos neutros, polares y ácidos grasos libres empleando minicolumnas de aminopropil-NH₂. Se siguieron los siguientes pasos:

La grasa almacenada (20mg) se pasó por minicolumnas disuelta en 0,2 mL de hexano:cloroformo:metanol (95:3:2) y, posteriormente, se recogieron las distintas clases de lípidos en los disolventes correspondientes para cada fracción (tabla III.3).

Tabla III.3. Disolventes usados en la separación de las distintas clases de lípidos.

	DISOLVENTE	LÍPIDOS
Activación	7,5 mL hexano	-
Muestra	20 mg en 200µL hexano:cloroformo:metanol	-
Fracción 1	5 mL cloroformo	Lípidos Neutros
Fracción 2	5 mL dietiléter:ácido acético (98:2)	Ácidos Grasos libres
Fracción 3	2,5 mL metanol:cloroformo (6:1)	Lípidos Polares
	2,5 mL acetato sódico en metanol:cloroformo (6:1)	Lípidos Polares

Tras recoger las fracciones de lípidos, se eliminó el disolvente por evaporación a vacío, y se sometieron a una trans-esterificación ácida, mediante la adición de 1 mL de ácido sulfúrico en metanol (5%) y la incubación a 80°C/30min (Sandler y Karo, 1992). Se dejó enfriar y se añadió 1 mL de hexano con patrón cromatográfico (ácido nonadecanoico), y 1 mL de una solución sobresaturada de NaCl, separándose en tres fases.

Se obtuvo el sobrenadante con los ésteres metílicos de los ácidos grasos (FAMES) y se llevó de nuevo a sequedad. La fracción obtenida de grasa se llevó a 1 mL con hexano para el análisis cromatográfico.

La separación y determinación de los FAMES se realizó con un cromatógrafo de gases Shimadzu, GC 2010 equipado con un inyector *on column*, detector de ionización de llama (FID) y columna capilar (*Supelco Omega Wax*, Supelco, Bellefonte, PA) de sílice fundido (30m longitud, 0,25mm de diámetro interno y 0,25µm de espesor de película) con fase estacionaria polar, constituida por polietilenglicol. El programa de temperatura del horno fue el siguiente: temperatura inicial 110°C; 1 minuto a esta temperatura y a partir de este tiempo aumento de 5°C/min hasta 225°C durante 15 minutos.

La temperatura del inyector y el detector fue de 230°C. El flujo del gas portador (He) fue de 1,8 mL min⁻¹.

Los ácidos grasos libres se identificaron y cuantificaron de acuerdo a sus tiempos de retención, mediante comparación con los tiempos de retención de los picos obtenidos con los de los correspondientes patrones (Sigma, St. Louis, MO).

Se prepararon diez soluciones de distintas concentraciones, comprendidas entre 0,01 mg/mL y 25 mg/mL, de los siguientes ácidos grasos: mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), palmitoleico (C16:1), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2), linolénico (C18:3), araquídico (C20:0) y araquidónico (C20:4), que fueron inyectadas para examinar la relación lineal entre cantidad de ácido graso y área de los picos obtenidos. Con estas soluciones se prepararon las curvas de calibración para la cuantificación de los ácidos grasos presentes en las distintas fracciones lipídicas de la grasa intramuscular de las muestras.

III.6. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA EN ANÁLISIS SENSORIAL

III.6.1. Análisis instrumental del color

El color instrumental se determinó mediante colorimetría con la ayuda de un colorímetro (HunterLab, Colorflex) empleando el sistema CIELab y expresándose el color mediante las coordenadas L^* , a^* y b^* ; donde L^* representa el índice de luminosidad (abarcando desde el valor 100 -que corresponde al blanco absoluto-, al valor 0 -que corresponde con el negro absoluto), a^* corresponde con el índice de rojos-verdes, y b^* con el índice de amarillos-azules.

Una vez calibrado el aparato con un blanco de calibración, las medidas se realizaron procurando tomar la medición en zonas homogéneas y representativas, libres de grasa intramuscular. El valor de cada uno de los parámetros de color registrados por el equipo (L^* , a^* y b^*), así como los valores del parámetro de saturación (Chroma) y el tono (H^*) se calcularon como la media de las tres medidas realizadas.

III.6.2. Análisis sensorial con panel entrenado y de consumidores

Se realizó un análisis cuantitativo-descriptivo de las muestras mediante un panel de catadores entrenados en análisis sensorial de lomo y jamón curado. El análisis sensorial se completó con una evaluación y un estudio de preferencia y grado de aceptación de los productos en consumidores.

III.6.2.1. Reclutamiento, selección y entrenamiento

Para el reclutamiento y la selección del panel de catadores del análisis cuantitativo descriptivo se siguieron las pautas marcadas por la norma UNE 87024-1 (AENOR, 1995_a). Se realizó un reclutamiento entre miembros del personal del Departamento de Tecnología de la Alimentación y Nutrición de la Universidad Católica San Antonio.

Tras realizar una reunión en la que se informó a los interesados en formar parte de este estudio del trabajo a desarrollar, fecha de las sesiones de entrenamiento y catas, duración de éstas y demás aspectos de interés, se les pasó

un cuestionario (figura III.2) en el que se recogieron tanto datos personales, como otro tipo de datos a tener en cuenta, como pueden ser, la existencia de alergias alimentarias o la toma habitual de algún medicamento, así como de hábitos que, como el tabaquismo, pudieran influir en su juicio.

No se detectaron incapacidades para el desarrollo normal de las sesiones de cata en ninguno de los interesados en formar parte del panel de cata así que, inicialmente, no se descartó a ningún interesado mediante este procedimiento de selección previa, del que se obtuvieron 30 posibles panelistas. La selección específica de los panelistas continuó durante el entrenamiento del panel de cata.

En el entrenamiento de los panelistas que participaron en la prueba cuantitativa-descriptiva de este estudio se diferenciaron dos fases:

- Sesión de entrenamiento general
- Sesión de entrenamiento específica

CUESTIONARIO SOBRE HÁBITOS		Fecha:
Apellidos:		Nombre:
Edad:		Profesión:
Nivel de estudios:		Fumador:
SALUD	Alergias conocidas de tipo alimentario	
	Otro tipo de alergias	
	¿Tiene alguna restricción en el régimen alimentario?	
	¿Toma algún medicamento de forma regular?	
	¿Sufre alguna enfermedad crónica en las vías respiratorias?	
	¿Padece sinusitis frecuentes?	
	¿Sufre de daltonismo?	
PERSONALIDAD	¿Tiene interés por la investigación y todo lo relacionado con la ciencia?	
	¿Tiene precedentes en análisis sensorial?	

Figura III.2. Cuestionario de reclutamiento para la formación del panel de catadores entrenados.

III.6.2.1.1 Entrenamiento general

Consistió en una sesión teórica en la que se trataron los siguientes conceptos básicos de análisis sensorial: definición y utilidad del análisis sensorial, implicación de los sentidos, y la relación entre estímulo y respuesta. Además, también se llevó a cabo una sesión práctica, en la que se realizaron varias pruebas, con el objetivo de que los candidatos fueran tomando contacto con el análisis sensorial y se iniciaran en el uso de escalas, así como de detección e identificación de sabores básicos, y la descripción de los componentes de textura.

a) Entrenamiento en el uso de escalas

Para el entrenamiento en el uso de escalas se realizó un test que tiene por objeto el determinar la forma en la que el juez utiliza una escala e interpreta los intervalos y proporciones de la misma (Meilgaard *et al.*, 1999). Para esta prueba se presentaron diez figuras geométricas con una parte sombreada. El juez estimó la proporción coloreada del dibujo, realizando un trazo vertical sobre una escala horizontal lineal en cuyos extremos, izquierdo y derecho, aparecían unos anclajes indicando “nada” y “todo” respectivamente.

Al finalizar el test se procedió a la corrección y puesta en común de los resultados, con el objetivo de comprobar que los aspirantes habían interpretado de forma correcta las escalas presentadas.

b) Identificación y detección de umbrales para sabores básicos

Con esta prueba de entrenamiento se determinó la aptitud de los candidatos para la identificación de sabores básicos, así como el umbral de detección para los mismos, siguiendo la norma UNE 87003 (UNE, 1995_b).

Se estudiaron los niveles de sabor salado, dulce, amargo y ácido de cada muestra, presentándose la sustancia de referencia en forma de una serie de diluciones. Las distintas diluciones se prepararon a partir de una disolución madre variando la concentración de una muestra a otra, en orden creciente. En la tabla III.4. se exponen las sustancias patrón utilizadas para cada sabor, así como la concentración final de cada disolución madre.

Tabla III.4. Concentración de la disolución madre para cada sabor básico. Norma UNE 87003 (AENOR, 1995_b).

Sabor	Sustancia patrón	Concentración (g/l)
Ácido	Ácido cítrico cristalizado (Mr= 210,14)	1,20
Amargo	Cafeína cristalizada (Mr= 212,12)	0,54
Salado	Cloruro de sodio anhidro (Mr=58,46)	4,00
Dulce	Sacarosa (Mr=342,3)	24,00

Para cada sustancia de referencia se preparó una serie geométrica de disoluciones como se especifica en la tabla III.5.

Las distintas soluciones se presentaron a los futuros panelistas codificados con claves de tres dígitos. Entre muestra y muestra, se les indicó que debían enjuagarse la boca con agua (la misma utilizada en la preparación de las disoluciones), y esperar unos dos minutos hasta probar la siguiente. Tanto el agua como las soluciones se presentaron a temperatura ambiente.

Tabla III.5. Series de diluciones para cada sabor básico. Norma UNE 87003 (AENOR, 1995_b).

Código de la dilución	Ácido		Amargo		Salado		Dulce	
	V	P	V	P	V	P	V	P
D1	500	0,60	500	0,27	500	2,00	500	12,00
D2	400	0,48	400	0,22	350	1,40	300	7,20
D3	320	0,38	320	0,17	245	0,98	180	4,32
D4	256	0,31	256	0,14	172	0,69	108	2,59
D5	205	0,25	205	0,11	120	0,48	65	1,56
D6	164	0,20	164	0,09	84	0,34	39	0,94
D7	131	0,16	131	0,07	59	0,24	23	0,55
D8	105	0,13	105	0,06	41	0,16	14	0,34
Razón geométrica (R)	R= 0,8		R= 0,8		R= 0,7		R= 0,6	

V (mL) cantidad Dn madre/L de Dn final; P concentración resultante (g/l).

Después de probar cada muestra los candidatos registraron sus respuestas en el formulario de la figura III.3.

Nombre:		Fecha:											
		Orden de presentación de los recipientes											
Clave		Agua	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º
Respuestas													
Nota	0	Ninguna impresión percibida											
	X	Sabor percibido											
	XX	Sabor identificado											
	XXX	Diferencia de concentración apreciada (añadir una cruz a cada diferencia apreciada)											
Escribir el sabor identificado debajo de la clave correspondiente.													

Figura III.3. Formulario para la identificación y detección de umbrales en sabores básicos Norma UNE 87003 (AENOR, 1995_b).

Al final de cada sesión se comentaron los resultados, se identificaron las soluciones y se permitió volver a probar las muestras, con el propósito de familiarizarse con los sabores.

c) Entrenamiento para el establecimiento del perfil de textura

Para entrenar a los candidatos en las propiedades texturales a evaluar se presentaron una serie de alimentos como referencia, a través de los cuales se establecieron escalas de intensidad, es decir, grado de percepción de cada característica, siguiendo la norma UNE 87025 (AENOR, 1996).

El candidato a panelista tuvo que clasificar un conjunto de alimentos en orden creciente de percepción para cada atributo de textura estudiado (dureza, adhesividad, fibrosidad y jugosidad). Al finalizar la prueba, se comentaron los resultados, haciendo una puesta en común de lo percibido.

III.6.2.1.2. Entrenamiento específico

El entrenamiento específico se llevó a cabo con el propósito de dar a conocer a los candidatos las características sensoriales de los productos a evaluar. Para ello se realizaron catas dirigidas, en las que se describieron detalladamente los

descriptores más utilizados en evaluación sensorial de productos curados (Ruíz *et al.*, 1998; Muriel *et al.*, 2004_a; Ramírez, 2006; Ventanas, Ventanas y Ruíz, 2007).

En concreto, en el entrenamiento en el uso de escalas para la valoración del aspecto, se mostraron referencias de las distintas intensidades que puede presentar cada atributo en los productos objeto de evaluación sensorial. De esta manera, se empezó a trabajar con las escalas de valoración que posteriormente se usaron en las pruebas descriptivas.

La escala de referencia que se presentó para la evaluación del color del magro sobre las diferentes tonalidades que pueden presentar los productos curados fue la siguiente (figura III.4):



Figura III.4. Escala de referencia para el estudio del color del magro del jamón curado (Arнау et al., 2011).

Además del color del magro, en el caso del jamón curado también se estudió el color de la grasa subcutánea. Para el entrenamiento de este descriptor se utilizó la escala que aparece en la figura III.5, que representa las distintas tonalidades que pueden aparecer en la grasa subcutánea de una loncha de jamón, y que van desde el blanco hasta el amarillo.



Figura III.5. Escala de referencia para el estudio del color de la grasa subcutánea del jamón curado. (Arнау et al., 2011).

El brillo, como atributo sensorial del lomo curado, se definió como la intensidad de brillo en la parte magra. Se presentó la referencia que se ve a continuación (figura III.6) para una valoración desde “mate” hasta “muy brillante”.



Figura III.6. Escala de referencia para el estudio del brillo del lomo curado.

Una de las características visuales típicas de productos curados de cerdo es el veteado o grasa situada entre las fibras musculares. En productos curados se define como el nivel de grasa infiltrada visible.

En la sesión de entrenamiento específico, además del nivel, también se aclaró que, para una valoración completa de la apariencia de la grasa en un análisis sensorial, hay que tener en cuenta tanto el tamaño como la forma de las vetas que presenta. Como referencia de la intensidad de veteado se tomó la escala de Guerrero *et al.* (1998) para el jamón curado (figura III.7).

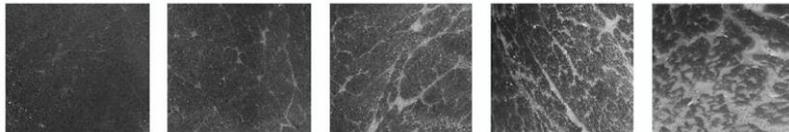


Figura III.7. Escala de referencia para el estudio del veteado del jamón curado (Guerrero et al., 1998).

Una vez realizadas las pruebas de entrenamiento general y específico, de los 30 candidatos reclutados se seleccionaron 23, en función a su motivación y disponibilidad de tiempo, así como de sus aptitudes sensoriales.

Para comprobar la validez del panel, los catadores evaluaron por duplicado cuatro de las muestras a analizar, a partir de las cuales y, mediante análisis de varianza, se comprobó la repetibilidad de cada juez en la valoración cada atributo.

III.6.2.2. Sesiones de Cata

III.6.2.2.1. Condiciones de desarrollo de las pruebas

Tanto las sesiones de entrenamiento, como las de cata descriptiva y análisis de consumidores, se desarrollaron en una sala acondicionada (neutra, con ventilación apropiada para evitar olores extraños, provista de buena iluminación y temperatura y humedad constantes) siguiendo la norma UNE 87004 (AENOR, 1979). Las sesiones de cata descriptiva, de los diferentes estudios, se realizaron una vez por semana, a las 11:00 y con una duración aproximada de 1 hora.

Tanto en la evaluación sensorial descriptiva como en la de consumidores, para cada catador, se preparó un puesto de cata provisto de un impreso de cata, un bolígrafo, servilleta, vaso con 200 mL de agua a temperatura ambiente y pan tostado sin sal, para neutralizar las condiciones internas de la boca antes de la evaluación de cada muestra.

III.6.2.2.2. Preparación de las muestras

Las muestras se prepararon en una zona independiente del área de evaluación siguiendo la norma UNE 87004 (UNE, 1979).

Tanto en el análisis descriptivo como en la prueba de consumidores, cada muestra se presentó a los panelistas para su evaluación en un plato codificado con un número de tres cifras, que contenía dos lonchas finas (1,5-2mm) mantenidas a temperatura ambiente. Se utilizó una loncheadora comercial para la obtención de las muestras. Se presentó la loncha entera para la evaluación, simulando las condiciones de consumo por parte del consumidor.

III.6.2.2.3. Prueba Cuantitativa-Descriptiva

Para la caracterización sensorial de productos curados de cerdo Chato Murciano se utilizó un panel de 23 catadores entrenados según la metodología descrita anteriormente (apartado III.6.2.1).

Para el estudio 2 se realizaron 5 sesiones de cata entre las que se evaluaron un total de 15 medios lomos curados (9 de cerdo Chato Murciano y 6 de cruce comercial), todos ellos el día 60 de procesado.

En el estudio 3, se evaluaron un total de 12 jamones de cerdo Chato Murciano durante la fase de maduración, es decir, 3 jamones cada mes de procesado (meses 14, 18, 22 y 24), en 4 sesiones de cata.

Se elaboró una ficha de cata para la evaluación de cada uno de los descriptores sobre una escala no estructurada de 10 cm, con anclajes en los dos extremos (representado en el extremo izquierdo la ausencia del descriptor y el derecho la máxima expresión del mismo). La selección de los descriptores se realizó según los atributos normalmente empleados en análisis sensorial de lomo y jamón (Ruíz *et al.*, 1998; Muriel *et al.*, 2004_a; Ramírez, 2006; Ventanas, Ventanas y Ruíz, 2007).

La ficha de cata del estudio 2 incluyó 19 atributos sensoriales del lomo curado, distribuidos en 5 bloques, según el orden de percepción (ver figura III.8). Los atributos y los extremos de la escala de valoración se definen a continuación:

Aspecto

- *Intensidad del color rojo*. Con este parámetro se evalúa la intensidad del color rojo en la parte magra. (Rosa palo- Rojo oscuro).
- *Brillo*. Este atributo evalúa la intensidad del brillo en la parte magra. (Mate-Muy brillante).
- *Veteado*. Evalúa el nivel de grasa intramuscular visible. (Muy magro-Intenso veteado).
- *Tamaño del veteado*. Con este atributo se evalúa el tamaño de las vetas de grasa. (Muy pequeño-Muy grande).
- *Forma del veteado*. Para completar el perfil de aspecto se evalúa la homogeneidad en la forma de las vetas de grasa. (Lineal-Irregular).

Olor

- *Intensidad*. Hace referencia a la valoración del nivel de aroma global antes de ingerir la muestra. (Sin olor-Muy intenso).
- *Curado*. Intensidad del aroma típico de productos cárnicos curados antes de ingerir la muestra. (Muy bajo-Muy alto).

Textura

- *Dureza*. Mide el esfuerzo requerido para masticar hasta llevar la muestra a poder ser tragada. (Muy tierno-Muy firme).
- *Adhesividad*. Evalúa la fuerza requerida por la lengua para mover los materiales que quedan adheridos a la boca (generalmente al paladar pero también labios, dientes, etc.) durante el desarrollo normal de una comida. (Nada adhesivo-Muy adhesivo).
- *Fibrosidad*. Da un valor del grado de percepción al masticado de las fibras. (Nada fibroso-Muy fibroso).
- *Jugosidad*. Valora la impresión de humedad durante el masticado, es decir, la cantidad de jugo liberado por la muestra durante su masticación. (Nada jugoso-Muy jugoso).

Sabor

- *Salado*. Nivel de sabor salado. (Nada salado -Muy salado).
- *Dulce*. Nivel de sabor dulce. (Nada dulce -Muy dulce).
- *Amargo*. Nivel de sabor amargo. (Nada amargo -Muy amargo).
- *Ácido*. Nivel de sabor ácido. (Nada ácido -Muy ácido).

Flavor

- *Intensidad*. Este parámetro tiene que ver con el nivel global de flavor, es decir, la sensación olfato-gustativa de la muestra, y se valora después de que ésta es ingerida, al igual que todos los descriptores de este apartado. (Muy baja-Muy alta).
- *Curado*. Evalúa la intensidad de flavor típico de productos cárnicos curados. (Muy bajo-Muy alto).
- *Rancio*. Mide la intensidad de flavor a rancio. (Muy bajo-Muy alto).
- *Regusto*. Evalúa el grado de persistencia de la muestra en boca, es decir, la intensidad y duración del flavor después de que la muestra es tragada. (Muy bajo-Muy alto).

En el caso del jamón curado (estudio 3) se incluyeron los siguientes descriptores para completar su caracterización (ver figura III.9):

Aspecto

- *Homogeneidad del color.* Evalúa las variaciones de color en la superficie de la muestra. (Nada homogéneo-Muy homogéneo).
- *Color de la grasa.* Se trata de una valoración de la coloración de la grasa subcutánea. (Blanco-Amarillo).

Textura

- *Dureza de la grasa.* Mide el esfuerzo requerido para deformar la grasa de la muestra durante la masticación. (Muy tierna-Muy firme).
- *Fluidez de la grasa.* Percepción de grasa exudada. (Nada fluidez- Muy fluida).

Las puntuaciones se tomaron como el valor numérico de los centímetros correspondientes a la distancia entre el extremo izquierdo de la escala no estructurada, y el trazo vertical marcado por el catador para cada atributo.

Código muestra

La valoración de los descriptores se efectúa sobre la escala continua (10 cm), con los extremos anclados, donde el izquierdo representa la ausencia del descriptor, y el derecho la máxima manifestación del mismo.

Atributos sensoriales		Valoración
ASPECTO	Intensidad del color Rojo (Rosa palo-Rojo oscuro)	-----
	Brillo (Mate-Muy brillante)	-----
	Veteado (Muy magro-Intenso veteado)	-----
	Tamaño del veteado (Muy pequeño-Muy grande)	-----
	Forma del veteado (Lineal-Irregular)	-----
OLOR	Intensidad (Sin olor-Olor muy intenso)	-----
	Curado (Muy bajo-Muy alto)	-----

Atributos sensoriales		Valoración
TEXTURA	Dureza (Muy tierno-Muy firme)	-----
	Adhesividad (Nada adhesivo-Muy adhesivo)	-----
	Fibrosidad (Nada fibroso-Muy fibroso)	-----
	Jugosidad (Nada jugoso-Muy jugoso)	-----
SABOR	Salado (Nada salado-Muy salado)	-----
	Dulce (Nada dulce-Muy dulce)	-----
	Amargo (Nada amargo-Muy amargo)	-----
	Acido (Nada ácido-Muy ácido)	-----
FLAVOR	Intensidad (Muy baja-Muy alta)	-----
	Curado (Muy bajo-Muy alto)	-----
	Rancio (Muy bajo-Muy alto)	-----
	Regusto (Muy bajo-Muy alto)	-----

Figura III.8. Formulario para la prueba descriptiva-cuantitativa del estudio 2.

Código muestra

La valoración de los descriptores se efectúa sobre la escala continua (10 cm), con los extremos anclados, donde el izquierdo representa la ausencia del descriptor, y el derecho la máxima manifestación del mismo.

Atributos sensoriales		Valoración
ASPECTO	Intensidad del color Rojo (Rosa palo-Rojo oscuro)	-----
	Homogeneidad del Color (Nada homogéneo-Muy homogéneo)	-----
	Color de la grasa (Blanco-Amarrillo)	-----
	Brillo (Mate-Muy brillante)	-----
	Veteado (Muy magro-Intenso veteado)	-----
	Tamaño del veteado (Muy pequeño-Muy grande)	-----
	Forma del veteado (Lineal-Irregular)	-----
OLOR	Intensidad (Sin olor-Olor muy intenso)	-----
	Curado (Muy bajo-Muy alto)	-----

Atributos sensoriales		Valoración
TEXTURA	Dureza del magro (Muy tierno-Muy firme)	-----
	Dureza de la grasa (Muy tierna-Muy firme)	-----
	Fluidez de la grasa (Nada fluida-Muy fluida)	-----
	Adhesividad (Nada adhesivo-Muy adhesivo)	-----
	Fibrosidad (Nada fibroso-Muy fibroso)	-----
	Jugosidad (Nada jugoso-Muy jugoso)	-----
SABOR	Salado (Nada salado-Muy salado)	-----
	Dulce (Nada dulce-Muy dulce)	-----
	Amargo (Nada amargo-Muy amargo)	-----
	Ácido (Nada ácido-Muy ácido)	-----
FLAVOR	Intensidad (Muy baja-Muy alta)	-----
	Curado (Muy bajo-Muy alto)	-----
	Rancio (Muy bajo-Muy alto)	-----
	Regusto (Muy bajo-Muy alto)	-----

Figura III.9. Formulario para la prueba descriptiva-cuantitativa del estudio 3.

III.6.2.2.4. Análisis sensorial de consumidores

Se realizó una evaluación hedónica, una prueba de aceptación global y una de preferencia del lomo curado de distinto genotipo, siguiendo las normas UNE 87008 (AENOR, 1992_a) y UNE 87020 (AENOR, 1993), con un panel de consumidores compuesto por 50 catadores, de los que 28 eran mujeres y el resto hombres. Las características del panel de consumidores que participó en el análisis sensorial del estudio 2 se recogen en la tabla III.6.

Tabla III.6. Características del panel de consumidores del estudio sensorial del lomo curado (N=50).

	Consumidores (%)		Consumidores (%)	
<i>Sexo</i>	<i>Consumo habitual</i>			
Hombre	44	No	24	
Mujer	56	Sí	76	
<i>Edad</i>				
Menores de 25 años	70	Nunca	18	
Mayores de 25 años	30	4 veces al mes	32	
		Más de 4 veces al mes	50	

El reclutamiento para la prueba de análisis sensorial se hizo entre una población sana, con edades comprendidas entre 18 y 47 años. De los componentes del panel de consumidores, 12 declararon no consumir habitualmente lomo curado, entre los que se incluyeron 9 que no lo hacían nunca y 3 que lo hacían con una frecuencia menor de 4 veces al mes. Según la frecuencia de consumo, 25 participantes en la prueba afirmaron consumir lomo curado más de 4 veces al mes, mientras que 16 declararon hacerlo con una frecuencia de una vez por semana. Todos los participantes de este estudio se presentaron de forma voluntaria a las prueba sin haber recibido ningún tipo de entrenamiento previo.

Se realizaron 5 sesiones de cata en las que participaron un total de 50 catadores. En cada sesión se evaluaron 3 muestras en combinaciones de 2 (una de

Chato Murciano y otra de genotipo comercial de cerdo blanco) de forma que, cada catador evaluó una combinación

El formulario para la evaluación incluyó un apartado en la parte inicial para la recogida de información personal del consumidor (sexo, edad, consumo habitual del producto y frecuencia de consumo) (figura III.10). El análisis sensorial de las muestras se dividió en tres apartados:

En primer lugar, se incluyó una evaluación de los atributos más significativos (aspecto, olor, textura y sabor) mediante una escala hedónica verbal de 5 puntos de forma que, el catador calificó la aceptabilidad de cada uno de ellos, asignando una puntuación de 1 al nivel más bajo "*Me disgusta mucho*", de un 2 a la expresión "*Me disgusta un poco*", un 3 cuando la muestra se calificaba como "*Ni me gusta ni me disgusta*", un 4 para "*Me gusta un poco*" y un 5 para la máxima valoración de la muestra en la opción "*Me gusta mucho*". Los resultados se expresaron como medias de las puntuaciones otorgadas por los consumidores del panel en cada atributo.

A continuación, en el formulario se incluyó una prueba de aceptación con una valoración del grado de aceptación global para cada muestra, mediante una prueba de puntuación con una escala gráfica (figura III.10).

Por último, se realizó una prueba de elección o preferencia pareada, para forzar la elección de una muestra frente a la otra, incluyendo una sección en la que los jueces tenían la opción de indicar el motivo por el que se elegía esa muestra en particular.

Producto: Lomo curado	Edad:	Sexo:
¿Consumo habitualmente lomo curado? SI___ NO___		
Frecuencia de consumo: Nunca___ 4 veces/mes___ Más de 4 veces/mes___		
<p>Pruebe las dos muestras que tiene ante usted y asigne la calificación correspondiente a cada propiedad según la siguiente escala:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me disgusta mucho 2. Me disgusta un poco 3. Ni me gusta ni me disgusta 4. Me gusta un poco 5. Me gusta mucho 		
	165	374
Aspecto		
Olor		
Textura		
Sabor		
<p>Señale con una X qué tanto le gustan o disgustan las muestras, según la siguiente escala:</p>		
165		
	<p>Me disgusta mucho Me disgusta un poco Ni me gusta ni me disgusta Me gusta un poco Me gusta mucho</p>	
374		
	<p>Me disgusta mucho Me disgusta un poco Ni me gusta ni me disgusta Me gusta un poco Me gusta mucho</p>	
Indique qué muestra prefiere de las dos:		Muestra nº <input style="width: 80px; height: 40px;" type="text"/>
Indique, brevemente, qué cualidades le hacen escoger esta muestra		

Muchas gracias por su colaboración

Figura III.10. Formulario para la evaluación sensorial y el estudio del grado de aceptación y preferencia de consumidores del lomo curado.

Producto: Jamón curado	Edad:	Sexo:																				
¿Consumes habitualmente jamón curado? SI ___ NO ___																						
Frecuencia de consumo: Nunca ___ 4 veces/mes ___ Más de 4 veces/mes ___																						
<p>Pruebe las tres muestras que tiene ante usted y asigne la calificación correspondiente a cada propiedad según la siguiente escala:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Me disgusta mucho 2. Me disgusta un poco 3. Ni me gusta ni me disgusta 4. Me gusta un poco 5. Me gusta mucho 																						
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">311</td> <td style="text-align: center;">638</td> <td style="text-align: center;">573</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Aspecto</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Olor</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Textura</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Sabor</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		311	638	573	Aspecto				Olor				Textura				Sabor					
	311	638	573																			
Aspecto																						
Olor																						
Textura																						
Sabor																						
<p>Rodee con un círculo la clave de la muestra que considera distinta. Es indispensable que señale una de las tres.</p> <p style="text-align: center;">Clave: 311 Clave: 638 Clave: 573</p> <p>Describa la naturaleza de la diferencia detectada</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p>																						
<p>Indique qué muestra prefiere de las tres:</p>		<p>Muestra nº <input style="width: 50px; height: 30px;" type="text"/></p>																				
<p>Indique, brevemente, qué cualidades le hacen escoger esta muestra</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>---</p>																						

Muchas gracias por su colaboración

Figura III.11. Formulario para para la evaluación sensorial, el estudio discriminante y el estudio del grado de aceptación y preferencia de consumidores del jamón curado.

En el estudio 3 se realizó una prueba hedónica de evaluación del aspecto, olor, textura y sabor, así como una prueba de preferencia de jamones curados con distinto tiempo de procesado (14 y 24 meses), siguiendo las normas UNE 87008 (AENOR, 1992_a) y UNE 87020 (AENOR, 1993). También se realizó una prueba discriminante (triangular) según la norma UNE 87006 (AENOR, 1992_b). El panel de consumidores participante estuvo compuesto por 198 catadores, de los que 141 eran mujeres y el resto hombres. Las características del panel de consumidores que participó en el análisis sensorial del jamón curado se recogen en la tabla III.7.

Tabla III.7. Características del panel de consumidores del estudio sensorial del jamón curado (N=198).

	Consumidores (%)		Consumidores (%)
Sexo		Consumo habitual	
Hombre	28,79	No	10,61
Mujer	71,21	Si	89,39
Edad		Frecuencia de consumo	
Menores de 25 años	48,48	Nunca	10,61
Mayores de 25 años	51,52	4 veces al mes	31,82
		Más de 4 veces al mes	57,58

El reclutamiento para la prueba de análisis sensorial se hizo, igual que en el caso del lomo curado, entre una población sana, con edades comprendidas entre 18 y 43 años. De los componentes del panel de catadores, 21 declararon no consumir habitualmente jamón curado. Un total de 114 componentes se declararon consumidores habituales de jamón curado con una frecuencia de más de 4 veces al mes, mientras que 63 afirmaron hacerlo con una frecuencia de una vez por semana. Todos los participantes de este estudio se presentaron de forma voluntaria a las prueba sin haber recibido ningún tipo de entrenamiento previo.

Se realizaron 2 sesiones de cata, en las que se evaluaron un total de 6 muestras (3 por sesión), en combinaciones de 3 (dos de ellas del mismo tiempo de maduración y una diferente), de forma que cada catador evaluó una combinación de las mismas.

Se presentaron simultáneamente tres muestras de jamón curado a cada catador, dos de ellas iguales entre sí, en platos codificados con números de tres cifras, junto con un formulario para su evaluación. El formulario del estudio sensorial del jamón en consumidores (figura III.11), al igual que en caso del lomo curado, incluyó un apartado para la recogida de información personal del consumidor (sexo, edad, consumo habitual, y frecuencia de consumo de este producto). El análisis sensorial consistió en tres pruebas:

En primer lugar, el catador realizó una evaluación de los atributos más significativos de los productos curados, mediante una escala hedónica verbal de 5 puntos, similar a la utilizada en el análisis sensorial de consumidores de lomos de distinta raza.

En segundo lugar, el formulario incluyó una prueba discriminante o triangular. El objetivo de esta prueba fue el de establecer si existían diferencias destacables entre productos elaborados con distinto tiempo de maduración. La prueba se realizó según la técnica de "juicio forzado", en la que se obligó a los participantes a señalar en el formulario la muestra diferente a las otras dos.

Para finalizar el estudio, se realizó una prueba de elección o preferencia entre las tres muestras que se presentaban a cada participante, para forzar la elección de una muestra frente a las otras, incluyendo una sección en la que los jueces tenían la opción de indicar el motivo por el que se elegía esa muestra en particular.

III.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar el efecto del tiempo de procesado sobre la composición, los fenómenos de proteólisis, lipólisis y el color instrumental del lomo curado de Chato Murciano (estudio 1), los datos fueron tratados estadísticamente mediante un análisis de varianza de un factor (ANOVA), utilizando el paquete estadístico SPSS (versión 17.0). En las variables en las que se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) se aplicó el Test de Tukey HSD (*Honest Significant Difference*), para determinar la existencia de diferencias entre las medias, estableciéndose un nivel de confianza del 95%.

En el estudio 2, para determinar el efecto de la raza y del tiempo del proceso de elaboración, sobre la composición, los fenómenos de proteolisis, lipolisis y la calidad sensorial del lomo curado de Chato Murciano y de cerdo blanco, los datos fueron tratados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores con repetición, utilizando el paquete estadístico Statistics 7.0 (StatSoft INC). El diseño factorial con varias medidas por casilla se ajusta al siguiente modelo:

$$X_{ijk} = \mu + P_i + T_j + PT_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde μ es la media general, P_i es el efecto del genotipo, T_j es el efecto del tiempo de procesado, PT_{ij} expresa el efecto de la interacción entre el genotipo y tiempo de procesado, y ε_{ijk} el efecto del individuo k (parámetro determinado en lomo) dentro de la combinación ij .

Una vez determinada la existencia de diferencias significativas entre las diferentes variables, se aplicó la prueba LSD (mínima diferencia significativa), para realizar una comparación múltiple de medidas, solamente en aquellos casos en los que el ANOVA fue significativo.

También se realizó un análisis de varianza de un factor (ANOVA) para determinar en qué medida influyeron las características de los individuos miembros del panel de consumidores (sexo, edad, consumo habitual y frecuencia de consumo) en la evaluación del producto.

En el estudio 3, para determinar la influencia de la duración del proceso de elaboración sobre la composición, los fenómenos de proteolisis, lipolisis y la calidad sensorial del jamón curado de Chato Murciano, los datos fueron tratados estadísticamente mediante un análisis de varianza de un factor (ANOVA) utilizando el paquete estadístico SPSS (versión 17.0). En las variables en las que se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) se aplicó el Test de Tukey HSD (*Honest Significant Difference*), para determinar la existencia de diferencias entre las medias, estableciéndose un nivel de confianza del 95%.

Los datos obtenidos en el estudio sensorial de consumidores del jamón se sometieron a un análisis de varianza de un factor (ANOVA) para determinar en qué medida influyeron las características de los individuos miembros del panel

de consumidores (sexo, edad, consumo habitual y frecuencia de consumo) en la evaluación del producto.

Finalmente, en los estudios 2 y 3, se realizó un Test de Coeficiente de Correlación de Pearson, para estimar la relación entre las variables sensoriales y los principales parámetros de composición y bioquímicos, del lomo curado y del jamón curado.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1. ESTUDIO 1: CARACTERIZACIÓN DEL LOMO CURADO DE CERDO CHATO MURCIANO

IV.1.1. Composición del lomo curado

La tabla IV.1 muestra los resultados obtenidos en la determinación del contenido de humedad, grasa intramuscular (GIM), cenizas, proteína bruta y energía del lomo curado de Chato Murciano (CM) durante el proceso de elaboración.

Tabla IV.1. Evolución de la composición del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio y desviación estándar.

	Tiempo de procesado					P
	Día 0	15 días	30 días	45 días	60 días	
Humedad¹	72,18±0,60 _d	61,71±2,52 _c	59,42±1,91 _c	51,72±3,32 _b	46,21±5,66 _a	***
Grasa Intramuscular²	13,58±3,34 _{ab}	8,05±2,15 _a	9,43±4,20 _{ab}	10,81±2,91 _{ab}	14,55±7,62 _b	*
Cenizas²	3,49±0,28 _a	16,95±4,15 _c	14,47±1,45 _{bc}	13,95±1,28 _{bc}	13,21±1,41 _b	***
Proteína Bruta²	78,42±3,05 _a	75,69±9,54 _a	71,49±8,34 _a	72,84±8,63 _a	69,50±9,35 _a	ns
Energía³	-	4,92±0,59 _a	4,85±0,32 _a	4,91±0,39 _a	4,74±0,46 _a	ns

¹Porcentaje; ²g/100g de extracto seco; ³Kcal/g de extracto seco.

ANOVA (efecto del tiempo de procesado): ns (no significativo = $p > 0,05$); * ($p < 0,05$); *** ($p < 0,001$).

^{a,b,c,d} Valores medios del mismo parámetro sin subíndices comunes son estadísticamente diferentes (Test de Tukey, $p < 0,05$).

El contenido en humedad ($p < 0,001$), GIM ($p < 0,05$) y cenizas ($p < 0,001$) se vieron afectados significativamente por el tiempo de procesado. No obstante, el tiempo de procesado no afectó a la proteína bruta ni al valor total de energía ($p > 0,05$ en ambos casos).

Los valores de humedad disminuyeron significativamente ($p < 0,001$) desde el día 0 hasta el día 60. Como era de esperar, la deshidratación de las piezas fue progresiva a lo largo del período estudiado debido a las

condiciones de procesado del producto. Así, el contenido en agua fue alrededor de un 25% más bajo en la composición del producto con 60 días, cuando los valores de humedad estuvieron en torno al 46%. Estos valores fueron similares a los obtenidos por Muriel (2003) y Morcuende (2005), en lomo de cerdo Ibérico y en lomo de cerdo Ibérico cruzado con *Duroc*, respectivamente.

El contenido en GIM aumentó durante el procesado ($p < 0,05$). Los valores obtenidos para este parámetro estuvieron comprendidos entre 13,58 y 14,55 g/100g de músculo sobre extracto seco. Estos altos valores se deben al potencial adipogénico típico de razas rústicas. En los valores de GIM obtenidos puede observarse que la variabilidad de este parámetro fue muy alta, lo que justifica la necesidad de estandarización de la raza. Los resultados de GIM fueron similares a los obtenidos por Galián (2007) para el músculo longísimo lumbar de cerdo CM puro y de su cruce con Ibérico. En otras razas como la Ibérica, Muriel *et al.* (2007) observaron porcentajes de de GIM de 11,91 y 12,27 g/100g de músculo sobre extracto seco, en lomos curados de cerdos Ibéricos alimentados con pienso y criados en montanera, respectivamente. Por otro lado, Ramírez (2006) también observó, en lomo curado cerdo Ibérico cruzado con *Duroc*, valores de grasa intramuscular por debajo de los obtenidos en lomo curado de CM al final del procesado (entre 8,49 y 12,37 g/100g de músculo sobre extracto seco).

