

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS**

**MAESTRÍA en Ciencias Veterinarias**  
**Mención *Protección de Alimentos***

**COMPARACIÓN DE LOS DIVERSOS FACTORES QUE  
INFLUYEN SOBRE EL DESARROLLO DEL COLOR EN  
LAS DISTINTAS ETAPAS DE ELABORACIÓN DE  
PASTAS DE PRODUCTOS CARNICOS CRUDO-  
CURADOS**

**Autor: Med. Vet. Carlos Jesús Zurbriggen**

**Grado Académico al que opta:**

**MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIAS VETERINARIAS**

**Realizada en el Departamento de Salud Pública de la Facultad de  
Ciencias Veterinarias de Esperanza (FACVE) y en el Instituto de  
Tecnología en Alimentos (ITA) de la Universidad Nacional del Litoral.**

**Santa Fe, noviembre de 2009**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS**

**MAESTRÍA en *Ciencias Veterinarias*  
*Mención Protección de Alimentos***

**COMPARACIÓN DE LOS DIVERSOS FACTORES QUE  
INFLUYEN SOBRE EL DESARROLLO DEL COLOR EN  
LAS DISTINTAS ETAPAS DE ELABORACIÓN DE  
PASTAS DE PRODUCTOS CÁRNICOS CRUDO-  
CURADOS**

**Autor: Med. Vet. Carlos Jesús Zurbriggen**

**Grado Académico al que opta:**

**MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIAS VETERINARIAS**

**Realizada en el Departamento de Salud Pública de la Facultad de  
Ciencias Veterinarias (Esperanza) y en el Instituto de Tecnología en  
Alimentos (ITA) de la Universidad Nacional del Litoral.**

**Director de Tesis: Dr. Marcelo Raúl Rosmini**

**Miembros del Jurado: MSc. Bioq. María T. Benzzo  
MSc Med. Vet. Enrique Marti  
MSc Med. Vet. Gabriel Sequeira**

**Santa Fe, noviembre de 2009**

## AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Nacional del Litoral, a la Facultad de Ciencias Veterinarias y en especial al Instituto de Tecnología de Alimentos por brindarme la posibilidad de utilizar su infraestructura y equipamiento en la realización práctica de este Magister.*

*A todos los integrantes del Dpto de Salud Pública de la Facultad de Ciencias Veterinarias que siguieron y participaron en el desarrollo de este estudio.*

*En especial a mi director de Tesis, Dr. Marcelo Raúl Rosmini, por su generosidad intelectual y guía permanente en todo el desarrollo de este trabajo.*

**ÍNDICE**

	<b>Página</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>viii</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>ix</b>
<b>I.- INTRODUCCIÓN</b>	
<b>I.1.- Antecedentes históricos</b>	<b>1</b>
<b>I.2.- La Industria Cárnica Argentina: Situación actual e           importancia económica</b>	<b>7</b>
<b>I.3.- Importancia del estudio</b>	<b>12</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>16</b>
<b>II.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	
<b>II.1- La carne</b>	<b>17</b>
<b>II.1.1- Definición y composición</b>	<b>17</b>
<b>II.2.- Productos cárnicos</b>	<b>21</b>
<b>II.2.1.- Definición y clasificación</b>	<b>21</b>
<b>II.2.1.1.- Productos cárnicos frescos</b>	<b>21</b>
<b>II.2.1.2.- Productos cárnicos crudo-curados</b>	<b>22</b>
<b>II.2.1.3.- Productos cocidos</b>	<b>23</b>
<b>II.2.1.4.- Productos emulsionados o pastas finas</b>	<b>23</b>
<b>II.2.1.5.- Conservas cárnicas</b>	<b>24</b>
<b>II.3.- Ingredientes de los productos embutidos crudo-curados</b>	<b>25</b>
<b>II.3.1.- Materias primas cárnicas</b>	<b>26</b>
<b>II.3.2.- Agua</b>	<b>26</b>
<b>II.3.3.- Sal</b>	<b>27</b>

<b>II.3.4.- Agentes de curado: nitratos y nitritos</b>	<b>30</b>
<b>II.3.5.- Polifosfatos</b>	<b>35</b>
<b>II.3.6.- Azúcares</b>	<b>37</b>
<b>II.3.7.- Aceleradores del curado</b>	<b>40</b>
<b>II.3.8.- Especias</b>	<b>44</b>
<b>II.4.- Tecnología de la fabricación de los embutidos crudo- curados.</b>	<b>51</b>
<b>II.4.1.- Selección de las materias primas</b>	<b>53</b>
<b>II.4.2.- Picado</b>	<b>60</b>
<b>II.4.3.- Mezclado-amasado</b>	<b>62</b>
<b>II.4.4.- Reposo de la pasta</b>	<b>64</b>
<b>II.4.5.- Embutido</b>	<b>64</b>
<b>II.4.6.- Ecurrido</b>	<b>66</b>
<b>II.4.7.- Estufado</b>	<b>66</b>
<b>II.4.8.- Secado</b>	<b>68</b>
<b>II.4.9.- Envasado</b>	<b>69</b>
<b>II.4.10.- Almacenamiento</b>	<b>69</b>
<b>II.5.- El color</b>	<b>70</b>
<b>II.5.1.- Definición</b>	<b>70</b>
<b>II.5.2.- El color de la carne</b>	<b>72</b>
<b>II.5.3.- Propiedades químicas de la mioglobina</b>	<b>78</b>
<b>II.5.4.- Propiedades físicas de la mioglobina</b>	<b>81</b>
<b>II.5.5.- Factores que afectan el color de la carne</b>	<b>83</b>
<b>II.6.- Determinación del color</b>	<b>86</b>
<b>II.6.1.- Métodos para medir el color</b>	<b>86</b>

II.6.1.1.- El sistema CIE	88
<b>III.- MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
III.1.- Elaboración de las pastas	94
III.2.- Toma de muestras	95
III.3.- Determinaciones analíticas	96
III.3.1.- Análisis químicos	96
III.3.2.- Análisis fisicoquímicos	97
III.4.- Diseño experimental	98
III.5.- Análisis estadístico	99
III.5.1.- Análisis de los resultados de bovino y porcino	99
Individual	
III.5.2.- Comparación de los resultados porcino-bovino	100
<b>IV-V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
IV-V.1.- Caracterización de los magros de cerdo y bovino	101
IV-V.1.1.- Caracterización química	101
IV-V.1.2.- Caracterización fisicoquímica	101
IV-V.1.3.- Caracterización mediante parámetros de color	102
IV-V.2.- Sistemas modelos de pastas cárnicas	103
IV-V.2.1.- Análisis de la variable luminosidad (L*)	103
IV-V.2.2.- Análisis de la coordenada rojo-verde (a*)	116
IV-V.2.3.- Análisis de la coordenada amarillo-azul (b*)	137
<b>VI.- CONCLUSIONES</b>	153
<b>VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	157

## RESUMEN

Los productos cárnicos constituyen el mejor ejemplo sobre la influencia del color en los consumidores. En la carne fresca el color depende de la concentración de las diferentes formas del pigmento mioglobina.

Los embutidos crudo-curados se elaboran en cuatro etapas: picado, amasado-reposo, estufado y secado. La formación del color se relaciona con la carne cruda, los aditivos, las especias y la tecnología aplicada.

En este trabajo se estudiaron las variables de color en sistemas de pastas de magro porcino y bovino con diferentes mezclas de aditivos-pimentón. Se midió su evolución durante la etapa de amasado-reposo y la influencia del picado, utilizando espectrofotometría de reflectancia y el espacio de color CIELAB.

En ambos tipos de magro el pimentón disminuyó la luminosidad ( $L^*$ ) e incrementó las coordenadas rojo-verde ( $a^*$ ) y amarillo-azul ( $b^*$ ). El ácido láctico incrementó la  $L^*$  y la  $b^*$  y disminuyó la  $a^*$ . Por su parte, la sal redujo los valores de las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . El tripolifosfato disminuyó la  $L^*$  y aumentó la  $a^*$ . El picado fino aumentó las tres coordenadas ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ). Si bien el pimentón predominó sobre los demás factores, la estructura y composición química del magro de cada especie mostró diferencias en el efecto que los aditivos y el pimentón tenían sobre los valores de estas coordenadas.

Los resultados obtenidos resultan interesantes para el diseño de nuevos productos cárnicos, así como para la mejora de las formulaciones utilizadas, en especial aquellas que contienen mezclas de magros de diferentes especies.

**Palabras claves:** carne/ color/ mioglobina/ CIELAB/ embutidos/ especie

## SUMMARY

Meat products are the best example of the influence of color on consumers. In fresh meat color depends on the concentration of their forms of myoglobin pigment.

The development of dry-cured sausages takes place in four steps: chopping, kneading-resting, drying and oven. The formation of color is associated with raw meat, spices and additives, and applied technology.

In this work were studied the variables of color in pasta with lean pork and bovine added in different mixtures of additives-paprika. We measured the evolution during the mixing-resting stage and the influence of the chopping in the development of color, using reflectance spectrophotometry and the CIELAB color space.