Varios estudios llevados a cabo en lomo y jamón Ibérico confirman la influencia del contenido en GIM en las características sensoriales de productos curados (Ventanas *et al.*, 2001; Muriel *et al.*, 2004_a; Ruíz y López-Bote, 2005; Ventanas *et al.*, 2007) por lo que este parámetro influirá de manera importante en la percepción sensorial del lomo curado. Así, se ha observado que existe una correlación positiva entre el contenido en GIM, y los niveles de ácido oleico, y entre este último y la fluidez y el brillo de productos curados (Ruíz *et al.*, 2000).

En relación al contenido en cenizas, éste se modificó significativamente durante ($p < 0,001$) el procesado. El aumento más marcado tuvo lugar entre el día 0 y el día 15, coincidiendo con el post-salado del producto, momento en el que la pieza reflejó la incorporación de

sales de curado, propia de su proceso de elaboración. De esta manera, el contenido en sales minerales aumentó significativamente ($p < 0,001$). A partir de los 15 días se produjo un descenso progresivo, de forma que se establecieron diferencias significativas, con respecto al lomo procesado durante 60 días ($p < 0,05$).

Los valores del contenido en proteínas (% de extracto seco) estuvieron comprendidos entre el 78,42% (día 0) y 69,50% (día 60). A pesar de que se observó un descenso, no se establecieron diferencias significativas ($p < 0,05$). El contenido en proteína bruta del lomo curado de CM, al final del procesado, fue similar al descrito por Ventanas (2006) en lomo curado de cerdo Ibérico cruzado con *Duroc*.

Tras observar la evolución de los parámetros de composición durante el proceso de elaboración del lomo curado de CM, se afirma que las modificaciones más significativas están relacionadas con el contenido en humedad del producto, propio del proceso de deshidratación de los lomos curados, así como con el contenido en GIM y cenizas, mientras que el valor de proteína bruta inicial no es significativamente distinto del valor del lomo con un proceso de elaboración de 60 días.

IV.1.2. Proteolisis del lomo curado

IV.1.2.1. Fracciones nitrogenadas

La tabla IV.2 muestra los resultados obtenidos en el análisis de nitrógeno total (NT) y nitrógeno no proteico (NNP) del lomo curado de Chato Murciano (CM) durante el procesado.

El tiempo de procesado influyó significativamente tanto en los valores de NT ($p < 0,001$), como en los de NNP ($p < 0,001$).

El NT pasó de suponer un 3,49% al inicio del procesado, a un 5,93% a los 60 días. Este hecho está relacionado con la pérdida de humedad del lomo, coincidiendo con lo observado en otros productos curados como el jamón (Córdoba *et al.*, 1994; Martín *et al.*, 1998; Larrea, 2003).

Tabla IV.2. Evolución del contenido en nitrógeno total (NT) y nitrógeno no proteico (NNP) del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (% peso en fresco) y desviación estándar.

	Tiempo de procesado					P
	Día0	15 días	30 días	45 días	60 días	
NT	3,49±0,13 _a	4,62±0,47 _b	4,63±0,49 _b	5,61±0,65 _c	5,93±0,65 _c	***
NNP	0,09±0,01 _a	0,12±0,05 _a	0,36±0,08 _{ab}	0,43±0,07 _b	0,38±0,15 _b	***

ANOVA (efecto del tiempo de procesado): *** (p<0,001).

^{a,b,c} Valores medios del mismo parámetro sin subíndices comunes son estadísticamente diferentes (Test de Tukey, p<0,05).

Los valores de NNP también fueron superiores (p<0,001) en el producto final respecto al día 0, de forma que su concentración fue un 76% más alta. Así, el contenido en NNP se incrementó hasta los 45 días de procesado, estabilizándose a partir de este momento. Este incremento de NNP se produce como consecuencia de la degradación de proteínas y péptidos por la acción de las distintas proteinasas y aminopetidases musculares durante el proceso de elaboración de productos curados (Toldrá y Flores, 1998). La actividad enzimática inicial de esta degradación corresponde al papel de las endopeptidasas musculares (catepsinas y calpaínas), que hidrolizan proteínas, generando grandes polipéptidos (Toldrá *et al.*, 1998; Lametsch *et al.*, 2003; Nagaraj y Santhanam, 2006). Estos polipéptidos resultantes son hidrolizados posteriormente por las exopeptidasas musculares (peptidasas y aminopeptidasas), dando lugar a aminoácidos libres y péptidos de pequeño tamaño, que constituyen la fracción correspondiente al NNP (Mora, 2010).

Díaz *et al.* (1997) observaron el mismo comportamiento en la fracción proteica de NNP de embutidos crudos-curados derivados del cerdo.

IV.1.2.2. Evolución de los aminoácidos libres

La tabla IV.3 muestra los resultados obtenidos en el análisis de los aminoácidos libres (AAL) (mg AAL/g extracto seco) del lomo curado de Chato Murciano (CM) durante el proceso de elaboración.

Tabla IV.3. Evolución del contenido en aminoácidos libres del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g extracto seco) y desviación estándar.

	Tiempo de procesado					P
	Día 0	15 días	30 días	45 días	60 días	
Asp	0,17±0,08 _a	0,25±0,08 _a	0,29±0,12 _a	0,49±0,12 _a	0,49±0,31 _a	*
Glu	0,88±0,24 _a	1,73±0,78 _{ab}	2,00±0,74 _{abc}	2,73±0,57 _{bc}	2,94±0,68 _c	***
Asn	0,09±0,03 _a	0,12±0,05 _{ab}	0,16±0,04 _{abc}	0,26±0,10 _{bc}	0,27±0,10 _c	**
Ser	0,38±0,11 _a	0,39±0,07 _a	0,54±0,24 _a	0,69±0,24 _a	0,76±0,25 _a	*
Thr+Gly	0,77±0,25 _a	1,31±0,36 _{ab}	1,55±0,61 _{abc}	2,13±0,55 _{bc}	2,34±0,57 _c	***
Arg	3,54±0,76 _a	2,06±0,35 _{ab}	2,96±0,64 _{ab}	3,11±0,85 _b	3,45±0,68 _b	ns
Ala	1,17±0,41 _{ab}	1,07±0,22 _a	1,46±0,50 _{ab}	1,80±0,52 _{ab}	2,03±0,46 _b	*
Tyr	0,38±0,11 _{ab}	0,25±0,06 _a	0,55±0,15 _{ab}	0,59±0,20 _a	0,71±0,23 _a	**
His	2,05±0,38 _{ab}	1,02±0,29 _a	1,71±0,65 _{ab}	1,87±0,67 _{ab}	2,11±0,52 _b	ns
Met+Trp	0,82±0,21 _{ab}	0,46±0,09 _a	0,75±0,19 _{ab}	0,89±0,18 _{ab}	1,03±0,33 _b	*
Val	0,55±0,16 _a	0,68±0,16 _{ab}	0,95±0,36 _{abc}	1,28±0,39 _{bc}	1,45±0,48 _c	**
Phe	0,49±0,19 _{ab}	0,43±0,06 _a	0,60±0,27 _{abc}	0,86±0,19 _{bc}	1,00±0,25 _c	**
Iso	0,56±0,10 _a	0,77±0,05 _{ab}	0,83±0,15 _b	0,87±0,11 _b	0,91±0,16 _b	**
Leu	0,43±0,12 _a	0,44±0,09 _a	0,62±0,23 _{ab}	0,80±0,22 _{ab}	0,90±0,25 _b	**
Lys	0,31±0,10 _a	0,67±0,35 _a	0,34±0,10 _a	0,59±0,26 _a	0,62±0,29 _a	ns
Total	12,64±3,22 _a	11,73±1,83 _a	15,35±4,62 _{ab}	19,01±4,45 _{ab}	21,07±4,30 _b	**

ANOVA (efecto del tiempo de procesado): ns (no significativo= $p>0,05$); *($p <0,05$); ** ($p <0,01$); *** ($p <0,001$).

^{a,b,c} Valores medios del mismo parámetro sin subíndices comunes son estadísticamente diferentes (Test de Tukey, $p<0,05$).

Todos los AAL estudiados evolucionaron de forma significativa con la excepción de los aminoácidos arginina (Arg), histidina (His) y lisina (Lys), que no se vieron afectados por el tiempo de procesado ($p>0,05$). De este modo, se puede observar que la concentración de AAL presente en el producto final fue un 73% superior, respecto a la del lomo sin procesar. Sólo, la concentración de Arg disminuyó durante el proceso de elaboración

aunque, como se ha comentado, la disminución no fue significativa ($p>0,05$).

Este aumento observado en la concentración de AAL pone de manifiesto la actividad proteolítica de las aminopeptidasas musculares durante el procesado de productos cárnicos curados (Toldrá, Flores y Sanz, 1997; Sentandreu y Toldrá, 2000), también observada por el incremento del contenido en nitrógeno no proteico (NNP) (apartado IV.1.2.1).

Los resultados de este trabajo coinciden con los de Martín *et al.* (2002), que también describen un aumento del contenido de aminoácidos del lomo curado durante el procesado.

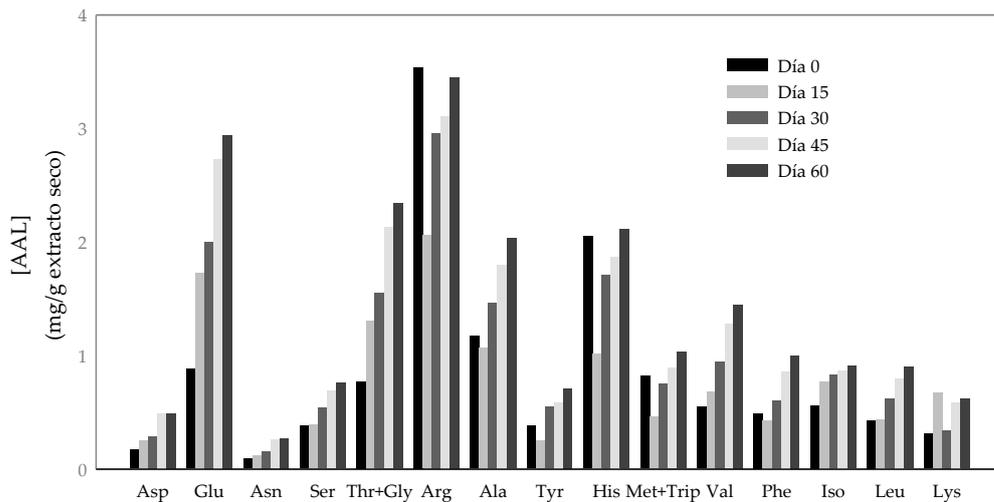


Figura IV.1. Evolución de los aminoácidos libres del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado (mg AAL/100g extracto seco).

Como puede observarse en la figura IV.2, arginina (Arg), histidina (His) y alanina (Ala), por este orden, fueron los aminoácidos libres mayoritarios en el lomo sin procesar (día 0), presentando concentraciones superiores a 1 mg/g de extracto seco (tabla IV.1).

Los aminoácidos estudiados que se encontraron por debajo de esta concentración fueron ácido glutámico (Glu), la suma de metionina y

triptófano (Met+Trp), la suma de treonina y glicina (Thr+Gly), isoleucina (Iso), valina (Val) y fenilalanina (Phe), que les siguieron cuantitativamente (concentraciones entre 0,8 mg/g de extracto seco y 0,5 mg/g de extracto seco); los minoritarios fueron leucina (Leu), tirosina (Tyr), serina (Ser), lisina (Lys), ácido aspártico (Asp) y asparagina (Asn), con valores de concentración entre 0,4 mg/g de extracto seco y 0,09 mg/g de extracto seco (tabla IV.2).

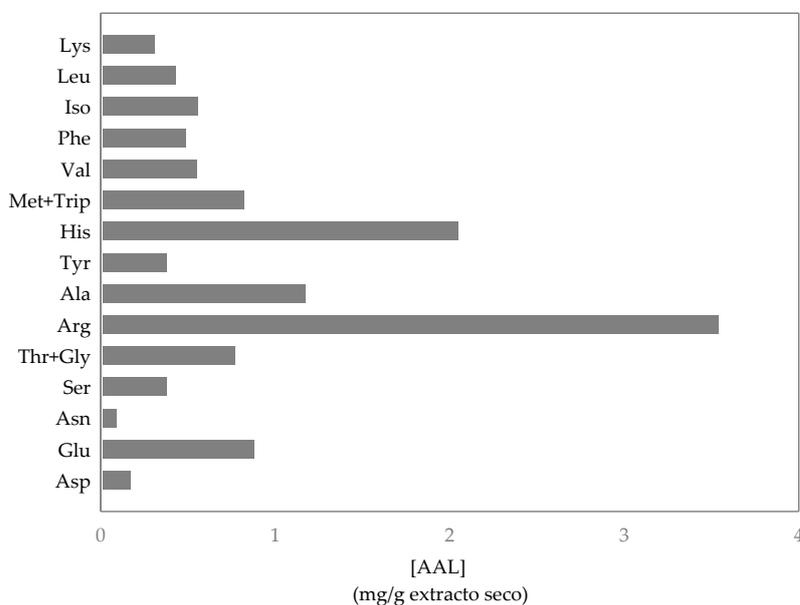


Figura IV.2. Perfil de aminoácidos libres del lomo curado de Chato Murciano el día 0 de procesado (mg AAL/100g extracto seco).

El aminoácido Ala ha sido previamente descrito como mayoritario en lomo de cerdo blanco sin procesar (Flores *et al.*, 2000), así como en mezclas de carne para elaboración de embutidos fermentados (Beriaín, Lizso y Chasco, 2000; Casaburi *et al.*, 2007) y otros tipos de carne (Nishimura y Kato, 1988). En el caso del lomo de CM, como se ha comentado anteriormente, este aminoácido puede considerarse también uno de los mayoritarios que se detectaron el día 0 de procesado.

Durante el procesado, el aminoácido mayoritario fue también Arg, seguido cuantitativamente por Glu, Thr+Gly e His, hasta el día 15 de

procesado. A partir de este momento y hasta el día 60, esta relación se mantuvo. Los aminoácidos minoritarios en el producto a los 60 días (figura IV.3), coinciden con los del producto sin procesar (día 0), con la excepción de que se observó una concentración de Ser superior a la de Tyr (tabla IV.2) en el producto con dos meses de procesado (60 días).

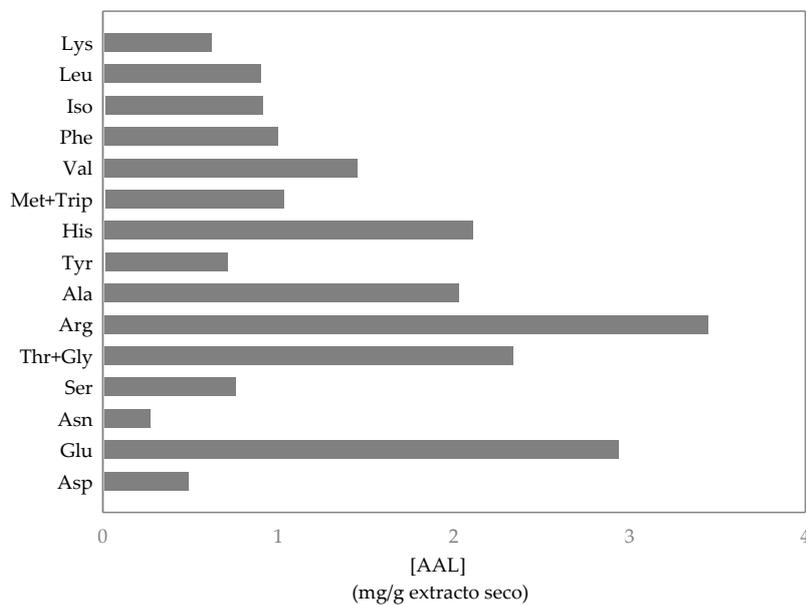


Figura IV.3. Perfil de aminoácidos libres del lomo curado de Chato Murciano el día 60 de procesado (mg AAL/100g extracto seco).

Al comparar la concentración de AAL del lomo curado de CM a los 60 días de procesado, con la del lomo obtenido a partir de otras razas de cerdo, se puede afirmar que fue superior a la observada por Martín *et al.* (2002) en Ibérico, mientras que se acerca a la obtenida por Armententeros *et al.* (2009) en lomo curado de cerdo procedente del cruce *Landrace* x *Large White*.

En función de los valores obtenidos de NNP (apartado IV.1.2.1) y de AAL, se puede afirmar que, a partir de lomo de cerdo CM, se obtiene un producto curado donde tiene lugar una proteólisis moderada, liberándose aminoácidos como Arg, Glu, Thr+Gly, His o Ala. Estos aminoácidos (entre otros compuestos) determinarán su perfil de sabor, aportando notas deseables en el producto. Así, Arg e His se han relacionado con sabores

amargos, Thr+Gly y Ala, con notas de sabor dulce, y el aminoácido Glu con el sabor denominado “umami” (McLeod, 1986; Toldrá, 1994; Maga, 1998).

IV.1.3 Lipólisis de la grasa intramuscular del lomo curado

La tabla IV.4 muestra los resultados obtenidos en la determinación del contenido total de ácidos grasos (mg de ésteres metílicos/g de grasa intramuscular) de las fracciones de lípidos neutros (LN), fosfolípidos (FL) y ácidos grasos libres (AGL) del lomo curado de Chato Murciano (CM) durante el procesado.

Tabla IV.4. Evolución de la concentración total de los ésteres metílicos de los ácidos grasos de las fracciones de lípidos neutros (LN), fosfolípidos (FL) y ácidos grasos libres (AGL) del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g de grasa intramuscular) y desviación estándar.

	Tiempo de procesado					P
	Día 0	15 días	30 días	45 días	60 días	
LN	1.810,45±329,27 _b	740,30±81,15 _a	640,13±241,25 _a	543,91±83,24 _a	589,21±138,19 _a	***
FL	30,73±5,59 _c	22,26±10,82 _{bc}	12,92±8,43 _{ab}	9,05±3,99 _a	7,78±5,30 _a	***
AGL	8,20±1,83 _a	19,65±6,74 _{ab}	24,76±8,97 _{ab}	40,91±16,97 _b	41,55±29,13 _b	**

ANOVA (efecto del tiempo de procesado): ** (p<0,01); *** (p<0,001).

^{a,b,c} Valores medios del mismo parámetro sin subíndices comunes son estadísticamente diferentes (Test de Tukey, p<0,05).

El tiempo de procesado del lomo de CM afectó significativamente al contenido total de ácidos grasos de todas las fracciones lipídicas, observándose un descenso significativo en LN (p<0,001) y FL (p<0,001), y un incremento en AGL (p<0,01), como resultado de la acción lipolítica de lipasas y fosfolipasas.

El principal descenso de LN tuvo lugar hasta el día 15 de procesado, mientras que los FL descendieron progresivamente hasta los 30 días. Ninguna de las dos fracciones evolucionó significativamente desde ese momento hasta los 60 días de procesado (p>0,05), probablemente debido a la oxidación de los ácidos grasos liberados. El descenso total fue del 67% y

del 74% en LN y FL, respectivamente. En lomo de cerdo Ibérico con 90 días de procesado Muriel *et al.*, (2007) describieron un comportamiento similar en la fracción de FL, donde el descenso fue del 80%, pero no en la de LN, que descendieron un 32%, porcentaje inferior al obtenido en CM (67%). Los AGL totales mostraron una evolución opuesta, aumentando significativamente ($p < 0,05$) hasta el día 45 de procesado, y estabilizándose hasta los 60 días. Hernández *et al.* (1999) no observaron cambios significativos en la concentración de las fracciones de LN y FL en lomo curado derivado de cruces comerciales de cerdo blanco, procesados durante 50 días, mientras que sí detectaron un aumento significativo del contenido en AGL.

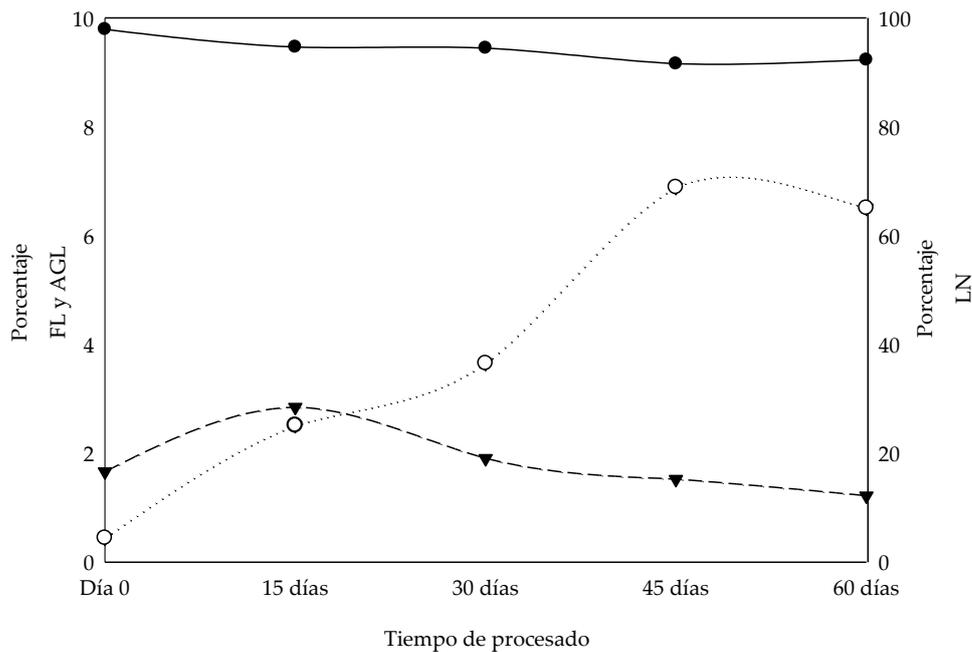


Figura IV.4. Evolución (%) de los ésteres metílicos de los ácidos grasos totales de las fracciones de lípidos neutros (LN) (●), fosfolípidos (FL) (▼) y ácidos grasos libres (AGL) (○) del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado.

En la figura IV.4. puede observarse que, los ésteres metílicos de los ácidos grasos de los LN, pasaron de representar un 97,89% del contenido

total lipídico al inicio del proceso, a suponer un 92,27% en el producto final, mientras que los de la fracción de FL pasaron de un 1,66% a un 1,21% al final del procesado. El descenso de la concentración de ambas fracciones lipídicas provocó el aumento de los AGL, de forma que pasaron de suponer un 0,44% en el músculo, a un 6,50% del contenido lipídico a los 60 días de procesado (figura IV.4.). El aumento en la fracción de AGL se debe a la liberación de los ácidos grasos tanto de LN como de FL, como consecuencia de los fenómenos lipolíticos que tienen lugar. Estos resultados coinciden con los de Muriel *et al.* (2007) en lomo de cerdo Ibérico, donde observaron que el aumento de AGL procedía principalmente de los LN, debido a que son los componentes cuantitativamente más abundantes de la grasa intramuscular del lomo (Tejeda *et al.*, 2002).

La tabla IV.5 muestra las concentraciones (mg ésteres metílicos/g grasa intramuscular) de ácidos grasos de la fracción de LN del lomo curado de CM durante el procesado. El ácido graso mayoritario a lo largo de todo el procesado fue el ácido oleico (C18:1), representando aproximadamente la mitad del contenido total de ácidos grasos de los LN, seguido del ácido palmítico (C16:0), que supuso alrededor de un 23%. Poto *et al.* (2007) y Peinado *et al.* (2009) observaron los mismos ácidos grasos mayoritarios en carne fresca de CM. Estos resultados también coinciden con los de Muriel *et al.* (2007) en lomo de cerdo Ibérico, así como con los descritos en otros embutidos procedentes del cerdo (Olivares *et al.*, 2011). Martín *et al.* (2009) también observaron en lomo de cerdo blanco (*Large White* x *Landrace* x *Large White*) valores muy similares, tanto al inicio como al final del procesado. Galián (2007) observó valores de los ácidos grasos mayoritarios (C18:1 y C16:0) ligeramente inferiores en el músculo *Longissimus lumbar* de CM, al igual que Martínez *et al.* (2007) en *Longissimus dorsi* de cerdo de raza Celta.

En el lomo sin procesar (día 0), los ésteres metílicos de los ácidos linoleico (C18:2), esteárico (C18:0) y araquidónico (C20:4) representaron, en la fracción de LN, un 13,67%, un 11,43% y un 3,87% respectivamente, siguiendo cuantitativamente a los anteriores. Los minoritarios fueron palmitoleico (C16:1), mirístico (C14:0), linolénico (C18:3) y araquídico

(C20:0), sumando un porcentaje inferior al 5% del contenido de ácidos grasos.

Tabla IV.5. Evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos de los lípidos neutros (LN) del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g grasa intramuscular) y desviación estándar.

	Tiempo de procesado					p
	Día 0	15 días	30 días	45 días	60 días	
C14:0	15,15±0,27 _b	9,16±3,16 _a	8,13±4,33 _a	7,41±1,53 _a	7,20±2,34 _a	***
C16:0	364,18±62,19 _b	162,98±30,07 _a	147,18±59,28 _a	120,00±19,83 _a	128,21±42,06 _a	***
C16:1	55,51±6,12 _b	31,25±5,35 _a	29,43±12,61 _a	26,13±2,57 _a	26,71±4,74 _a	***
C18:0	209,03±55,27 _b	88,03±15,42 _a	63,56±35,80 _a	59,08±13,04 _a	59,46±25,89 _a	***
C18:1	781,98±133,99 _b	414,70±27,19 _a	369,18±127,98 _a	302,80±44,75 _a	338,76±61,89 _a	***
C18:2	255,56±123,87 _b	27,20±13,10 _a	18,06±9,71 _a	24,00±5,81 _a	24,40±11,82 _a	***
C18:3	7,85±2,92 _b	2,16±1,54 _a	0,71±0,46 _a	1,43±0,44 _a	1,26±0,62 _a	***
C20:0	4,28±2,10 _a	2,91±2,89 _a	2,60±2,59 _a	1,30±0,49 _a	1,20±0,24 _a	ns
C20:4	73,08±48,04 _b	1,90±0,80 _a	1,31±0,90 _a	1,80±0,35 _a	2,00±0,41 _a	***
ΣSFA	592,61±115,22 _b	263,05±45,74 _a	221,41±94,50 _a	187,75±33,50 _a	196,07±69,36 _a	***
ΣMUFA	837,47±135,37 _b	445,95±29,78 _a	398,63±140,39 _a	328,93±46,62 _a	365,48±65,81 _a	***
ΣPUFA	380,30±141,49 _b	31,30±14,78 _a	20,08±9,81 _a	27,20±6,57 _a	27,66±12,53 _a	***

SFA: ácidos grasos saturados; MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados.

ANOVA (efecto del tiempo de procesado): ns (no significativo = $p > 0,05$); *** ($p < 0,001$).

^{a,b} Valores medios del mismo parámetro sin subíndices comunes son estadísticamente diferentes (Test de Tukey, $p < 0,05$).

Esta tendencia no fue similar el resto de días estudiados, en los que el ácido C18:0 se situó como el tercer ácido graso mayoritario (en torno a 10%

respecto al total) seguido del C16:1 (aproximadamente 4,5%) y del C18:2 (entre 2,7% y 4%).

Los ácidos grasos minoritarios en el lomo con un tiempo de procesado de 60 días fueron C14:0, C20:4, C18:3 y C20:0 por este orden, que en conjunto, no superaron el 2% del total de ácidos grasos estudiados, coincidiendo con lo observado en lomo de cerdo Ibérico por Muriel *et al.* (2007).

La concentración de los ésteres metílicos de todos los ácidos grasos estudiados de la fracción de LN disminuyó significativamente durante el procesado ($p < 0,001$), con la excepción del C20:0, que no se vio afectado ($p > 0,05$). Ácidos grasos como C18:2, C18:3 y C20:4 disminuyeron entre un 83% y un 90% su concentración, hasta el día 60 de procesado, poniendo de manifiesto la alta especificidad de las lipasas por los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) de los triglicéridos, mientras que C14:0, C16:1 y C18:1, tan sólo lo hicieron alrededor de un 50%. Muriel *et al.* (2007) también observó una disminución generalizada de la proporción de ácidos grasos, comparando los contenidos de los mismos de la carne fresca, frente a los del producto elaborado. El descenso más marcado se produjo, en todos los casos, entre el día 0 y el día 15 de procesado. Desde este momento y hasta el día 60, la concentración de los ácidos grasos disminuyó ligeramente, aunque no se dio un descenso importante en ninguno de los ácidos grasos estudiados.

Así, en la fracción de LN la mayor concentración de ácidos grasos correspondió a los MUFA (ácidos grasos monoinsaturados), seguida de los SFA (ácidos grasos saturados) y los PUFA (ácidos grasos poliinsaturados) (figura IV.5.a). La relación MUFA>SFA>PUFA se mantuvo durante todo el procesado, lo que coincide con lo observado por Cava *et al.* (2004) en lomo de cerdo Ibérico y lomo de cerdos de cruces comerciales. En esta fracción, las concentraciones de SFA, MUFA y PUFA disminuyeron significativamente ($p < 0,01$) hasta el día 45 de procesado.

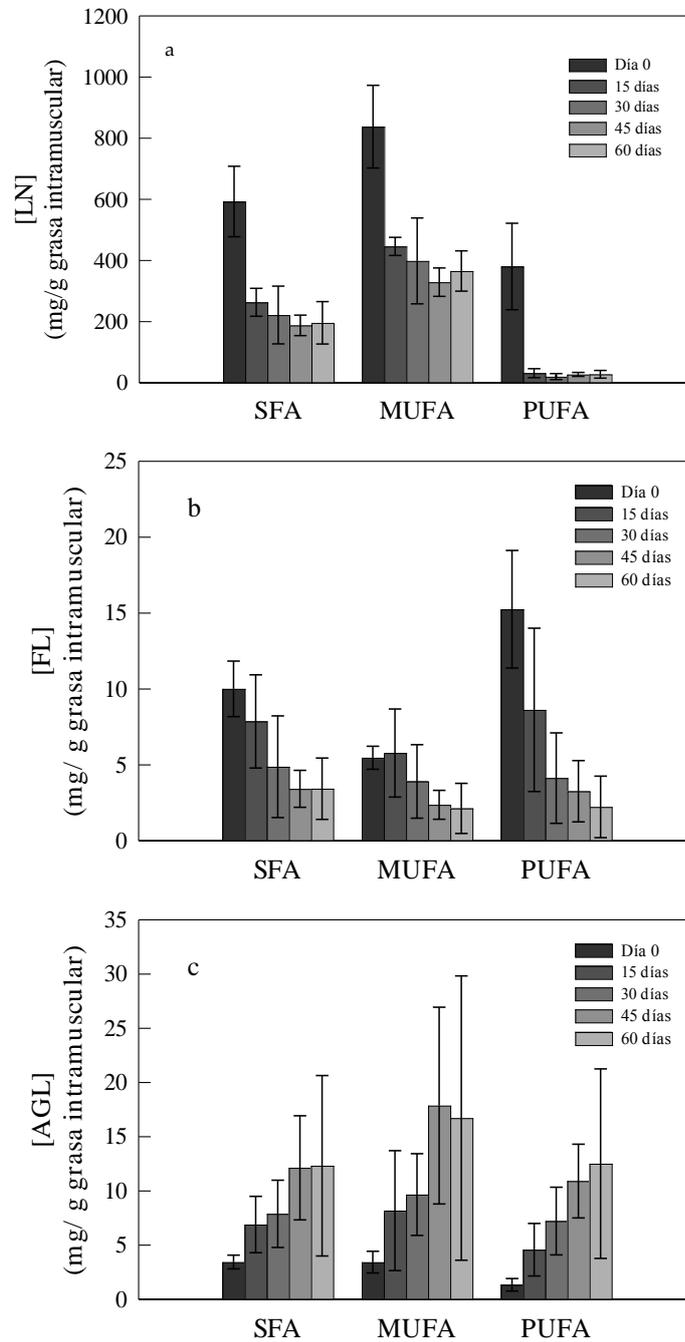


Figura IV.5. Evolución de los ésteres metílicos de los ácidos grasos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) y polinsaturados (PUFA), de los lípidos neutros (LN) (a), los ácidos grasos libres (AGL) (b) y los fosfolípidos (FL) (c), durante el procesado del lomo curado de Chato Murciano (mg/g de grasa intramuscular).

En lomo de cerdo Ibérico Muriel *et al.* (2004_a) también observaron una disminución de SFA, MUFA y PUFA durante el procesado. Así, la concentración de SFA disminuyó alrededor de un 68%, la de MUFA, un 56% y la de PUFA hasta un 92%. Esta elevada lipólisis de los PUFA se debe, según Molly *et al.* (1996), a que las lipasas presentan una alta especificidad por la posición 3 de las moléculas de triglicéridos, ubicación de los PUFA.

El porcentaje de SFA, MUFA y PUFA fue de 32,71%, 46,60% y de 20,69%, en lomo sin procesar, y de 32,57%, 62,76% y 4,67%, respectivamente, en el producto final. Hasta el día 15 de procesado, la proporción de MUFA aumentó y la de PUFA disminuyó, mientras que, respecto al total de ácidos grasos, la proporción de SFA no se modificó durante el proceso de elaboración. En otras razas autóctonas se ha observado una alta heterogeneidad en los resultados, probablemente debido a la variabilidad de los depósitos grasos analizados, así como a la distinta localización de los mismos (Pugliese y Sirtori, 2012): en Basque, 43,1%, 45,2% y 11,7%; en Cinta Senese, 36,2%, 50,3% y 10,4%; en Nero Siciliano 33,39%, 53,29% y 13,33% y en Ibérico, 36,91%, 49,78% y 7,72% (Labroue *et al.*, 2000; Franci *et al.*, 2005; Pugliese *et al.*, 2004 y Carrapiso, Bonilla, y García, 2003; respectivamente).

En la tabla IV.6 se detallan las concentraciones (mg ésteres metílicos/g grasa intramuscular) de los ácidos grasos de los FL del lomo curado de CM durante el procesado.

Se observó una alta variabilidad en la concentración de los FL durante el procesado, por lo que el ácido graso mayoritario no fue común en todos los periodos estudiados. De este modo, en la carne sin procesar, el C18:2 fue el ácido graso que presentó mayor concentración, seguido del C16:0 y del C18:1. El día 15, estos tres ácidos grasos también fueron los mayoritarios, aunque la concentración del C18:1 fue superior a la del C16:0. A los 30 días de procesado el ácido graso mayoritario fue el C18:1, seguido del C18:2, el C16:0, el C18:0 y el C20:4. Este comportamiento se mantuvo hasta los 60 días de procesado. C16:1, C18:3, C14:0 y C20:0 fueron los ácidos grasos de menor concentración durante todo el procesado.

Esta variabilidad observada en la fracción de FL coincide con los resultados obtenidos por Muriel *et al.* (2007) en lomo curado de cerdo Ibérico, en el que el C18:2 se describe como ácido graso mayoritario del lomo sin procesar, y el C18:1 en el producto curado.

Tabla IV.6. Evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos de los fosfolípidos (FL) del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g grasa intramuscular) y desviación estándar.

	Tiempo de procesado					p
	Día 0	15 días	30 días	45 días	60 días	
C14:0	0,10 ±0,03 _a	0,10±0,05 _a	0,08±0,07 _a	0,07±0,01 _a	0,04±0,03 _a	ns
C16:0	6,73 ±1,24 _c	4,72±2,06 _{bc}	2,94±1,97 _{ab}	1,96±0,77 _a	1,82±1,14 _a	***
C16:1	0,22 ±0,04 _{ab}	0,48±0,27 _b	0,31±0,20 _{ab}	0,18±0,08 _{ab}	0,14±0,14 _a	*
C18:0	3,09 ±0,52 _a	2,98±1,47 _a	1,86±1,32 _a	1,36±0,40 _a	1,54±0,94 _a	*
C18:1	5,25 ±0,74 _b	5,30±2,64 _b	3,60±2,23 _{ab}	2,19±0,87 _a	2,00±1,52 _a	**
C18:2	11,58 ±2,58 _c	6,40±3,97 _b	3,31±2,37 _{ab}	2,44±1,37 _{ab}	1,87±1,77 _a	***
C18:3	0,21 ±0,06 _c	0,11±0,07 _{bc}	0,06±0,06 _{ab}	0,03±0,03 _{ab}	0,01±0,02 _a	***
C20:0	0,08±0,06 _a	0,05±0,04 _a	0,01±0,03 _a	0,04±0,05 _a	0,03±0,03 _a	ns
C20:4	3,47±1,38 _c	2,11±1,35 _{bc}	0,76±0,70 _{ab}	0,79±0,64 _{ab}	0,35±0,28 _a	***
ΣSFA	10,01±1,83 _c	7,86±3,07 _{bc}	4,88±3,35 _{ab}	3,42±1,22 _a	3,43±2,02 _a	***
ΣMUFA	5,47±0,76 _c	5,78±2,90 _{bc}	3,91±2,42 _{abc}	2,37±0,95 _{ab}	2,13±1,65 _a	**
ΣPUFA	15,25±3,87 _c	8,62±5,38 _b	4,13±2,98 _{ab}	3,26±2,02 _{ab}	2,23±2,03 _a	***

SFA: ácidos grasos saturados; MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados.

ANOVA (efecto del tiempo de procesado): ns (no significativo = $p > 0,05$); * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

_{a,b,c} Valores medios del mismo parámetro sin subíndices comunes son estadísticamente diferentes (Test de Tukey, $p < 0,05$).

Todos los ésteres metílicos de los ácidos grasos de la fracción de FL disminuyeron significativamente durante el procesado, con la excepción del C14:0 y del C20:0 que, al igual que en los AGL, no estuvieron afectados por el tiempo de procesado ($p > 0,05$). Los ácidos grasos que más se vieron afectados por el procesado fueron los insaturados C18:2, C18:3 y C20:4, que disminuyeron un 83,85%, un 95,12% y un 90%, respectivamente. Esto último coincide con lo observado en la fracción de LN, y se atribuye la mayor susceptibilidad a la oxidación que presentan los ácidos grasos PUFA (Gray y Pearson, 1981).

Como se puede observar en la figura IV.5.b, en la fracción de FL, los PUFA fueron los ácidos grasos mayoritarios del lomo sin procesar, seguidos de los SFA y los MUFA. A partir del día 30, los FL presentaron una relación de SFA > PUFA > MUFA, hasta el final del procesado.

Por otra parte, el tiempo de procesado afectó significativamente a las concentraciones de SFA ($p < 0,001$), MUFA ($p < 0,05$) y PUFA ($p < 0,001$) de los FL. El conjunto de PUFA disminuyó un 85%, el de SFA un 65% y el de MUFA un 61%. Esta tendencia ha sido previamente descrita en lomo curado de cerdo Ibérico (Muriel *et al.*, 2007). La disminución superior en la concentración PUFA de los FL, respecto a los MUFA y SFA, se ha asociado a la alta susceptibilidad a la oxidación respecto a los otros dos conjuntos de ácidos grasos (Igene, Pearson y Gray, 1981), como se ha comentado anteriormente.

De este modo, la fracción de FL presentó, en el lomo sin procesar (día 0), una proporción de SFA y de MUFA de 32,86% y de 17,98%, respectivamente. Los PUFA fueron los mayoritarios, suponiendo un 49% de los FL (figura IV.5.b). Al final del procesado (día 60), los SFA fueron los mayoritarios, representando un porcentaje del 48%, mientras que los porcentajes de MUFA y PUFA fueron similares (25,93% y 25,45%).

En la tabla IV.7 se exponen las concentraciones (mg ésteres metílicos/g grasa intramuscular) de los AGL del lomo curado de CM durante el procesado.

Los ácidos grasos libres que presentaron mayor concentración durante todo el procesado fueron el C18:1, el C16:0, el C18:0, el C18:2 y el C20:4, aunque no siguieron el mismo orden. Los ácidos grasos minoritarios fueron C16:1, C14:0, C18:3 y C20:0, por este orden, tanto en el lomo fresco (día 0), como en el lomo procesado durante 60 días.

Tabla IV.7. Evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos de la fracción de ácidos grasos libres (AGL) del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g grasa intramuscular) y desviación estándar.