In both lean paprika decreased the value the lightness ( $L^*$ ), increased red-green coordinate ( $a^*$ ) and yellow-blue ( $b^*$ ). The lactic acid increased  $L^*$  and  $b^*$ , and decreased  $a^*$ . The salt reduced  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ . The tripolyphosphate decreased  $L^*$  and increased  $a^*$ . The chopped fine increased  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ . Although paprika prevailed over the others factors, the structure and chemistry composition of lean of every species showed differences in the effect tha additives and paprika had over the variables of color values.

The results are interesting to design new meat products as well as to improve present formulations, especially those formulations which use lean's mixture from different species.

**Keywords:** meat/ color/ myoglobin/ CIELAB/ sausages/ species

# I- INTRODUCCIÓN

## I.1- Antecedentes históricos

A diferencia de las industrias modernas, la industria de la carne posee antecedentes desde tiempos prehistóricos.

Los primeros conocimientos que el hombre dispuso sobre el procesado de la carne se remontan quizá a su etapa primitiva, cuando era nómada y las frecuentes migraciones que le obligaban a proveerse de alimentos que pudieran transportar (Kinsman *et al.*, 1994). Es probable que, mucho antes de organizarse como civilizaciones, conocía ya la propiedad conservante de la sal y las posibilidades de prolongar la vida útil de la carne mediante la cocción (Pearson y Tauber, 1984).

A medida que se constituyeron los grupos sociales el hombre desarrolló la agricultura y la ganadería y aprendió a cocinar la carne de los herbívoros. En esta evolución la domesticación de los animales para el consumo constituyó un paso muy importante, tal como lo demuestran los hallazgos de huesos bovinos y porcinos pertenecientes, posiblemente, a etapas anteriores a la edad de bronce (Kinsman *et al.*, 1994).

Durante los distintos períodos de la evolución humana, la carne ha tenido un significado importante. Así, en la civilización egipcia la carne ofrendada a los dioses debía estar limpia e inspeccionada antes de la ceremonia, la cual era luego consumida por los dioses durante la misma. El *Talmut* del pueblo judío describe minuciosamente el método de sacrificio e inspección de los animales para consumo (*Kosher*) quedando prohibida la ingestión de sangre y carne de cerdo (Rosmini y Pecoreli, 1991).

La literatura más antigua hace referencia a ciertas prácticas de conservación de la carne (Pearson y Tauber, 1984) como el secado, el cual fue probablemente el primer método utilizado con estos fines (Bacus, 1994). Este método permitía obtener, en forma económica, una valiosa fuente de proteínas utilizada por los viajeros directa o indirectamente como complemento nutricional y saborizante en sopas y guisos (Campbell-Platt, 1995). Por otra parte, los egipcios conservaban los productos cárnicos mediante salado y secado al sol (Bacus, 1994; Pearson y Tauber, 1984).

La fermentación es también otro proceso de conservación muy antiguo. Es muy probable que el hombre descubriera la acción de la microbiota del ambiente y su aplicación en los productos cárnicos de forma accidental. De igual forma, el conocimiento de la influencia de las sales de curado sobre el color de la carne fue el resultado de un accidente debido a la existencia de nitratos como impureza en dichas sales (Bacus, 1994; Pearson y Tauber, 1984).

Con respecto a la elaboración de productos cárnicos, los chinos ya fabricaban desde los años 589-420 a.C. un embutido crudo no fermentado denominado “*lup cheong*” (Leistner, 1986), mientras que el jamón crudo era ya conocido tanto en oriente como en occidente, hace aproximadamente 2500 años (Leistner, 1991). A los griegos pertenecen los primeros antecedentes occidentales sobre la fabricación de embutidos, tal como lo expone Homero (año 900 a. C.) en el Canto XVIII de la Odisea (Pearson y Tauber, 1984; Campbell-Platt, 1995).

El pueblo romano, heredero del arte culinario griego, organizó (año 300 a. C.) el sacrificio de los animales en mercados y la venta de los productos en locales anexos, ambos vigilados por ediles. Fueron también los primeros en utilizar el hielo como

método de conservación (Bacus, 1994; Pearson y Tauber, 1984) y escribieron libros de cocina sobre el salado de jamones y la preparación de embutidos crudos y escaldados.

Los romanos consumían toda clase de carnes, excepto el caballo, pues su fama de nobleza creaba un tabú que le distinguía del resto de las especies animales. Por el contrario, el cerdo era el ganado de abasto por antonomasia, y el más indicado para su sacrificio y consumo. Eran, al igual que los griegos y los babilonios, consumidores de embutidos en especial en sus largas campañas militares (Bacus, 1994).