	Tiempo de procesado					p
	Día 0	15 días	30 días	45 días	60 días	
C14:0	0,15±0,03 _a	0,20±0,09 _a	0,18±0,07 _a	0,33±0,17 _a	0,28±0,23 _a	ns
C16:0	1,85±0,41 _a	4,13±1,70 _{ab}	4,99±2,08 _{ab}	7,80±3,34 _b	8,00±5,60 _b	*
C16:1	0,23±0,07 _a	0,62±0,27 _{ab}	0,73±0,23 _{ab}	1,27±0,61 _b	1,21±0,89 _b	**
C18:0	1,43±0,29 _a	2,46±0,78 _{ab}	2,63±0,90 _{ab}	3,72±1,25 _b	3,91±2,32 _b	*
C18:1	3,20±0,94 _a	7,57±2,28 _{ab}	8,93±3,55 _{ab}	16,60±8,46 _b	15,52±12,21 _b	*
C18:2	1,02±0,47 _a	3,62±2,01 _{ab}	5,49±2,14 _{abc}	8,16±2,53 _{bc}	9,64±6,75 _c	**
C18:3	0,03±0,05 _a	0,15±0,06 _{ab}	0,16±0,07 _{ab}	0,24±0,09 _b	0,26±0,17 _b	**
C20:0	nd	0,10±0,10 _a	0,09±0,06 _a	0,28±0,28 _a	0,12±0,21 _a	ns
C20:4	0,29±0,09 _a	0,80±0,46 _{ab}	1,57±0,92 _{abc}	2,51±0,82 _{bc}	2,61±1,90 _c	**
ΣSFA	3,44±0,63 _a	6,89±2,60 _{ab}	7,88±3,10 _{ab}	12,13±4,80 _b	12,32±8,32 _b	*
ΣMUFA	3,43±1,00 _a	8,18±2,53 _{ab}	9,66±3,77 _{ab}	17,87±9,07 _b	16,72±13,11 _b	*
ΣPUFA	1,34±0,58 _a	4,57±2,42 _{ab}	7,22±3,12 _{abc}	10,91±3,40 _{bc}	12,51±8,74 _c	**

SFA: ácidos grasos saturados; MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados.

ANOVA (efecto del tiempo de procesado): ns (no significativo = $p > 0,05$); * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

^{a,b,c} Valores medios del mismo parámetro sin subíndices comunes son estadísticamente diferentes (Test de Tukey, $p < 0,05$).

En la carne fresca, los procesos de lipólisis son escasos, por lo que la fracción de AGL es cuantitativamente poco importante, comparada con las fracciones de LN y FL (Ventanas, 2006). Por ello, se observó un aumento de todos los ácidos grasos libres en el producto curado (día 60) respecto a la del lomo sin procesar (día 0). Tan sólo C14:0 y C20:0 no se vieron afectados significativamente por el procesado ($p > 0,05$), a pesar de que este último comenzó a detectarse a partir del día 15. De este modo, la concentración de ácidos grasos libres fue un 80,26% mayor en el lomo curado respecto a la concentración inicial que presentó el músculo. Los ácidos grasos C18:1 y C16:1 estuvieron presentes en el lomo con 60 días, en concentraciones aproximadamente un 80% superiores, respecto a las del lomo sin procesar, lo que concuerda con la disminución observada en la fracción de LN.

Los insaturados C18:2, C18:3 y C20:4 supusieron casi un 90% más en el producto curado, por lo que puede decirse que fueron los más afectados por la hidrólisis lipídica de los LN y los FL. Esto justifica el aumento de la proporción de PUFA de los AGL descrito posteriormente. Así, se observó que el C18:3 presentó el doble de proporción (23% respecto al total de AGL) en el lomo curado, frente al lomo sin procesar.

Este aumento de AGL refleja los fenómenos lipolíticos que tienen lugar en las fracciones grasas del lomo curado durante el proceso de elaboración, previamente descritos (Alasnier *et al.*, 2000; Gandermer, 2002; Muriel *et al.*, 2004b).

En la fracción de AGL, los SFA y los MUFA presentaron una concentración similar al inicio del procesado, siendo superiores a los PUFA (figura IV.5.c). En el producto curado, los MUFA también fueron los mayoritarios, y las concentraciones de SFA y PUFA fueron similares. Muriel *et al.* (2007) observaron en lomo de cerdo Ibérico que los MUFA también fueron los AGL mayoritarios, tanto al inicio como al final del procesado, no obstante, describen una concentración superior de SFA respecto a la de PUFA, a los 90 días de procesado. La alta concentración de los valores de PUFA en el perfil de ácidos grasos libres al final del proceso es debida a la ubicación de estos ácidos grasos en la fracción polar de los lípidos

(principalmente constituida por fosfolípidos) (Molly *et al.*, 1997), lo que supone un importante sustrato de fosfolipasas musculares.

Las concentraciones de SFA ($p < 0,05$), MUFA ($p < 0,05$) y PUFA ($p < 0,01$) de los AGL aumentaron significativamente durante el procesado, como consecuencia de la lipólisis de las otras dos fracciones lipídicas. Son varios los trabajos que describen la acumulación de ácidos grasos libres durante el procesado de distintos productos curados (Buscailhon y Monin, 1994; Andrés *et al.*, 2005; Muriel *et al.*, 2007). En el caso del lomo curado de cerdo blanco, Hernández *et al.* (1999) observaron una proporción de AGL diez veces superior al final del procesado, respecto a la que presentó el lomo sin procesar.

El porcentaje de SFA, MUFA y PUFA del día 0 fue de 42,50%, 41,32% y 16% respectivamente. A los 60 días de procesado, la proporción de MUFA fue similar a la inicial mientras que, la de SFA disminuyó hasta un 29%, y la de PUFA aumentó, suponiendo casi un 30% del total de AGL.

Con todo ello puede decirse que los fenómenos de hidrólisis lipídica tienen lugar durante todo el procesado, a pesar de que la lipólisis más intensa se produjo entre el día 0 y el día 15. Los fenómenos de oxidación de los ácidos grasos liberados podrían ser los responsables de que la hidrólisis lipídica no sea tan evidente a partir de este día de procesado, puesto que, esta oxidación conlleva un descenso significativo de los PUFA de cadena larga, tanto en la fracción de AGL como en la de FL, durante el proceso de elaboración de los productos cárnicos curados (Buscailhon y Monin, 1994; Coutron-Gambotti *et al.*, 1999).

IV.1.4. Evolución del color instrumental del lomo curado

Los valores de las coordenadas de color CIE (L, a^* y b^*) del lomo curado de Chato Murciano (CM) durante el proceso de elaboración, así como los de los parámetros de saturación (Chroma) y tono (H°), se muestran en la tabla IV.8.

El valor de L, que presentó el lomo de CM el día 0 de procesado, fue superior al del músculo *Longissimus lumbar* de CM hallado por Poto (2003) y

Galián (2007). En *longissimus dorsi*, Poto (2003) halló valores superiores en el mismo parámetro en CM puro, mientras que Galián (2007) obtuvo valores de a^* similares a los del presente estudio, en un lote de cerdo CM cruzado con cerdo Ibérico.

Estévez, Morcuende y Cava (2006) observaron, en cerdo Ibérico, valores de L similares a los que presentó el lomo de CM el día 0. Por otra parte, estos autores describieron valores de a^* superiores, mientras que en el caso del parámetro b^* , los valores de CM fueron superiores.

Tabla IV.8. Evolución de los parámetros de color instrumental del lomo curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio y desviación estándar.

	Tiempo de procesado					P
	Día 0	15 días	30 días	45 días	60 días	
L	51,72±2,52 _c	50,56±3,81 _{bc}	48,05±4,35 _b	42,05±6,70 _a	42,54±2,20 _a	***
a^*	13,31±1,23 _c	11,50±2,13 _{ab}	11,24±2,30 _{ab}	12,37±2,58 _{bc}	10,55±1,23 _a	***
b^*	17,54±0,64 _c	13,42±1,41 _a	14,85±2,04 _b	13,40±2,02 _a	13,28±1,81 _a	***
Chroma	22,04±0,97 _c	17,77±1,71 _{ab}	18,78±1,94 _b	18,30±2,89 _{ab}	17,04±1,47 _a	***
H°	52,88±2,66 _b	49,61±6,23 _{ab}	52,95±7,50 _b	47,45±4,96 _a	51,35±5,41 _{ab}	**

ANOVA (efecto del tiempo de procesado): ** (p <0,01); *** (p <0,001)

_{a,b,c} Valores medios del mismo parámetro sin subíndices comunes son estadísticamente diferentes (Test de Tukey, p<0,05).

En la tabla IV.8 se puede observar que el tiempo de procesado afectó de forma significativa a todos los parámetros de color instrumental estudiados (p<0,05).

La coordenada L disminuyó significativamente hasta el día 45 de procesado (p<0,001). La disminución de los valores de la coordenada L ha sido atribuida al aumento de la concentración de sal, que se produce tras la desecación del producto (Fernández-López *et al.*, 2003). Esto conduce a una disminución del contenido en agua de los tejidos, que da lugar a una fuerte exudación hacia la superficie de la carne. Todo ello implica que la reflexión de la luz será menor y, como consecuencia, el valor del parámetro L de los productos curados, será también menor respecto al de la carne, aspecto que sensorialmente se refleja en un oscurecimiento de la misma.

Los resultados obtenidos en lomo de CM no coinciden con los de Sánchez-Rodríguez *et al.* (1996), que observaron un aumento significativo del valor de L del lomo curado de cerdo blanco durante su procesado. En el caso de otros productos cárnicos derivados del cerdo, Lorenzo *et al.* (2011) sí detectaron una disminución del valor de L durante la etapa de maduración.

Respecto a los parámetros a^* y b^* , se observó un descenso significativo de los mismos ($p < 0,001$ en ambos casos).

Así, el valor medio de la coordenada a^* disminuyó entre el día 0 y el día 15, y se mantuvo estable hasta el día 45 de procesado, momento en el que se dio una disminución hasta el día 60 ($p < 0,001$).

El parámetro instrumental a^* se ha correlacionado positivamente con la presencia de pigmentos hemo y el contenido en hierro de la carne (Warris, Brown y Adams, 1990). En consecuencia, el color rojo de productos curados está relacionado con el contenido en mioglobina, así como con su estado químico (Mancini y Hunt, 2005).

La estabilidad del color rojo en productos curados, aumenta por acción de agentes curantes como la sal o la temperatura sobre los pigmentos del tejido. En lomo de CM, puede decirse que, la evolución de la coordenada a^* (relacionada con el color rojo), muestra que la pérdida de color se ha ralentizado, teniendo en cuenta que este valor podría haber sido más bajo al final del proceso, en ausencia de los agentes curantes mencionados anteriormente. Sánchez-Rodríguez *et al.* (1996), no observaron evolución significativa de los valores de la coordenada a^* en lomo de cerdo blanco durante el procesado, mientras que en otros productos derivados del cerdo, sí se ha visto una disminución de este parámetro (Lorenzo *et al.*, 2012).

En el caso de la coordenada b^* , también se mantuvo estable entre el día 15 y el día 45, pero disminuyó significativamente a partir de este momento hasta el día 60 ($p < 0,001$). Según Ventanas (2006), el valor de la coordenada b^* viene determinado por las características de la grasa. Además, también se ha relacionado con la cantidad de nitrosomioglobina

oxidada (Skibsted, 1992), pigmento que contribuye a las coloraciones amarillentas.

En el lomo de CM, como se ha comentado anteriormente, este parámetro disminuyó durante los últimos días de procesado por lo que, puede decirse, que los fenómenos de oxidación mencionados anteriormente no se ven reflejados en la medida del color instrumental. En lomo de cerdo blanco, Sánchez-Rodríguez *et al.* (1996) describieron un comportamiento similar al del parámetro b^* del lomo de CM durante el procesado, al igual que se ha observado en otros embutidos derivados del cerdo.

Por otra parte, los valores de Chroma (intensidad) y de H^o (tono o sensación visual por la que se diferencian los colores), también fueron inferiores el día 60 respecto al día 0 ($p < 0,001$ y $p < 0,01$; respectivamente). Así, el valor de Chroma disminuyó significativamente hasta el día 15. Los valores de H^o fueron inferiores a los 60 días respecto al día 0, a pesar de que esta tendencia no se mantuvo entre los días estudiados. Sánchez-Rodríguez *et al.* (1996) también observaron una disminución significativa del parámetro H^o durante la elaboración del lomo curado de cerdo blanco.

IV.2. ESTUDIO 2: ESTUDIO COMPARATIVO DEL LOMO CURADO DE CERDO CHATO MURCIANO Y DEL LOMO DE CERDO BLANCO DURANTE LA ETAPA DE MADURACIÓN

IV.2.1. Composición del lomo curado: efecto de la raza

La tabla IV.9 muestra los valores medios y la desviación estándar de los parámetros de composición estudiados (humedad, grasa intramuscular, cenizas, proteína bruta y energía) en lomo curado de Chato Murciano (CM) y en lomo de cerdo blanco (CB), durante la etapa de maduración del producto (entre los 30 y los 60 días de procesado).

El valor de humedad del lomo de CM fue significativamente más bajo ($p < 0,001$) durante toda la etapa estudiada, presentando valores finales de 46,21%, respecto al 52,03% de humedad que se observó el lomo de CB.

En lomos curados de distintos cruces de Ibérico (Muriel *et al.*, 2004^a; Ramírez y Cava, 2007), no se ha observado influencia del genotipo en el contenido en humedad del producto. Estos autores obtuvieron valores de humedad en el producto final por debajo de los de este trabajo (entre 32,97% y 38,66%), mientras que Martín *et al.* (2008) obtuvo porcentajes de humedad similares, en lomo curado de cruces comerciales de raza blanca. Este parámetro también se vio afectado por el tiempo de procesado ($p < 0,001$). En ambos tipos de lomo, se reflejó la disminución del contenido en agua, que tiene lugar como consecuencia de las condiciones de temperatura y de humedad relativa, a las que se somete el producto durante la maduración, favoreciendo la evaporación del agua de su superficie (Ventanas y Cava, 2001).

Tabla IV.9. Efecto de la raza y del tiempo de procesado en la composición del lomo curado de Chato Murciano (CM) y del lomo de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio y desviación estándar.

		Tiempo de procesado			Raza	Día	RXD
		30 días	45 días	60 días			
Humedad ¹	CM	59,42±1,91 _c	51,72±3,32 _b	46,21±5,66 _a	***	***	ns
	CB	63,08±1,54 _c	59,82±1,56 _c	52,03±5,26 _b			
Grasa Intramuscular ²	CM	9,43±4,20 _{ab}	10,81±2,91 _{bc}	14,55±7,62 _c	***	ns	ns
	CB	4,74±2,04 _a	5,25±2,26 _a	6,42±2,63 _{ab}			
Cenizas ²	CM	14,47±1,45 _{bc}	13,95±1,28 _{abc}	13,21±1,41 _{ab}	ns	**	ns
	CB	14,71±0,70 _c	13,18±0,77 _{ab}	12,77±1,19 _a			
Proteína Bruta ²	CM	71,49±8,34 _{ab}	72,84±8,63 _{ab}	69,50±9,35 _a	**	ns	ns
	CB	78,84±1,08 _b	78,78±3,57 _b	77,44±1,81 _b			
Energía ³	CM	4,85±0,32 _{ab}	4,91±0,39 _{ab}	4,74±0,46 _b	*	ns	ns
	CB	4,66±0,07 _a	4,63±0,10 _a	4,65±0,11 _a			

¹Porcentaje. ²g/100g de músculo sobre extracto seco. ³Kcal/g de músculo sobre extracto seco. ANOVA (Efecto de la raza; del tiempo de procesado y de la interacción raza x tiempo procesado): ns (no significativo = $p > 0,05$); * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$).

^{a,b,c} Valores medios con diferentes subíndices en la misma fila indican diferencias significativas durante la etapa de maduración (Test LSD, $p < 0,05$).

Se observa que la raza de cerdo influyó significativamente en los valores de grasa intramuscular (GIM) ($p < 0,05$), a lo largo de toda la etapa de maduración, de tal manera que, el contenido medio en lomo curado de CM, fue superior al del lomo de CB. Estas diferencias ponen de manifiesto el carácter adipogénico altamente desarrollado y característico de razas rústicas como es el caso del cerdo CM. La mayor edad de sacrificio también podría estar relacionada con este alto contenido en GIM del lomo de CM (Wagner *et al.*, 1999), y es que el cerdo CM presenta un crecimiento más lento que los genotipos comerciales. Varios autores (Labroue *et al.*, 2000; Pugliese *et al.*, 2004; Franci *et al.*, 2005), también encontraron contenidos de GIM significativamente superiores en cerdos de razas autóctonas, al compararlos con los de genotipos comerciales

El contenido en GIM del lomo de CM del presente trabajo, corresponde con los descritos por varios autores en otras razas de cerdos autóctonos como el Ibérico (Mayoral *et al.*, 1999), el Corso (Coutron-Gambotti, Gandemer y Casabianca, 1998) y otros genotipos criados en extensivo (Fernández *et al.*, 2007).

Pugliese y Sirtori (2012) afirmaron que, entre los atributos cualitativos de la carne, la evaluación del contenido en GIM parece ser la mejor forma de diferenciar cerdos autóctonos de los de cruces comerciales de cerdo blanco.

El contenido en GIM en productos curados es una de las principales características que determinan su calidad sensorial, ya que se ha observado una relación entre el contenido lipídico, y la textura y apariencia de productos curados (Ruíz *et al.*, 2000), así como entre el contenido en GIM y un aroma más intenso (Gandemer, 2002). También se ha descrito una relación entre el alto contenido en GIM y la aceptabilidad a nivel de consumidor (Ruíz *et al.*, 2002), por lo que las diferencias observadas en el presente trabajo entre los porcentajes de GMI del lomo de diferente raza, se van a reflejar en el estudio sensorial.

El contenido en cenizas del producto no estuvo afectado por la raza ($p > 0,05$), puesto que el contenido en sales minerales se debe principalmente

a la incorporación de sales de curado durante el proceso de elaboración, que fue común en ambos productos. El contenido en cenizas sí se modificó de forma significativa durante la maduración del lomo, tanto en el que se elabora a partir de CM ($p < 0,05$), como en el obtenido a partir de cruces comerciales de CB ($p < 0,01$), probablemente debido a una pérdida de minerales por la corteza que se forma durante el secado del producto.

El contenido en proteína bruta fue significativamente superior ($p < 0,01$) en lomo curado de CB, lo que puede explicarse por el menor contenido en grasa intramuscular observado. Ramírez y Cava (2007) obtuvieron valores de proteína similares a los del lomo curado de CB, en distintos genotipos de cerdo Ibérico. No se observó evolución significativa de este parámetro durante los días de procesado estudiados, en ninguna de las dos razas ($p > 0,05$).

El valor obtenido en la determinación de energía (Kcal/g de músculo sobre extracto seco) refleja las diferencias respecto al contenido en GIM. De esta manera, el contenido en energía del lomo curado de CM fue significativamente superior al obtenido en lomo procedente de cruces comerciales de CB ($p < 0,05$). Durante la fase de maduración, el contenido calórico de los lomos fue de 4,8 Kcal/g de músculo sobre extracto seco y 4,6 Kcal/g de músculo sobre extracto seco, en CM y CB respectivamente.

Los resultados en relación a la composición del producto final, indican que el lomo curado de CM presentó un alto contenido en GIM, y un contenido menor en proteína bruta y humedad, en relación al de CB. El contenido en cenizas fue similar en ambas razas.

IV.2.2. Proteolisis del lomo curado: efecto de la raza

IV.2.2.1. Fracciones nitrogenadas

La tabla IV.10 muestra los valores medios y las desviaciones estándar del contenido en nitrógeno total (NT) y nitrógeno no proteico (NNP), determinados en lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB), durante la etapa de maduración (entre los días 30 y 60 de procesado).

Tabla IV.10. Efecto de la raza y del tiempo de procesado en el contenido en nitrógeno total (NT) y nitrógeno no proteico (NNP) del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio (% peso en fresco) y desviación estándar.

		Tiempo de procesado			Raza	Día	RXD
		30 días	45 días	60 días			
NT	CM	4,63±0,49 _a	5,61±0,65 _{bc}	5,93±0,65 _c	ns	***	ns
	CB	4,65±1,99 _a	5,06±0,25 _{ab}	5,94±0,71 _c			
NNP	CM	0,36±0,08 _b	0,43±0,07 _{bc}	0,38±0,15 _b	ns	***	**
	CB	0,24±0,19 _a	0,50±0,02 _c	0,52±0,04 _c			

ANOVA (Efecto de la raza; del tiempo de procesado y de la interacción raza x tiempo de procesado): ns (no significativo = $p > 0,05$); ($p > 0,05$); * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$).

_{a,b,c} Valores medios con diferentes subíndices en la misma fila indican diferencias significativas a lo largo de la etapa de maduración (Test LSD, $p < 0,05$).

El NT no se vio afectado significativamente por la raza ($p > 0,05$), al igual que se observó en el contenido en NNP ($p > 0,05$).

A pesar de que, como se ha comentado anteriormente, no se observó efecto de la raza, el NNP a los 30 días procesado fue superior en lomo de CM. No obstante, la evolución fue diferente, incrementándose más en lomo de CB de tal forma que, a los 60 días de procesado, el lomo obtenido a partir de esta raza presentó unos valores de NNP superiores. Esta evolución ha ocasionado que no se haya detectado ningún efecto significativo en la raza y sí en la interacción entre la raza y el día (RXD), como puede observarse en la tabla IV.10.

La diferente actividad proteolítica de los distintos tipos de carne ha sido descrita previamente (Toldrá *et al.*, 1996; Rosell y Toldrá, 1998), por lo que este hecho puede estar relacionado con los distintos equipos enzimáticos, así como con los diferentes comportamientos proteolíticos, propios de cada raza.

IV.2.2.2. Aminoácidos libres

La tabla IV.11 muestra los resultados obtenidos en el análisis de los aminoácidos libres (AAL) del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB), entre el día 30 y el día 60 de procesado.

Tabla IV.11. Efecto de la raza y del tiempo de procesado en el contenido en aminoácidos libres del lomo curado de Chato Murciano (CM) y del lomo de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio (mg/g extracto seco) y desviación estándar.

		Tiempo de procesado			Raza	Día	RXD
		30 días	45 días	60 días			
Asp	CM	0,29±0,12 _a	0,49±0,12 _{ab}	0,49±0,31 _{ab}	*	***	ns
	CB	0,27±0,11 _a	0,63±0,24 _{bc}	0,85±0,20 _c			
Glu	CM	2,00±0,74 _{ac}	2,73±0,57 _{ab}	2,94±0,68 _b	ns	***	*
	CB	1,46±0,330 _c	2,80±0,87 _{ab}	4,01±0,80 _d			
Asn	CM	0,16±0,04 _{ad}	0,26±0,10 _{abc}	0,27±0,10 _{bc}	ns	***	ns
	CB	0,08±0,05 _d	0,22±0,10 _{ab}	0,36±0,09 _c			
Ser	CM	0,54±0,24 _{ab}	0,69±0,24 _a	0,76±0,25 _a	ns	**	ns
	CB	0,26±0,09 _b	0,64±0,20 _a	0,76±0,22 _a			
Thr+Gly	CM	1,55±0,61 _{bc}	2,13±0,55 _{ac}	2,34±0,57 _a	ns	***	ns
	CB	1,33±0,34 _b	2,44±0,70 _a	3,35±0,61 _d			
Arg	CM	2,96±0,64 _a	3,11±0,85 _a	3,45±0,68 _{ab}	**	ns	ns
	CB	3,66±1,36 _{abc}	4,53±1,43 _{bc}	4,72±1,25 _c			
Ala	CM	1,46±0,50 _{ac}	1,80±0,52 _{ab}	2,03±0,46 _{bd}	ns	***	ns
	CB	1,00±0,24 _c	1,64±0,40 _{ab}	2,48±0,51 _d			
Tyr	CM	0,55±0,15 _{ab}	0,59±0,20 _{ab}	0,71±0,23 _{abc}	ns	**	ns
	CB	0,47±0,16 _a	0,82±0,24 _{bc}	0,94±0,29 _c			
His	CM	1,71±0,65 _{ab}	1,87±0,67 _{ab}	2,11±0,52 _b	**	*	ns
	CB	0,71±0,21 _c	1,43±0,48 _a	1,66±0,39 _{ab}			
Met+Trp	CM	0,75±0,19 _{ab}	0,89±0,18 _{abc}	1,03±0,33 _c	*	***	ns
	CB	0,42±0,12 _d	0,70±0,19 _{ad}	0,99±0,20 _{bc}			
Val	CM	0,95±0,36 _{ac}	1,28±0,39 _{ab}	1,45±0,48 _b	ns	***	ns
	CB	0,73±0,23 _c	1,27±0,36 _{ab}	1,98±0,34 _d			
Phe	CM	0,60±0,27 _{ab}	0,86±0,19 _{bc}	1,00±0,25 _c	ns	***	*
	CB	0,52±0,32 _a	0,81±0,24 _{abc}	1,42±0,30 _d			
Iso	CM	0,83±0,15 _a	0,87±0,11 _a	0,91±0,16 _{ab}	*	*	ns
	CB	0,83±0,21 _a	0,95±0,14 _b	1,26±0,30 _c			
Leu	CM	0,62±0,23 _a	0,80±0,22 _b	0,90±0,25 _c	*	***	*
	CB	0,55±0,17 _a	0,97±0,29 _c	1,45±0,26 _d			
Lys	CM	0,34±0,10 _a	0,59±0,26 _{ab}	0,62±0,29 _{ab}	***	***	**
	CB	0,83±0,20 _{bc}	1,17±0,47 _c	1,85±0,32 _d			
Total	CM	15,35±4,62 _{ac}	19,01±4,45 _{ab}	21,07±4,30 _b	ns	***	*
	CB	13,18±3,63 _c	21,06±5,87 _{ab}	28,13±5,32 _d			

ANOVA (Efecto de la raza; del tiempo de procesado y de la interacción raza x tiempo de procesado): ns (no significativo = $p > 0,05$); ($p > 0,05$); * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$).

^{a,b,c,d} Valores medios con diferentes subíndices en la misma fila indican diferencias significativas durante el proceso de maduración (Test LSD, $p < 0,05$).

La raza afectó al contenido en aspártico (Asp) ($p < 0,05$), arginina (Arg) ($p < 0,05$), histidina (His) ($p < 0,01$), la suma de metionina y triptófano (Met+Trp) ($p < 0,05$), isoleucina (Iso) ($p < 0,05$), leucina (Leu) ($p < 0,05$) y lisina (Lys) ($p < 0,001$).

No se observó influencia de la raza en la concentración del resto de aminoácidos estudiados, así como tampoco en el contenido total de AAL de ambos productos ($p > 0,05$). A pesar de ello, el total de AAL sí se vio afectado por la interacción ente la raza y el día (RxD), debido a que la evolución fue distinta en CB y CM. Así, en CB se produce un mayor incremento de la concentración de aminoácidos. De esta manera, a los 30 días de procesado la concentración fue mayor en CM ($p < 0,05$), mientras que a los 60, fue significativamente superior en CB ($p < 0,05$). Este comportamiento coincide con el observado al estudiar la evolución del contenido en nitrógeno no proteico del lomo de distinto genotipo.

La concentración de los aminoácidos Asp, Arg, Iso, Leu y Lys fue superior en CB respecto a la de CM, mientras que los aminoácidos His y Met+Trip se presentaron en concentraciones superiores en lomo de CM. Este hecho se atribuye, al igual que en el caso del nitrógeno no proteico, a la diferente actividad enzimática endógena de las distintas razas de cerdos, como uno de los principales factores que influyen en la generación de AAL, junto con la edad de sacrificio (Toldrá *et al.*, 1996; Rosell y Toldrá, 1998).

A pesar de que la concentración de AAL del lomo de CB fue superior, si se observa el perfil aminoacídico de ambas razas (figura IV.6), se puede ver que, a los 60 días de procesado, los aminoácidos mayoritarios fueron similares en ambos productos (Arg y Glu).

Los resultados obtenidos en el estudio de AAL podrían explicar los resultados del análisis sensorial, en los que el lomo de CB presentó un sabor más dulce respecto al de CM, puesto que son varios los aminoácidos relacionados con este sabor (Ala, Ser, Gly, Thr y Lys) (McLeod, 1986) que, a pesar de que la mayoría de ellos no se presentaron en concentraciones significativamente superiores en lomo de CB (sólo se observó en el caso de la Lys: $p < 0,001$), sí que fueron más altas.

El contenido en AAL de un producto depende tanto de la generación, como de la degradación de los mismos. Éste determina, en parte, el perfil volátil del producto, así como el de sabor. Se ha visto en productos curados que, compuestos volátiles como los ácidos 3-metilbutanoico y 2-

metilbutanoico, derivados de los aminoácidos Leu e Iso se presentan como principales compuestos responsables del olor (Schmidt y Berger, 1998). La presencia de estos compuestos volátiles en lomo curado ha sido atribuida a la actividad de microorganismos presentes en la superficie de los lomos (Stahnke, 1995) sobre los aminoácidos resultantes de la hidrólisis enzimática. Los aldehídos 2-metilbutanal y 3-metilbutanal, formados como consecuencia de reacciones de Strecker (Belitz y Grosch, 1997), también son compuestos volátiles derivados de estos aminoácidos que van tener un gran impacto en el aroma de productos cárnicos, debido a su bajo umbral de percepción (Muriel *et al.*, 2004c).

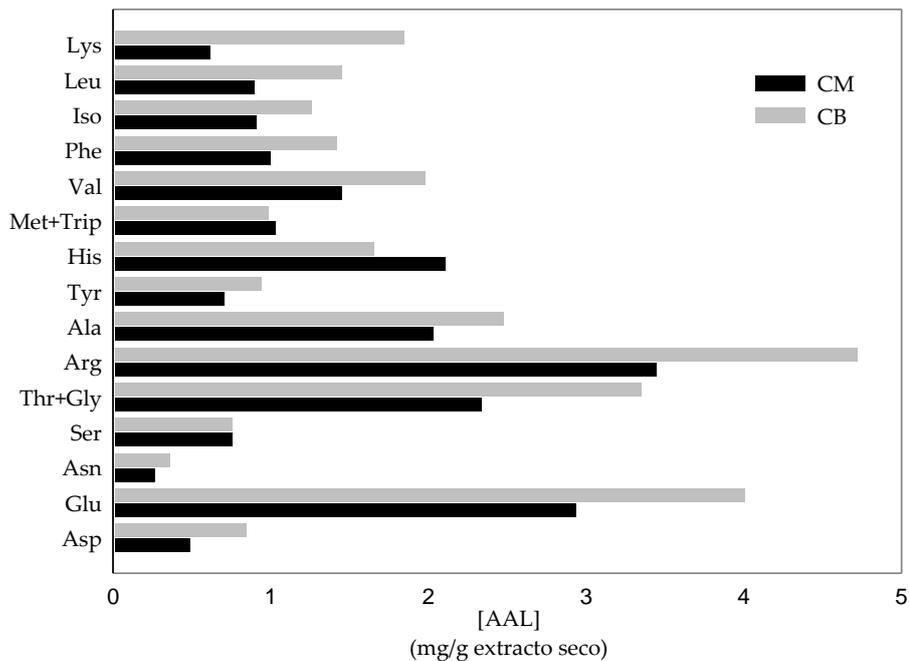


Figura IV.6. Perfil de aminoácidos libres del lomo curado de Chato Murciano (CM) y del lomo de Cerdo blanco (CB) a los 60 días de procesado (mg AAL/100g extracto seco).

Los principales aromas que aportan los aldehídos a los productos cárnicos son notas de manteca, dulces, florales o tostadas (Belitz y Grosch, 1997; Stahnke, 1998). Por un lado, podría pensarse que, al contener el lomo de CB mayor concentración de los aminoácidos citados anteriormente, este tipo de aromas se presentarán, en mayor medida en los mismos pero,

también hay que tener en cuenta que, durante los días estudiados, es posible que los procesos de degradación de ciertos aminoácidos hayan sido mayores en CM respecto a los de CB.

IV.2.3. Composición de la grasa intramuscular del lomo curado durante la etapa de maduración: efecto de la raza

La tabla IV.12 muestra los resultados obtenidos en la determinación del contenido total de ésteres metílicos de los ácidos grasos totales de las fracciones de lípidos neutros (LN), fosfolípidos (FL) y ácidos grasos libres (AGL) del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración (entre los 30 y los 60 días de procesado). Al igual que en el resto de los resultados correspondientes a este apartado, los valores aparecen expresados en mg de ésteres metílicos/100g de lomo, con el propósito de observar de una forma más directa las diferencias entre razas.

Tabla IV.12. Efecto de la raza y del tiempo de procesado en la concentración total de los ésteres metílicos de los ácidos grasos de las fracciones de lípidos neutros (LN), fosfolípidos (FL) y ácidos grasos libres (AGL) del lomo curado de Chato Murciano y de cerdo blanco durante la etapa de maduración. Valores promedio (mg ésteres metílicos /100g lomo) y desviación estándar.

		Tiempo de procesado			Raza	Día	RxD
		30 días	45 días	60 días			
LN	CM	5.385,43±1.799,64 _b	5.2818,6±48,583 _b	5.765,06±1.302,45	*	ns	ns
	CB	4.086,53±3.258,91 _a	3.593,81±2.257,70 _a	3.449,06±1.558,20			
FL	CM	107,43±70,33 _{ab}	88,61±40,49 _a	72,39±47,84 _a	*	ns	ns
	CB	190,60±55,69 _c	83,54±40,86 _b	51,89±35,90 _{ab}			
AGL	CM	211,75±77,51 _b	395,89±149,18 _c	395,68±257,42 _c	*	**	ns
	CB	164,95±55,60 _a	208,99±119,30 _{ab}	359,68±122,63 _{bc}			

ANOVA (efecto de la raza; del tiempo de procesado y de la interacción raza x tiempo de procesado): ns (no significativo = $p > 0,05$); * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

^{a,b,c} Valores medios con diferentes subíndices en la misma fila indican diferencias significativas durante la etapa de maduración (Test LSD, $p < 0,05$).

La raza afectó al contenido total de LN ($p < 0,05$), de FL ($p < 0,001$) y de AGL ($p < 0,05$). Otros autores (Cava *et al.*, 2004), también observaron, en *Longissimus dorsi* de Ibérico y genotipos comerciales, diferencias significativas entre las fracciones lipídicas del músculo, de la misma manera que también se han descrito diferencias significativas entre el contenido en ácidos grasos del lomo curado procedente de diferentes genotipos de cerdo Ibérico (Ramírez y Cava, 2007). Wood *et al.* (2004) detectaron en distintas razas puras de cerdo (*Berkshire*, *Duroc*, *Large White* y *Tamworth*) que la cantidad de fosfolípidos en el músculo *Longissimus dorsi* fue similar entre ellas, pero las cantidades de lípidos neutros y lípidos totales fueron más altas en *Berkshire* y *Duroc*, respecto a las de *Large White* y *Tamworth*. Esto último pone de manifiesto la influencia del genotipo en el contenido y composición lipídica de los productos derivados del cerdo, tal y como se refleja en el presente trabajo.

Se puede observar que el contenido en LN (fracción lipídica mayoritaria) fue significativamente superior en el lomo de CM ($p < 0,05$) durante la etapa de maduración, principalmente debido al mayor contenido en grasa. Así, a los 60 días de procesado, la fracción de LN supuso un 92,59% del contenido total lipídico, mientras que la de CB, un 89,34%. Los FL del lomo de cerdo blanco presentaron concentraciones superiores hasta el día 45, mientras que esta concentración fue superior en lomo de CM a los 60 días ($p < 0,001$), a pesar de que los porcentajes relativos de FL fueron similares (1,16% y 1,34%, en lomo de CH y CB, respectivamente). La concentración de AGL en lomo de CM también fue significativamente superior ($p < 0,05$) a la del CB, a pesar de que a los 60 días la proporción de AGL que presentó el lomo de CB estuvo ligeramente por encima, suponiendo un 9,32% del contenido total lipídico, frente al 6,35% que presentó el lomo de CM. Lo observado en las fracciones lipídicas de los lomos de ambos genotipos también podrían atribuirse a la diferente actividad enzimática entre distintos genotipos, descrita previamente en el músculo *biceps femoris* de cerdo Ibérico y cerdo blanco (Rosell y Toldrá, 1998), en diferentes músculos de cerdos *Large White* y *Pietrain* (Monin *et al.*, 2003) así como en *longissimos dorsi* de diferentes genotipos de Ibérico (Cava

et al., 2004). En lomo curado de cerdo Ibérico, Ramírez y Cava (2007) relacionaron un alto contenido de grasa intramuscular, con bajas concentraciones de fosfolípidos y altas de triglicéridos, coincidiendo con los resultados obtenidos en lomo de CM y de CB.

La tabla IV.13 muestra las concentraciones (mg/100g lomo) de ésteres metílicos de los ácidos grasos de la fracción de LN del lomo curado de CM y de CB entre los 30 y los 60 días de procesado.

Tabla IV.13. Efecto de la raza y del tiempo de procesado en la evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos de los lípidos neutros (LN) del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio (mg ésteres metílicos/100g lomo) y desviación estándar.

		Tiempo de procesado			Raza	Día	RxD
		30 días	45 días	60 días			
C14:0	CM	67,88±31,83 _b	72,23±13,02 _b	69,71±18,72 _b	**	ns	ns
	CB	53,55±35,21 _{ab}	41,50±17,97 _a	42,41±19,66 _a			
C16:0	CM	1.236,73±446,14 _b	1.164,81±130,37 _b	1.238,28±338,60 _b	*	ns	ns
	CB	955,10±752,77 _a	761,25±424,54 _a	728,70±305,12 _a			
C16:1	CM	247,45±99,58 _{ab}	255,50±26,82 _{ab}	264,36±64,30 _b	**	ns	ns
	CB	169,18±137,76 _{ac}	152,66±90,61 _c	141,68±75,42 _c			
C18:0	CM	543,28±280,83 _b	572,03±90,22 _b	559,18±216,35 _b	*	ns	ns
	CB	395,50±260,92 _a	369,36±203,01 _a	351,81±161,25 _a			
C18:1	CM	3.100,78±932,75 _b	2.938,66±2.15,72 _b	3.349,63±805,55 _b	**	ns	ns
	CB	2.158,81±1.800,62 _{ab}	2.022,71±1.376,38 _a	1.872,46±917,72 _a			
C18:2	CM	151,16±75,02 _a	234,90±56,02 _{ab}	240,80±113,68 _{ab}	ns	ns	ns
	CB	297,00±257,03 _b	208,20±143,80 _{ab}	263,86±125,61 _b			
C18:3	CM	6,20±40,10 _a	13,93±3,80 _{abc}	12,63±6,32 _{ab}	**	ns	ns
	CB	25,28±19,41 _c	15,80±9,54 _{abc}	22,70±12,18 _{bc}			
C20:0	CM	20,50±19,48 _b	12,58±3,97 _b	11,25±1,30 _{ab}	**	ns	ns
	CB	6,10±4,70 _a	6,71±5,10 _a	5,23±4,83 _a			
C20:4	CM	11,58±8,05 _a	17,21±3,28 _a	19,21±2,25 _a	ns	ns	ns
	CB	25,96±28,01 _a	15,55±7,51 _a	20,10±10,69 _a			

ANOVA (efecto de la raza; del tiempo de procesado y de la interacción raza x tiempo procesado): ns (no significativo = $p > 0,05$); * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

^{a,b,c} Valores medios con diferentes subíndices en la misma fila indican diferencias significativas durante la etapa de maduración (Test LSD, $p < 0,05$).

Los ácidos grasos mayoritarios en ambas razas fueron el oleico (C18:1), el palmítico (C16:0) y el esteárico (C18:0). Las concentraciones de estos ácidos grasos del lomo de CM fueron significativamente superiores ($p < 0,01$, $p < 0,05$ y $p < 0,05$; respectivamente) respecto a las de CB.

Cuantitativamente les siguieron los ácidos palmitoleico (C16:1), linoleico (C18:2) y mirístico (C14:0) en lomo de CM. No se observó lo mismo en lomo de CB, donde la concentración de C18:2 fue superior a la de C16:1. Las concentraciones de C16:1 y de C14:0 fueron significativamente superiores ($p < 0,01$) en lomo de CM, mientras que la de C18:2 fue ligeramente superior en CB, pesar de que la diferencia no fue estadísticamente significativa ($p > 0,05$).