Si bien cabe considerar que la elaboración de embutidos es prácticamente universal, el pueblo romano dio a todas las actividades y técnicas de aquel tiempo su toque e influencia, dejando en el terreno chacinero una serie de recetas con cierta fama.

Entre los embutidos que más se destacaron se encuentran los de la región de Lucania, de ahí su denominación de "*lucanicae*". De su composición nos llegan testimonios por el libro del gastrónomo romano Apicio "*De re coquinaria*": "...deshecha y machacada la carne en un mortero, se le añade pimienta, cominos y una salsa romana de salmuera a la que se agrega manteca y piñones...". Este embutido tuvo una gran aceptación y expansión, puesto que su nombre ha quedado en el léxico griego: "*lonkaniar*", "*lakanik*" y en el árabe: "*nakanik*". También fueron muy estimados cierto tipo de embutidos llamados por su forma "*botulus*" o "*botellos*", cuya presentación actual son los botellos o botillos. La "*tomácula*" o "*tomacina*" se vendía y consumía en las calles de Roma. Los "*funduli*" eran elaborados gruesos, abiertos por un extremo, muy preciados por el pueblo romano. Existen otros tipos: "*farcimina*", "*farcícula*", "*hillae*", pero sólo "*lonfanoes*", "*longaniza*" y el citado "*botellus*", han dejado impronta en nuestra lengua y en nuestra chacinería. Es probable, además, que la salchicha y el salchichón sean de origen romano, puesto que con determinados

productos salados, “*farta*”, conseguían la “*farta salcicia*”, de donde derivaría la salchicha y, por su mayor calibre o grosor, el salchichón (Marcos, 1991).

Los romanos utilizaban también la sangre de los animales como alimento la cual mezclaban con otras carnes y ciertos vegetales. De este modo nacieron los embutidos de sangre o “*sanguiculos*”.

Es muy posible que nuestros embutidos procedan del trasvase político y cultural que se produjo al final del Imperio Romano, cuando las costumbres de los pueblos centroeuropeos se funden con las de las razas indígenas, estén o no romanizadas y lleguen posteriormente a América con la colonización.

Durante la Edad Media la información existente sobre la industrialización de la carne es escasa. Recién tras el del florecimiento de las ciudades de Europa Central (Ausburgo, Nuremberg, Frankfurt, etc.) empiezan a encontrarse documentos acerca de las normas higiénicas para la obtención y despacho de carne y surgen escritos que describen productos cárnicos típicos de algunas ciudades, como por ejemplo la salchicha de Frankfurt (Prändl, 1994). De la Edad Media Española procede un manuscrito arábigo-andalusí sobre la cocina hispano magrebi. El mismo comienza con una serie de recetas referidas a embutidos, longanizas, albóndigas, carnes picadas, pasteles de carne, y la adición de diversas especias (Marcos, 1991).

El origen de la producción de embutidos fermentados es incierto, pero parece que se produjo en zonas aledañas al Mar Mediterráneo, favorecida por las temperaturas moderadas y a partir de las prácticas culinarias de la Europa Mediterránea (Bacus, 1986). Según Leistner (1991) la fermentación se habría originado en la península itálica y desde allí se habría extendido hacia el centro de Europa y América. No obstante, existen productos procedentes de otras áreas donde la fermentación de la carne tuvo

desarrollo local, como por ejemplo: *Nham* de Tailandia y *Jerky* y *Pemmican*, ambos elaborados por los indígenas que habitaban América del Norte (Bacus, 1994, Pearson y Tauber, 1984).

La incorporación de especias y condimentos mejoró las propiedades sensoriales de estos productos, y la práctica de embutirlos con diferentes partes del tracto gastrointestinal de los animales facilitó el manejo posterior de los mismos. Por otra parte, las diferencias climatológicas de las regiones donde se elaboraban los embutidos influyó de tal forma que se originaron productos cárnicos típicos de invierno y de verano (embutidos de invierno y de verano).

La difusión de los productos cárnicos fue, en gran medida, consecuencia de la organización de expediciones destinadas al descubrimiento de nuevos territorios. Por aquella época hubo un gran impulso en la fabricación de salazones, puesto que proveían a los navegantes de un producto nutritivo y de larga duración. En estos viajes se trasladaban además animales vivos (bovinos, ovinos, porcinos, etc.), favoreciendo el desarrollo ganadero, base fundamental de la industria cárnica americana.

Debido a que los conocimientos científicos no fueron aplicados al curado de la carne hasta pasada la mitad del siglo XIX, la calidad de estos alimentos era muy variable (Pearson y Tauber, 1984).