Los ácidos grasos minoritarios de lomo de CM y de CB fueron también similares, aunque no por el mismo orden. Así, en lomo de CM, araquidónico (C20:4), linolénico (C18:3) y araquídico (C20:0) fueron los minoritarios, mientras que C18:3, C20:4 y C20:0, fueron los que presentaron menor concentración, en orden decreciente, en el lomo de CB. El ácido C18:3 presentó una concentración significativamente superior ($p < 0,01$) en lomo de CB, al igual que se observó con el C20:4, aunque en este último caso no se establecieron diferencias significativas ($p > 0,05$).

Como describen Girard *et al.* (1983), Geri *et al.* (1984) y López-Bote, Carmona-Castaño y Solares (2001), la raza, entre otros factores, va a determinar la composición lipídica del producto, debido a los distintos equipos enzimáticos de síntesis de ácidos grasos.

Por lo tanto, las diferencias de concentración en la fracción de LN se atribuyen a las diferentes actividades lipogénicas de los distintos genotipos de cerdo. En concreto, a la síntesis endógena de algunos ácidos grasos insaturados a partir saturados, por intervención de la enzima Δ^9 desaturasa. De hecho Ventanas (2006) observó en cerdo Ibérico puro y cruzado con *Duroc* influencia de la genética en la concentración de ácidos grasos como el C18:1 y C16:1. Por el contrario, al igual que se observó en el presente trabajo, Ventanas (2006) no detectó diferencias significativas en relación al contenido en C18:2, debido a que este ácido graso es esencial, y su

contenido depende directamente de la concentración presente en la alimentación del animal.

En la tabla IV.14 se puede observar el contenido en ácidos grasos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) de la fracción de LN del lomo curado de CM y de CB, durante la etapa de maduración (entre los 30 y los 60 días de procesado).

Tabla IV.14. Efecto de la raza y del tiempo de procesado en la evolución de los ácidos grasos SFA, MUFA y PUFA de la fracción de lípidos neutros (LN) del lomo curado de de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio (mg ésteres metílicos /100g lomo) y desviación estándar.

		Tiempo de procesado			Raza	Día	RxD
		30 días	45 días	60 días			
ΣSFA	CM	1.868,30±716,30 _b	1.821,63±220,66 _b	1.878,41±547,11 _b	**	ns	ns
	CB	1.410,26±1.050,70 _a	1.178,83±645,31 _a	1.128,18±480,94 _a			
ΣMUFA	CM	3.3482,5±1.031,54 _b	3.194,16±226,87 _{ab}	3.614,03±864,02 _b	**	ns	ns
	CB	2.328,01±1.937,38 _{ab}	2.175,36±1.459,68 _a	2.014,16±980,65 _a			
ΣPUFA	CM	168,90±77,98 _a	266,06±62,62 _{ab}	272,65±120,25 _b	*	ns	ns
	CB	348,28±302,33 _b	239,60±160,40 _{ab}	306,73±145,71 _b			

SFA: ácidos grasos saturados; MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados.

ANOVA (efecto de la raza; del tiempo de procesado y de la interacción raza x tiempo de procesado): ns (no significativo = $p > 0,05$); * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$).

^{a,b,c,d} Valores medios con diferentes subíndices en la misma fila indican diferencias significativas durante la etapa de maduración (Test LSD, $p < 0,05$).

Las concentraciones de SFA, MUFA y PUFA de los LN del lomo curado se vieron afectadas significativamente por la raza ($p < 0,01$, $p < 0,01$ y $p < 0,05$; respectivamente).

La concentración de MUFA del lomo de CM fue significativamente superior a la de CB (3.614,03 mg/100g y 2.014,16 mg/100g; respectivamente, a los 60 días de procesado), al igual que la de SFA (1.878,41 mg/100g y 1.128,18 mg/100g; respectivamente). De este modo, el lomo de CM se puede considerar una fuente dietética rica en MUFA, ácidos grasos asociados a un menor riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (Hu, Manson y Willet, 2001), al disminuir el colesterol

asociado a las lipoproteínas de baja densidad. Por el contrario, la concentración de PUFA fue significativamente superior en lomo de CB respecto a la determinada en lomo de CM (306,73 mg/100g y 272,65 mg/100g; respectivamente).

Esta mayor concentración de PUFA en los LN del lomo de CB lo hace más susceptible a la oxidación (Morrissey *et al.*, 1998). Estévez *et al.* (2003) confirmaron esta relación al evaluar el perfil de compuestos volátiles en otros productos derivados de cerdo Ibérico y de cerdos de genotipos comerciales. En consecuencia, los genotipos de cerdo con altas concentraciones musculares de PUFA, van a dar lugar a productos cárnicos con una oxidación excesiva, que tendrá como resultado la aparición de olores y sabores anómalos, así como coloraciones amarillentas e incluso anaranjadas (Ventanas, 2006).

En ambos genotipos, la mayor concentración de ácidos grasos de los LN correspondió a los MUFA, seguida de los SFA y los PUFA. Ventanas (2006) describió un perfil lipídico en los LN de lomos curados de distintos genotipos de cerdo Ibérico, constituido por un 38% de SFA, un 57% de MUFA y un 4% de PUFA. Por tanto, la proporción de SFA de los LN del lomo curado de CM fue inferior a la del Ibérico, la de MUFA superior y la de PUFA similar (33,27%, 62,02% y 4,7%, respectivamente), mientras que en lomo de CB, la proporción de SFA (33%) también fue inferior, la de MUFA fue similar (57,68%) y la de PUFA superior (9,32%).

Bañón *et al.* (2010) también observaron diferencias entre el contenido de ácidos grasos SFA-MUFA-PUFA de salchicha curada elaborada con carne de CM y con carne de CB. Resultados similares también se han obtenido al comparar la carne, así como distintos productos curados, derivados de cerdos autóctonos de Francia (Coutron-Gambotti, Gandemer y Casabianca, 1998; Labroue *et al.*, 2000) y de Italia (Franci *et al.*, 2005; Madonia *et al.*, 2007; Salvatori *et al.*, 2008), con el producto equivalente elaborado a partir de genotipos comerciales. Los genotipos autóctonos mostraron una alta predisposición a depositar MUFA, principalmente ácido oleico, mientras que los comerciales presentaron altos contenidos de ácidos grasos saturados o, en caso de genotipos con bajos contenidos grasos, de

ácido linoleico. Los altos niveles de MUFA de los genotipos autóctonos pueden ser consecuencia de las diferencias en la síntesis y modificación lipídicas propias de cada tipo de carne (Pugliese y Sirtori, 2012).

En la tabla IV.15 se presentan las concentraciones (mg ésteres metílicos/100g lomo) de ácidos grasos de la fracción de FL del lomo curado CM y de CB entre los 30 y los 60 días de procesado.

Tabla IV.15. Efecto de la raza y del tiempo de procesado en la evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos de los fosfolípidos (FL) del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio (mg ésteres metílicos /100g lomo) y desviación estándar.

		Tiempo de procesado			Raza	Día	RxD
		30 días	45 días	60 días			
C14:0	CM	0,65±0,65 _a	0,62±0,13 _a	0,42±0,33 _a	ns	ns	ns
	CB	0,47±0,18 _a	0,42±0,12 _a	0,44±0,23 _a			
C16:0	CM	24,70±16,94 _{ab}	19,06±7,55 _a	16,93±10,32 _a	ns	**	ns
	CB	37,35±10,64 _b	18,48±8,23 _a	13,36±10,37 _a			
C16:1	CM	2,55±1,59 _b	1,77±0,81 _{ab}	1,26±1,38 _a	ns	*	ns
	CB	1,96±0,67 _{ab}	1,00±0,67 _a	0,81±0,90 _a			
C18:0	CM	15,77±11,60 _{ab}	13,21±3,64 _a	14,42±8,24 _a	ns	*	ns
	CB	23,95±6,94 _b	12,06±5,67 _a	7,96±3,94 _a			
C18:1	CM	30,12±18,54 _{bc}	21,25±8,11 _{ab}	18,55±14,01 _{ab}	ns	***	ns
	CB	39,75±10,08 _c	18,38±7,93 _{ab}	9,43±4,41 _a			
C18:2	CM	27,01±19,51 _b	24,22±14,76 _{ab}	17,23±14,13 _{ab}	*	***	*
	CB	61,63±17,25 _c	24,39±12,59 _{ab}	15,06±17,71 _a			
C18:3	CM	0,45±0,52 _{ab}	0,31±0,29 _a	0,08±0,19 _a	*	*	ns
	CB	0,88±0,50 _b	0,46±0,33 _{ab}	0,40±0,46 _a			
C20:0	CM	0,10±0,23 _{ab}	0,35±0,49 _{ab}	0,26±0,28 _{ab}	ns	ns	*
	CB	0,47±0,55 _b	0,03±0,07 _a	0,09±0,15 _{ab}			
C20:4	CM	6,07±5,34 _{ab}	7,82±6,50 _b	3,24±2,63 _a	*	**	**
	CB	24,10±11,80 _c	8,31±6,87 _b	3,75±4,96 _a			

ANOVA (efecto de la raza; del tiempo de procesado y de la interacción raza x tiempo de procesado): ns (no significativo = $p > 0,05$); * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

^{a,b,c} Valores medios con diferentes subíndices en la misma fila indican diferencias significativas durante la etapa de maduración (Test LSD, $p < 0,05$).

Los ácidos grasos constituyentes de los fosfolípidos van a verse poco afectados por variaciones de factores como la dieta, la edad o el sexo, ya que estos lípidos forman parte de las membranas, y cambios en la composición de ácidos grasos, alterarían las propiedades de la misma (Wood y Lister, 1973; Girard *et al.*, 1983). Así, la proporción de los mismos en el producto, está directamente relacionada con la raza. Tanto en lomo de CM como en lomo de CB, se observó una alta variabilidad en la concentración de los FL, de forma que los ácidos grasos mayoritarios no fueron los mismos en ambos genotipos.

Sólo la concentración de los insaturados C18:2, C18:3 y C20:4 de la fracción de FL, estuvo influenciada por la raza del lomo ($p < 0,05$ en todos casos) de manera que, por lo general, el lomo de CB presentó concentraciones superiores. Este hecho se debe a que las razas o tipos genéticos con una baja concentración de lípidos musculares, en la que los fosfolípidos representan una alta proporción del total lipídico, presentan una mayor proporción de PUFA (Wood, 2008).

Cava *et al.* (2004) también encontraron porcentajes superiores de C18:2 en la fracción de FL del músculo *longissimus dorsi* de genotipos industriales de cerdo, respecto a un genotipo de Ibérico. Además, la concentración de los ácidos grasos C18:2 y C20:4 de lomo de CB descendió en mayor medida (un 75% y un 84%, respectivamente) respecto a la del lomo de CM (36% y 46%, respectivamente) por lo que la actividad de las fosfolipasas fue más intensa en lomo de CB. Esta liberación de PUFA va a tener como consecuencia el desarrollo de flavor a rancio, aspecto previamente descrito por Estévez *et al.* (2003), al comparar perfiles volátiles de carne procedente de Ibérico frente a carne procedente de genotipos comerciales.

No se observó efecto de la raza en la concentración del resto de ácidos grasos estudiados de forma individual ($p > 0,05$). Este aspecto no es determinante a la hora de diferenciar el producto desde el punto de vista saludable, pues la composición en ácidos grasos de los FL va a tener una menor repercusión sobre la salud del consumidor, ya que la cantidad de lípidos polares que se ingieren al consumir el lomo curado es muy pequeña, en relación con la de los LN (Ventanas, 2006).

En la tabla IV.16 se puede observar el contenido en ácidos grasos SFA, MUFA y PUFA de la fracción de FL del lomo curado de CM y de CB durante la etapa de maduración (entre los 30 y los 60 días de procesado).

Tabla IV.16. Efecto de la raza y del tiempo de procesado en la evolución de los ácidos grasos SFA, MUFA y PUFA de la fracción de fosfolípidos (FL) del lomo curado de de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio (mg ésteres metílicos /100g lomo) y desviación estándar.

		Tiempo de procesado			Raza	Día	RxD	
		30 días	45 días	60 días				
FL	ΣSFA	CM	41,23±29,03 _{ab}	33,24±11,57 _a	32,03±17,89 _a	ns	**	ns
		CB	62,26±17,08 _b	30,99±13,89 _a	21,85±14,42 _a			
	ΣMUFA	CM	32,67±20,31 _{bc}	23,02±8,91 _{ab}	19,80±15,17 _{ab}	ns	***	ns
		CB	41,72±10,65 _c	19,38±8,57 _{ab}	10,24±5,11 _a			
	ΣPUFA	CM	33,53±23,86 _b	32,35±21,32 _b	20,56±18,33 _a	*	***	**
		CB	86,62±28,95 _c	33,16±19,27 _b	19,79±17,35 _a			

SFA: ácidos grasos saturados; MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados.

ANOVA (efecto de la raza; del tiempo de procesado y de la interacción raza x tiempo de procesado): ns (no significativo = $p > 0,05$); * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$).

^{a,b,c,d} Valores medios con diferentes subíndices en la misma fila indican diferencias significativas durante la etapa de maduración (Test LSD, $p < 0,05$).

Puede observarse que las concentraciones de SFA y MUFA, de los FL del lomo curado, no estuvieron afectadas significativamente por la raza ($p > 0,05$), a diferencia de la de PUFA ($p < 0,05$), aunque en este último conjunto de ácidos grasos, la concentración en lomo de CB únicamente fue significativamente superior el día 30 de procesado. Las concentraciones de SFA, MUFA de CM fueron superiores a las de CB a partir del día 45, a pesar de no observarse diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

En la tabla IV.17 pueden observarse las concentraciones de AGL del lomo curado de CM y de CB durante la etapa de maduración (entre los 30 y los 60 días de procesado).

Tabla IV.17. Efecto de la raza y del tiempo de procesado en la evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos libres (AGL) de la grasa intramuscular del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio (mg ésteres metílicos /100g lomo) y desviación estándar.

		Tiempo de procesado			Raza	Día	RxD
		30 días	45 días	60 días			
C14:0	CM	1,52±0,65 _{ab}	3,12±1,54 _c	2,69±2,11 _c	*	ns	*
	CB	1,91±1,25 _{abc}	0,81±0,18 _a	1,72±0,94 _{abc}			
C16:0	CM	42,78±18,20 _{ab}	75,24±29,13 _d	76,48±49,55 _d	*	*	ns
	CB	34,60±15,49 _a	43,59±13,39 _{abc}	68,15±20,49 _{bc}			
C16:1	CM	6,19±1,86 _{abc}	12,29±5,55 _c	11,68±8,17 _{bc}	*	ns	ns
	CB	5,64±4,59 _{ab}	4,74±2,89 _a	10,44±7,20 _{bc}			
C18:0	CM	22,55±8,12 _{ab}	36,10±10,85 _c	37,56±20,38 _c	*	**	ns
	CB	16,53±8,09 _a	19,34±5,50 _{ab}	32,48±9,09 _{bc}			
C18:1	CM	76,23±29,89 _{ab}	160,23±75,82 _d	148,23±110,29 _{cd}	*	*	ns
	CB	46,76±8,48 _a	73,18±14,48 _{ab}	130,46±61,29 _{bcd}			
C18:2	CM	47,05±19,06 _a	79,49±22,60 _{abc}	90,50±56,79 _c	ns	**	ns
	CB	45,86±21,23 _a	53,15±12,77 _{ab}	87,28±28,56 _{bc}			
C18:3	CM	1,38±0,66 _a	2,34±0,80 _{ab}	2,46±1,51 _{ab}	ns	ns	ns
	CB	1,58±0,60 _{ab}	1,62±1,01 _{ab}	2,62±1,22 _b			
C20:0	CM	0,74±0,54 _a	2,62±2,63 _b	1,12±1,99 _{ab}	*	ns	ns
	CB	0,31±0,29 _a	0,24±0,20 _a	0,37±0,35 _a			
C20:4	CM	13,30±8,09 _{ab}	24,47±7,26 _{bcd}	24,96±16,90 _{cd}	ns	**	ns
	CB	10,35±5,90 _a	14,68±4,04 _{abc}	26,13±9,80 _d			

ANOVA (efecto de la raza, del tiempo de procesado y de la interacción raza x tiempo de procesado): ns (no significativo = $p > 0,05$); * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$).

^{a,b,c,d} Valores medios con diferentes subíndices en la misma fila indican diferencias significativas durante la etapa de maduración (Test LSD, $p < 0,05$).

Los ácidos grasos libres mayoritarios en ambas razas fueron, por el siguiente orden, C18:1, C18:2, C16:0, C18:0 y C20:4, seguidos del C16:1. La raza afectó por igual a las concentraciones de C18:1, C16:0, C18:0 y C16:1 ($p < 0,05$ en todos los casos) de manera que, a los 60 días de procesado, todos fueron superiores en lomo de CM.

La raza no tuvo efecto sobre la concentración de los ácidos grasos C18:2 y el C20:4 ($p > 0,05$), al igual que se observó en C18:3. Este último ácido

graso, junto con el C14:0 y el C20:0, fueron el conjunto de ácidos grasos minoritarios del lomo de ambos genotipos aunque, al igual que se observó en la fracción de LN, no lo fueron por el mismo orden.

Así, en lomo de CM, C14:0, C18:3, C20:0 fueron los minoritarios mientras que en CB, C18:3, C14:0 y C20:0, fueron los que presentaron menor concentración, en orden decreciente. La concentración de C18:3 no se vio afectada por el genotipo ($p > 0,05$), mientras que, las concentraciones de C14:0 y C20:0 sí lo estuvieron ($p < 0,05$).

En la tabla IV.18 se puede observar el contenido en ácidos grasos SFA, MUFA y PUFA de los AGL del lomo curado de CM y de CB durante la etapa de maduración (entre los 30 y los 60 días de procesado).

Tabla IV.18. Efecto de la raza y del tiempo de procesado en la evolución de los ácidos grasos SFA, MUFA y PUFA de los ácidos grasos libres (AGL) del lomo curado de de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio (mg ésteres metílicos /100g lomo) y desviación estándar.

		Tiempo de procesado			Raza	Día	RxD
		30 días	45 días	60 días			
ΣSFA	CM	67,58±27,35 _{ab}	117,08±41,57 _c	117,85±73,66 _c	*	*	ns
	CB	53,37±23,52 _a	63,98±18,55 _{ab}	102,73±29,86 _{bc}			
AGL ΣMUFA	CM	82,43±31,72 _{ab}	172,52±81,23 _d	159,91±118,39 _{cd}	*	*	ns
	CB	53,76±9,40 _a	75,54±14,44 _{ab}	140,90±66,99 _{bcd}			
ΣPUFA	CM	61,73±27,57 _{ab}	106,29±30,19 _{bcd}	117,93±74,30 _d	ns	**	ns
	CB	57,80±27,09 _a	69,46±16,36 _{abc}	116,04±37,49 _{cd}			

SFA: ácidos grasos saturados; MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados.

ANOVA (efecto de la raza; del tiempo de procesado y de la interacción raza x tiempo de procesado): ns (no significativo = $p > 0,05$); * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$).

^{a,b,c,d} Valores medios con diferentes subíndices en la misma fila indican diferencias significativas durante la etapa de maduración (Test LSD, $p < 0,05$).

Al igual que en la fracción de LN, el perfil lipídico de ambos genotipos es similar a los 60 días de tal forma que, la mayor concentración de ácidos grasos de los AGL correspondió a los MUFA, seguida de los SFA y los PUFA. Estos resultados coinciden con los observados por Bañón *et al.*

(2010) en la comparación del perfil lipídico de embutidos fermentados de CM con el mismo producto de CB.

Los ésteres metílicos de los SFA y los MUFA de los AGL estuvieron afectados por la raza ($p < 0,05$ en ambos casos), mientras que los PUFA no lo estuvieron ($p > 0,05$). Las concentraciones de SFA y MUFA de CM fueron superiores a las de CB los días 30 y 45, e inferiores el día 60. Respecto a la concentración de PUFA, en lomo de CM aumenta principalmente entre los días 30 y 45, mientras que en lomo de CB lo hace entre los días 45 y 60. Finalmente, a los 60 días las concentraciones de PUFA de ambas razas fueron similares. Así, no se observó una evolución similar en las dos razas estudiadas. Esto indica que la lipólisis, observada por el incremento de los AGL, fue diferente en ambas razas, produciéndose un incremento de AGL mayor en lomo de CB, sobre todo en el caso de los SFA y los MUFA.

Por otra parte, esta mayor concentración inicial de PUFA en las fracciones lipídicas del lomo de CB concuerda con lo descrito previamente en el perfil de ácidos grasos de genotipos con bajo contenido en grasa intramuscular (Wood *et al.*, 2008).

El consumo de alimentos ricos en PUFA se ha asociado a un descenso del colesterol LDL (lipoproteínas de baja densidad), aunque al contrario que ocurre con los MUFA, también se ha visto que disminuyen los niveles de HDL (lipoproteínas de alta densidad) (Ventanas, 2006). Así, puede decirse que el lomo de CM presenta un mejor perfil nutricional y mejores características para el procesado, que el lomo de CB, debido a su composición en ácidos grasos.

IV.2.4. Caracterización sensorial del lomo curado: efecto de la raza

IV.2.4.1. Medida del color instrumental durante la etapa de maduración

La tabla IV.19 presenta los valores de las coordenadas de color CIE (L, a* y b*) y los valores de los parámetros de saturación (Chroma) y tono (H°), determinados en lomo curado de Chato Murciano (CM) y en lomo de

cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración (entre los 30 y 60 días de procesado).

Tabla IV.19. Efecto de la raza y del tiempo de procesado en los parámetros de color instrumental del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB) durante la etapa de maduración. Valores promedio y desviación estándar.

		Tiempo de procesado			Raza	Día	RXD
		30 días	45 días	60 días			
L	CM	48,05±4,35 _b	42,05±6,70 _a	42,54±2,20 _a	ns	***	**
	CB	46,06±3,50 _b	46,59±2,35 _b	43,21±4,09 _a			
a*	CM	11,24±2,30 _{bc}	12,37±2,58 _{cd}	10,55±1,23 _{ab}	ns	***	**
	CB	9,67±3,18 _a	12,91±1,40 _d	12,22±1,62 _{cd}			
b*	CM	14,85±2,04 _c	13,40±2,02 _b	13,28±1,81 _b	***	***	ns
	CB	12,96±0,87 _b	10,46±0,49 _a	10,57±0,61 _a			
Chroma	CM	18,78±1,94 _b	18,30±2,89 _b	17,04±1,47 _a	***	*	ns
	CB	16,41±1,65 _a	16,63±1,25 _a	16,20±1,18 _a			
H°	CM	52,95±7,50 _c	47,45±4,96 _b	51,35±5,41 _c	***	***	***
	CB	54,03±9,73 _c	39,16±2,74 _a	41,08±4,25 _a			

ANOVA (efecto de la raza; del tiempo de procesado y de la interacción raza x tiempo procesado): ns (no significativo = $p > 0,05$); * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$).

_{a,b,c,d} Valores medios con diferentes subíndices en la misma fila indican diferencias significativas durante la etapa de maduración (Test LSD, $p < 0,05$).

La raza del animal afectó significativamente a los valores de b* ($p < 0,001$), Chroma ($p < 0,001$) y H° ($p < 0,001$), mientras que, L y a* no se vieron afectados ($p > 0,05$).

El valor de L fue ligeramente superior en lomo de CB respecto al lomo de CM en el producto final (60 días), aunque la diferencia no fue significativa ($p > 0,05$).

Wood *et al.* (2003) describieron una correlación el color blanco y la presencia de células con mayor proporción de grasa sólida. El porcentaje de grasa sólida está relacionado con la composición en ácidos grasos, de manera que, los adipocitos con mayor proporción en AGS, presentan una mayor proporción de grasa en estado sólido y, en consecuencia, un color

más blanco (aumento de la reflexión de la luz) lo que se refleja en los valores de L. Estévez, Morcuende y Cava (2006) también detectaron valores de L superiores en productos derivados de cerdo blanco, respecto a los de cerdo Ibérico. Por otra parte, en lomo curado de cerdo Ibérico, Ramírez (2006) sí observó influencia del genotipo en el valor de L de lomo curado de cerdo Ibérico.

La evolución de este parámetro sí estuvo influenciada por el tiempo de procesado. En ambos casos el valor de L disminuyó significativamente ($p < 0,01$) aunque el comportamiento no fue el mismo para las dos razas estudiadas. En el caso del lomo curado de CB la disminución del valor de L se produjo principalmente a partir del día 45 ($p < 0,05$), coincidiendo con lo observado por Sánchez-Rodríguez *et al.* (1996), también en lomo curado de cerdo blanco.

Como se ha comentado anteriormente, el parámetro a^* no estuvo afectado significativamente por la raza del animal ($p > 0,05$), mientras que b^* fue significativamente superior ($p < 0,001$) en lomo de CM respecto al de CB.

Los resultados obtenidos pueden estar relacionados con factores como el nivel de veteado de ambos productos y, por tanto, con el contenido en grasa intramuscular, que fue superior en CM ya que, como se verá posteriormente, no se da la correlación esperada entre el color instrumental y el color determinado en análisis sensorial, donde las puntuaciones para el atributo de "color rojo" del lomo de CM fueron superiores.

Los parámetros Chroma (saturación de color) y H^o (tono) fueron significativamente superiores en lomo de cerdo CM respecto al de CB ($p < 0,001$ en ambos casos). Otros autores (Serra *et al.*, 1998; Estévez *et al.*, 2003; Estévez *et al.*, 2004; Estévez, Morcuende y Cava, 2006) coinciden con lo observado en este trabajo para el parámetro Chroma, mientras que, en el caso del parámetro H^o , describen valores inferiores en carne y diferentes productos de cerdo blanco, respecto al obtenido a partir de cerdo Ibérico.

IV.2.4.2. Análisis sensorial descriptivo del lomo curado

La tabla IV.20 muestra los valores medios y las desviaciones estándar de los parámetros sensoriales del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB), evaluados por el panel de cata entrenado.

Tabla IV.20. Atributos sensoriales del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB). Puntuaciones medias¹ y desviación estándar.

	CM	CB	p		CM	CB	p
Aspecto				Sabor			
Intensidad del rojo	5,31±0,48	3,87±0,43	**	Salado	4,39 ±0,42	4,12±0,24	ns
Brillo	4,61±0,39	3,32±0,50	***	Dulce	0,97±0,43	2,25±0,42	**
Nivel veteadado	4,60±1,20	2,40±0,79	*	Amargo	0,75±0,24	0,71±0,05	ns
Tamaño veteadado	3,43 ±0,73	1,37 ±0,42	**	Ácido	0,76±0,22	0,83±0,02	ns
Forma de veteadado	4,48±1,58	3,78±1,57	ns				
Olor				Flavor			
Intensidad	5,41±0,80	4,10±0,67	*	Intensidad	4,69±0,31	4,02±0,24	*
Curado	5,22±0,52	4,10±0,28	**	Curado	4,66±0,28	3,75±0,51	*
				Rancio	0,70±0,08	0,90±0,21	ns
Textura				Regusto	4,94±0,19	4,19±0,52	*
Dureza	3,57±0,13	2,48±0,26	***				
Adhesividad	2,08±0,32	2,58±0,20	*				
Fibrosidad	3,43±0,39	3,43±0,45	ns				
Jugosidad	4,82±0,28	4,59±0,43	ns				

¹ Puntuaciones medias obtenidas por 23 panelistas.

ANOVA (efecto de la raza): ns (no significativo = $p>0,05$); *($p <0,05$); ** ($p <0,01$); *** ($p <0,001$).

Al observar los atributos de aspecto estudiados, puede verse que la raza afectó significativamente a la intensidad del color rojo ($p<0,01$) así como al brillo ($p<0,001$), y al nivel y tamaño de veteadado ($p<0,05$ y $p<0,01$; respectivamente), mientras que la forma del veteadado no se vio afectada por la raza ($p>0,05$).

Los valores otorgados por los panelistas al color rojo del lomo fueron significativamente más altos en CM respecto al lomo de CB ($p<0,01$). La influencia del genotipo en el contenido en pigmentos hemínicos (relacionados con el color rojo) de la carne, ha sido discutida previamente

en otras razas autóctonas como Ibérico (Andrés *et al.*, 2000). Además, estudios previos realizados en productos curados de cerdo Ibérico, describen contenidos superiores de pigmentos hemínicos, respecto a los que presentaron los mismos productos derivados de genotipos comerciales (Carrapiso y García, 2005; Ventanas *et al.*, 2006). Los altos niveles de mioglobina y hierro en músculos de cerdo Ibérico son debidos, principalmente, a la alta concentración de fibras oxidativas presentes en músculos de razas rústicas, en relación con la de genotipos comerciales (Weiler *et al.*, 1995), lo que puede justificar los resultados obtenidos en el análisis sensorial del lomo de CM.

García-González *et al.* (2008) también obtuvieron valores significativamente superiores en la evaluación sensorial del color de jamones Ibéricos, respecto a jamones de cerdo blanco.

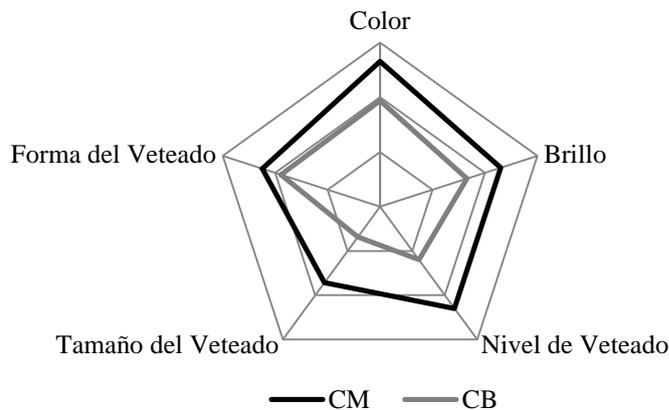


Figura IV.7. Perfil sensorial de aspecto del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de lomo de cerdo blanco (CB).

El brillo fue el atributo del perfil de aspecto en el que la diferencia entre un genotipo y otro fue más marcada ($p < 0,001$), observándose puntuaciones más elevadas en CM. El brillo del lomo curado se produce fundamentalmente por la fluidez de la grasa intramuscular a temperatura ambiente, lo que resulta en una fina capa en la superficie del producto (Cava *et al.*, 2000). Por otro lado, el ácido oleico presenta una gran influencia

en la consistencia de la grasa de los productos de cerdo Ibérico (Flores *et al.*, 1988) y, consecuentemente, en el brillo.

El hecho de que el brillo sea el atributo de aspecto en el que el efecto del genotipo fue mayor, es debido al alto contenido en grasa intramuscular y ácido oleico, que presentó el lomo de CM. De hecho, se estableció una correlación positiva altamente significativa ($p < 0,001$) entre el brillo y el porcentaje de GIM y el de C18:1 (correlación: 0,81 y 0,79; respectivamente), lo que explica las puntuaciones más altas otorgadas por los panelistas al lomo de CM.

Cava *et al.* (2000) también establecieron una relación directa entre el punto de fusión de la grasa y la presencia de lípidos fusionados en el magro de los productos curados, con la intensidad de brillo. Autores como Flores *et al.* (1988), observaron que el punto de fusión de la grasa estaba más correlacionado con el ácido oleico que incluso con algún PUFA. Todo ello coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo, ya que, como se ha comentado anteriormente, el lomo de CM presentó contenidos superiores a los de CB, tanto de grasa intramuscular como de ácido oleico, influyendo de forma importante en su mayor intensidad de brillo.

El lomo de CM obtuvo puntuaciones significativamente más altas ($p < 0,05$) en el nivel y en el tamaño del veteado ($p < 0,01$). Así, se estableció una relación directa ($p < 0,001$) entre el nivel de intensidad y el tamaño del veteado, con el contenido en grasa intramuscular (correlación: 0,80 y 0,89; respectivamente). Ventanas, Ventanas y Ruiz (2007) detectaron diferencias significativas para los tres descriptores de veteado del lomo curado procedente de distintos cruces de cerdo Ibérico. Ramírez y Cava (2007) también detectaron importantes diferencias en el aspecto de lomos de distintos cruces de cerdo Ibérico, sobre todo en los atributos que describen el veteado, lo que también relacionaron con las diferencias detectadas en el contenido en grasa intramuscular.

En los perfiles sensoriales de olor y de flavor de las muestras evaluadas en el presente trabajo (figura IV.8), se observa que la raza influyó en la intensidad de olor ($p < 0,05$) y de flavor ($p < 0,01$) del producto, en el olor

y en el flavor a curado ($p < 0,001$ y $p < 0,05$, respectivamente), así como en el regusto ($p < 0,05$), mientras que no se observó efecto de la raza en el flavor rancio ($p > 0,05$).

La mayor intensidad de olor y olor a curado se observó en el lomo de CM. Esto puede ser debido a la mayor concentración de grasa, puesto que los lípidos originan numerosos compuestos activos del olor en productos cárnicos (Carrapiso *et al.*, 2002; Ruíz *et al.*, 2002).

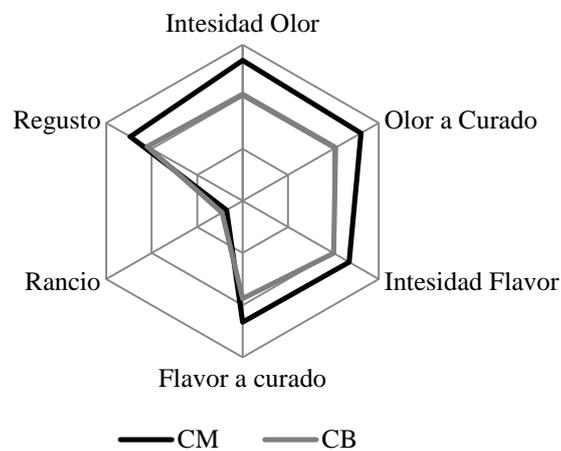


Figura IV.8. Perfil sensorial de olor y flavor del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de lomo de cerdo blanco (CB).

Muriel *et al.* (2004_a), también observaron que el lomo curado de cerdo Ibérico con mayor grasa intramuscular obtuvo mayores puntuaciones en la intensidad de olor. De hecho, en el presente trabajo, se ha establecido una relación directa ($p < 0,05$) entre el brillo, y el veteado y la intensidad del olor del lomo de CM (correlación: 0,80 y 0,81; respectivamente), coincidiendo con diferentes estudios realizados en cerdo Ibérico (Ruíz *et al.*, 2002; Muriel *et al.*, 2004_a). Gandemer (2002) afirmó que el jamón elaborado a partir de genotipos con alto contenido en grasa infiltrada tiene mayor intensidad de aroma, debido a que los triglicéridos intramusculares son buenos solventes de muchos compuestos aromáticos de manera que, a mayor contenido en triglicéridos, mayor número de compuestos aromáticos van a quedar

retenidos en el jamón curado. Además, el ácido oleico (mayoritario en la composición lipídica del CM) va a repercutir directamente sobre el aroma, ya que es precursor de compuestos volátiles, responsables de notas aromáticas cuya presencia resulta agradable en productos curados (Martín *et al.*, 2000).

Se puede decir que el conjunto de descriptores del flavor es el grupo de características más importantes, relacionadas con la calidad de este tipo de productos (García, Jurado y Carrapiso, 2005). En el presente trabajo, la intensidad de flavor ($p < 0,05$), el flavor a curado ($p < 0,05$) y el regusto fueron significativamente superiores en CM, probablemente también asociado a los mayores contenidos grasa infiltrada y ácido oleico, como se ha establecido en las correlaciones entre estos parámetros y la intensidad del flavor ($p < 0,05$; correlación: 0,82 y 0,80; respectivamente). No obstante, el flavor rancio fue más alto en lomo curado de CB, aunque no se establecieron diferencias significativas ($p > 0,05$).

García-González *et al.* (2008) también obtuvieron puntuaciones significativamente superiores en la mayoría de los descriptores de flavor y olor del jamón de cerdo Ibérico, en relación a las de jamón de cerdo blanco.

Este hecho puede deberse a que el lomo de CB presentó concentraciones significativamente superiores de PUFA ($p < 0,05$), principalmente de linoleico y linolénico. Estos ácidos grasos son muy susceptibles a la oxidación, lo que da lugar a compuestos aromáticos relacionados con el flavor rancio (nonanal y 2-hexanal) (Flores *et al.*, 1997_a; Gandemer, 2009).

En cuanto a las características de textura, dureza ($p < 0,001$) y adhesividad ($p < 0,05$) se vieron afectadas por la raza del producto, mientras que no se observó influencia de la raza en los descriptores de fibrosidad ($p > 0,05$) y jugosidad ($p > 0,05$).

La dureza del lomo de CM fue significativamente superior ($p < 0,001$) a la del lomo de CB, y la adhesividad inferior ($p < 0,05$). Ambos resultados pueden estar relacionados con el menor contenido en humedad del lomo de CM.

A pesar de que la jugosidad del lomo curado no estuvo influenciada significativamente por la raza ($p>0,05$), el panel de catadores encontró el lomo curado de CM ligeramente más jugoso que el de CB, aunque no lo que cabría esperar, en función de las diferencias en la composición grasa.

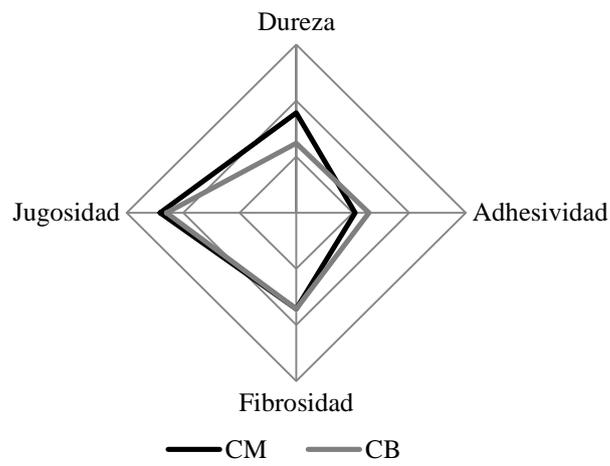


Figura IV.9. Perfil sensorial de textura del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de lomo de cerdo blanco (CB).

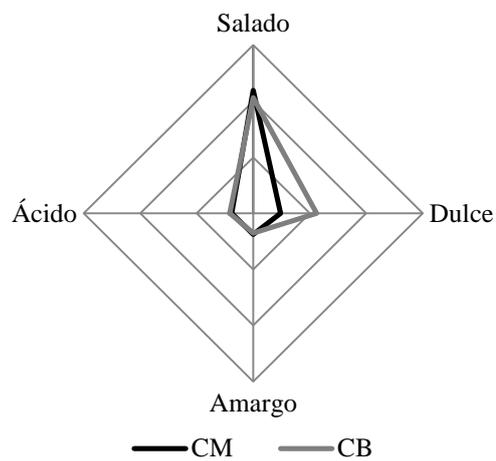


Figura IV.10. Perfil sensorial de sabor del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de lomo de cerdo blanco (CB).

Por último, respecto a los atributos de sabor, sólo el sabor dulce se vio afectado significativamente por la raza ($p < 0,01$). El lomo de CB fue más dulce ($p < 0,01$) que el de CM. Puesto que el procesado fue el mismo en ambos genotipos, estas diferencias pueden deberse a la mayor concentración de aminoácidos libres que presentó el lomo de CB (apartado IV.2.2.2).

IV.2.4.3. Preferencia, aceptación y evaluación de consumidores del lomo curado de Chato Murciano y del lomo de cerdo blanco

El estudio de preferencia muestra que el lomo curado de CM fue el seleccionado por un 83% del total de los consumidores ($N=50$), mientras que un 17% prefirió el lomo de CB (figura IV.11).

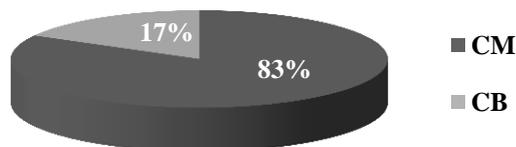


Figura IV.11. Porcentajes de elección obtenidos en la prueba de preferencia de consumidores del lomo curado de cerdo Chato Murciano (CM) frente al lomo de cerdo blanco (CB).

La tabla IV.21 muestra los resultados del análisis de varianza realizado en el estudio de la influencia de las características de los consumidores, sobre la evaluación sensorial de las muestras de distinta raza, con el objeto de establecer si existen diferentes preferencias dentro de una misma raza, en cada uno de los grupos de población estudiados.

El sexo no tuvo influencia en la valoración de las muestras de CM, y tampoco en las de CB, observándose en todos los casos una significación de $p > 0,05$.

La edad del consumidor no influyó en la puntuación otorgada sobre muestras de lomo de CM de este trabajo ($p > 0,05$), a excepción de cuando se valoró la textura en la que, como se verá posteriormente (tabla IV.22), las puntuaciones otorgadas por el conjunto del panel de consumidores menores

de 25 años fueron significativamente superiores ($p < 0,05$), que las correspondientes a mayores de 25 años.

Tabla IV.21. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) del estudio de la influencia de las características del panel de consumidores en la evaluación sensorial del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB).

		N	Aceptación general	Aspecto	Olor	Textura	Sabor
CM							
Sexo	Hombre	22	0,940	0,319	0,802	0,758	0,852
	Mujer	28					
Edad	Menos de 25	35	0,123	0,123	0,201	0,035	0,425
	Más de 25	15					
Consumo Habitual	No	12	0,894	0,419	0,191	0,083	0,723
	Si	38					
Frecuencia de consumo	Nunca	9	0,561	0,606	0,379	0,079	0,237
	4 veces/mes	16					
	Más de 4 veces/mes	25					
CB							
Sexo	Hombre	22	0,861	0,548	0,461	0,094	0,297
	Mujer	28					
Edad	Menos de 25	35	0,048	0,008	0,276	0,017	0,056
	Más de 25	15					
Consumo Habitual	No	12	0,193	0,217	0,770	0,621	0,485
	Si	38					
Frecuencia de consumo	Nunca	9	0,266	0,184	0,550	0,753	0,578
	4 veces/mes	16					
	Más de 4 veces/mes	25					

N: número de consumidores

En lomo de CB sí se detectaron varias diferencias en función de la edad del consumidor. Así, la aceptación general del producto ($p < 0,05$), el aspecto ($p < 0,01$) y la textura ($p < 0,05$), fueron mejor aceptadas por el conjunto de consumidores mayores de 25 años. Son escasas las referencias acerca del grado de aceptación a nivel de consumidor del lomo curado procedente de distintas razas. Uno de los trabajos es el realizado por Ventanas *et al.* (2007), donde también observaron efecto de la edad del consumidor, en el grado de aceptación del lomo curado con porcentajes

diferentes de grasa intramuscular, siendo la población mayor de 25 años la que se decantó por el producto de mayor contenido en grasa, probablemente por la asociación de este factor con la calidad.

Como se verá posteriormente (tabla IV.22), los valores medios de puntuación para consumidores habituales de productos curados derivados del cerdo fueron superiores para todos los parámetros en lomo curado de CM, aunque la diferencia no fue significativa ($p > 0,05$). El mismo fenómeno se observó en CB a excepción del olor, que gustó más a consumidores no habituales pero, de igual forma, tampoco se dieron diferencias significativas ($p > 0,05$).

También se observó, en líneas generales, que la evaluación de los atributos estudiados, tanto en lomo curado de CM como en lomo de CB, fue mejor, a medida que es mayor la frecuencia de consumo de los panelistas, aunque esta característica del panel de consumidores no influyó en la evaluación de forma significativa ($p > 0,05$).

La tabla IV.22 muestra los valores medios y las desviaciones estándar de los distintos parámetros evaluados en lomo curado de CM y lomo de CB por el panel de consumidores. También se muestran los resultados clasificados en función de las características de los consumidores participantes en la prueba (sexo, edad, consumo habitual y frecuencia de consumo), con la finalidad de comprobar el efecto de la raza en la valoración de cada uno de los grupos de población estudiados.

La aceptación general ($p < 0,001$), así como el aspecto ($p < 0,001$), el olor ($p < 0,001$), la textura ($p < 0,001$) y el sabor ($p < 0,001$) estuvieron influenciados por la raza. Todos ellos fueron puntuados con valores superiores en lomo de CM respecto al de CB, por todos los consumidores. Los parámetros de composición con mayor influencia en la aceptabilidad fueron el contenido en GMI, los MUFA (C18:1), y el contenido en humedad (correlación: 0,73; 0,93 y -0,77; respectivamente).

Tabla IV.22. Efecto de la raza en la evaluación sensorial de consumidores del lomo curado de Chato Murciano (CM) y de cerdo blanco (CB). Puntuaciones medias y desviación estándar.

	N	Raza	Aceptación general		Aspecto		Olor		Textura		Sabor	
Todos los consumidores	50	CM	4,57±0,77	***	4,49±0,93	***	4,28±0,92	***	4,35±0,94	***	4,37±1,04	***
		CB	3,29±0,99		3,31±0,92		3,19±1,14		3,05±1,04		3,19±1,05	
Sexo												
Hombre	22	CM	4,58±0,75	***	4,40±1,06	***	4,30±0,97	***	4,33±1,02	***	4,35±1,12	***
		CB	3,28±0,96		3,26±0,99		3,10±1,12		2,87±1,10		3,08±1,04	
Mujer	28	CM	4,56±0,82	***	4,64±0,70	***	4,24±0,88	**	4,40±0,82	***	4,40±0,91	**
		CB	3,32±1,07		3,40±0,82		3,32±1,16		3,32±0,90		3,36±1,07	
Edad												
Menos de 25	35	CM	4,65±0,72	***	4,65±0,67	***	4,41±0,80	***	4,57±0,86	***	4,46±0,98	***
		CB	3,08±1,17		3,05±0,97		3,05±1,31		2,78±1,08		2,97±1,06	
Más de 25	15	CM	4,46±0,83	***	4,29±1,20	*	4,11±1,06	**	4,07±0,97	*	4,25±1,11	**
		CB	3,57±0,92		3,67±0,73		3,37±0,83		3,41±0,90		3,48±0,97	
Consumo habitual												
No	12	CM	4,55±0,70		4,35±1,13	**	4,05±0,99	*	4,05±1,23	**	4,30±1,22	**
		CB	3,05±1,20	***	3,10±1,02		3,25±1,37		2,95±1,05		3,05±1,23	
Si	38	CM	4,58±0,81	***	4,56±0,84	***	4,38±0,88	***	4,49±0,75	***	4,40±0,96	***
		CB	3,40±0,88		3,41±0,87		3,16±1,03		3,09±1,05		3,25±0,96	
Frecuencia de consumo												
Nunca	9	CM	4,52±0,70	***	4,33±0,70	***	4,05±0,97	*	4,05±1,20	**	4,29±1,20	**
		CB	3,00±1,20		3,05±1,02		3,14±1,42		2,90±1,04		3,00±1,22	
4 veces/mes	16	CM	4,50±0,92	***	4,61±0,73	***	4,36±0,95	***	4,36±0,87	***	4,21±1,03	**
		CB	3,43±0,99		3,54±0,92		3,07±1,01		3,11±1,16		3,32±1,05	
Más de 4 veces/mes	25	CM	4,75±0,57	***	4,50±1,03	**	4,44±0,81	**	4,75±0,44	***	4,75±0,77	***
		CB	3,44±0,63		3,27±0,70		3,47±0,91		3,13±0,83		3,20±0,77	

N: número de consumidores

ANOVA (efecto de la raza): *(p <0,05); ** (p <0,01); *** (p <0,001).

Al igual que se ha observado en lomo Ibérico (Ruíz *et al.*, 2002; Ventanas *et al.*, 2007), los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de consumidores están muy relacionados con los del análisis descriptivo, de tal forma que, el lomo de CM obtuvo mayores puntuaciones en la evaluación del aspecto, debido a su color y brillo más intenso, al nivel de veteado y al mayor tamaño de las vetas observados (correlación: 0,74; 0,71; 0,65 y 0,70; respectivamente), según los resultados obtenidos en el análisis sensorial descriptivo (apartado IV.2.4.2).

Los consumidores otorgaron puntuaciones superiores a la la textura del lomo de CM, de mayor dureza y menor adhesividad. De hecho, se estableció una correlación positiva ($p < 0,05$) entre la aceptación de la textura (del análisis sensorial de consumidores), y los atributos descriptivos de dureza y la jugosidad (correlación: 0,89 y 0,67; respectivamente), así como una negativa ($p < 0,05$) entre la aceptación de la textura y el atributo descriptivo de adhesividad (correlación: -0,76).

De la misma manera, se estableció una correlación positiva ente la aceptación del olor, y la intensidad de olor y olor a curado descriptivos (correlación: 0,79 y 0,75; respectivamente), así como otra positiva entre la valoración del sabor por los consumidores, y la intensidad del flavor, el flavor a curado y el regusto, evaluados por el panel de cata entrenado (correlación: 0,85; 0,78 y 0,76; respectivamente), lo que puede ser considerado como la principal causa de la preferencia del olor y el sabor del lomo de CM, por el panel de consumidores.

Cuando se estudió la aceptación del producto en función del género del consumidor se observó que, tanto hombres como mujeres dieron puntuaciones más altas a la aceptación general, así como al aspecto, olor textura y sabor del lomo de CM (Hombres: $p < 0,001$, $p < 0,001$, $p < 0,001$, $p < 0,001$ y $p < 0,001$, respectivamente; Mujeres: $p < 0,001$, $p < 0,001$, $p > 0,05$ y $p < 0,001$, respectivamente) (tabla IV.22), a pesar de que en el caso de la evaluación del olor por parte de las mujeres, la diferencia entre genotipos no fue estadísticamente significativa ($p > 0,05$).

Respecto a la edad del consumidor, puede decirse que el conjunto de población estudiada menor de 25 años puntuó todas las variables de las muestras de CM (aceptación general, aspecto, olor, textura y sabor) con valores significativamente superiores a los de CB ($p < 0,001$), mientras que mayores de 25 años también puntuaron por encima el lomo de CM aunque, sólo en el caso de la aceptación general, el nivel de significación fue de $p < 0,001$, sin verse afectados por la raza el resto de atributos evaluados ($p > 0,05$).

Tanto en consumidores habituales como en los no habituales, la elección estuvo muy influenciada por la raza, sobre todo entre los habituales, donde se obtuvieron diferencias entre genotipos altamente significativas, tanto en la aceptación general, como en el resto de atributos estudiados ($p < 0,001$ en todos los casos).

Si se estudia el efecto de la raza en función a la frecuencia de consumo por parte del panel de consumidores participantes en este trabajo, tanto los que nunca consumen, como los que lo hacen 4, o más de 4 veces al mes, se decantaron por las muestras de lomo que se elaboran a partir de cerdo CM, otorgando puntuaciones superiores tanto en los atributos valorados de forma individual (aspecto, olor, textura y sabor) como en la aceptación general del producto. En todos los casos, la elección estuvo muy influenciada por la raza.

IV.3. ESTUDIO 3: ESTUDIO PRELIMINAR DEL JAMÓN CURADO DE CERDO CHATO MURCIANO DURANTE EL PROCESADO

IV.3.1. Composición del jamón curado

La tabla IV.23 muestra los resultados obtenidos en la determinación del contenido en humedad, grasa intramuscular (GIM), cloruro sódico (NaCl), cenizas y proteína bruta, del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado.

El contenido en humedad ($p < 0,001$), cloruro sódico ($p < 0,001$), cenizas ($p < 0,001$) y proteína bruta ($p < 0,01$) se vieron afectados por el tiempo de

procesado, mientras que el contenido en GMI, no evolucionó significativamente ($p>0,05$).

Tabla IV.23. Evolución de la composición del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio y desviación estándar.

	Tiempo de procesado					P
	Día 0	14 meses	18 meses	22 meses	24 meses	
Humedad¹	72,23±0,81 _c	47,22±2,92 _b	44,75±0,64 _{ab}	41,06±1,33 _a	41,47±3,30 _a	***
Grasa Intramuscular²	21,50±4,97 _a	19,47±3,52 _a	25,39±3,87 _a	21,44±8,66 _a	18,31±1,47 _a	ns
Cloruro sódico²	0,41±0,02 _a	5,57±0,23 _b	5,67±0,04 _b	5,73±0,031 _b	5,75±0,05 _b	***
Cenizas²	4,11±1,45 _a	14,24±2,02 _b	13,13±1,28 _b	12,89±1,05 _b	13,13±2,55 _b	***
Proteína Bruta²	83,60±4,83 _b	60,91±8,99 _a	59,98±1,48 _a	61,68±8,00 _a	66,52±4,77 _a	**

¹Porcentaje sobre materia seca. ²g/100g de materia seca.

ANOVA (efecto del procesado): ns (no significativo = $p>0,05$); ** ($p<0,01$); *** ($p<0,001$).

^{a,b,c} Valores medios del mismo parámetro sin subíndices comunes son estadísticamente diferentes (Test de Tukey, $p<0,05$).

Se puede observar que los valores de humedad descendieron progresivamente ($p<0,001$) al aumentar el tiempo de procesado, lo que concuerda con los resultados obtenidos por otros autores (Cava *et al.*, 1999; Vestergaard, Schivazappa y Virgili, 2000; Jurado *et al.*, 2007) en distintos tipos de jamón curado. El descenso más importante del contenido en humedad del producto durante la maduración (desde el mes 14 hasta el mes 24), tuvo lugar entre los 18 y los 22 meses, sin observarse disminución significativa desde este momento, hasta los 24 meses de procesado. Los valores de humedad del producto final, se encuentran por debajo de los obtenidos por Carrapiso y García (2008) en jamón curado procedente de distintas líneas de cerdo Ibérico con 22 meses de procesado (describen valores en torno a un 48%).

El contenido en GIM no se modificó significativamente ($p>0,05$). Los valores obtenidos para este parámetro al final del procesado estuvieron en torno a 10g/100g de producto, superiores a los observados en otras razas autóctonas (que también presentan un alto potencial adipogénico) alimentadas con dietas comerciales: 5,47g/100g en Ibérico (Ventanas, Ventanas y Ruíz, 2007); 5,3g/100g en jamón de Corsica y 2,6g/100g en

jamón de Bayona (Gandemer, 2009) y 3,57g/100g en jamón de Parma (Lo Fiego *et al.*, 2005), así como también superiores a los observados en jamón Serrano (4,8g/100g), por Jiménez-Colmenero, Ventanas y Toldrá (2009). La variabilidad de GIM fue muy alta, evidenciando la necesidad de estandarización de esta raza respecto a este parámetro, al igual que se ha observado al estudiar el lomo curado.

Durante la elaboración del jamón curado, una de las etapas más relevantes es la etapa de salado, constituyendo la primera fase de estabilización del producto. En esta etapa se utilizan las denominadas sales de curado, cuya composición consiste fundamentalmente en cloruro sódico. El valor de NaCl del jamón de CM durante la fase de maduración (desde el mes 14 hasta el 24 de procesado) estuvo por debajo (entre 5,57% y 5,75%) del nivel máximo permitido por el sistema de calidad del Jamón Serrano (DOUE, 1998), que establece la concentración máxima en un 15% de NaCl sobre la composición. Este aspecto es favorable desde el punto de vista de la calidad nutritiva y la salud, respondiendo a la tendencia actual del consumo de alimentos bajos en sodio, lo que ha motivado la realización de numerosos estudios sobre la reducción del contenido en sodio de productos curados (Gou *et al.*, 1996; Arnau, Guerrero y Sárraga, 1998; Gil, Guerrero y Sárraga, 1999; Costa-Corredor *et al.*, 2009; Fulladosa *et al.*, 2009).

Los valores de NaCl observados en jamón de CM se acercan a los obtenidos por Fantazzini *et al.* (2009) en distintas localizaciones musculares del jamón de Parma (entre 4,59% y 5,72% de NaCl), al igual que a los obtenidos por Martín *et al.* (2001) en jamón de cerdo Ibérico, en el que se describen porcentajes de NaCl comprendidos entre un 5,35% a los 6 meses, y un 5,85% a los 20 meses de procesado. Los valores descritos por Arnau, Guerrero y Gou (1997) en jamón de cerdo blanco fueron superiores (10%-12%), debido a que este tipo de jamón presenta un menor contenido en GIM, aspecto que favorece los procesos de captación y difusión de la sal (Martín *et al.*, 1997).

En relación al contenido en cenizas, el valor del jamón de CM aumentó significativamente ($p < 0,001$) entre el día 0 y el mes 14 de procesado del jamón, no modificándose ($p > 0,05$) durante el periodo de

maduración estudiado (desde el mes 14 hasta el 24 de procesado). Este fenómeno es debido, fundamentalmente, a la incorporación de sal a la pieza, tras la etapa de salado. De hecho, se ha observado una evolución paralela durante el procesado entre la evolución de cenizas y la del contenido en NaCl. El mismo fenómeno observó Larrea (2003) al estudiar el proceso de elaboración del jamón curado “D.O. Teruel”.

El valor de proteína bruta disminuyó significativamente ($p < 0,01$) hasta los 14 meses de procesado, debido fundamentalmente a los fenómenos proteolíticos que tienen lugar durante las primeras etapas del proceso de elaboración del jamón curado. Así, este fenómeno se debe a la pérdida, por difusión hacia el exterior, de componentes de bajo peso molecular generados por la proteólisis (Martín *et al.*, 1998). Ruíz-Ramírez *et al.* (2006) describieron contenidos de proteína bruta en jamón Ibérico, al final del proceso, ligeramente superiores (valores en torno al 85% respecto a la muestra en seco) a los observados en jamón de CM.

Por tanto, se puede afirmar que las modificaciones más significativas de composición del jamón curado de CM tienen lugar durante las primeras fases del proceso de elaboración, mientras que, entre los meses 14 y 24 de procesado (correspondientes a la etapa de maduración) no se van a producir modificaciones importantes en la composición proximal del producto.

IV.3.2. Proteólisis del jamón curado

IV.3.2.1. Fracciones nitrogenadas

La tabla IV.24 muestra los resultados obtenidos en el análisis de nitrógeno total (NT) y nitrógeno no proteico (NNP), del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado.

Tabla IV.24. Evolución del contenido en nitrógeno total (NT) y nitrógeno no proteico (NNP) del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (% peso en fresco) y desviación estándar.

	Tiempo de procesado					P
	Día0	14 meses	18 meses	22 meses	24 meses	
NT	3,85±0,27 _a	5,11±0,52 _b	5,30±0,10 _{ab}	5,80±0,63 _{ab}	6,23±0,62 _c	***
NNP	0,10±0,01 _a	0,28±0,03 _b	0,29±0,00 _b	0,30±0,04 _b	0,37±0,04 _c	***

ANOVA (efecto del tiempo de procesado): *** (p<0,001).

^{a,b,c} Valores medios del mismo parámetro sin subíndices comunes son estadísticamente diferentes (Test de Tukey, p<0,05).

Se puede observar que el tiempo de procesado influyó significativamente tanto en el contenido en NT (p<0,001), como en el de NNP (p<0,001).

Al igual que se observó en lomo curado, el contenido en NT aumentó de forma significativa (p<0,001), desde un 3,85% hasta un 6,23% sobre la composición total del músculo, como consecuencia de la pérdida de humedad. Lo mismo se ha observado en otros tipos de jamón curado como Ibérico (Córdoba *et al.*, 1994; Martín *et al.*, 1998) y jamón de Teruel (Larrea, 2003).

Los valores de NNP aumentaron un 73% durante el proceso de elaboración (p<0,001). El principal aumento tuvo lugar entre el día 0 (pieza muscular) y los 14 meses de procesado (p<0,05). A partir de este momento, se observó un ligero incremento del NNP, que no resultó ser significativo hasta el mes 24 de procesado. Este incremento de la fracción de NNP fue similar al del lomo curado de CM y, del mismo modo, se atribuye a la actividad de proteinasas y aminopetidases, sobre las proteínas y los polipéptidos presentes en el músculo, que tiene lugar durante el proceso de elaboración del jamón (Toldrá, Flores y Sanz, 1997; Toldrá, 1998; Toldrá, 2002; Lametsch *et al.*, 2003; Di Luccia *et al.*, 2005; Nagaraj y Santhanam, 2006; Mora, 2010).

Los valores de NNP del jamón de CM, obtenidos a los 24 meses de procesado fueron superiores a los obtenidos por Pérez-Palacios *et al.* (2010) en jamón Ibérico, y muy similares a los de Córdoba *et al.* (1994) y Martín *et*

al. (1998) también en Ibérico. Estos autores observaron un aumento de los valores de NNP durante la etapa de salado del producto, y otro durante el secado.

En base a la evolución del NNP y a los valores obtenidos en el producto final para este parámetro (tabla IV.24), puede decirse que, en el jamón curado de CM tiene lugar una proteólisis moderada. Este hecho repercute favorablemente en el producto ya que, un exceso de proteólisis no es positivo, pues se ha asociado con una textura no aceptable, en estudios sensoriales y de consumidores (Parolari *et al.*, 1994). Por otra parte, una proteólisis muy intensa, también da lugar a una alta concentración de compuestos nitrogenados de bajo peso molecular, que pueden alterar el sabor típico del jamón curado, resaltando el sabor amargo y metálico (Virgili *et al.*, 1995), lo que también se verá reflejado en sus características sensoriales.

IV.3.2.2. Evolución de los aminoácidos libres

En tabla IV.25 se muestra la evolución de los aminoácidos libres (AAL) (mg AAL/g extracto seco) del jamón curado de Chato Murciano (CM) durante el procesado.

La concentración de todos los aminoácidos estudiados evolucionó de forma significativa durante el período estudiado ($p < 0,001$). Así, el contenido total de AAL, aumentó un 85% durante los 24 meses de procesado, a pesar de que, en líneas generales, el principal aumento se produjo entre el día 0 y el mes 14 del proceso de elaboración.

Como puede observarse en la tabla IV.25 y en la figura IV.12, durante los últimos meses de procesado se produjo una disminución significativa de las concentraciones de asparagina (Asn), serina (Ser), arginina (Arg), tirosina (Tyr), histidina (His) y lisina (Lys). Los aminoácidos aspártico (Asp), ácido glutámico (Glu), treonina (Thr), glicina (Gly), alanina (Ala), metionina (Met), triptófano (Trp), valina (Val), fenilalanina (Phe), isoleucina (Ile) y leucina (Leu), también se encontraron en cantidades inferiores en el

producto final (24 meses), respecto a la concentración que presentaron a los 14 meses, sin embargo, en este caso no fue significativo ($p > 0,05$).

Tabla IV.25. Evolución del contenido en aminoácidos libres del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg AAL/g extracto seco) y desviación estándar.

	Tiempo de procesado					P
	Día 0	14 meses	18 meses	22 meses	24 meses	
Asp	0,15±0,11 _a	4,09±0,84 _b	3,73±0,70 _b	3,52±1,45 _b	3,40±0,98 _b	***
Glu	0,36±0,08 _a	13,20±2,51 _b	11,41±1,83 _b	10,40±2,84 _b	10,20±2,50 _b	***
Asn	0,09±0,04 _a	0,39±0,10 _{ab}	0,67±0,20 _b	0,65±0,40 _b	0,36±0,19 _{ab}	***
Ser	0,29±0,11 _a	0,91±0,28 _c	0,92±0,36 _c	0,43±0,12 _{ab}	0,76±0,29 _{bc}	***
Thr+Gly	0,67±0,22 _a	2,30±0,53 _b	2,35±0,49 _b	2,40±1,11 _b	2,42±0,69 _b	***
Arg	2,86±0,57 _a	7,40±1,32 _c	7,44±1,29 _c	5,23±1,40 _b	5,48±1,31 _b	***
Ala	1,04±0,35 _a	7,92±1,58 _b	7,51±2,89 _b	8,21±2,18 _b	9,08±2,17 _b	***
Tyr	0,15±0,10 _a	2,93±0,44 _{bc}	3,16±0,39 _c	2,53±0,75 _{bc}	2,48±0,41 _b	***
His	1,68±0,50 _a	5,58±0,89 _b	5,23±1,34 _b	4,77±1,66 _b	2,59±0,72 _a	***
Met+Trip	0,56±0,14 _a	2,98±0,64 _b	3,64±0,69 _b	3,63±1,42 _b	3,46±0,78 _b	***
Val	0,40±0,15 _a	4,54±0,81 _b	4,98±1,25 _b	4,50±1,60 _b	4,08±0,73 _b	***
Phe	0,36±0,17 _a	3,97±0,45 _b	4,23±0,48 _b	4,30±1,47 _b	4,53±1,66 _b	***
Iso	0,28±0,09 _a	3,88±0,72 _b	4,35±0,44 _b	4,55±1,81 _b	4,43±0,86 _b	***
Leu	0,39±0,13 _a	7,84±1,54 _b	8,33±1,20 _b	8,21±2,63 _b	8,49±1,83 _b	***
Lys	0,45±0,20 _a	12,03±2,35 _{bc}	13,09±4,00 _c	8,77±4,34 _{bc}	8,32±3,45 _b	***
Total	10,40±2,77 _a	81,21±14,43 _c	81,04±8,45 _{bc}	72,10±32,36 _b	70,07 ±15,08 _c	***

ANOVA (efecto del tiempo de procesado): ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$).

_{a,b,c} Valores medios del mismo parámetro sin subíndices comunes son estadísticamente diferentes (Test de Tukey, $p < 0,05$).

Los resultados de este trabajo coinciden con los de Flores *et al.* (1984) y Astiasarán *et al.* (1989), en los que observaron un aumento de los niveles de AAL totales en jamón curado francés, durante los primeros meses (entre los 3 y los 6 meses), seguido de una disminución hasta el final del procesado (desde el mes 9 hasta el mes 12). Esta disminución de la concentración de AAL durante las últimas etapas del procesado, ha sido atribuida a las reacciones de Maillard y de Strecker (Ventanas *et al.*, 1992; Buscailhon, Gandemer y Monin, 1994; Córdoba *et al.*, 1994; Ruíz *et al.*, 1999; Toldrá,

Aristoy y Flores, 2000), responsables de la degradación de los aminoácidos liberados durante las fases iniciales del proceso de elaboración.

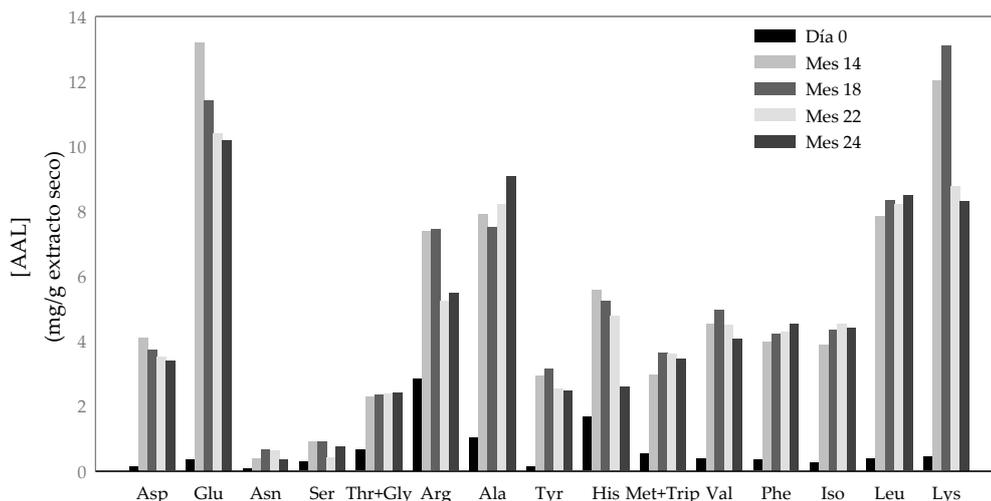


Figura IV.12. Evolución de los aminoácidos libres del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado (mg AAL/100g extracto seco).

Otros autores (Ruíz *et al.*, 1999; Toldrá, Aristoy y Flores, 2000; Martín *et al.*, 2001; Jurado *et al.*, 2007), también observaron este comportamiento en jamón de cerdo Ibérico, mientras que Córdoba *et al.* (1994) y Pérez-Palacios *et al.* (2010), describieron un incremento de la concentración de AAL durante todo el proceso de elaboración del jamón Ibérico, incluso durante las últimas etapas.

La evolución de la concentración de AAL durante el procesado del jamón curado depende, por tanto, de la relación entre la formación y la degradación, por lo que, la disminución en los niveles de AAL en los últimos meses, probablemente indica que la degradación de estos compuestos fue más activa que su producción durante este período. Esto ha sido atribuido a varios fenómenos. En primer lugar, los aminoácidos se liberan de las proteínas de la carne como consecuencia de la actividad proteasa, determinada por la temperatura (Toldrá *et al.*, 1997), por lo que la misma dependerá directamente de las condiciones de procesado. Además,

esta actividad proteasa es mayor al comienzo del proceso que al final, por ejemplo, la enzima alanil-aminopeptidasa, responsable de la hidrólisis de un amplio espectro de aminoácidos por el extremo amino terminal de las proteínas, se mantiene activa durante los primeros 240 días de tratamiento (Toldrá, Aristoy y Flores, 2000). Otros factores que determinan la actividad proteolítica son la concentración de sal y la actividad de agua. Por un lado, la sal se comporta como un eficaz inhibidor de proteasas musculares (Flores *et al.*, 1997b) y, por otro lado, una baja actividad de agua, también disminuye la actividad de la proteasa de la carne (Toldrá *et al.*, 1992), y en consecuencia, la liberación de aminoácidos.

De este modo, la actividad de las exopeptidasas se va a reducir al final del tratamiento, debido al efecto inhibidor de la sal, la desecación, y la proteólisis de las propias enzimas. Además, también se ha descrito que los propios AAL pueden comportarse como inhibidores de los fenómenos proteolíticos (Touraille y Girard, 1985).

Por otra parte, hay que tener en cuenta que, parte de los aminoácidos liberados, se van a degradar durante las etapas de secado y maduración, generando compuestos volátiles (Buscailhon, Berdague y Monin, 1993), de forma que su concentración disminuirá durante los últimos meses de procesado.

La concentración total de aminoácidos del jamón de CM con 24 meses fue inferior a las observadas por otros autores en jamón Ibérico (Toldrá, Aristoy y Flores, 2000; Jurado *et al.*, 2007; Pérez-Palacios *et al.*, 2010). Sin embargo, fue ligeramente superior a la descrita por otros autores, también en jamón Ibérico (Córdoba *et al.*, 1994; Ruíz *et al.*, 1999; Martín *et al.*, 2001). Todo ello ha sido atribuido a las diferencias descritas respecto al nivel de actividad proteolítica entre cerdos de distinta raza y diferentes edades (Toldrá *et al.*, 1996; Rosell y Toldrá, 1998). Además, como se ha comentado anteriormente, estas diferencias entre los niveles de AAL del jamón, también son debidas a las condiciones de temperatura del procesado, así como a la concentración de sal, de forma que todo ello va a condicionar la actividad enzimática del producto. Así, Virgili *et al.* (1999) encontraron una correlación negativa entre el contenido en AAL y el contenido en sal del

producto, coincidiendo con Ruíz *et al.* (1999), que asociaron las bajas concentraciones de sal, con altos niveles de AAL.

Respecto al perfil de AAL, Arg, His, Ala, treonina y glicina (Thr+Gly), por este orden, fueron los aminoácidos mayoritarios el día 0 (figura IV.13). En jamón Ibérico, al inicio del procesado, se han descrito taurina, glutamina, alanina, lisina y glicina como aminoácidos mayoritarios (Pérez-Palacios *et al.*, 2010). Taurina y glutamina no han sido identificados en jamón de CM, debido a que no aparecen como mayoritarios en el perfil aminoacídico del producto final.

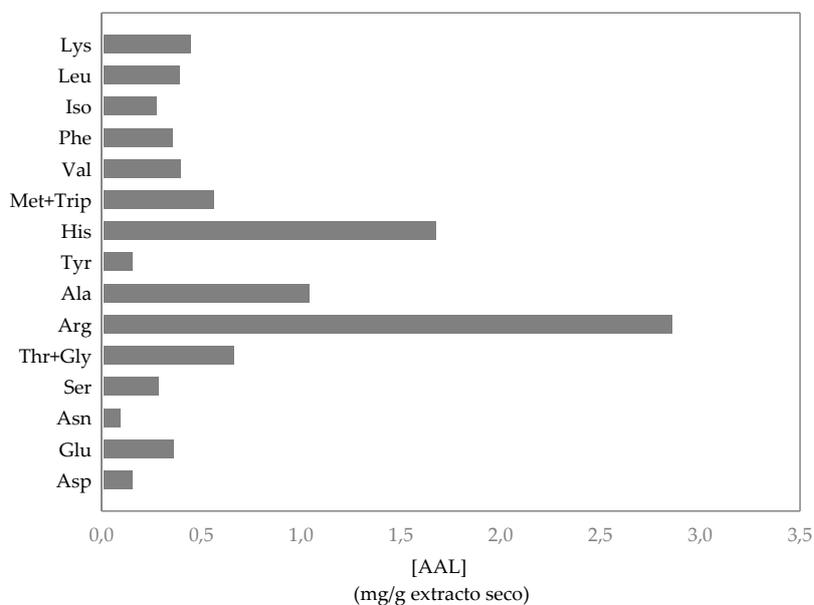


Figura IV.13. Perfil de aminoácidos libres del jamón curado de Chato Murciano el día 0 de procesado (mg AAL/100g extracto seco).

A los 24 meses, los AAL más abundantes fueron Glu, Lys, Ala, Leu y Arg (figura IV.14). Este perfil de AAL del producto final fue similar al descrito en jamón Ibérico (Ruíz *et al.*, 1999; Jurado *et al.*, 2007; Pérez-Palacios *et al.*, 2010), jamón serrano (Toldrá *et al.*, 1992) y en jamón de Parma (Careri *et al.*, 1993).

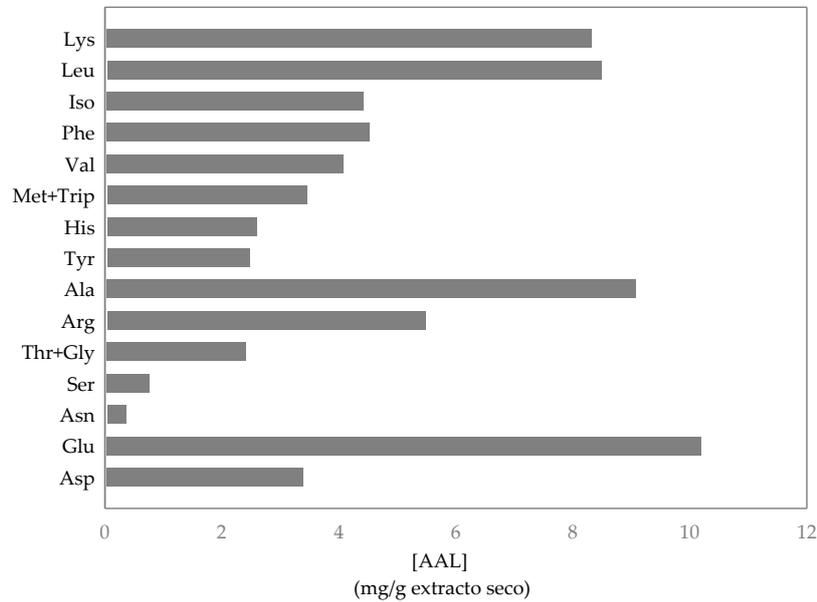


Figura IV.14. Perfil de aminoácidos libres del jamón curado de Chato Murciano el mes 24 de procesado (mg AAL/100g extracto seco).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la evolución del NNP (apartado IV.3.2.1) y de los AAL del jamón de CM, puede decirse que se trata de un producto que soporta largos tiempos de curado, sin verse afectado por una intensa proteólisis en la etapa de maduración. Durante los últimos meses de procesado, algunos aminoácidos se degradan, lo que indica que se están formando productos derivados que constituirán su perfil volátil. Algunos de los que más repercusión tienen sobre el mismo son metanal, etanal, 2-metilpropanal, 3 metilbutanal, 2-metilbutanal, 2-feniletanal y metional, derivados de los aminoácidos Gly, Ala, Val, Leu, Iso, Phe y Met, respectivamente.

Además, al observar su perfil aminoácidico (figura IV.14), hay que destacar que el ácido glutámico se presentó como aminoácido mayoritario. Este aminoácido ha sido descrito como uno de los que más impacto presentan en el flavor de la carne (Maga, 1998; Schlichtherle-Cerny y Grosch, 1998), y se ha asociado con el término “umami”, que hace referencia a un agradable sabor ligeramente dulce y amargo (Maga, 1998). Por tanto, el ácido glutámico va contribuir a las propiedades de sabor del jamón de CM

de forma notable, puesto que su concentración (tabla IV.25) estuvo por encima del umbral de percepción sensorial (300mg/L; Kato, Ra Rhue y Nishimura, 1989).

IV.3.3. Lipólisis de la grasa intramuscular del jamón curado

La tabla IV.26 muestra los resultados obtenidos en la determinación del contenido total de ácidos grasos (mg de ésteres metílicos/g de grasa intramuscular) de las fracciones de lípidos neutros (LN), fosfolípidos (FL) y ácidos grasos libres (AGL), del jamón curado de Chato Murciano (CM) durante el procesado.

Tabla IV.26. Evolución de la concentración total de los ésteres metílicos de los ácidos grasos de las fracciones de lípidos neutros (LN), fosfolípidos (FL) y ácidos grasos libres (AGL) del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g de grasa intramuscular) y desviación estándar.

	Tiempo de procesado					P
	Día 0	14 meses	18 meses	22 meses	24 meses	
LN	3.221,01±17,231 _c	2.783,01±260,31 _{bc}	1.956,96±38,09 _{ab}	1.645,94±535,25 _a	1.929,11±426,41 _{ab}	**
FL	23,45±0,97 _c	9,04±0,42 _b	3,77±0,69 _a	3,07±0,62 _a	2,85±0,40 _a	***
AGL	18,26±1,24 _a	61,91±10,93 _b	101,72±9,38 _c	104,95±3,80 _c	112,60±12,11 _c	***

ANOVA (efecto del procesado): ** (p<0,01); *** (p<0,001).

^{a,b,c} Valores medios del mismo parámetro sin subíndices comunes son estadísticamente diferentes (Test de Tukey, p<0,05).

El tiempo de procesado del jamón de CM afectó significativamente al contenido total de ácidos grasos de todas las fracciones lipídicas, observándose un descenso significativo en LN (p<0,01) y FL (p<0,001), y un incremento en AGL (p<0,001). Este comportamiento es el mismo que se ha observado en lomo curado de CM.

El principal descenso de LN y FL se produjo hasta los 18 y 14 meses, respectivamente, no observándose cambios significativos (p>0,05) en estas fracciones durante el resto del procesado. El descenso total fue del 60% y del 88% en LN y FL, respectivamente. Los AGL totales mostraron una

evolución opuesta, observándose un incremento total del 84%, que resultó ser significativo ($p < 0,05$) hasta los 18 meses de procesado.

Motilva *et al.* (1993) describieron una tendencia similar a la del jamón de CM en la evolución de las fracciones lipídicas de jamón blanco, con un tiempo de procesado de 15 meses.