A principios del siglo XIX comenzó el desarrollo de las normas sanitarias sobre mataderos. Como antecedente podemos citar que en 1807 se construyó en París por iniciativa de Napoleón I, el primer matadero público. Luego, otros grandes municipios promueven la construcción de sus establecimientos de matanza.

A partir de mediados del siglo XIX la industria cárnica se desarrolla favorecida por los adelantos industriales, la liberación del comercio y la circulación de las mercancías, lo que promueve la instalación de fábricas de productos cárnicos.

Un avance importante en el transporte de carne se produjo en Estados Unidos de Norteamérica a finales de 1860 con la construcción de vagones refrigerados. No obstante, la incorporación masiva de medios técnicos a las instalaciones de matanza e industrialización se produce durante la transición al siglo XX (Schweigert y Armstrong, 1960).

A mediados del siglo XX se produce un desarrollo tecnológico muy importante en la industria cárnica de los Estados Unidos de Norteamérica y de la antigua Unión de Repúblicas Socialista Soviéticas, en especial en el sector faenador, debido a sus crecientes demandas de carne. Por otra parte, las dos grandes guerras mundiales favorecieron tanto la difusión de los productos cárnicos como los avances industriales en la fabricación de los mismos debido a la creciente necesidad de proveer de alimentos a las tropas distantes. Así, durante la primera guerra mundial se desarrolló el proceso de congelación a gran escala, y en la segunda se promovió la conservación con antibióticos y la liofilización. La inmigración europea de la postguerra contribuyó también a la difusión de los productos cárnicos europeos hacia América y Australia.

En la actualidad, el desarrollo de alimentos de humedad intermedia es de interés militar ya que constituyen productos seguros, estables y aceptables, los cuales se producen mediante la aplicación de tecnologías basadas en la teoría de los obstáculos o barreras.

En las últimas décadas se han producido novedosos adelantos tecnológicos, en especial en el área de equipamientos, que han posibilitado un control más objetivo de

las variables involucradas en los procesos de fabricación, y, por consiguiente, lograr una calidad más homogénea del producto terminado.

Si bien actualmente los productos cárnicos constituyen uno de los más exquisitos manjares de los que disponen prácticamente todas las culturas del planeta, es indudable que a lo largo de la historia el hombre los ha fabricado motivado por dos necesidades fundamentales: reutilizar los excedentes temporales de carne fresca y prolongar la vida útil de esta excelente fuente proteica para épocas de escasez.

## **I.2- La Industria Cárnica Argentina: Situación actual e importancia económica**

Uno de los pilares de la economía argentina lo constituye el sector alimentario. En el informe “Industria Alimentaria Argentina: Análisis del Sector” de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA) se realiza un análisis pormenorizado de este sector (SAGPyA, 2004).

La industria de Alimentos y Bebidas tiene una importante participación en la economía del país ya que en términos del Producto Bruto Interno (PBI) aporta el 5,10 % a precios de mercado y 5,51 % a precios de productor. Por otra parte, comparando el valor del PBI de este sector para el primer semestre del año 2004 con los años anteriores, el mismo aumentó en un 8,99 % respecto del primer semestre de 2003, en un 16,15 % para el mismo período del año 2002 y un 5,04 % para el 2001. No obstante, resulta inferior en apenas 0,37 % al primer semestre del año 1999, máximo valor de la serie analizada en este informe.

Con respecto a las exportaciones para el primer semestre de 2004, el volumen de las mismas sufrió una leve contracción, aproximada de 0,10 %, con respecto al mismo período de 2003. Por el contrario, el valor de los productos comercializados al exterior

se incrementó en un 26,31 % para los mismos períodos. Este aumento se explica en un 73 % por el comportamiento en las exportaciones de la industria elaboradora de aceites, seguido de un 18,92 % en la rama de producción y procesamiento de carnes y 8,97 % para la industria láctea.

Tabla 1.- Estructura del Sector Alimentario por ramas y su aporte al valor de las exportaciones (SAGPyA, 2004).

<b>Rama</b>	<b>Aporte %</b>
Aceites y grasas vegetales	68,13
Producción y procesamiento de carnes y productos cárnicos	9,80
Elaboración y preparación de pescado y productos de pescado	5,77
Preparación de frutas y hortalizas	4,44
Lácteos	3,80

Cabe destacar además que el destino principal de las exportaciones de este sector, considerando el volumen de los bienes enviados, es la Unión Europea, con una demanda del 42,89 % del total. En segundo lugar se hallan los países africanos (13,23 %), seguidos de los miembros del ASEAN (8,36 %).

En particular, el sector cárnico incluye cuatro tipos diferentes de industrias: mataderos, salas de despiece o desposte, almacenes frigoríficos e industria cárnica.