Como se observa en la figura IV.15, los LN pasaron de representar un 98,72% del contenido total lipídico al inicio del proceso, a suponer un 94,62% y un 94,35% en los meses 22 y 24. Por lo tanto, se considera el principal sustrato de la lipólisis, aunque no el único, puesto que los FL pasaron de suponer un 0,72% respecto al total de ácidos grasos, en el jamón sin procesar (día 0), a un 0,13% al final del procesado. Petrón *et al.* (2004) describieron, en jamón curado de cerdo Ibérico con 21 meses de procesado, un contenido en triglicéridos ligeramente por debajo del observado en CM (92%), y una proporción superior de fosfolípidos (4,5%), respecto a los lípidos totales

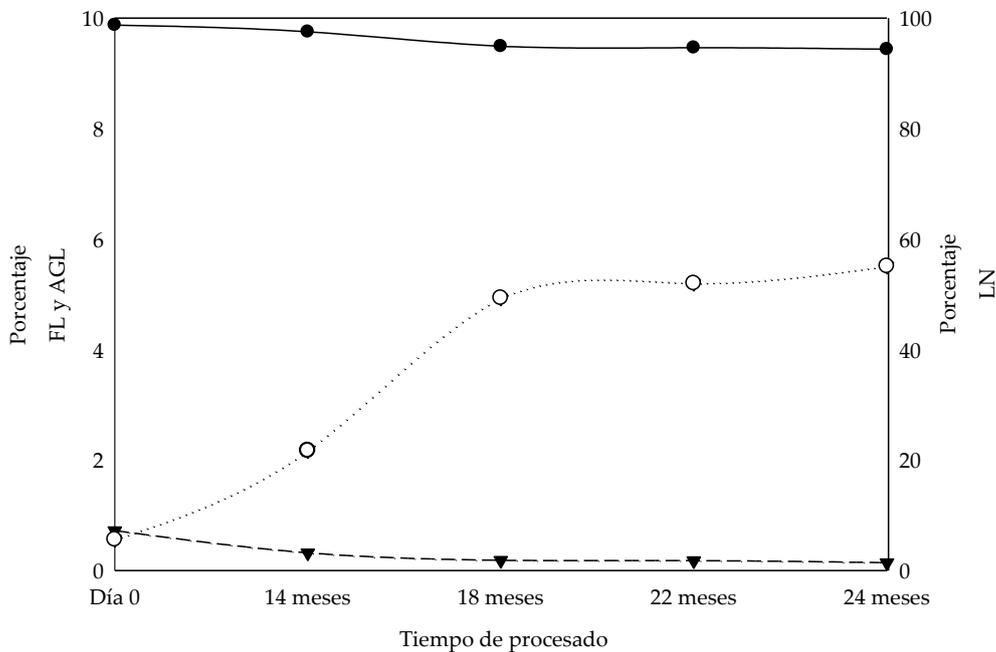


Figura IV.15. Evolución (%) de los ésteres metílicos de los ácidos grasos totales de las fracciones de lípidos neutros (LN) (●), fosfolípidos (FL) (▼) y ácidos grasos libres (AGL) (○) del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado.

Por el contrario, los AGL se incrementaron desde un 0,55% que presentó el día 0, hasta un 5,50% a los 24 meses de procesado, debido a la hidrólisis de los LN y los FL (figura IV.15). Martín *et al.* (1999) y Gandemer (2002), observaron que la hidrólisis de los LN aportaba la mayor parte del total de AGL, en jamones con un alto contenido en grasa intramuscular, como los procedentes del cerdo Ibérico o del cerdo Corso. Sin embargo, la lipólisis de los LN fue baja en jamones de Bayona, Parma y jamón Serrano de cerdo blanco, productos en los que los FL se han descrito como los principales sustratos de la hidrólisis lipídica (Buscailhon y Monin, 1994; Flores *et al.*, 1985; Motilva *et al.*, 1994).

Los resultados obtenidos demuestran que la lipólisis más intensa se produjo entre el día 0 y el mes 18 de procesado, momento a partir del que tuvo lugar un equilibrio entre liberación y degradación de AGL, hasta los 24 meses de procesado. A partir de los 22 meses, los fenómenos lipolíticos en el jamón curado de CM no fueron muy intensos, disminuyendo la liberación de AGL. Motilva *et al.* (1993), observaron en jamón Ibérico que, tanto las lipasas ácidas como las neutras, aumentaron su actividad durante el proceso de elaboración, presentando una actividad máxima a los 6 meses. Flores *et al.* (2009) describieron, también en jamón Ibérico, un incremento del contenido en AGL durante todo el procesado (24 meses), a pesar de que observaron que la actividad de fosfolipasas disminuyó a partir de la etapa de postsalado.

La tabla IV.27 muestra las concentraciones (mg de ésteres metílicos/g de grasa intramuscular) de los ácidos grasos de la fracción de LN del jamón curado de CM durante el procesado.

Se puede observar que el ácido graso mayoritario, a lo largo de todo el procesado, fue el ácido oleico (C18:1), que representó valores de alrededor de un 47%, respecto al contenido total de ácidos grasos de los LN. Le siguieron cuantitativamente el palmítico (C16:0), el linoleico (C18:2) y el esteárico (C18:0), con valores en torno a 22%, 11% y 10%, respectivamente. Los ácidos grasos minoritarios durante todo el proceso fueron el palmitoléico (C16:1), el araquidónico (C20:4), el mirístico (C14:0), el

linolénico (C18:3) y el araquídico (C20:0) que, en conjunto, suponen un porcentaje total cercano al 8%.

Tabla IV.27. Evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos de los lípidos neutros (LN) del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g grasa intramuscular) y desviación estándar.

	Tiempo de procesado					p
	Día 0	14 meses	18 meses	22 meses	24 meses	
C14:0	37,73±4,14 _b	41,35±6,05 _b	23,35±0,32 _a	18,89±5,58 _a	23,97±4,32 _a	***
C16:0	741,66±27,44 _c	609,33±67,70 _{bc}	454,11±2,86 _{ab}	370,00±120,96 _a	439,63±100,80 _{ab}	**
C16:1	106,85±12,54 _{ab}	134,27±18,87 _b	67,76±12,66 _a	62,45±20,67 _a	67,26±17,59 _a	**
C18:0	356,92±11,99 _b	231,51±38,26 _a	228,13±27,04 _a	173,73±64,56 _a	216,72±53,67 _a	**
C18:1	1.537,37±96,75 _b	1.369,24±1.32,65 _b	905,25±16,82 _a	741,99±207,08 _a	914,42±187,33 _a	***
C18:2	366,72±36,45 _b	327,73±39,77 _{ab}	221,69±6,17 _a	216,58±84,08 _a	210,74±42,14 _a	**
C18:3	14,89±1,43 _c	12,36±4,08 _{bc}	6,42±0,61 _a	7,47±2,08 _{ab}	7,11±1,04 _{ab}	**
C20:0	4,63±0,49 _a	3,26±0,43 _{ab}	3,02±0,27 _a	2,42±0,75 _a	3,01±0,81 _a	*
C20:4	54,20±7,81 _a	53,92±4,52 _a	47,20±2,70 _a	52,38±29,47 _a	46,23±24,12 _a	ns
ΣSFA	1.140,95±41,23 _b	885,46±96,75 _{ab}	708,61±29,85 _a	565,04±191,86 _a	683,34±158,90 _a	**
ΣMUFA	1.644,24±102,20 _b	1.503,52±151,43 _b	973,02±4,15 _a	804,45±227,75 _a	981,68±204,70 _a	***
ΣPUFA	435,82±45,30 _a	394,01±42,05 _a	275,33±4,08 _a	276,44±115,63 _a	264,08±65,50 _a	*

SFA: ácidos grasos saturados; MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados.

ANOVA (efecto del procesado): ns (no significativo= $p>0,05$); * ($p<0,05$); ** ($p<0,01$); *** ($p<0,001$).

^{a,b,c} Valores medios del mismo parámetro sin subíndices comunes son estadísticamente diferentes (Test de Tukey, $p<0,05$).

Los ácidos grasos mayoritarios del jamón de CM coincidieron con los descritos por Andrés *et al.* (2005) en cerdo Ibérico, tanto en el producto en fresco como en el jamón curado. En otros trabajos (Martín *et al.*, 1999; Andrés *et al.*, 2001 y Petróon *et al.*, 2004) se observó que el C18:1 y el C16:0, fueron los ácidos grasos mayoritarios, seguidos del C18:0 y el C18:2 por este orden, mientras que los ácidos grasos minoritarios siguieron la misma

tendencia que en jamón de CM. Esta variabilidad pone de manifiesto la influencia de distintos factores como la raza o la alimentación, en la composición de los ácidos grasos de distintos tipos de jamón curado, previamente descrita (Cava *et al.*, 1997; Gandemer *et al.*, 2000; Pérez-Palacios *et al.*, 2009).

Las concentraciones de C16:1 y C18:1 disminuyeron significativamente ($p < 0,01$ y $p < 0,001$, respectivamente) de forma que, un 40% del contenido inicial de estos ácidos grasos, fue hidrolizado durante la lipólisis del jamón curado de CM.

También estuvieron afectadas por el tiempo de procesado las concentraciones de C14:0 y C20:0 ($p < 0,001$ y $p < 0,05$, respectivamente), disminuyendo hasta el mes 18. La concentración de ambos permaneció estable desde este mes hasta los 24 meses. Las mermas para estos ácidos grasos en conjunto fueron de un 36,6%. Lo mismo se observó al estudiar el C16:0 y el C18:0, que también disminuyeron ($p < 0,01$) de forma significativa durante el procesado, observándose un descenso de la concentración de ambos en torno a un 40%.

Los ésteres metílicos de los ácidos grasos C18:2 y C18:3 presentaron una concentración significativamente más baja ($p < 0,01$) a los 24 meses, respecto a la del producto fresco (día 0). Las mermas de estos ácidos grasos se situaron en torno a un 40% y 50%, respectivamente. La elevada lipólisis que tuvo lugar en estos ácidos grasos durante el procesado del jamón, también se ha observado en lomo curado de CM, y se ha asociado a la alta especificidad de las lipasas musculares por la posición 3 de las moléculas de triglicéridos, (ubicación de los PUFA) (Molly *et al.*, 1996). No obstante, el C20:4 no estuvo afectado por el tiempo de procesado ($p > 0,05$).

En la figura IV.16.a se puede observar que la fracción de LN presentó una mayor concentración de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) seguida de saturados (SFA), y poliinsaturados (PUFA).

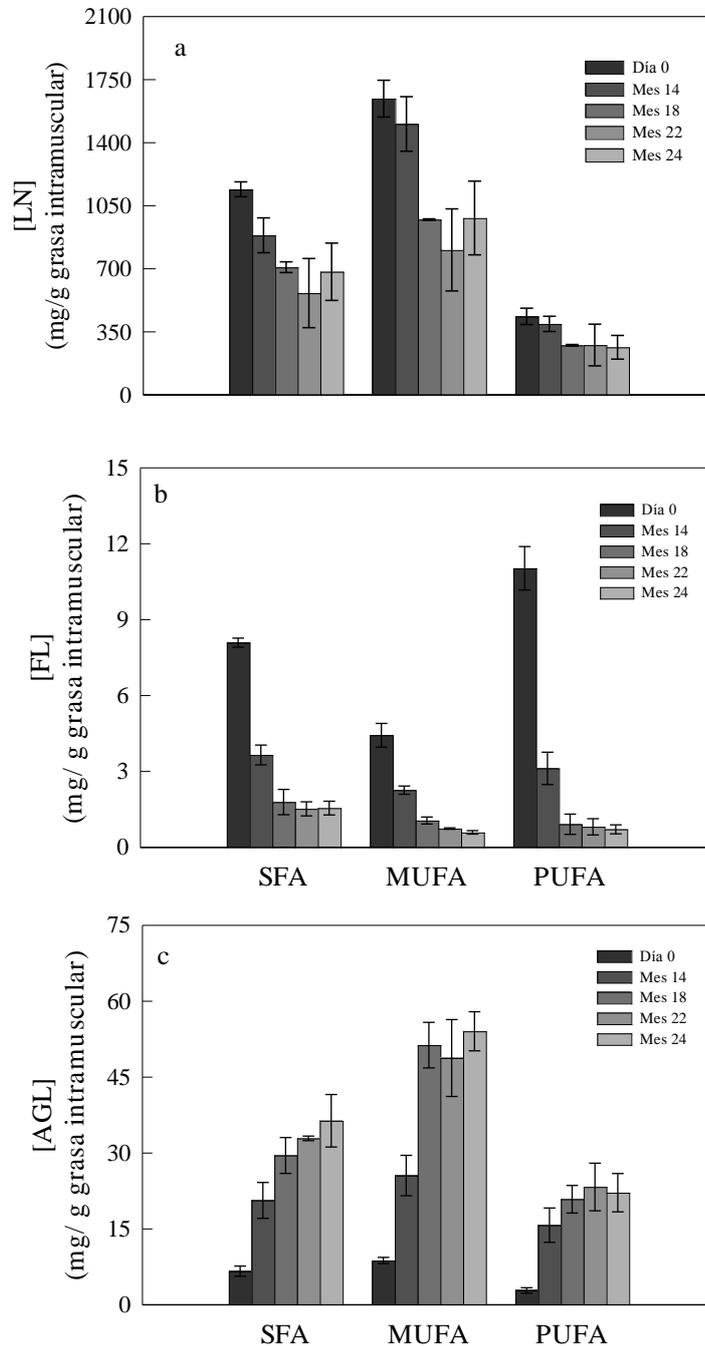


Figura IV.16. Evolución (mg/g de grasa intramuscular) de los ésteres metílicos de los ácidos grasos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) de los lípidos neutros (LN) (a), los fosfolípidos (FL) (b) y los ácidos grasos libres (AGL) (c), durante el procesado del jamón curado de Chato Murciano.

Esta relación MUFA>SFA>PUFA se mantuvo durante todo el procesado, coincidiendo con lo observado por otros autores en productos Ibéricos, como jamón (Petrón *et al.*, 2004; Andrés *et al.*, 2005; Pérez-Palacios *et al.*, 2009), lomo curado (Muriel *et al.*, 2007) o embutidos fermentados (Navarro *et al.*, 2001; Olivares *et al.*, 2011).

Por otra parte, las concentraciones de SFA, MUFA y PUFA de los LN disminuyeron de forma significativa ($p<0,01$; $p<0,001$; $p<0,05$) durante el procesado. No obstante, Martín *et al.* (1999) no observaron influencia del tiempo, en la concentración de ácidos grasos de la fracción de LN del jamón Ibérico, con un tiempo de procesado de 700 días.

En los LN, el porcentaje de SFA, MUFA y PUFA fue de 35,44%, 51,03% y 13,52%, al inicio del procesado, y de 35,36%, 50,99% y 13,64%, respectivamente, en el producto final (figura IV.16.a).

De esta manera, la proporción de SFA no se modificó durante el procesado. La mayor proporción de MUFA se observó el mes 18 (54,02%), fundamentalmente debido al contenido de C18:1. Los PUFA presentaron la mayor proporción en el mes 22 (16,42%), donde el contenido en C18:2 supuso alrededor de un 13% del total de ácidos grasos que componen la fracción de LN.

Martín *et al.* (1999) describieron, en jamón Ibérico al final del procesado, un perfil lipídico constituido por un 35% de SFA, un 57% de MUFA y un 7% de PUFA. Según estos valores, el total de SFA de los LN del jamón curado de CM fue similar al del jamón Ibérico, mientras que los MUFA fueron ligeramente inferiores, y los PUFA fueron superiores.

La tabla IV.28 recoge los valores de las concentraciones (mg de ésteres metílicos/g grasa intramuscular) de ácidos grasos de la fracción de FL del jamón curado de CM durante el procesado.

Se observó una alta variabilidad en la concentración de los ácidos grasos de los FL, cambiando el ácido graso mayoritario durante el procesado.

De esta manera, el día 0 de procesado el ácido graso mayoritario fue el C18:2, seguido de C16:0 y de C18:1. El mes 14, el C18:2 se mantuvo como

mayoritario, mientras que la concentración de C18:1 superó a la de C16:0. Los ácidos grasos mayoritarios el mes 18 fueron similares a los del día 0 de procesado. Finalmente, entre el mes 22 y el 24, el C18:0 fue el ácido graso que presentó una mayor concentración, seguido de C18:1 y de C16:0, aunque no por el mismo orden en ambos tiempos de estudio.

Los ácidos grasos minoritarios durante el procesado fueron C20:4, C16:1, C18:3 y C20:0.

Tabla IV.28. Evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos de los fosfolípidos (FL) del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g grasa intramuscular) y desviación estándar.

	Tiempo de procesado					P
	Día0	14 meses	18 meses	22 meses	24 meses	
C14:0	0,15±0,01 _b	nd _a	0,02±0,04 _a	0,02±0,04 _a	0,02±0,04 _a	**
C16:0	5,25±0,13 _c	2,07±0,21 _b	1,02±0,29 _a	0,67±0,21 _a	0,74±0,11 _a	***
C16:1	0,14±0,07 _a	0,06±0,10 _a	nd _a	nd _a	0,03±0,05 _a	ns
C18:0	2,66±0,16 _c	1,58±0,26 _b	0,74±0,32 _a	0,82±0,29 _a	0,78±0,12 _a	***
C18:1	4,18±0,45 _c	2,20±0,11 _b	1,06±0,14 _a	0,74±0,03 _a	0,56±0,11 _a	***
C18:2	8,05±0,72 _c	2,46±0,47 _b	0,63±0,30 _a	0,61±0,23 _a	0,48±0,08 _a	***
C18:3	0,11±0,02 _b	nd _a	nd _a	nd _a	nd _a	***
C20:0	0,02±0,04 _a	nd _a	nd _a	nd _a	nd _a	ns
C20:4	2,86±0,66 _b	0,66±0,26 _a	0,27±0,10 _a	0,21±0,10 _a	0,23±0,10 _a	***
ΣSFA	8,09±0,18 _c	3,65±0,39 _b	1,79±0,50 _a	1,52±0,28 _a	1,55±0,27 _a	***
ΣMUFA	4,33±0,47 _c	2,26±0,16 _b	1,06±0,14 _a	0,74±0,03 _a	0,59±0,07 _a	***
ΣPUFA	11,03±0,86 _c	3,12±0,64 _b	0,91±0,40 _a	0,81±0,32 _a	0,71±0,18 _a	***

SFA: ácidos grasos saturados; MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados.

ANOVA (efecto del procesado): ns (no significativo= $p > 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$).

^{a,b,c} Valores medios del mismo parámetro sin subíndices comunes son estadísticamente diferentes (Test de Tukey, $p < 0,05$).

Respecto a la evolución durante el procesado, el C18:2 disminuyó un 94% su concentración ($p < 0,001$), mientras que el C18:1 lo hizo en torno a un 86% ($p < 0,001$). Ácidos grasos como C18:3 y C20:0, presentes en la carne fresca (día 0) en concentraciones del orden de 0,11 mg y de 0,02 mg respectivamente, no se detectaron el producto a partir del mes 14.

La disminución de la concentración de todos los ácidos grasos estudiados de forma independiente, fue superior al 80% respecto al contenido inicial, con la excepción del C18:0, que lo hizo un 70%. Estos resultados son similares a los descritos por otros autores en jamón Ibérico (Antequera *et al.*, 1993; Andrés *et al.*, 2005) y en jamón francés (Buscailhon y Monin, 1994). La mayor degradación de FL se observó entre los primeros meses de procesado, lo que han explicado otros autores como resultado de la máxima actividad de las fosfolipasas, que tiene lugar durante las etapas iniciales (Motilva *et al.*, 1993; Buscailhon y Monin, 1994; Flores *et al.*, 2009).

En la figura IV.16.b., al agrupar los ácidos grasos de la fracción de FL en función a su saturación, se puede observar que el perfil de ácidos grasos cambia durante el procesado. Al inicio del procesado, la proporción de PUFA fue la mayoritaria, representando un 47% respecto al total, seguida de la de SFA, que supuso un 34,54%. A partir del mes 14, la fracción mayoritaria fue la de SFA, seguida de los PUFA hasta los 24 meses, donde SFA y PUFA representaron un total de 54,14% y 24,63%, respectivamente. Los MUFA fueron el conjunto de ácidos grasos detectados en menor proporción a lo largo de todo el tiempo de procesado, pasando a suponer de un 18,45% a un 21,22% en el producto final.

Tanto la concentración de PUFA como la de SFA y MUFA de los FL disminuyó significativamente ($p < 0,001$) durante el procesado. Los PUFA disminuyeron en total un 93,55%, los SFA un 80,85% y los MUFA un 86,31%. En los tres casos se puede observar que la disminución fue significativa ($p < 0,05$) entre el día 0 y el mes 18 de procesado, mientras que, a partir de este mes, el descenso no fue significativo ($p < 0,05$).

El comportamiento de PUFA, SFA y MUFA no coincidió con el observado por Antequera y Martín (1993) en jamón Ibérico, en el que se

describió una disminución del 88%, 59% y 47,5%, respectivamente, desde el producto fresco hasta el final de la maduración.

Los FL presentan una mayor tendencia a la oxidación respecto a los LN (Igene, Pearson y Gray, 1981) debido a la alta proporción de PUFA. Este conjunto de ácidos grasos son más propensos a sufrir procesos de oxidación, debido a su estructura química, así como a su localización en las membranas. Esto último los sitúa cercanos a sustancias prooxidantes, como puede ser el pigmento hemo (Gray y Pearson, 1987), lo que explicaría el hecho de que en jamón de CM, los PUFA supongan alrededor del 50% de la composición total de los ácidos grasos de los FL, y pasen a suponer tan sólo el 24% del contenido total en el producto con 24 meses. Así, pasaron de ser el conjunto de ácidos grasos mayoritarios al inicio del procesado, a ser los minoritarios al final. Este fenómeno no ocurre en el resto de las fracciones lipídicas (LN y AGL).

La tabla IV.29 muestra los valores de las concentraciones (mg/g grasa intramuscular) de los ésteres metílicos de los AGL del jamón curado de CM durante el procesado.

Al igual que en la fracción de LN, el ácido graso mayoritario fue el C18:1, que representó valores próximos al 45% respecto al total de ácidos grasos. También le siguieron cuantitativamente el C16:0, el C18:2 y el C18:0, con porcentajes en torno al 20, a 16 y 11%, respectivamente. Los ácidos grasos minoritarios también fueron C16:1, C20:4, C14:0, C18:3 y C20:0, que representaron en total alrededor del 8%, porcentaje similar al observado en los LN.

La concentración de todos los AGL estudiados, a excepción C20:0 evolucionó de forma significativa durante el procesado, coincidiendo con lo observado por Flores *et al.*, (2009) en jamón Ibérico con dos años de procesado.

El contenido total de AGL supuso un 84% más en el producto final, respecto a la concentración inicial. En líneas generales se produjo un notable aumento hasta el mes 18. A partir de este mes, se incrementaron ligeramente los ácidos grasos saturados y el C18:1. Por el contrario, C16:1,

C18:2 y C20:4 disminuyeron hasta los 24 meses aunque, en ningún caso, esta evolución fue significativa ($p > 0,05$). En el caso del C20:4, se observó un aumento significativo ($p < 0,01$) hasta los 22 meses. Como se ha comentado anteriormente, este ácido graso no se modificó a lo largo del procesado en la fracción de LN, por lo que su forma libre debe proceder de la hidrólisis de los FL.

Tabla IV.29. Evolución del contenido en ésteres metílicos de los ácidos grasos libres (AGL) del jamón curado de Chato Murciano durante el procesado. Valores promedio (mg/g grasa intramuscular) y desviación estándar.

	Tiempo de procesado					P
	Día 0	14 meses	18 meses	22 meses	24 meses	
C14:0	0,26±0,03 _a	0,70±0,09 _{ab}	1,10±0,39 _{bc}	1,20±0,22 _{bc}	1,32±0,09 _c	**
C16:0	3,88±0,30 _a	12,54±1,77 _b	17,12±3,48 _{bc}	21,63±1,12 _{cd}	23,64±2,93 _d	***
C16:1	0,49±0,04 _a	1,78±0,05 _a	3,75±1,47 _b	3,83±0,55 _b	3,75±0,24 _b	***
C18:0	2,44±0,66 _a	7,32±1,61 _{bc}	7,06±1,35 _b	9,91±1,44 _{bc}	11,26±2,20 _c	***
C18:1	8,28±0,63 _a	23,77±4,04 _{ab}	39,63±12,24 _{bc}	44,94±7,07 _c	50,31±3,78 _c	***
C18:2	2,34±0,42 _a	11,62±2,44 _b	14,34±1,47 _{bc}	17,86±2,86 _c	17,04±2,14 _{bc}	***
C18:3	0,13±0,01 _a	0,33±0,07 _{ab}	0,51±0,15 _b	0,54±0,07 _b	0,54±0,05 _b	***
C20:0	0,06±0,05 _a	0,08±0,08 _a	0,07±0,06 _a	0,13±0,02 _a	0,14±0,01 _a	ns
C20:4	0,37±0,13 _a	3,78±0,88 _b	3,58±0,27 _{ab}	4,89±1,90 _b	4,57±1,83 _b	**
ΣSFA	6,64±1,02 _a	20,63±3,55 _b	29,52±3,55 _c	32,89±0,46 _c	36,38±5,19 _c	***
ΣMUFA	8,76±0,60 _a	25,54±3,99 _b	51,32±4,50 _c	48,77±7,59 _c	54,06±3,86 _c	***
ΣPUFA	2,84±0,54 _a	15,73±3,39 _b	20,86±2,72 _b	23,29±4,70 _b	22,16±3,78 _b	***

SFA: ácidos grasos saturados; MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados.

ANOVA (efecto del procesado): ns (no significativo; $p > 0,05$); * ($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$).

_{a,b,c,d} Valores medios del mismo parámetro sin subíndices comunes son estadísticamente diferentes (Test de Tukey, $p < 0,05$).

El proceso lipolítico que la grasa experimenta durante el procesado afectó a la composición de ácidos grasos del producto final, y esto se ve

reflejado en el análisis de LN, de FL (en menor medida), y en el de los AGL del jamón de CM. Por tanto, los AGL provienen, principalmente, de la actividad de las lipasas sobre los LN, de hecho, la actividad máxima, tanto de lipasas neutras como ácidas, tiene lugar durante los primeros 10 meses de procesado, según se ha descrito en diferentes trabajos (Motilva *et al.*, 1993; Vestergaard, Schivazappa y Virgili, 2000).

Los MUFA fueron los ácidos grasos mayoritarios de los AGL, seguidos de los SFA y los PUFA, al igual que se observó en la fracción de LN (figura IV.16.c). La relación (MUFA>SFA>PUFA) se mantuvo durante todo el periodo de tiempo estudiado. Esta proporción fue similar a la descrita por distintos autores en la fracción de AGL de jamón Ibérico al final del procesado (Martín *et al.*, 1999; Andrés *et al.*, 2005; Flores *et al.*, 2009).

Por otra parte, las concentraciones de SFA, MUFA y PUFA aumentaron de forma significativa ($p<0,01$; $p<0,001$; $p<0,05$) durante el procesado. Como se ha comentado anteriormente, al final de la maduración del jamón se produce un aumento de ácidos grasos libres insaturados. Este hecho, según Antequera *et al.* (1993), es debido a los factores antioxidantes que confluyen en esta fase, y que hacen que se acumulen sin oxidarse, los ácidos grasos insaturados que se van liberando.

El porcentaje de SFA, MUFA y PUFA de los AGL (figura IV.16.c) fue de 36,26%, 48,02% y 15,72%, al inicio del procesado (día 0), y de 32,24%, 48,16% y 19,59%, respectivamente, en el producto final (24 meses). De esta manera, la proporción de SFA disminuyó, mientras que la de MUFA no se modificó y la de PUFA aumentó durante el procesado.

La mayor proporción de MUFA (50,51%) se observó durante el mes 18, fundamentalmente debido al contenido de C18:1. Los PUFA fueron el conjunto de ácidos grasos proporcionalmente minoritario en todas las etapas estudiadas, y presentaron la mayor proporción en el mes 22 (23,43%), cuando el contenido en C18:2 supuso alrededor de un 20% del total de ácidos grasos que componen la fracción de AGL.

Todo lo observado en las fracciones lipídicas de la grasa intramuscular del jamón curado de CM implica que, además de los LN, los

FL también contribuyen al aporte de AGL del producto final aunque, como se ha comentado anteriormente, el aporte principal proviene de los primeros, debido a que cuantitativamente son más abundantes en la grasa intramuscular.

IV.3.4. Caracterización sensorial del jamón curado

IV.3.4.1. Análisis sensorial descriptivo del jamón curado

La tabla IV.30 muestra los valores medios y las desviaciones estándar de los atributos sensoriales evaluados en el jamón curado de Chato Murciano (CM), con distinto tiempo de procesado.

El tiempo de procesado afectó significativamente a la intensidad del rojo ($p < 0,001$), así como al color de la grasa ($p < 0,05$), mientras que el resto de atributos de aspecto evaluados (homogeneidad del color, brillo, nivel de veteado, tamaño de veteado y forma de veteado), no evolucionaron de forma significativa durante la etapa estudiada ($p > 0,05$).

La intensidad del rojo aumentó significativamente ($p < 0,001$) durante el procesado, presentando un color rosado en jamón con 14 meses, y un color rojo más intenso en el producto de 24 meses (valores medios de 4,71 y 6,28, respectivamente). Esto se debe a la deshidratación de la pieza, producida por la difusión del agua desde interior del producto, hacia el exterior (se ha observado una correlación negativa entre el contenido en humedad y la intensidad del rojo; $p < 0,05$). Además, este hecho ha sido relacionado con la reducción de los nitratos a nitritos, por la acción de microorganismos con actividad nitrato reductasa, sobre la mioglobina de la carne, durante el procesado de productos de este tipo. Este fenómeno da lugar un aumento de la concentración del compuesto responsable del color de las carnes curadas (nitrosohemocromo) (Arnau *et al.*, 2007).

La homogeneidad del color no evolucionó significativamente ($p > 0,05$), observándose valores en torno a 4. La evolución de la intensidad del rojo del producto, así como la homogeneidad del color, fueron similares a las

descritas por Cilla *et al.* (2005), en jamón curado D.O. Teruel, entre los 12 y los 26 meses de procesado.

Tabla IV.30. Atributos sensoriales del jamón curado de Chato Murciano con distinto tiempo de procesado. Puntuaciones medias¹ y desviación estándar.

	Tiempo de procesado				P
	14 meses	18 meses	22 meses	24 meses	
Aspecto					
Intensidad del rojo	4,71±1,13 _a	5,86±0,95 _b	6,27±0,99 _b	6,28±1,18 _b	***
Homogeneidad	4,07±1,21 _a	4,26±0,96 _a	4,54±0,99 _a	4,25±0,96 _a	ns
Color de la grasa	2,74±0,75 _a	2,93±0,88 _{ab}	3,17±0,90 _{ab}	3,68±0,97 _b	*
Brillo	4,77±0,90 _a	4,78±1,13 _a	5,13±0,94 _a	5,11±0,99 _a	ns
Nivel del veteado	4,72±1,08 _a	5,42±0,88 _a	5,39±0,86 _a	5,38±0,98 _a	ns
Tamaño del veteado	4,30±0,99 _a	4,69±1,09 _a	4,48±1,29 _a	4,32±1,05 _a	ns
Forma del veteado	4,53±1,70 _a	4,93±1,49 _a	4,88±1,39 _a	5,01±1,33 _a	ns
Olor					
Intensidad	5,89±0,91 _{ab}	5,44±0,99 _a	6,29±0,86 _b	6,12±0,89 _{ab}	*
Curado	4,64±0,98 _a	4,87±0,97 _a	6,76±0,89 _c	6,07±0,77 _b	***
Flavor					
Intensidad	5,15±0,95 _a	5,64±0,84 _{ab}	5,86±0,83 _b	6,02±0,97 _b	**
Curado	4,85±0,91 _a	5,36±0,98 _{ab}	5,92±0,82 _{bc}	6,08±0,89 _c	***
Rancio	1,98±0,99 _a	1,94±0,60 _a	2,25±0,87 _a	2,69±0,90 _a	*
Regusto	5,81±0,93 _a	6,32±0,91 _{ab}	6,62±0,95 _b	6,71±0,79 _b	**
Textura					
Dureza magro	3,36±1,08 _a	4,39±0,89 _b	5,39±1,02 _c	5,86±0,90 _c	***
Dureza grasa	1,79±0,77 _a	3,31±1,04 _b	3,90±1,07 _{bc}	4,25±1,18 _c	***
Fluidez grasa	3,89±1,06 _a	5,69±0,98 _b	5,47±0,88 _b	5,23±0,71 _b	***
Adhesividad	3,64±0,36 _b	3,61±0,70 _b	2,90±0,93 _a	2,87±0,48 _a	**
Fibrosidad	3,96±0,80 _a	3,71±0,81 _a	4,83±0,94 _b	5,49±0,84 _b	***
Jugosidad	5,59±0,82 _a	5,73±0,77 _a	5,76±0,97 _a	5,75±0,83 _a	ns
Sabor					
Salado	4,54±1,05 _a	4,78±0,92 _{ab}	5,17±1,02 _{ab}	5,32±0,92 _b	*
Dulce	2,50±0,85 _a	2,07±1,07 _a	2,33±0,84 _a	2,47±0,90 _a	ns
Amargo	1,90±0,58 _a	1,89±0,70 _a	2,24±0,64 _a	1,91±0,75 _a	ns
Ácido	0,45±0,26 _a	0,69±0,50 _a	0,74±0,64 _a	0,79±0,46 _a	ns

¹ Puntuaciones medias obtenidas por 23 panelistas.

ANOVA (efecto del tiempo de procesado): ns (no significativo= $p>0,05$); * ($p<0,05$); ** ($p<0,01$); *** ($p<0,001$).

^{a, b, c} Valores medios del mismo parámetro sin subíndices comunes son estadísticamente diferentes (Test de Tukey, $p<0,05$).

El color de la grasa fue significativamente más alto ($p<0,05$) a los 24 meses respecto a los 14, sin evolucionar de forma considerable entre los meses 18 y 22. Ruíz *et al.* (1998), en su trabajo sobre la influencia del tiempo

de procesado sobre las características sensoriales del jamón Ibérico, no observaron evolución significativa de este atributo entre los 14 y los 20 meses de procesado.

El brillo no evolucionó de forma significativa ($p>0,05$) durante el proceso de elaboración, coincidiendo con los resultados obtenidos por Ruíz *et al.* (1998). Ventanas *et al.* (2001) encontraron una relación entre las diferencias estructurales de adipocitos y la difusión de grasa, desde el interior hacia el exterior de estos, siendo más intensa esta difusión en Ibéricos puros que en cruces de Ibéricos. Esto tiene como consecuencia una mayor percepción del brillo de la superficie, al contener adipocitos de tamaño menor, y menos contenido en tejido conectivo. Probablemente el tamaño de las células lipídicas en jamón de CM se asemeje más al de Ibéricos cruzado con *Duroc* del trabajo citado anteriormente, lo que explicaría los resultados obtenidos en relación a la percepción del brillo del jamón de CM. Además, como se ha visto anteriormente en el lomo, la mayor proporción de grasa de esta raza provoca un incremento en el brillo, con respecto a las razas comerciales.

Ninguno de los parámetros relacionados con el veteado intramuscular se vio afectado por el tiempo de procesado ($p>0,05$), hecho que también observaron Cilla *et al.* (2005) en los músculos *Semimembranosus* y *Biceps femoris* de jamones curado D.O. Teruel. Este comportamiento es el esperado pues, este conjunto de descriptores de aspecto de la loncha de jamón, que hacen referencia al contenido, tamaño y forma de las vetas de grasa intramuscular, no están afectados directamente por el tiempo de procesado, sino que tienen que ver con las características de la materia prima de partida (como se ha visto anteriormente en lomo), más que con el proceso tecnológico aplicado.

Por tanto, puede afirmarse que, el jamón curado de CM procesado durante 24 meses presenta una intensidad de color rojo no muy oscura y heterogénea. La variabilidad de estos resultados (heterogeneidad del color) en las muestras de jamón es consecuencia del conjunto de músculos que las conforman, que suelen presentar distintas tonalidades de rojo, además de por el contenido en grasa subcutánea de la loncha (García-González *et al.*,

2005; Luna, Aparicio,-Ruíz y García-González, 2006). La grasa subcutánea tiene un color blanco con una tonalidad ligeramente amarilla. La loncha presenta valores medios de brillo. El nivel de grasa intramuscular es aceptable, ni muy magro ni con un intenso veteado. Las vetas que la constituyen tienen un tamaño medio y se distribuyen de forma tanto lineal, como regular.

En el perfil sensorial de olor y flavor de las muestras evaluadas en el presente trabajo se observa que, el tiempo de procesado, influyó significativamente en la intensidad de olor ($p < 0,05$) y de flavor ($p < 0,01$) del producto, el olor y el flavor a curado ($p < 0,001$ en ambos casos), así como en el flavor rancio ($p < 0,05$) y el regusto ($p < 0,01$).

La intensidad de olor aumentó con el tiempo de procesado, hasta el mes 22, cuando presentó su valor máximo, posteriormente, disminuyó ligeramente hasta los 24 meses. Algunos autores, han atribuido este fenómeno a la considerable disminución de la actividad de peroxidasas, responsables de la liberación de compuestos aromáticos, durante la última fase de la etapa de maduración (Antequera *et al.*, 1992). De hecho, en el estudio de la fracción de ácidos grasos libres del jamón de CM, no se observó evolución significativa a partir del mes 18 de procesado, por lo que la oxidación lipídica, parcialmente responsable del perfil volátil del producto (Ordóñez y de la Hoz, 2000), no fue significativa a partir de este mes.

No se observó lo mismo en la evaluación de la intensidad de flavor, que fue superior entre los meses 22 y 24 de procesado, lo que podría atribuirse a que, en la percepción de este descriptor, intervienen tanto el sentido del olfato, como el del gusto, estando implicados un mayor número de receptores sensoriales que en la evaluación del olor. Ruíz *et al.* (1998) también describieron un aumento significativo de la intensidad del olor, en jamones Ibéricos con distinta etapa de maduración, al igual que en el resto de los descriptores sensoriales del flavor del producto (intensidad, regusto y curado).

El olor y flavor a curado estuvieron muy influenciados por el tiempo de procesado de manera que, sus valores aumentaron de forma altamente significativa ($p < 0,001$), siendo más altos a los 22 y 24 meses, coincidiendo con lo observado por Ruíz *et al.* (1998) y Benedini *et al.* (2012). Este hecho se atribuye a que, durante la maduración, tienen lugar reacciones químicas y bioquímicas responsables de la formación de sustancias, que van a estar implicadas en el desarrollo de compuestos volátiles, responsables del desarrollo del aroma característico de productos curados. De hecho, se ha establecido una correlación positiva ($p < 0,05$) entre el olor a curado y la concentración de ácidos grasos libres y aminoácidos libres.

El flavor a rancio también se vio afectado significativamente por el tiempo de procesado ($p < 0,05$), aumentando de forma progresiva su intensidad, desde los 14 meses hasta los 24. Este incremento de la rancidez del jamón se debe, fundamentalmente, al incremento de los PUFA libres (al final del procesado aumentaron su concentración en un 87%) durante el procesado, estableciéndose una correlación positiva ($p < 0,05$) entre ambos parámetros. Dentro de este conjunto de ácidos grasos, el C18:2 ha sido descrito como el que tiene mayor influencia en la rancidez (Vázquez *et al.*, 1996).

En relación al regusto, este atributo aumentó de forma significativa ($p < 0,01$), según los datos obtenidos por el panel de catadores entrenado en el presente trabajo.

Por último, respecto al perfil de olor y el de flavor, se observó una correlación negativa entre todos los descriptores de los mismos, y el contenido en humedad del jamón ($p < 0,05$).

Por tanto, el jamón curado de CM con 24 meses de procesado presenta intensidades medias de olor y flavor. El olor y el flavor típico de productos curados se encuentran ligeramente por encima de los valores medios. Además también presenta una rancidez incipiente agradable, y se puede decir que es persistente.

Por otra parte, todos los descriptores del perfil de textura, con la excepción de la jugosidad, evolucionaron significativamente durante el procesado (tabla IV.30).

Tanto la dureza del magro como dureza de la grasa aumentaron de forma significativa ($p < 0,001$), desde el mes 14 hasta el mes 24. Esto se atribuye a la modificación de los componentes que sufre la pieza durante esta fase del proceso, basada en fenómenos de difusión y evaporación del agua, lo que tiene como resultado un endurecimiento del producto, al disminuir el contenido en agua de la pieza. De hecho, se ha descrito que la textura del producto está determinada por el efecto combinado entre la deshidratación de la pieza y la proteólisis. Así, una textura aceptable, se ha relacionado positivamente con la deshidratación del músculo (a mayor secado mayor dureza), y negativamente con la proteólisis (Parolari *et al.*, 1994; Cilla *et al.*, 2005; Ruíz-Ramírez *et al.*, 2006). Ruíz-Ramírez *et al.*, (2003) también encontraron una relación entre la disminución de la actividad de agua y el contenido en humedad, con el aumento de la dureza en jamones curados.

La fluidez de la grasa también se vio afectada por el tiempo de procesado ($p < 0,001$), sufriendo un importante aumento a partir del mes 14, y estabilizándose desde el mes 18 hasta el 24, mientras que la adhesividad disminuyó de forma significativa ($p < 0,01$), sobre todo los dos últimos meses de estudio.