En la provincia de Santa Fe la actividad económica generada por el sector cárnico es de gran importancia. Constituye la tercera productora de ganado bovino en todo el país

registrándose un incremento desde 1999 en el stock provincial. Por ejemplo, al comparar las cifras de existencia del año 2002 con las correspondientes al año 1999, se observa un crecimiento de 10,13 % en todas las categorías. Por otra parte, Santa Fe ocupa el segundo lugar como productora de carne vacuna después de la provincia de Buenos Aires (MAGIC, 2005).

Con respecto a las existencias porcinas, el mayor porcentaje se concentra, al igual que para el ganado bovino, en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba. El desarrollo de esta actividad para la provincia de Santa Fe abarca las dos terceras partes del territorio provincial, complementándose en la zona sur con la producción agrícola. El tamaño de dichas explotaciones corresponde a pequeños y medianos productores (50-150 Ha). La región sur es la que concentra la casi totalidad de las existencias porcinas (75-80 %) de la provincia.

En la provincia funcionan 34 frigoríficos para faena de bovinos, de los cuales 27 tienen habilitación sanitaria nacional y faenan el 99,68 % del total, y los 7 restantes tienen habilitación sanitaria provincial. Existen además 12 frigoríficos con categoría de exportadores. El total faenado en el territorio provincial durante el año 2002 fue de 2.025.966 cabezas bovinas.

Dentro de la industria cárnica se ubica a las fábricas de chacinados, que procesan y transforman la carne de porcino y bovino, dando lugar a la elaboración de una gran variedad de productos charcuteros. Por otra parte, la industria chacinera se caracteriza por tener un número elevado de fábricas que forman parte del grupo de “Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs)”, situación que lleva a los expertos a clasificar esta industria como atomizada y, por lo tanto, difícil de mejorar.

Es importante hacer referencia al consumo de carne por persona la cual oscila a escala mundial dentro de límites muy amplios, estando estrechamente ligado con las condiciones socioeconómicas y las costumbres del país (Fehlhaber y Janetschke, 1995).

La población argentina fue una gran consumidora de carne sobre todo bovina, habiendo llegado en décadas pasadas a duplicar el requerimiento biológico óptimo de 1,0 g de proteína de alto valor biológico por kg de peso corporal y por día. La situación económica actual ha provocado que la capacidad adquisitiva de la población haya disminuído paulatina y sostenidamente en los últimos años, llegándose a reducir drásticamente el consumo de carne, sobre todo en los sectores más carenciados, y reemplazándolo por pan, fideos, bizcochos, arroz y otros alimentos más accesibles desde el punto de vista económico. Todos estos alimentos a base de cereales son deficientes en aminoácidos esenciales, sobre todo en lisina, por lo que su elevado consumo deterioran el cuadro de aminoácidos indispensables, sobre todo en la infancia, embarazo y lactancia, donde los requerimientos proteicos se acentúan debido a las exigencias del crecimiento.

La tabla 2 compara el consumo de carne porcina y bovina por habitante desde 1990 a 2002 en Argentina. En este último año la faena total de porcinos en el país rondaría las 2.042.400 cabezas, teniendo como principal destino la elaboración de chacinados, fiambres y embutidos. Sólo el 5% se consume como carne fresca (MAGIC, 2005).

Tabla 2.- Consumo de carne de cerdo y vacuna en Argentina (MAGIC, 2005).

<b>Año</b>	<b>Kg carne porcina / hab.</b>	<b>Kg carne Vacuna / hab.</b>
1990	4,7	S/d
1991	4,6	70,0
1992	5,7	67,8
1993	6,2	68,3
1994	6,0	66,3
1995	6,4	61,7
1996	6,1	58,0
1997	6,0	60,8
1998	7,2	59,8
1999	7,8	63,4
2000	7,8	67,8
2001	7,4	63,9
2002	5,1	59,6

Por otra parte, el sector cárnico se ha visto forzado a un auténtico cambio, no finalizado todavía, que ha supuesto dificultades, sacrificios y fuertes inversiones. Los cambios han sido, por supuesto estructurales, ya que hubo que modificar circuitos, diseños, rediseñar establecimientos ya construidos, ampliaciones, reformas, etc., y estos cambios se han producido en un contexto de crecimiento del mercado, con una elevada capacidad productiva y con un poder creciente de negociación por parte de los clientes (hipermercados, grupos de compras). Las empresas durante los últimos años se han movido en un escenario de bajo crecimiento de la demanda interna, reducción de

márgenes por la presión impositiva, crecimiento de la morosidad, resultado de la crisis que atraviesa el comercio minorista y las inversiones necesarias para adaptarse a las normativas vigentes. Las empresas peor adaptadas (endeudamiento, infraestructura deficiente, mala estructura comercial, mayores costos de producción, etc.) no podrán continuar dentro del mercado.