El aumento de la dureza del producto, comentado anteriormente, puede justificar el aumento de la percepción de fibrosidad ($p < 0,001$), sobre todo entre los meses 18 y 24, en los que esta evolución fue altamente significativa. Cilla *et al.* (2005) observaron la misma evolución de los descriptores de dureza y fibrosidad, en jamones D.O. Teruel.

La jugosidad del jamón curado de CM no evolucionó de forma significativa ($p > 0,05$) durante el procesado. Ruíz (1998) tampoco observó efecto del tiempo de procesado en la jugosidad de jamones Ibéricos con distinto tiempo de maduración.

Por tanto, la textura del jamón curado de CM con 24 meses de procesado se caracteriza por presentar una dureza intermedia, tanto del magro como de la grasa. La fusión de la grasa en boca es aceptable, lo que influye notablemente en la sensación global producida por el producto. Se trata de un producto poco adhesivo, que además presenta una jugosidad media.

Respecto a los descriptores de sabor, únicamente el sabor salado evolucionó de forma significativa ($p < 0,05$), mientras que los sabores dulce, amargo y ácido, no estuvieron afectados por el tiempo de procesado ($p > 0,05$).

Así, el jamón procesado durante 24 meses fue significativamente más salado ($p < 0,05$) que el de 14, 18 y 22 meses. Estos resultados reflejan el movimiento de sal, desde el exterior del producto hacia el interior, que tiene lugar en la pieza durante la etapa de curado. Además, este hecho también se debe al aumento de la concentración de sal, como consecuencia de la deshidratación del jamón durante el proceso de elaboración. Por ello, el cloruro sódico, entre otros, ha sido descrito como uno de los principales compuestos responsables del sabor, en la carne y los productos cárnicos (MaLeod, 1986; Careri *et al.*, 1993). De este modo, tanto la incorporación de sales (en etapas previas de elaboración), como el proceso de deshidratación de la pieza, son los fenómenos responsables del aumento del sabor salado del jamón curado.

El sabor amargo suele ser un atributo indeseable, típico de jamones en los que tiene lugar una intensa proteólisis (Sforza *et al.*, 2006). Las bajas puntuaciones asignadas a este descriptor del jamón de CM implican que, incluso un proceso de elaboración más largo, no tuvo como resultado un aumento de este sabor en el producto.

Se puede decir que el jamón curado de CM al final de la maduración (24 meses de procesado) presenta sabor salado medio. El resto de sabores básicos estudiados están prácticamente ausentes.

Los resultados del análisis sensorial descriptivo reflejaron una evolución adecuada del producto, según se va alargando el tiempo de

procesado, por lo que, se puede afirmar que nos encontramos ante una raza de cerdo que permite tiempos largos de maduración. Este hecho va a favorecer el desarrollo de características organolépticas deseadas en este tipo de productos (Flores *et al.*, 1997_a; Flores *et al.*, 1997_c). Desde el punto de vista del tiempo del procesado, es interesante destacar que, los valores observados en los atributos sensoriales estudiados, fueron muy similares entre los jamones con 22 y 24 meses de procesado, sin establecerse diferencias significativas ($p > 0,05$). Por lo tanto, teniendo en cuenta esto, puede considerarse que, a partir de los 18 meses de procesado, el jamón de CM presenta características sensoriales adecuadas, alcanzando su máxima valoración a los 22 meses.

IV.3.4.2. Preferencia, aceptación y evaluación sensorial de consumidores del jamón curado

En la figura IV.17 se muestran los resultados de la prueba triangular (discriminación) del jamón curado de Chato Murciano (CM), con distinto tiempo de procesado. Estos resultados indican que un 65% de los participantes discriminaron entre jamones procesados durante 14 meses y jamones procesados durante 24 meses, mientras que el 35% restante no detectaron diferencias, o la diferencia especificada en el formulario fue otra distinta a la del tiempo de procesado.

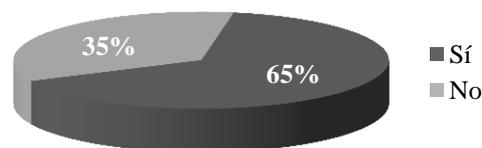


Figura IV.17. Porcentaje de discriminación obtenido en la prueba triangular del panel de consumidores de jamón curado de Chato Murciano con distinto tiempo de procesado.

Así mismo, al observar los resultados de la prueba de preferencia, entre jamones de CM con distinto tiempo de procesado (figura IV.18), puede verse que, de los 198 consumidores que participaron en la prueba, un 67% se decantó por el jamón procesado durante 24 meses, mientras que el

33% restante prefirió las muestras con un proceso de maduración más corto (14 meses de procesado). Cilla *et al.* (2005), en su estudio sobre la aceptación general de jamones D.O. Teruel, no detectaron diferencias significativas por parte de un panel de consumidores, entre los meses 12 y 26 de procesado, a pesar de que observaron una tendencia hacia puntuaciones más bajas a partir del mes 18. Benedini *et al.* (2012) sí observaron que la aceptación de los consumidores hacia los jamones con mayor tiempo de procesado (20-22 meses) fue superior, respecto a la de jamones con menos tiempo (14-15 meses). El parámetro de composición que más influyó en la preferencia del jamón curado fue la humedad (correlación: -0,9; $p < 0,05$).

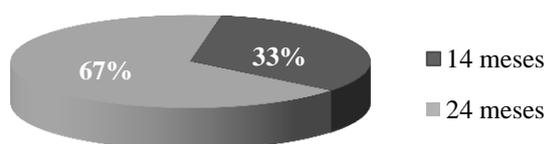


Figura IV.18. Porcentajes de elección obtenidos en la prueba de preferencia de consumidores del jamón curado de Chato Murciano con distinto tiempo de procesado.

En la tabla IV.31 se muestran los resultados del análisis de varianza, del estudio de la influencia de las características de los consumidores, en la evaluación sensorial del jamón curado de CM, con el objeto de determinar si las características de los panelistas presentaron efecto sobre la valoración del producto.

Tabla IV.31. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) del estudio de la influencia de las características del panel de consumidores en la evaluación sensorial del jamón curado de Chato Murciano con distinto tiempo de procesado.

		N	Aspecto	Olor	Textura	Sabor
Sexo	Hombre	57	0,456	0,122	0,014	0,014
	Mujer	141				
Edad	Menos de 25 años	96	0,011	0,042	0,000	0,000
	Más de 25 años	102				
Consumo Habitual	No	21	0,018	0,602	0,136	0,567
	Si	177				
Frecuencia de consumo	Nunca	21	0,005	0,650	0,228	0,430
	4 veces/mes	63				
	Más de 4 veces/mes	114				

N: número de consumidores

El sexo del consumidor (hombre y mujer), influyó tanto en la valoración de la textura ($p < 0,05$), como en la valoración del sabor ($p < 0,05$) del jamón curado de CM -las mujeres otorgaron valores más altos, como se puede ver en la tabla IV.32-, no ocurriendo lo mismo con la valoración del aspecto ($p > 0,05$) y del olor ($p > 0,05$). Este comportamiento, que también se ha observado en otros productos alimentarios, se justifica por el diferente umbral sensitivo de hombres y mujeres (Chauban, 1989; Ullrich y Tepper, 2000), así como por la actitud hacia aspectos relacionados con la alimentación (Guerrero, Gou y Arnau, 1999; Guàrdia *et al.*, 2006). Guàrdia *et al.* (2010) también observaron esta influencia del género, en la evaluación sensorial del jamón curado.

La edad del consumidor influyó en la valoración de todos los atributos del jamón curado de CM de manera que, mayores y menores de 25 años, evaluaron de forma distinta el aspecto ($p < 0,05$), el olor ($p < 0,05$), la textura ($p < 0,001$) y el sabor ($p < 0,001$). Como se verá posteriormente (tabla IV. 32), todos los atributos citados anteriormente fueron puntuados con valores más altos por consumidores menores de 25 años, tanto en jamón de maduración corta (14 meses de procesado) como en jamón de maduración larga (24 meses de procesado). Por tanto, la edad del consumidor fue el principal factor que influyó en la valoración del jamón de CM, coincidiendo lo observado por Cilla *et al.* (2006), en jamones con D.O. Teruel y jamón curado de diferentes zonas geográficas españolas. Por el contrario, Guàrdia *et al.* (2010) no observaron efecto de la edad en el estudio sensorial de consumidores del jamón curado.

Las otras dos características del consumidor (consumo habitual del producto y frecuencia de consumo) influyeron en la valoración del aspecto ($p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectivamente), lo que también coincide con el estudio de Guàrdia *et al.* (2010). Así, la tendencia observada es que, a mayor frecuencia de consumo, mayor fue el valor otorgado.

Las puntuaciones medias y desviaciones estándar de los distintos atributos valorados por el panel de consumidores, en el análisis sensorial de jamón curado de CM con 14 y 24 meses de procesado, se recogen en la tabla IV.32. También se muestran los resultados clasificados en función de las

características de los panelistas (sexo, edad, consumo habitual y frecuencia de consumo), con la finalidad de comprobar el efecto del procesado en la valoración de cada uno de los grupos de población estudiados.

Tabla IV.32. Efecto del tiempo de procesado en la evaluación sensorial de consumidores del jamón curado de Chato Murciano. Puntuaciones medias y desviación estándar.

	N	Mes	Aspecto		Olor		Textura		Sabor	
Todos los consumidores	198	14	3,61±1,06	*	3,48±1,10	*	3,37±1,00	***	3,42±0,98	***
		24	3,94±0,97		3,77±0,96		3,89±0,96		4,02±1,01	
Sexo										
Hombre	57	14	3,42±1,11	*	3,32±1,07	ns	3,23±0,84	ns	3,06±1,06	**
		24	4,04±0,77		3,62±0,89		3,54±1,02		3,92±0,93	
Mujer	141	14	3,70±1,03	ns	3,56±1,11	ns	3,44±1,07	**	3,61±0,90	**
		24	3,91±1,03		3,83±0,99		4,00±0,92		4,05±1,04	
Edad										
Menos de 25	96	14	3,94±0,87	ns	3,69±1,07	ns	3,77±0,80	ns	3,69±0,90	**
		24	4,00±0,98		3,85±1,01		4,02±0,92		4,28±0,82	
Más de 25	102	14	3,40±1,13	ns	3,35±1,11	ns	3,12±1,03	**	3,26±1,00	ns
		24	3,87±0,96		3,67±0,90		3,71±1,01		3,67±1,15	
Consumo habitual										
No	21	14	3,10±0,73	ns	3,40±0,99	ns	3,60±0,96	ns	3,50±0,97	ns
		24	3,45±0,93		3,64±1,37		3,09±1,13		3,73±0,78	
Si	177	14	3,67±1,08	*	3,49±1,13	ns	3,34±1,00	***	3,41±0,99	***
		24	4,00±0,96		3,79±0,97		3,98±0,91		4,05±1,03	
Frecuencia de consumo										
Nunca	21	14	3,00±0,63	ns	3,45±0,82	ns	3,55±0,93	ns	3,45±0,93	ns
		24	3,30±0,82		3,50±0,85		3,00±1,15		3,60±0,69	
4 veces/mes	63	14	3,48±1,15	ns	3,44±1,15	ns	3,26±1,13	**	3,22±1,01	**
		24	3,94±1,06		3,92±0,99		4,00±0,98		4,03±1,05	
Más de 4 veces/mes	114	14	3,80±1,05	ns	3,50±1,14	ns	3,39±0,96	**	3,52±0,98	**
		24	4,05±0,91		3,73±0,97		3,97±0,86		4,08±1,03	

N: número de consumidores

ANOVA (efecto del tiempo de procesado): ns (no significativo= $p>0,05$); * ($p<0,05$); ** ($p<0,01$); *** ($p<0,001$).

Cuando se estudia el total del panel de consumidores, sin diferenciar entre las características individuales, se puede observar que el tiempo de procesado influyó en la evaluación de aspecto ($p<0,05$), olor ($p<0,05$) textura ($p<0,001$) y sabor ($p<0,001$), del jamón de CM. Todos estos atributos fueron mejor valorados en jamón con 24 meses de procesado.

Al igual que se observó en el estudio de consumidores del lomo curado, los resultados de la evaluación de consumidores están directamente

relacionados con los del análisis descriptivo. Así, el aspecto del jamón curado con 24 meses de procesado fue mejor valorado ($p < 0,05$), debido a la mayor intensidad, color de la grasa y brillo, obtenidos en el análisis descriptivo. De hecho, se estableció una correlación positiva altamente significativa ($p < 0,05$) entre los parámetros citados anteriormente (correlaciones: 0,78; 0,69 y 0,58; respectivamente).

Los consumidores puntuaron el olor del jamón curado con 24 meses con puntuaciones superiores a las del jamón con 14 ($p < 0,05$). Este hecho está directamente relacionado con la mayor intensidad de olor, y con el mayor olor a curado del jamón con 24 meses, detectado en el análisis sensorial descriptivo (correlación: 0,78 y 0,88; respectivamente).

La textura del jamón curado procesado durante 24 meses, también fue mejor evaluada por los consumidores ($p < 0,001$), lo que se relaciona directamente con las mayores puntuaciones obtenidas del análisis sensorial descriptivo, en los atributos de dureza del magro, dureza de la grasa, jugosidad, adhesividad y fibrosidad, estableciéndose una correlación positiva en todos los casos ($p < 0,05$).

En el caso del sabor, también se observó una correlación positiva entre los resultados del análisis sensorial de consumidores de este parámetro y los de la intensidad del flavor, el flavor a curado y el regusto, del análisis sensorial descriptivo del jamón curado de CM (correlación: 0,82; 0,89 y 0,82; respectivamente).

Al estudiar el efecto del tiempo de procesado del jamón curado de CM, según las características del panel de consumidores (tabla IV.32), se puede ver que, tanto hombres como mujeres, otorgaron puntuaciones mayores a los jamones de 24 meses, aunque no siempre se establecieron diferencias significativas. Así, en hombres, sólo la valoración del aspecto y del sabor fue significativamente superior ($p < 0,05$ y $p < 0,01$; respectivamente) en jamones de 24 meses. En mujeres, las diferencias resultaron ser significativas en la textura ($p > 0,05$) y en el sabor ($p < 0,01$). Estos resultados coinciden con lo descrito previamente por Guerrero *et al.* (2007), que pone de manifiesto la importancia del aspecto del jamón curado, considerándolo

el factor más importante en el consumidor a la hora de la compra. Resano *et al.* (2007) también destacaron el aspecto, en concreto el color, como factor determinante a la hora de la elección del producto, entre otros atributos como el contenido graso o el sabor salado.

Los consumidores menores de 25 años otorgaron puntuaciones más altas al evaluar el sabor de jamones con 24 meses de procesado ($p < 0,01$), mientras que los mayores de 25 años, puntuaron la textura del jamón con 24 meses con valores superiores a la del jamón de 14 ($p < 0,01$). El tiempo de procesado no afectó al resto de atributos evaluados por este conjunto de consumidores ($p > 0,05$).

Por otra parte, en los consumidores habituales, también se observó efecto del tiempo de procesado en la evaluación del aspecto ($p < 0,05$), la textura ($p < 0,001$) y el sabor ($p < 0,001$) de los jamones de 14 y 24 meses, otorgando, en todos los casos, puntuaciones significativamente mayores al jamón de 24 meses. Por el contrario, el tiempo de procesado no afectó a la evaluación, por los consumidores no habituales, de ninguno de los atributos estudiados en jamón de CM ($p > 0,05$).

Al analizar los resultados por frecuencia de consumo, sólo los consumidores que lo hacen con una frecuencia de 4 veces al mes, así como los que lo hacen más de 4 veces, puntuaron la textura ($p < 0,01$) y el sabor ($p < 0,01$) del jamón de 24 meses de procesado, por encima del de 14 meses.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

V. CONCLUSIONES

1. Los principales cambios en la composición del lomo curado de Chato Murciano, durante el proceso de elaboración, son los siguientes: disminuye el porcentaje de humedad y aumentan los contenidos en grasa intramuscular y cenizas.
2. La liberación de aminoácidos, en el lomo curado de Chato Murciano, tiene lugar durante los 60 días estudiados, de forma que, la proteólisis es evidente hasta la finalización del estudio. Los aminoácidos mayoritarios al final del procesado son arginina, ácido glutámico, treonina+glicina e histidina.
3. La lipólisis del lomo curado de Chato Murciano se produce durante todo el periodo estudiado, aunque con mayor intensidad entre los 0 y 15 días de procesado, evidenciándose por una mayor liberación de ácidos grasos libres, y una disminución de lípidos neutros y fosfolípidos. Los ácidos grasos monoinsaturados son los mayoritarios en las fracciones de lípidos neutros y ácidos grasos libres durante todo el procesado, mientras que en la fracción de fosfolípidos, los poliinsaturados se presentan como mayoritarios el día 0, y los saturados como mayoritarios en el producto final.
4. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la composición físico-química, proteólisis y lipólisis, se considera que 60 días es un tiempo óptimo de procesado para el lomo curado de Chato Murciano, y que el actual proceso de elaboración es adecuado.
5. El lomo curado de Chato Murciano, al igual que otras razas autóctonas, presenta valores más altos de grasa intramuscular, que el lomo curado obtenido a partir de cruces comerciales de cerdo blanco. Por otra parte, el contenido en humedad es inferior respecto al del lomo de cerdo blanco.

6. El lomo curado obtenido a partir de cruces comerciales de cerdo blanco presenta una concentración superior de aminoácidos libres. En relación al perfil aminoacídico, los aminoácidos arginina, ácido glutámico y treonina+glicina, son los mayoritarios en ambos productos, seguidos cuantitativamente por el aminoácido histidna, en el caso del lomo de Chato Murciano, y el aminoácido alanina, en lomo de cerdo blanco. El contenido de algunos de los aminoácidos estudiados (aspártico, arginina, histidina, metionina+triptófano, isoleucina, leucina y lisina) es diferente en función de la raza.
7. La raza afecta al perfil lipídico del lomo curado de forma que, en las fracciones de lípidos neutros y ácidos grasos libres, las concentraciones de ácidos grasos monoinsaturados y saturados del lomo de Chato Murciano son superiores, respecto a las de cerdo blanco, mientras que la de poliinsaturados es inferior. En la fracción de fosfolípidos, los ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados son superiores en Chato Murciano.
8. Las diferencias en la composición y características bioquímicas, entre el lomo curado de Chato Murciano y el obtenido partir de cruces comerciales de cerdo blanco, influyen directamente en las diferencias detectadas entre ambos en el análisis sensorial. De esta manera, se explican las mayores puntuaciones otorgadas al lomo de Chato Murciano en el color rojo, el brillo, el nivel de veteado, el tamaño de veteado, la intensidad de olor y el olor a curado, la dureza, la intensidad de flavor y el flavor a curado, así como el regusto. Todo ello, justifica que el lomo curado de Chato Murciano sea preferido por los consumidores, y que estos valoren mejor su aceptación general, aspecto, olor y textura.
9. Los parámetros composicionales y bioquímicos de la carne de Chato Murciano, permiten la obtención de lomo curado de alta calidad, con mejores características sensoriales que las que presenta el mismo producto, obtenido a partir de cruces comerciales de cerdo blanco.

10. Los parámetros de composición estudiados en jamón curado de Chato Murciano son similares a los descritos en otras raza autóctonas. Las modificaciones más significativas de composición tienen lugar durante las primeras fases del proceso de elaboración, mientras que, entre los meses 14 y 24 de procesado, no se producen modificaciones importantes.
11. La liberación de aminoácidos tiene lugar hasta el mes 22 de procesado, observándose una disminución de la mayoría de los aminoácidos estudiados, desde este momento hasta el mes 24. Por tanto, se trata de un producto que soporta largos tiempos de maduración, sin verse afectado por una intensa proteólisis. El ácido glutámico es el aminoácido mayoritario, seguido cuantitativamente de los aminoácidos lisina, alanina, leucina y arginina.
12. La lipólisis del jamón curado de Chato Murciano, tiene lugar, principalmente, durante los primeros 18 meses de procesado, observándose un descenso de las fracciones de lípidos neutros y fosfolípidos, y un incremento de la fracción de ácidos grasos libres. Los ácidos grasos monoinsaturados son los mayoritarios en las fracciones de lípidos neutros y ácidos grasos libres. Esta relación se mantiene durante todo el tiempo estudiado. En la fracción de fosfolípidos, el perfil de ácidos grasos cambia durante el procesado presentándose los poliinsaturados como mayoritarios al principio, y los saturados al final. Los ácidos grasos monoinsaturados son los minoritarios en la fracción de fosfolípidos durante todo el proceso de elaboración.
13. Se establece una relación directa entre la mayoría de los atributos sensoriales y la composición, y los distintos parámetros bioquímicos estudiados en jamón curado, no detectándose, por tanto, diferencias significativas en la mayoría de ellos a partir del mes 22. Los consumidores prefieren el jamón curado de Chato Murciano de maduración larga (24 meses), valorando mejor el aspecto, olor, textura y sabor.

14. En función de la composición química, la lipólisis, la proteólisis y las características sensoriales, el tiempo de procesado adecuado para el jamón de Chato Murciano es de 22 meses. También se considera que el actual proceso tecnológico permite la obtención de un producto adecuado, desde el punto de vista de composición, bioquímico y sensorial.

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Abellán, A., Tejada, L., Cayuela, J.M. y Martínez-Cachá, A. (2007). Comparación de varios métodos de determinación del valor calórico en queso (Murcia al vino). Efecto del tamaño del queso. *Alimentaria*, 382, 97-99.
- Abellán, A., Cayuela, J.M., Pino, A., Martínez-Cachá, A., Salazar, E. y Tejada, L. (2012). Free amino acid content of goat's milk cheese made with animal rennet and plant coagulant. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 1657-1664.
- AENOR (1979). Análisis sensorial. Guía para la instalación de una sala de cata. Norma española UNE 87004. En *Análisis sensorial. Tomo 1- Alimentación* (pp. 57-64). Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- AENOR (1992_a). Análisis sensorial de alimentos. Guía general. Norma española UNE 87008. En *Análisis sensorial. Tomo 1- Alimentación* (pp. 92-111). Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- AENOR (1992_b). Análisis sensorial. Metodología. Prueba triangular. Norma española UNE 87006. En *Análisis sensorial. Tomo 1- Alimentación* (pp. 82-91). Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- AENOR (1993). Análisis sensorial. Metodología. Evaluación de productos alimentarios por métodos que usan escalas. Norma española UNE 87020. En *Análisis sensorial. Tomo 1- Alimentación* (pp. 141-150). Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.

- AENOR (1994). Análisis sensorial. Vocabulario. Norma española UNE 87001. En *Análisis sensorial. Tomo 1- Alimentación* (pp. 19-54). Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- AENOR (1995_a). Análisis sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y control de jueces. Norma española UNE 87024-1. En *Análisis sensorial. Tomo 1- Alimentación* (pp. 216-240). Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- AENOR (1995_b). Análisis sensorial. Metodología. Método de investigación de la sensibilidad gustativa. Norma española UNE 87003. En *Análisis sensorial. Tomo 1- Alimentación* (pp. 189-196). Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- AENOR (1996). Análisis sensorial. Metodología. Perfil de textura. Norma española UNE 87025. En *Análisis sensorial. Tomo 1- Alimentación*. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- Affentranger, P., Gerwig, C., Seewer, G. J. F., Schwiirer, D. y Kiinzi, N. (1996). Growth and carcass characteristics as well as meat and fat quality of three types of pigs under different feeding regimens. *Livestock Production Science*, 45, 187-196.
- Alasnier, C. y Gandemer, G. (2000). Activities of phospholipases A and lysophospholipases in glycolitic and oxidative skeletal muscles in the rabbit. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 80, 698-702.
- Andrés, A. I., Ruíz, J., Mayoral, A. I., Tejeda, J. F., y Cava, R. (2000). Influence of rearing conditions and crossbreeding on muscle colour in Iberian pigs. *Food Science and Technology International*, 6, 315-321.
- Andrés, A. I., Cava, R., Mayoral, A. I., Tejeda, J. F., Morcuende, D. y Ruiz, J. (2001). Oxidative stability and fatty acid composition of pig muscles

as affected by rearing system, crossbreeding and metabolic type of muscle fibre. *Meat Science*, 59, 39-47.

Andrés, A. I., Cava, R., Martín, D., Ventanas, J. y Ruíz, J. (2005). Lipolysis in dry-cured ham: Influence of salt content and processing conditions. *Food Chemistry*, 90, 523-533.

Antequera, T., López-Bote, C.J., Córdoba, J.J., García, C., Asensio, M.A., Ventanas, J., García-Regueiro, J.A. y Díaz, I. (1992). Lipid oxidative changes in the processing of Iberian pig hams. *Food Chemistry*, 45, 105-110.

Antequera, T., Córdoba, J.J., Ruíz, J., Martín, L., García, C., Bermudez, M.E. y Ventanas, J. (1993). Free fatty acids during the ripening of Iberian hams. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 33, 197-208.

Antequera, M.T. y Martín, L. (2001). Reacciones químicas y bioquímicas que se desarrollan durante la maduración del jamón Ibérico. En J. Ventanas (Ed.), *Tecnología del jamón Ibérico* (pp. 293-323). Madrid: Mundi Prensa.

Anzaldúa-Morales, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica*. Zaragoza: Ed. Acribia.

Aristoy, M.C. y Toldrá, F. (1998). Concentration of free aminoacids and dipeptides in porcine skeletal muscles with different oxidative. *Meat Science*, 50, 327-332.

Armenteros, M., Aristoy, M.C., Barat, J.M. y Toldrá, F. (2009). Biochemical changes in dry-cured loins salted with partial replacements of NaCl by KCl. *Food Chemistry*, 117, 627-633.

- Arnau, J., Hugas, M., Monfort y J.M. (1988). *El jamón curado: aspectos técnicos*. Barcelona: Generalitat de Catalunya e Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries (IRTA).
- Arnau, J. (1991). *Aportaciones a la calidad tecnológica del jamón curado elaborado por procesos acelerados*. (Tesis Doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona, Facultat de Veterinaria. Barcelona, España.
- Arnau, J., Guerrero, L., Casademont, G. y Gou, P. (1995). Physical and chemical changes in different zones of normal and PSE dry cured ham during processing. *Food Chemistry*, 52, 63-69.
- Arnau, J., Guerrero, L., y Gou, P. (1997). Effects of temperature during the last month of ageing and of salting time on dry-cured ham, aged for six months. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74, 193-198.
- Arnau, J., Guerrero, L. y Sárraga, C. (1998). The effect of green ham pH and NaCl concentration on cathepsin activities and the sensory characteristic of dry-cured hams. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74, 387-392.
- Arnau, J. (2000). Aspectos tecnológicos que afectan al desarrollo de la textura y del flavor. En J.M. Monfort (Ed.), *II Symposium Internacional del Jamón Curado* (pp. 27-42). Girona: I.R.T.A.
- Arnau, J., Gou, P. y Comaposada, J. (2003). Effect of the relative humidity of drying air during the resting period of the composition and aspect of dry-cured ham surface. *Meat Science*, 65, 1275-1280.
- Arnau, J., Serra, X., Comaposada, J. Gou, P. y Garriga, M. (2007). Technologies to shorten the drying period of dry-cured meat products. *Meat Science*, 77, 81-89.
- Arnau, J., Guardiola, M.D., Guerrero, L. y Claret, A. (2011). Propuesta guía metodológica para la evaluación sensorial del jamón curado de cerdo

blanco. *Desarrollo de una metodología estándar para la evaluación sensorial de jamón curado español de cerdo blanco*. IRTA. Recuperado de: http://www.irta.cat/caES/RIT/Noticies/Documents/Jornada_ternil_sensojam_guiametodologica_def.pdf

- Astiasarán, I., Sánchez-Monje, J.M., Villanueva, R. y Bello, J. (1989). Modificaciones de la fracción nitrogenada en el jamón de cerdo blanco durante el proceso de curación. *Revista de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos*, 29, 99-106.
- Bañón, S., Costa, E., Andreu, C., Gil, M. D. y Garrido, M. D. (2002). Boar taints perception in cooked and dry-cured meat. En *Actas del 48th International Congress of Meat Science and Technology* (pp.126-127). Roma (Italia), 25-30 Agosto.
- Bañón, S., Bedia, M., Almela, E. y Martínez, P.J. (2010). Improving the quality of dry-cured sausages using pork from rustic breed. *Agricultural and food science*, 19, 240-251.
- Belitz, H.D. y Grosch, W. (1997). *Química de los alimentos*. (2ª edición). Zaragoza: Ed. Acribia.
- Beltrán, J. A., Jaime, I., Santolaria, P., Sanudo, C., Alberti, P., y Roncalés, P. (1997). Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science*, 45, 201-207.
- Benedini, R., Parolari, G., Toscani, T. y Virgili, R. (2012). Sensory and texture properties of Italian typical dry-cured hams as related to maturation time and salt content. *Meat Science*, 90, 431-437.
- Beriain, M., Lizaso, G. y Chasco, J. (2000). Free amino acids and proteolysis involved in "salchichon" processing. *Food Control*, 11, 41-47.
- BOE (1997). Real Decreto 1682/1997, de 7 de Noviembre, por el que se actualiza el catálogo Oficial de Razas de Ganado de España, 34.205.

Boletín Oficial del Estado. Gobierno de España, Ministerio de la Presidencia.

BOE (2007_a). Real Decreto 1469/2007, de 2 de Noviembre, por el que se aprueba la Norma de Calidad Para La Carne, El Jamón, La Paleta y La Caña De Lomo Ibéricos, 45.087. Boletín Oficial del Estado. Gobierno de España, Ministerio de la Presidencia.

BOE (2007_b). Real Decreto 1118/2007, de 24 de Agosto, por el que se modifica el Real Decreto 142/2002, de 1 de febrero, por el que se aprueba la Lista positiva distintos de colorantes y edulcorantes para su uso en la elaboración de productos alimenticios, así como sus condiciones de utilización. 16.339. Boletín Oficial del Estado. Gobierno de España, Ministerio de la Presidencia.

Briz, J., De Felipe, I., Gómez, S., Gutiérrez, E. (2004). Planteamiento del análisis sensorial. En J. Briz y R. García (Ed.), *Análisis sensorial de productos alimentarios. Metodología y aplicación a casos prácticos*. (2^a ed.) (pp. 17-53). Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Buscailhon, S., Berdague, J.L. y Monin, G. (1993). Time-related changes in volatile compounds of lean tissue during processing of French dry-cured ham. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 63, 69-75.

Buscailhon, S., Gandemer, G. y Monin, G. (1994). Déterminisme des qualités sensorielles du jambon sec. Influence de la qualité de la matière première sur la qualité du jambon. *Viandes Prod. Carnés*, 15, 39-48.

Buscailhon, S. y Monin, G. (1994). Time-related changes in intramuscular lipids of lean tissue during processing of French dry-cured ham. *Meat Science*, 37, 245-255.

- Calvo, J. H., Lobera, J., Osta, R. y Zaragoza, P. (2000). Caracterización genética de la raza porcina Chato Murciano. *Archivos de zootecnia*, 49, 53-58.
- Careri, M., Mangia, A., Barbieri, G., Bolzoni, L., Virgili, R. y Parolari, G. (1993). Sensory property relationship to chemical data of Italian type dry-cured ham. *Journal of Food Science*, 58, 968-972.
- CARM (2013). *Producciones ganaderas. Serie Histórica*. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Recuperado de:
[http://www.carm.es/web/integra.servlets.Blob?ARCHIVO=3.2.1%20Producciones%20Ganaderas%2020072012%20Rev%2024.pdf&TABLA=ARCHIVOSyCAMPOCLAVE=IDARCHIVOyVALORCLAVE=1864yCAMPOIMAGEN=ARCHIVOyIDTIPO=60yRASTRO=c1355\\$m1174,1377](http://www.carm.es/web/integra.servlets.Blob?ARCHIVO=3.2.1%20Producciones%20Ganaderas%2020072012%20Rev%2024.pdf&TABLA=ARCHIVOSyCAMPOCLAVE=IDARCHIVOyVALORCLAVE=1864yCAMPOIMAGEN=ARCHIVOyIDTIPO=60yRASTRO=c1355$m1174,1377)
- Carrapiso, A. I., Ventanas, J., y García, C. (2002). Characterization of the most odor-active compounds of Iberian ham headspace. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 1996-2000.
- Carrapiso, A. I., Bonilla, F. y García, C. (2003). Effect of crossbreeding and rearing system on sensory characteristics of Iberian ham. *Meat Science*, 65, 623-629.
- Carrapiso, A. I., y García, C. (2005). Instrumental colour of Iberian ham subcutaneous fat and lean (biceps femoris): Influence of crossbreeding and rearing system. *Meat Science*, 71, 284-290.
- Carrapiso, A.I. y García, C. (2008). Effect of the Iberian pig line on dry-cured ham characteristics. *Meat Science*, 80, 529-534.
- Carrasco, J. A. (2001). Secaderos. En En S. Martín Bejarano (Ed.), *Enciclopedia de la carne y de los productos cárnicos* (pp. 995-1.020). Plasencia (Cáceres): Ediciones Martín y Macías.

- Casaburi, A., Aristoy, M.C., Cavell, S., Di Monaco, R., Ercolini, D., Toldrá, F. y 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.
- Cava, R. (1997). *Influencia de la alimentación sobre los fenómenos oxidativos desarrollados durante la maduración del jamón de cerdo Ibérico*. (Tesis Doctoral). Universidad de Extremadura, Facultad de Veterinaria. Cáceres, España.
- Cava, R., Ruíz, J., López-Bote, C., Martín, L., García, C. y Ventanas, J. (1997). Influence of finishing diet on intramuscular lipids, tryglicerides and phospholipids fatty acid profiles in muscle of Iberian pig. *Meat Science*, 45, 263-270.
- Cava, R., Ruíz, J., Ventanas, J. y 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., Ruíz, J., López-Bote, C., Martín, L., García, C., y Ventanas, J. (2000). Sensory characteristics of Iberian ham: Influence of rearing system and muscle location. *Food Science and Technology International*, 6, 235-242.
- Cava, R., Ferrer, J.M., Estévez, M., Morcuende, D. y Toldrá, F. (2004). Composition and proteolytic and lipolytic enzyme activities in muscle *Longissimus dorsi* from Iberian pigs and industrial genotype pigs. *Food Chemistry*, 88, 25-33.
- Chauban, J. (1989). Relationship between sour and salt taste perception and selected subject attributes. *Journal of the American Dietetic Association*, 89, 652-658.

- Cilla, I., Martínez, L., Beltrán, J.A. y Roncalés, P. (2005). Factors affecting of dry-cured ham throughout extended maturation under “bodega” conditions. *Meat Science*, 69, 789-795.
- Cilla, I., Martínez, L., Guerrero, L., Guàrdia, M.D., Arnau, J., Altarriba, J. y Roncalés, P. (2006). Consumer beliefs and attitudes towards dry-cured ham and protected designation of Origin Teruel ham in two Spanish regions differing in product knowledge. *Food Science and Technology International*, 12, 359-371.
- Córdoba, J. J., Antequera, T., García, C., Ventanas, J., López-Bote, C., y Asensio, M. A. (1994). Evolution of free amino acids and amines during ripening of Iberian cured ham. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 2296-2301.
- Costa-Corredor, A., Serra, X., Arnau, J. y Gou, P. (2009). Reduction of NaCl content in restructured dry-cured hams: Post-resting temperature and drying level effects on physicochemical and sensory parameters. *Meat Science*, 83, 390-397.
- Coutron-Gambotti, C., Gandemer, G. y Casabianca, F. (1998). Effects of substituting a concentrated diet for chestnuts on the lipid traits of muscle and adipose tissues in corsican and Corsican × Large White pigs reared in a sylvo-pastoral system in Corsica. *Meat Science*, 50, 163-174.
- Coutron-Gambotti, C., Gandemer, G., Rousset, S., Maestrini, O., y Casabianca, F. (1999). Reducing salt content of dry-cured ham: effect on lipid composition and sensory attributes. *Food Chemistry*, 64, 13-19.
- Di Luccia, A., Picariello, G., Cacace, G., Scaloni, A., Faccia, M., Liuzzi, V., Alvitì, G., y Musso, S. S. (2005). Proteomic analysis of water soluble and myofibrillar protein changes occurring in dry-cured hams. *Meat Science*, 69, 479-491.

- Díaz O., Fernández, M., García de Fernando, G.D., de la Hoz, L., Ordóñez, J.A. (1997). Proteolysis in dry fermented sausages: the effect of selected exogenous proteases. *Meat Science*, 46, 115-128.
- DOUE (1998). Publicación de una solicitud de registro con arreglo al segundo párrafo del artículo 8 (1) del Reglamento (CEE) 2082/92 del Consejo, de 14 de julio de 1992 relativo a la certificación de las características específicas de los productos agrícolas y alimenticios. (C371, 1.12.1998). Diario Oficial de las comunidades Europeas.
- DOUE (2005). Reglamento (CEE) 1698/2005 del Consejo, de 20 de septiembre, relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural. Diario Oficial de las comunidades Europeas.
- Estévez, M., Morcuende, D., Ventanas, S. y Cava, R. (2003). Analysis of volatiles in meat from Iberian pigs and lean pigs after refrigeration and cooking by using SPME-CG-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 3429-3435.
- Estévez, M., Morcuende, D., Ramírez, M. R., Ventanas, J., y Cava, R. (2004). Extensively reared Iberian pigs versus intensively reared White pigs for the manufacture of liver paté. *Meat Science*, 67, 453-461.
- Estévez, M., Morcuende, D. y Cava, R. (2006). Extensively reared Iberian pigs versus intensively reared white pigs for the manufacture of frankfurters. *Meat Science*, 72,356-364.
- Estévez, M., Morcuende, D., Ventanas, S. (2009). Determination of oxidation. En L.M.L. Nollet y F. Toldrá (Ed.), *Handbook of processed meats and poultry analysis* (pp. 141-162). Boca Raton, Florida: CRC Press, Taylor y Francis Group.

- Fantazzini, P., Gombia, M., Schembri, P., Simoncini, N. y Virgili, R. (2009). Use of Magnetic Resonance Imaging for monitoring Parma dry-cured ham processing. *Meat Science*, 82, 219-227.
- FAO (2013). Chato Murciano/España. Domestic Diversity Information System (DAD-IS). Food and Agricultural Organization of the United Nations. Recuperado de: <http://dad.fao.org/>
- Fernández, A., García-Gasco, J., De Pedro, E., Silió, L. y Rodríguez, M. C. (2007). Genetic antagonism between intramuscular fat content and primal cuts in Iberian pigs. *Option Méditerranéennes*, 76, 43-46.
- Fernández, X., Mourot, J., Lebret, B., Gilbert, S. y Monin, G. (2000). Influence of intramuscular fat content on lipid composition, sensory qualities and consumer acceptability of cured cooked ham. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 705-710.
- Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., Pérez-Álvarez, J.A. y Aranda-Catalá, V. (2003). Effect of sodium chloride, sodium tripolyphosphate and pH on color properties of pork meat. *Industrial Application: Color research and application*, 29, 67-74.
- Flores, J., Bermell, S., Nieto, P. y Costell, E. (1984). Cambios químicos en las proteínas del jamón durante los procesos de curado, lento y rápido, y su relación con la calidad. *Revista de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos*, 24, 503-509.
- Flores J., Biron C., Izquierdo L., y Nieto, P. (1988). Characterization of green hams from Iberian pigs by fast analysis of subcutaneous fat. *Meat Science*, 23, 253-262.

- Flores, J., Nieto, P., Bermell, S. y Miralles, M.C. (1985). Cambios en los lípidos del jamón durante el proceso de curado lento y rápido y su relación con la calidad. *Revista de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos*, 22, 117-124.
- Flores, M., Aristoy, M. C., y Toldrá, F. (1996). HPLC purification and characterization of soluble alanyl aminopeptidase from porcine skeletal muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 2578-2583.
- Flores, M., Ingram, D.A., Bett, K.L., Toldrá, F. y Spanier, A.M. (1997_a). Sensory characteristics of Spanish "Serrano" dry-cured ham. *Journal of Sensory Studies*, 12, 169-179.
- Flores, M., Aristoy, M. C., y Toldrá, F. (1997_b). Curing agents affect aminopeptidase activity from porcine skeletal muscle. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und-Forschung A*, 205, 343-346.
- Flores, M., Grim, C.C., Toldrá, F. y Spanier, A.M. (1997_c). Correlations of Sensory and volatile compounds of Spanish 'Serrano' dry-cured ham. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 2178-2186.
- Flores, M., Moya, V.J., Aristoy, M.C. y Toldrá, F. (2000). Nitrogen compounds as potential biochemical markers of pork meat quality. *Food Chemistry*, 69, 371-377.
- Flores, M., Aristoy, M. C., Antequera, T., Barat, J.M. y Toldrá, F. (2009). Effect of prefreezing ham on endogenous enzyme activity during the processing of Iberian dry-cured hams. *Meat Science*, 82, 241-246.
- Folch, J., Lees, M. y Stanley, G. (1957). A simple method for the isolation of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 495-509.