### **I.3- Importancia del estudio**

La carne constituye una fuente de proteínas de alto valor biológico que aporta aminoácidos y otros nutrientes fundamentales para el desarrollo del organismo y el mantenimiento de la salud.

La elaboración de productos cárnicos a partir de los recortes derivados de la faena (excedentes de producción de charqueada y cortes sin valor comercial) implica no sólo un aumento en el valor agregado de la carne sino que además diversifica la oferta de dichos productos.

El estudio de los fundamentos científicos en los cuales se basa el proceso tecnológico de elaboración de los productos cárnicos permitirá la estandarización de la calidad. El *aspecto visual* de los alimentos y en especial el color, es el principal atributo de calidad que se tiene en cuenta a la hora de adquirir o ingerir un alimento. La reacción que una persona tiene frente a un determinado alimento está condicionada por la sensación que experimenta al percibir el color del mismo. De esta forma, puede rechazarlo sin tener en cuenta otras posibles características, o aceptarlo, pasando a considerar otros atributos que son evaluados mediante un contacto más íntimo con el alimento. De ahí la importancia del color en el ámbito de la Tecnología de Alimentos, pues influye en la aceptación inicial del consumidor, permitiéndole además diferenciar

entre distintos productos que se le presenten. Así, frente a la textura y al sabor, tiene la particularidad de ser apreciado siempre en primer lugar.

En este trabajo se compara la evolución de las coordenadas de color del magro proveniente de los bovinos y porcinos y se estudia como se ven afectadas por la acción de las especias y aditivos que se utilizan durante su adobado en la fabricación de productos cárnicos crudo-curados.

La espectrofotometría de reflectancia permite el seguimiento objetivo de la formación y evolución del color del magro de ambas especies y, en particular, la forma en que influyen las operaciones tecnológicas, las especias y los aditivos involucrados en su formulación.

Los resultados de este estudio podrían ser utilizados para mejorar los procesos de fabricación de los embutidos crudo-curados regionales, y en general a los elaborados en Argentina. Un adecuado conocimiento de estos procesos permitirá, además, la mejor utilización de una materia de bajo valor comercial. (cortes y recortes cárnicos o trimmings).

Por otra parte, la elaboración de productos cárnicos de calidad superior constituye un estímulo real para recuperar los niveles de venta perdidos por la carne fresca en los últimos años y otro potencial para la exportación.

La fabricación de muchos de los embutidos crudo-curados es semiartesanal y está basada en tradiciones o conocimientos empíricos heredados de los antepasados (colonias de inmigrantes). El aporte de información científica que enriquezca y asegure la proyección futura de estos productos artesanales permitirá no sólo garantizar el patrimonio culinario regional sino también resguardar las fuentes de trabajo derivadas de esta actividad.

Los principales usuarios de los resultados de este estudio serán las PyMEs del sector chacinero. También es de esperar el aprovechamiento de los resultados obtenidos por empresas nacionales y que, por la clase de bibliografía consultada, la publicación de los mismos resulte de interés internacional.

No menos importante resultan las empresas productoras de aditivos y especias para la industria cárnica (formulaciones preparadas), las cuales también podrán hacer uso de los resultados del presente estudio a fin de mejorar o elaborar nuevas preparaciones que optimicen la calidad de los productos cárnicos.

## **OBJETIVOS**

### **- Objetivo general**

Comparar las modificaciones de los parámetros de color de los sistemas modelo de pastas elaboradas a base de magros de cerdo y de bovino, adicionados con algunos de los aditivos y especias utilizadas en la elaboración de productos cárnicos crudos-curados.

### **- Objetivos particulares**

- Comparar el efecto que tienen sobre las coordenadas de color (CIELAB) obtenidas en los sistemas modelo de pastas de carne elaboradas con magro de porcino y bovino, la incorporación de pimentón, sal y fosfato.
- Comparar el efecto que tiene sobre las coordenadas CIELAB de dichas pastas el descenso del pH por adición de ácido láctico.
- Comparar el efecto que tiene sobre las coordenadas CIELAB de dichas pastas la operación de picado.
- Comparar el tipo de evolución que siguen las coordenadas CIELAB de dichas pastas durante la etapa de amasado-reposo del proceso de elaboración y, en especial, la influencia que pudieran tener el pimentón, la sal, ácido láctico y los fosfatos a lo largo del tiempo de adobado.