- Franci, O., Bozzi, R., Pugliese, C., Acciaioli, A., Campodoni, G. y Gandini, G. (2005). Performance of Cinta Sense pigs and their crosses with Large White. I. Muscle and subcutaneous fat characteristics. *Meat Science*, 69, 545-550.
- Fulladosa, E., Serra, X., Gou, P. y Arnau, J. (2009). Effects of potassium lactate and high pressure on transglutaminase restructured dry-cured hams with reduced salt content. *Meat Science*, 82, 213-218.
- Galián, M. (2007). *Características de la canal y calidad de la carne, composición mineral y lipídica del cerdo Chato Murciano y su cruce con ibérico. Efecto del sistema de manejo.* (Tesis Doctoral). Universidad de Murcia, Facultad de Veterinaria. Murcia, España,
- Gandemer, G., Monin, G., Navarro, J.L., Sabio, E. y Viau, M. (2000). Lipides et qualité des jambons secs méditerranéens. En J.A Almeida y J. Tirapicos Nunes (Eds.), *Tradition and innovation in Mediterranean pig production* (Vol. 41, pp. 181-189). Zaragoza: CIHEAM.
- Gandemer, G. (2002). Lipids in muscle and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. *Meat Science*, 62, 309-321.
- Gandemer, G. (2009). Dry cured ham quality as related to lipid quality of raw material and lipid changes during processing: a review. *Grasas y aceites*, 60, 297-307.
- García, C., Córdoba, J.J., Asensio, M.A., Bermúdez, E., Antequera, T. y Ventanas, J. (1992). Heme pigment evolution during ripening of dry-cured Iberian ham. En *Actas del 38th International Congress of Meat Science and Technology* (pp. 483-486). Clermont-Ferrand (Francia), 23-28 Agosto.

- García, C. y Carrapiso, A. I. (2001_a). La calidad sensorial del jamón Ibérico y su evaluación: la cala y la cata del jamón. En J. Ventanas (Ed.), *Tecnología del jamón Ibérico* (pp. 391-418). Madrid: Mundi Prensa.
- García, C. y Carrapiso, A. I. (2001_b). Control de calidad de los productos cárnicos. Parámetros de calidad. Métodos de análisis. Laboratorios de control. En S. Martín Bejarano (Ed.), *Enciclopedia de la carne y de los productos cárnicos* (pp. 1.587-1.599). Plasencia (Cáceres): Ediciones Martín y Macías.
- García, C. y Timón, M.L. (2001). Los compuestos responsables del flavor del jamón Ibérico. Variaciones en los distintos tipos de jamones. En Ventanas J. (Ed.), *Tecnología del jamón Ibérico* (pp. 367-389). Madrid: Mundi Prensa.
- García, C., Jurado, A. y Carrapiso, A. I. (2005). Atributos sensoriales del jamón Ibérico. En *Actas del III Congreso Mundial del Jamón* (pp.177-185). Teruel (España), 22-26 Julio.
- García, C., Tovar, J., Jurado, A. y Ventanas, J. (2007). Estudio de la incidencia de los nuevos alimentos para animales en la calidad sensorial del jamón Ibérico. *Eurocarne*, 161, 33-41.
- García-Esteban, M., Ruíz, J., Ansorena, D. y Astiasarán, I. (2005). Evaluación de la calidad sensorial del jamón curado. *Eurocarne*, 135, 45-56.
- García-González, D.L., Luna, G., Morales, M.T. y Aparicio-Ruíz, R. (2005). Chemical analysis of dry-cured ham aroma by electronic nose. En *ATYPIC final public conference* (pp. 16-26). Clermont-Ferrand (Francia). Diciembre de 2005.
- García-González, D.L., Tena, N., Aparicio-Ruíz, R. y Morales, M.T. (2008). Relationship between sensory attributes and volatile compounds qualifying dry-cured hams. *Meat Science*, 80, 315-325.

- García-Herrero, I. (1994). *Maduración de la cecina de vacuno: Parámetros químicos y microbiológicos*. (Tesis Doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Farmacia. Madrid, España.
- Geri, G., Franci, O., Zappa, A. y Campodoni, G. (1984). Accrescimento relativo e distribuizione del grasso in suini maschi castrati e femmine da 20 a 200 chilogrammi di peso vivo. *Zootecnia e Nutrizione Animale*, 10, 365-380.
- German, J.B. (1990). Muscle lipids. *Journal of Muscle Foods*, 1, 33-361.
- Gil, M., Guerrero, L. y Sárraga, C. (1999). The effect of meat quality, salt and ageing time on biochemical parameters of dry-cured longissimus dorsi muscle. *Meat Science*, 51, 329-337.
- Girard, J.P., Denoyer, C., Desmoulin, B. y Gandemer, G. (1983). Facteurs de variation de la composition en acides gras des tissus adipeux (bardiére) et musculaires de porc (long dorsal). *Revue Française Corp Gras*, 30, 73-79.
- Gou, P., Guerrero, L. y Arnau, J. (1995). Sex and crossbreed effects on the characteristics of dry-cured ham. *Meat Science*, 40, 21-31.
- Gou, P., Guerrero, L., Gelabert, J. y Arnau, J. (1996). Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin. *Meat Science*, 42, 37-48.
- Gou, P. y Comaposada, J. (2000). La transferencia de sal en el interior del jamón curado. *Eurocarne*, 86, 35-64.
- Gray, J.I. y Pearson, A.M. (1987). Rancidity and xarmed-over flavour. Restructured meat and meat products. En A.M Pearson y T. R. Dutson (Eds.), *Advances in Meat Research*, 3, (pp. 221-269). New York: Van Nostrand Reinhold Company.

- Guàrdia, M.D., Guerrero, L., Gou, P., Monfort, J.M. y Arnau, J. (1999). *Efecto del tiempo de maduración sobre las características sensoriales del jamón curado, sobre su aceptabilidad y su preferencia*. México. DF: Sensiber 99.
- Guàrdia, M.D., Guerrero, L., Gelabert, J., Gou, P. y Arnau, J. (2006). Consumer attitude towards sodium reduction in meat products and acceptability of fermented sausages with reduced sodium content. *Meat Science*, 73, 484-490.
- Guàrdia, M.D., Aguiar, A., Claret, A., Arnau, J. y Guerrero, L. (2010). Sensory characterization of dry-cured ham using free-choice profiling. *Food Quality and Preference*, 21, 148-155.
- Guerrero, L., Guardia, M. D. y Arnau, J. (1998). El análisis sensorial en jamón curado. *Eurocarne*, 67, 51-58.
- Guerrero, L., Gou, P. y Arnau, J. (1999). The influence of meat pH on mechanical and sensory textural properties of dry-cured ham. *Meat Science*, 52, 267-273.
- Guerrero, L., Aguiar, A. P. S., Guàrdia, M. D., Claret, A., y Arnau, J. (2007). Criterios de elección del jamón curado para los consumidores españoles. En *Actas del IV Congreso Mundial del jamón curado* (pp. 431-432). Salamanca (España), 18-20 Abril.
- Hernández, P., Navarro, J.L. y Toldrá, F. (1999). Lipolytic and oxidative changes in two Spanish pork loin products: dry-cured loin and pickled-cured loin. *Meat Science*, 51, 123-128.
- Herrero, J.M. (2012). *Caracterización genética de la raza Chato Murciano*. (Tesis Doctoral). Universidad de Murcia, Facultad de Veterinaria. Murcia, España.
- Hinrichsen, L. y Pedersen, S.B. (1995). Relationship among flavor, volatile compounds, chemical changes, and microflora in Italian-type dry-

- cured ham during processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 2932-2940.
- Honikel, K. (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78, 68-76.
- Hu, F. B., Manson J. E. y Willet W. C. (2001). Types of dietary fats and risk of coronary Heart disease: a critical review. *Journal of the American College of Nutrition*, 30, 785-807.
- Ibáñez, F. y Barcina, Y. (2001). *Análisis sensorial de alimentos. Métodos y aplicaciones*. Barcelona: Springer.
- Igene, J.O., Pearson, A.M. y Gray, J.I. (1981). Effect of length of frozen storage cooking and holding temperatures upon components phospholipids and the fatty acid composition of meat triglycerides and phospholipids. *Food Chemistry*, 7, 289-303.
- ISO (1978). Determination of nitrogen content. Norma ISO 937:1978. En *International Standards Meat and Meat Products*. Ginebra: International organization for Standardization.
- ISO (1996_a). Determination of free fat content. Norma ISO 1444:1996 standard. En *International Standards Meat and Meat Products*. Ginebra: International organization for Standardization.
- ISO (1996_b). Determination of chloride content-Part 1: Volhard method. Norma ISO 1841-1:1996. En *International Standards Meat and Meat Products*. Ginebra: International organization for Standardization.
- ISO (1998). Determination of ash content. Norma ISO 936:1998. En *International Standards Meat and Meat Products*. Ginebra: International organization for Standardization.

- ISO (1997). Determination of moisture content. Norma ISO 1442:1997. En *International Standards Meat and Meat Products*. Ginebra: International organization for Standarization.
- Jiménez-Colmenero, F., Ventanas, J., y Toldrá, F. (2009). El jamón curado en una nutrición saludable. En *Actas del V Congreso Mundial del Jamón*. Aracena, Huelva (España), 6-8 Mayo.
- Jones, B.N., Pablo, S. y Stein, S. (1981). Amino-acid Analysis and enzymatic secuencia determination of peptides by an improved ortho-phthaldialdehyde pre-column labeling procedure. *Journal of Liquid Chromatography*, 4, 565-586.
- Jurado, A., García, C., Timón, M. y Carrapiso, A. (2007). Effect of ripening time and rearing system on amino-acid related flavor compounds of Iberian ham. *Meat Science*, 75, 585-594.
- Kato, H., Ra Rhue, M. y Nishimura, T. (1989). Role of free amino acids and peptides in food taste. En R. Teranishi, R. G. Buttery y F. Shahidi (Eds.), *Flavor chemistry, trends and developments* (pp 158-174). Washington: ACS Symposium series 388.
- Koohmaraie, M. (1994). Muscle proteinases and meat aging. *Meat Science*, 36, 93-104.
- Labroue, F., Goumy, S., Gruand, J., Mourot, J., Neelz, V. y Legault, C. (2000). Comparaison au Large White de quatre races locales porcines françaises pour les performances de croissance, de carcasse et de qualité de la viande. *Journées De La Recherche Porcine En France*, 32, 403-411.
- Lametsch, R., Karlsson, A., Rosenvold, K., Andersen, H. J., Roepstorff, P., y Bendixen, E. (2003). Postmortem proteome changes of porcine muscle

related to tenderness. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 6992-6997.

Larrea, (2003). *Caracterización química y microestructural de proceso de elaboración de jamón curado D.O. Teruel*. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Tecnología de los Alimentos. Valencia, España.

Lo Fiego, D. P., Macchioni, P., Santoro, P., Pastorelli, G., y Corino, C. (2005). Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) supplementation on CLA isomers content and fatty acid composition of dry-cured Parma ham. *Meat Science*, 70, 285-291.

Lobera, J. (1998). El cerdo Chato Murciano. Antecedentes y creación. *Archivos de zootecnia*, 47, 576.

López-Bote, C. (1992). La calidad de la carne. En S. Martín Bejerano (Ed.), *Manual práctico de la carne* (pp.143-179). Plasencia (Cáceres): Ediciones Martín y Macías.

López-Bote, C. (1998). Sustained utilization of the Iberian pig breed. *Meat Science*, 49, 17-27.

López-Bote, C., Carmona Castaño, J.M. y Solares, M. (2001). La calidad de la carne. En S. Martín Bejarano (Ed.), *Enciclopedia de la carne y los productos cárnicos* (pp. 539-568). Plasencia (Cáceres): Ediciones Martín y Macías.

Lorenzo, J.M., Temperán, S., Bermúdez, R., Cobas, N., y Purriños, L. (2012). Changes in physico-chemical, microbiological, textural and sensory attributes during ripening of dry-cured foal salchichón. *Meat Science*, 90, 194-198.

- Luna, G., Aparicio-Ruíz, R. y García-González, D.L. (2006). A tentative characterization of white dry-cured hams from Teruel (Spain) by SPME-GC. *Food Chemistry*, 97, 621-630.
- McLeod, G. (1986). The scientific and technological basis of meat flavors. En G.G. Birch y M.G. Lindley (Eds.), *Development in Food Flavors* (191-223). Londres: Elsevier.
- Madonia, G., Diaferia, C., Moretti, V.M., Margiotta, S., Manganelli, E., Pruiti, V., Caprino, F. y D'Amico, A. (2007). Nero Siciliano pigs proposed as a traditional quality product: comparison between salami made from black pig's meat and white pig's meat. *Option Mediterranéennes*, 76, 251-257.
- Maga, J. A. (1998). Umami flavour of meat. En F. Shahidi (Ed.), *Flavour of meat products and seafood* (pp.197-216). Londres: Blachie AyP, Chapman y Hall.
- MAGRAMA (2013_a). *El sector de la carne de cerdo en cifras. Principales indicadores económicos en 2012*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Subdirección general de productos ganaderos. Recuperado de:
http://www.magrama.gob.es/app/vocwai/documentos/Adjuntos_AreaPublica/INDICADORES%20ECON%20MICOS%20CARNE%20DE%20CERDO%202012.pdf
- MAGRAMA (2013_b). *Resumen de datos de censos de animales Ibéricos en 2012. Registro informativo del Ibérico (RIBER)*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Recuperado de:
http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/calidadagroalimentaria/Censo_animales__2012_tcm7-262543.pdf

- MAGRAMA (2013_c). *Kilos de carne comercializados bajo la norma de calidad. Registro informativo del Ibérico (RIBER)*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Recuperado de:
http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/calidadagroalimentaria/CARNES_2012_tcm7-272575.pdf
- MAGRAMA (2013_d). *Número de jamones comercializados bajo la norma de calidad. Registro informativo del Ibérico (RIBER)*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Recuperado de:
http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/calidadagroalimentaria/Jamones_2012_tcm7-271065.pdf
- MAGRAMA (2013_e). *Número de lomos comercializados bajo la norma de calidad. Registro informativo del Ibérico (RIBER)*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Recuperado de:
http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/calidadagroalimentaria/Lomos_2012_tcm7-271067.pdf
- Mancini, R. A. y Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71, 100-121.
- Martín, A., Asensio, M.A., Bermúdez, M.E., Córdoba, M.G., Aranda, E. y Córdoba, J.J. (2002). Proteolytic activity of *Penicillium chrysogenum* and *Debaryomyces hansenii* during controlled ripening of pork loins. *Meat Science*, 62, 129-137.
- Martin, D., Antequera, T., Muriel, E., Pérez-Palacios, T. y Ruíz, J. (2008). Effect of dietary conjugated linoleic acid in combination with monounsaturated fatty acids on the meat composition and quality traits of dry-cured loin. *Meat Science*, 80, 1309-1319.
- Martín, D., Muriel, E., Antequera, T., Andrés, A.I. y Ruíz, J. (2009). Quantitative changes in the fatty acid profile of lipid fractions of fresh loin from pigs as affected by dietary conjugated linoleic acid and

- monounsaturated fatty acids during refrigerated storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22, 102-111.
- Martín, L. (1996). *Influencia de las condiciones del procesado sobre los cambios madurativos en el jamón Ibérico*. (Tesis Doctoral). Universidad de Extremadura, Facultad de Veterinaria. Cáceres, España.
- Martín, L., Córdoba, J. J., Antequera, T., Timon, M. L. y Ventanas, J. (1997). Effects of salt and temperature on proteolysis during ripening of Iberian ham. *Meat Science*, 49,145-153.
- Martín, L., Córdoba, J.J., Antequera, T., Timón, M.L. y Ventajas, J. (1998). Influence of processing conditions of Iberian ham on proteolysis during ripening. *Food Science and Technology International*, 4, 17-22.
- Martín, L., Córdoba, J.J., Ventanas, J. y Antequera, T. (1999). Changes in intramuscular lipids during ripening of Iberian dry-cured ham. *Meat Science*, 51, 129-134.
- Martín, L., Timón, M.L., Petró, M.J., Ventanas, J. y Antequera, T. (2000). Evolution of volatile aldehydes in Iberian ham matured under different processing conditions. *Meat Science*, 54, 333-337.
- Martín, L., Antequera, T., Ventanas, J., Benítez-Donoso, R. y Córdoba, J.J. (2001). Free aminoacids and other non-volatile compounds formed during processing of Iberian ham. *Meat Science*, 59, 363-368.
- Martinez, S., Cachaldora, A., Fonseca, S, franco, I. y Carballo, J. (2007). La grasa del ceto de raza Celta: perfil de ácidos de los lípidos neutros y polares en distintas localizaciones de la canal. *Eurocarne*, 154, 1-13.
- Mayoral, A. I., Dorado, M., Guillén, M. T., Robina, A., Vivo, J. M., Vazquez, C. y Ruíz, J. (1999). Development of meat and carcass quality characteristics in Iberian pigs reared outdoors. *Meat Science*, 52, 315-324.

- Meilgaard, M. C., Civille, C. V. y Carr, B. T. (1999). *Sensory evaluation techniques*. (3ª ed.). New York: CRC Press.
- Molina, A. (2010). Biodiversidad y conservación de razas autóctonas de animales domésticos. *Ambienta*, 91, 109-125.
- Molinero, C. (2009). *Caracterización y optimización del proceso tecnológico de elaboración de la cecina de León*. (Tesis Doctoral). Universidad de Burgos, Departamento de Biotecnología y Ciencia de los Alimentos. Burgos, España.
- Molly, K., Demeyer, D., Johansson, G., Raemaekers, M., Ghistelinck, M. y Geenen, I. (1997). The importance of meat enzymes in ripening and flavor generation in dry fermented sausages. First result of a European project. *Food Chemistry*, 59, 539-545.
- Monin, G., Hortos, M., Diaz, I., Rock, E., y García-Regueiro, J. A. (2003). Lipolysis and lipid oxidation during chilled storage of meat from Large White and Pietrain pigs. *Meat Science*, 64, 7-12.
- Mora, L. (2010). *Determinación de compuestos bioquímicos para el control de calidad en la elaboración de jamón cocido y jamón curado*. (Tesis Doctoral). Universidad de Valencia. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA). Valencia, España.
- Morcuende, D. (2005). *Evaluación tecnológica de la carne de cerdo Duroc y sus cruces con el cerdo Ibérico destinada a la producción de carne fresca y su transformación en productos cárnicos curados*. (Tesis Doctoral). Universidad de Extremadura, Facultad de Veterinaria. Cáceres, España.
- Morrissey, P.A., Sheehy, P.J.A., Galvin, K., Kerry, J.P. y Buckley, D.J. (1998). Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*, 49, 73-86.

- Motilva, M. J., Toldrá, F., Nieto, P. y Flores, J. (1993). Muscle lipolysis phenomena in the processing of dry-cured ham. *Food Chemistry*, 48, 121-125.
- Motilva, M.J., Toldrá, F., Nadal, M.I. y Flores, J. (1994). Pre-freezing hams affects lipolysis during dry-curing. *Journal of Food Science*, 59, 303-305.
- Muriel E. (2003). *Estudio comparativo de parámetros físico-químicos y sensoriales de Lomo Ibérico*. (Tesis Doctoral). Universidad de Extremadura, Facultad de Veterinaria. Cáceres, España.
- Muriel, E., Ruíz, J., Petró, M. J., Andrés, A. y Antequera, T. (2003). Influencia de la alimentación sobre parámetros físico-químicos y sensoriales del lomo curado de cerdo ibérico. *Eurocarne*, 121, 75-82.
- Muriel, E., Ruíz, J., Martín, D., Petró, M. J., y Antequera, T. (2004_a). Physico-chemical and sensory characteristics of dry-cured loin from different Iberian pig lines. *Food Science Technology International*, 10, 117-123.
- Muriel, E., Ruíz, J., Ventanas, J., Petron, M.J. y Antequera, T. (2004_b). Meat quality characteristics in different lines of Iberian pigs. *Meat Science*, 67, 299-307.
- Muriel, E., Antequera, T., Petró, M.J., Andrés, A.I. y Ruíz, J. (2004_c). Volatile compounds in Iberian dry-cured loin. *Meat Science*, 68, 391-400.
- Muriel, E., Andres, A. I., Petron, M. J., Antequera, T. y Ruíz, J. (2007). Lipolytic and oxidative changes in Iberian dry-cured loin. *Meat Science*, 75, 315-323.
- Nagaraj, N. S. y Santhanam, K. (2006). Effects of muscle proteases, endogenous protease inhibitors and myofibril fragmentation on

- postmortem aging of goat meat. *Journal of Food Biochemistry*, 30, 269-291.
- Navarro, J. L., Nadal, M. I., Nieto, P. y Flores, J. (2001). Effect of nitrate and nitrite curing salts on the generation and oxidation of fatty acids in non-fermented sausages. *European Food Research and Technology*, 212, 421-425.
- Nawar, W.W. (1996). Lipids. En O.R. Fennema (Ed.), *Food Chemistry* (pp. 225-319). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Nishimura, T., y Kato, H. (1988). Components contributing to the improvement of meat taste during storage. *Agriculture Biochemical Chemistry*, 52, 2323-2330.
- Olivares, A., Navarro, J. L., y Flores, M. (2011). Effect of fat content on aroma generation during processing of dry fermented sausages. *Meat Science*, 87, 264-273.
- Onega, M. E. (2003). *Evaluación de la calidad de carnes frescas: Aplicaciones de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales*. (Tesis Doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Veterinaria. Madrid, España.
- Ordóñez, J. A., y De la Hoz, L. (2001). Embutidos crudos curados. Tipos. Fenómenos madurativos. Alteraciones. En S. Martín Bejarano (Ed.), *Enciclopedia de la carne y de los productos cárnicos* (pp. 1.063-1.090). Plasencia (Cáceres): Ediciones Martín y Macías.
- Parolari, G. (1996). Achievements, needs and perspectives in dry-cured ham technology: The example of Parma ham. *Food Science and Technology International*, 2, 69-78.

- Parolari, G., Virgili, R. y Schivazzapa, C. (1994). Relationship between cathepsin B activity and compositional parameters in dry-cured hams of normal and defective texture. *Meat Science*, 38, 117-122.
- Parolari, G., Benedini, R. y Toscani, T. (2009). Color Formation in Nitrite-Free Dried Hams as Related to Zn-Protoporphyrin IX and Zn-Chelatase Activity. *Journal of Food Science*, 74, 413-418.
- Pegg, R.B. y Shahidi, F. (2000). *Nitrite curing of meat. The N-Nitrosamine problem and nitrite alternatives*. Trumbull, Connecticut: Food and Nutrition Press, Inc.
- Peinado, B., Poto, A., Vega-Pla, J. L., Martínez, A. M., Barba, C. y Delgado, J. V. (2003). Estudio genético del cerdo Chato Murciano sometido a un programa de recuperación. *Archivos de zootecnia*, 52, 273-278.
- Peinado, B., Poto, A., Gil, F. y López, G. (2004). Characteristics of the carcass and meat of the Chato Murciano pig. *Livestock Production Science*, 90, 285-292.
- Peinado, B., Almela, L., Duchi, N., Poto, A. (2009). Parámetros de calidad en la canal y en la carne de cerdo Chato Murciano. *Eurocarne*, 173, 64-80-
- Pérez- Palacios, T., Ruíz, J., Tejeda, J.F. y Antequera, T. (2009). Subcutaneous and intramuscular lipid traits as tools for classifying Iberian pigs as a function of their feeding background. *Meat Science*, 81, 632-640.
- Pérez-Palacios, T., Ruíz, J., Barat, J.M., Aristoy, M.C. y Antequera, T. (2010). Influence of pre-cure freezing of Iberian ham on proteolytic changes through the ripening process. *Meat Science*, 85, 121-126.
- Petrón, M.J., Muriel, E., Timón, M.L., Martín, L. y Antequera, T. (2004). Fatty acids and triacylglycerols profiles from different types of Iberian dry-cured ham. *Meat Science*, 68, 71-77.

- Pospiech, E., Grzes, B., Lyczynski, A., Borzuta, K., Szalata, M. y Mikolajczak, B. (2003). Muscle proteins and their changes in the process of meat tenderization. *Animal Science Papers and Reports*, 21, 133-155.
- Poto, A., Lobera, J. B. y Peinado, B. (2000). Razas autóctonas de Murcia. Estimación del censo y aptitudes. *Archivos de zootecnia*, 49, 107-114.
- Poto, A., López, G., Medina, P., González, J., Lobera, J. B. y Martínez, M. (2000). La mejor forma de recuperar la raza porcina Chato Murciano es mejorando la calidad de la carne de otras razas. *Archivos de zootecnia*, 49, 195-200.
- Poto, A., Peinado, B., Marín, M. y Barba, C. (2002). Productos porcinos tradicionales de la región de Murcia. *Porci*, 69.
- Poto, A. (2003). *Estudio de la calidad de la canal y de la carne del cerdo Chato Murciano*. (Tesis Doctoral). Universidad de Murcia, Facultad de Veterinaria. Murcia, España.
- Poto, A., Galián, M. y 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.
- Prieto, B. y Carballo, J. (1997). El control analítico de la calidad en los productos cárnicos crudos-curados. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1, 112-120.
- Pugliese, C., Calagna, G., Chiofalo, V., Moretti, V., Margiotta, S., Franci, O. y Gandini, G. (2004). Comparison of the performances of Nero Siciliano pigs reared indoors and outdoors. 2. Joints composition, meat and fat traits. *Meat Science*, 68, 523-528.

- Pugliese, C. y Sirtori, F. (2012). Quality of meat and meat products produced from southern European pig breeds. *Meat Science*, 90, 511-518.
- Ramírez, R. (2006). *Evaluación de la calidad y aptitud tecnológica de la carne y productos curados de cerdos ibéricos procedentes de distintos cruces con líneas genéticas de cerdos Duroc*. (Tesis Doctoral). Universidad de Extremadura, Facultad de Veterinaria. Cáceres, España.
- Ramírez, R. y Cava, R. (2007). Effect of Iberian x Duroc genotype on dry-cured loin quality. *Meat Science*, 76, 333-341.
- Resano, H., Sanjuán, A. I., y Albisu, L. M. (2007). Consumers' acceptability of cured ham in Spain and the influence of information. *Food Quality and Preference*, 18, 1064-1076.
- Ros, G., Martínez, C. (2005). Calidad y composición nutritiva de la carne, el pescado y el marisco. En A. Gil, y M. D. Ruíz (Eds.), *Tratado de nutrición* (pp. 106-145). Madrid: Grupo Asociación Médica.
- Rosell, C. M. y Toldrá, F. (1996). Effect of curing agents and m-calpain activity throughout the curing process. *Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung Und-Forschung*, 203, 320-325.
- Rosell, C.M. y Toldrá, F. (1998). Comparison of muscle proteolytic and lipolytic enzyme levels in raw hams from Iberian and White pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76, 117-122.
- Rosenthal, A. J. (2001). *Textura de los alimentos. Medida y percepción*. Zaragoza: Ed. Acribia.
- Ruíz, J., Ventanas, J., Cava, R., Timón, M.L. y García, C. (1998). Sensory characteristics of Iberian ham: influence of processing time and slice location. *Food Research International*, 31, 53-58.

- Ruíz, J., García, C., Díaz, M. C., Cava, R., Tejada, J. y Ventanas, J. (1999). Dry cured Iberian ham non-volatile components as affected by the length of the curing process. *Food Research International*, 32, 643-651.
- Ruíz, J., Ventanas, J., Cava, R., Andrés, A. y 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.
- Ruíz, J., García, C., Muriel, E., Andrés, A.I. y Ventanas, J. (2002). Influence of sensory characteristics on the acceptability of dry-cured ham. *Meat Science*, 61, 347-354.
- Ruíz, J., Antequera, T., Andres, A.I., Petron, M.J. y Muriel, E. (2004). Improvement of a solid phase extraction method for anlysis of lipid fractions in muscle foods. *Analytica Chimica Acta*, 520, 201-205.
- Ruíz, J. y López-Bote, C. (2005). Alimentación y calidad sensorial en cerdos destinados a la obtención de productos cárnicos de calidad diferenciada. XXI Curso de especialización. FEDNA.
- Ruíz-Ramírez, J., Serra, X., Gou, P. y Arnau, J. (2003). Efecto de la actividad de agua y contenido en agua sobre la textura del jamón curado. En *Actas del II Congreso Mundial del Jamón Curado*. Cáceres (España), 17-19 Marzo.
- Ruíz-Ramírez, J., Arnau, J., Serra, X., y Gou, P. (2006). Effect of pH24, NaCl content and proteolysis index on the relationship between water content and texture parameters in biceps femoris and semimembranosus muscles in dry-cured ham. *Meat Science*, 72, 185-194.
- Sahidi, F., Rubin, L.J. y D'Souza, L.A. (1986). Meat flavour volatiles: a review of the composition, technique of analysis and sesnroy evaluation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 24, 141-243.

- Salvatori, G., Filetti, F., Di Cesare, C., Maiorano, G. y Oriani, G. (2008). Lipid composition of meat and backfat from casertana purebred and crossbred pig reared outdoors. *Meat Science*, 80, 623-631.
- Sánchez-Moliner, F. (2003). *Modificaciones tecnológicas para mejorar la seguridad y calidad del jamón curado*. (Tesis Doctoral). Universitat de Girona. Departament d'Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Agroalimentària. Girona, España.
- Sánchez-Moliner, F. y Arnau, J. (2010). Processing of dry-cured ham in a reduced-oxygen atmosphere: Effects on sensory traits. *Meat Science*, 85, 420-427.
- Sánchez-Rodríguez, M.E., Pérez-Álvarez, J.A., Gago Gago, M.A., López-Santoveña, F. y Aranda-Catala, V. (1996). Estudio de los parámetros de color durante el proceso de elaboración del lomo embuchado de cerdo blanco. *Eurocarne*, 49.
- Sandler, S. R. y Karo, W. (1992). *Source book of advances organic laboratory preparations*. San Diego: Academic Press.
- Schlichtherle-Cerny, H. y Grosch, W. (1998). Evaluation of taste compounds of stewed beef juice. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und-Forschung A*, 207, 369-376.
- Schmidt, S. y Berger, R. G. (1998). Aroma compounds in fermented sausage of different origins. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 31, 559-567.
- Sentandreu, M.A. y Toldrá, F. (2000). Purification and biochemical properties of dipeptidyl peptidase I from skeletal muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5014-5022.
- Serra, X., Gil, F., Pérez-Enciso, M., 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 histochemical characteristics of Iberian (Guadyerbas line) and Landrace pigs. *Livestock Production Science*, 56, 215-223.
- Sforza, S., Galaverna, G., Schivazappa, C., Marchelli, R., Dossena, A., y Virgili, R. (2006). Effect of extended aging of Parma dry-cured ham on the content of oligopeptides and free amino acids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 9422-9429.
- Skibsted, L.H. (1992). Cured meat products and their meat oxidative stability. En D.A. Ledward, D.E. Johnston y M.K. Knight (Eds), *The Chemistry of muscle-based Foods* (pp. 266-287). Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Soto, E., Hoz, L., Ordóñez, J. A., Hierro, E., Herranz, B. y López-Bote, C. (2008). Impact of feeding and rearing system of Iberian pigs on volatile profile and sensory characteristics of dry-cured loin. *Meat Science*, 79 (4), 666-676.
- Stahnke, L. H. (1995). Dried sausages fermented with *Staphylococcus xylosus* at different temperatures and with different ingredient levels. Part II. Volatile components. *Meat Sciences*, 41, 193-209.
- Stahnke, L. H. (1998). Character impact aroma compounds in fermented sausage. En *Actas del 44th International Congress of Meat Science and Technology* (pp. 786-787). Barcelona (España), 30 Agosto-4 Septiembre.
- Tabilo, G., Flores, M., Fiszman, S. M. y Toldrá, F. (1999). Postmortem meat quality and sex affect textural properties and protein breakdown of dry-cured ham. *Meat Science*, 51(3), 255-260.
- Tejeda, J.F., Gndemer, G., Antequera, T., Viau, M. y García, C. (2002). Lipid traits of muscles as related to genotype and fattening diet in Iberian

- pigs: total intramuscular lipids and triacylglycerols. *Meat Science*, 60, 357-363.
- Toldrá, F., Aristoy, M. C., Part, C., Cerveró, C., Rico, E. y Motilva, M.J. (1992). Muscle and adipose tissue aminopeptidase activities in raw and dry-cured ham. *Journal of Food Science*, 57, 816-833.
- Toldrá, F., Cerveró, C., y Part, C. (1993). Porcine aminopeptidase activity as affected by curing agents. *Journal of Food Science*, 58, 724-726.
- Toldrá, F. (1994). Basic principles of the development of aroma and flavour of meat and meat products. *Alimentacion Equipos y Tecnologia*, 13, 59-62.
- Toldrá, F., Aristoy, M. C., Virgili, R. y Parolari, G. (1996). Pattern of muscle proteolytic and lipolytic enzymes from light and heavy pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 71, 124-128.
- Toldrá, F., Flores, M. y Sanz, Y. (1997). Dry-cured ham flavour: enzymatic generation and process influence. *Food Chemistry*, 59, 523-530.
- Toldrá, F. (1998). Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry-cured meat products. *Meat Science*, 49, 101-110.
- Toldrá, F. y Flores, M. (1998). The role of muscle proteases and lipases in flavor development during the processing of dry-cured ham. *Critical Reviews in Food Science*, 38, 331-352.
- Toldrá, F., Aristoy, M.C. y Flores, M. (2000). Contribution of muscle aminopeptidases to flavor development in dry cured ham. *Food Research International*, 33, 181-185.
- Toldrá, F. (2002). Manufacturing of dry cured ham. En F. Toldrá (Ed.), *Dry cured meat products* (pp. 27-62). Trumbull, Connecticut: Food and Nutrition Press, Inc.

- Toldrá, F. (2006). The role of muscle enzymes in dry-cured meat products whith different drying conditions. *Food Science and Technology*, 17, 164-168.
- Toldrá, F. y Aristoy, M.C. (2010). Dry-cured ham. En F. Toldrá (Ed), *Handbook of Meat Processing* (pp.351-362). Ames, Iowa: Willey-Blackwell.
- Touraille, C. y Girard, J.P. (1985). Influence du sexe et de l'âge à l'abattage sur les qualités organoleptiques des viandes de bovines limousines abattues entre 16 et 33 mois. *Bull Tech. C.R.Z.V. Theix., I.N.R.A*, 48, 83-89.
- Ullrich, N. y Tepper, J.B. (2000). Food preferences are influenced by gender and genetic taste sensitivity to 6-n-propylthiouracil (PROP). En *IFT annual meeting*. Dallas, Texas (USA), 10-14 Junio.
- Vázquez, C., Menaya, C., Benito, J., Ferrera, J.L., Fallola, A. y García-Carrasco, J.M. (1996). Perfil de ácidos grasos en distintas localizaciones del tejido adiposo del cerdo Ibérico. *Eurocarne*, 52, 17-21.
- Ventanas, J., Córdoba, J. J., Antequera, T., García, C., López-Bote, C., y Asensio, M. A. (1992). Hydrolysis and Maillard reactions during ripening of Iberian ham. *Journal of Food Science*, 57, 813-815.
- Ventanas, J. y Cava, R. (2001). Dinámica y control del proceso de secado del jamón Ibérico en secaderos y bodegas naturales y en cámaras climatizadas. En J. Ventanas (Ed.), *Tecnología del jamón Ibérico* (255-292). Madrid: Mundi Prensa.
- Ventanas, J. y Timón, M. L. (2001). Cambios madurativos en el jamón curado de cerdo ibérico. En S. Martín Bejarano (Ed.), *Enciclopedia de la*

- carne y de los productos cárnicos* (pp. 1.248-1.264). Plasencia (Cáceres): Ediciones Martín y Macías.
- Ventanas, J., Gázquez, A., Muriel, E., Petró, M.J., Carrapiso, A.I. y Tejeda, J.F. (2001). La grasa intramuscular y la calidad del jamón. En *Actas del I Congreso Mundial del jamón* (pp. 45-51). Córdoba (España), 14-16 Marzo.
- Ventanas, S., Ventanas, J., Ruíz, J. y Estévez M. (2005). Iberian pigs for the development of high-quality cured products. En Pandalai (Ed.), *Recent Research in Development in Agricultural and Food Chemistry* (pp. 27-53), Trivandrum, Kerala: Research Singpost.
- Ventanas, S. (2006). *Influencia de la raza y de la alimentación sobre el contenido y características de la grasa intramuscular del lomo de cerdo ibérico: Efecto sobre parámetros determinantes de la calidad*. (Tesis Doctoral). Universidad de Extremadura, Facultad de Veterinaria. Cáceres, España.
- Ventana, S., Ventanas, J., Jurado, A., y Estévez, M. (2006). Quality traits in muscle biceps femoris and back-fat from purebred Iberian and reciprocal Iberian x Duroc crossbred pigs. *Meat Science*, 73, 651-659.
- Ventanas, S., Ruíz, J., García, C. y Ventanas, J. (2007). Preference and juiciness of Iberian dry-cured loin as affected by intramuscular fat content, crossbreeding and rearing system. *Meat Science*, 77, 324-330.
- Ventanas, S., Ventanas, J. y Ruíz, J. (2007). Sensory characteristics of Iberian dry-cured loins: Influence of crossbreeding and rearing system. *Meat Science*, 75, 211-219.
- Ventanas, J. (2009). Parámetros de calidad de la I.G.P. Ibérico de la Dehesa. *Eurocarne*, 174, 60-66.

- Vestergaard, C.S., Schivazappa, C., Virgili, R. (2000). Lipolysis in dry-cured ham maturation. *Meat Science*, 55, 1-5.
- Virgili, R., Parolari, G., Schivazappa, C. Bordini, C. y Bori, M. (1995). Sensory and texture quality of dry-cured ham as affected by endogenous cathepsin B activity and muscle composition. *Journal of Food Science*, 60, 1183-1186.
- Virgili, R., Schivazappa, Parolari, G., Bordini, C. y Degni, M. (1998). Proteases in fresh pork muscle and their influence on bitter taste formation in dry-cured ham. *Journal of Food Biochemistry*, 22, 53-63.
- Virgili, R., Parolari, G., Soresi-Bordini, C., Schivazappa, C., Cornet, M. y Monin, G. (1999). Free amino acids and dipeptides in dry cured ham. *Journal of Muscle Foods*, 10, 119-130.
- Wagner, J. R., Schinkel, A. P., Chen, W., Forrest, J. C., y Coe, B. L. (1999). Analysis of body composition changes of swine during growth and development. *Journal of Animal Science*, 77, 1442-1466.
- Warris, P. D., Brown, S. N., y Adams, S. J. M. (1990). Variation in haem pigment concentration and colour in meat from British pigs. *Meat Science*, 28, 321-329.
- Watanabe, A. y Devine, C. (1996). Effect of meat ultimate pH on rate of titin and nebulin degradation. *Meat Science*, 42, 407-413.
- Weiler, U., Appell, H. J., Kremser, M., Hofacker, S., y Claus, R. (1995). Consequences of selection on muscle composition. A comparative study on gracilis muscle in wild and domestic pigs. *Journal of Veterinary Medicine*, 24, 77-80.
- Wood, J.D. y Lister, D. (1973). The fatty acid phospholipid composition of Longissimus dorsi muscle from Pietrain and Large White pigs. *Journal Science of Food and Agriculture*, 24, 1449-1446.

- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R. y Enser, M. (2003). Effects of fatty acid 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, J.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.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R.; Richardson, R.I., Hughes, S.I. y Whittington, F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78, 343-358.