## **HIPÓTESIS**

A través de la espectrofotometría de reflectancia se podrá comparar, en forma objetiva, la influencia que tienen los aditivos y el pimentón sobre los parámetros de color de las pastas cárnicas preparadas con magro de cerdo y bovino y que son utilizadas para elaborar embutidos crudo-curados.

## **II- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **II.1- La carne**

#### **II.1.1- Definición y composición**

El Código Alimentario Argentino (CAA) define con el nombre genérico de carne a la parte comestible de los músculos de los bovinos, ovinos, porcinos y caprinos declarados aptos para la alimentación humana por la inspección veterinaria oficial, antes y después de la faena. Comprende todos los tejidos blandos que rodean al esqueleto, incluyendo la cobertura grasa, tendones, vasos, nervios y aponeurosis. Con la misma definición se incluye la de los animales de corral, caza, pesca y otros animales comestibles.

Las canales de los animales de carne están formadas por 3 tejidos fundamentales: muscular (que representan los tejidos nobles y mayoritarios), adiposo y óseo. El tejido muscular da origen a la carne, solo o acompañado parcialmente por tejido adiposo que contribuye a exaltar ciertas cualidades de la misma.

El músculo constituye un tejido de alta especificidad y organización, tanto desde el punto de vista morfológico como bioquímico.

Al analizar la composición del músculo estriado en las principales especies productoras de carne se comprueba que la mayor proporción corresponde al agua. El resto de los componentes se muestran en la tabla.

La relación agua/proteína se mantiene bastante constante y es un parámetro indicativo de la calidad de la carne. Esta relación está determinada por un cociente de 3.6 partes de agua por 1 parte de proteína (Knipe, 1993).

Entre las materias nitrogenadas no proteicas están la creatina y creatinina, cuya proporción en carne es también bastante constante y constituyen parámetros de calidad

que permiten conocer el contenido de carne de embutidos y conservas (López de Torre y Carballo-García 1991).

Tabla 3. Composición media de la carne de diferentes especies de animales de abasto (Knipe, 1993).

Componentes	Vacuno (%)	Ovino (%)	Porcino (%)	Aviar (%)
Agua	70-75	70-75	68-72	70-75
Proteínas	20-25	20-22	18-20	20-25
Lípidos	4-8	5-10	8-12	4-6
Sustancias nitrogenadas no proteicas	Del orden del 1.5			
Carbohidratos y sustancias no nitrogenadas	Del orden del 1.0			
Cenizas	Del orden del 1.0			

Las proteínas constituyen el componente mayoritario de la materia seca del músculo estriado. Existen numerosas formas de clasificación de las proteínas. La más aceptada actualmente es la que se refiere a su solubilidad y localización en el músculo:

A) **Proteínas insolubles o del estroma:** son las proteínas más abundantes en la carne, destacándose el colágeno, la elastina y la reticulina. Son insolubles en medio neutro y por su composición aminoacídica son de bajo valor biológico. Su presencia en los productos cárnicos va en detrimento de la estabilidad de los mismos

puesto que inicialmente absorben humedad, pero luego, por encima de los 60°C comienzan a desnaturalizarse con pérdida de la textura. Por otra parte, los músculos más activos y/o implicados en los movimientos más fuertes, contienen mayor cantidad de colágeno (Knipe, 1993)

**B) Proteínas solubles en solución salina concentrada:** a este grupo pertenecen las proteínas miofibrilares, principalmente actina y miosina, las cuales poseen propiedades funcionales únicas que definen la textura de la carne y de los productos cárnicos (Hisghsmith, 1976).

**C) Proteínas en solución salina diluida:** dentro de este grupo las proteínas sarcoplasmáticas son las más importantes. Desde el punto de vista tecnológico la más importante es la mioglobina, pigmento responsable del color de la carne. La mioglobina (Mb) está formada por una parte proteica llamada globina y un grupo prostético denominado porfirina. El color de la carne depende en gran medida del estado de dicha proteína.

Los lípidos varían mucho según la ubicación del músculo, siendo más abundante en las canales de la especie porcina. Constituyen los componentes más variables en la carne en términos de composición (Knipe, 1993) y representan el segundo componente en materia seca del músculo cárnico (tabla 3). Tienen gran importancia por las transformaciones bioquímicas que sufren durante las etapas de elaboración de los diferentes productos cárnicos (Knipe 1993). Básicamente la composición lipídica de la carne se puede dividir en lípidos del tejido muscular y lípidos del tejido adiposo (Ostrander y Dugan, 1962; Flores y Nieto, 1985). El tejido adiposo se localiza en los depósitos subcutáneos y en los depósitos intermusculares e intramusculares. Éstos últimos forman parte de las fibras musculares. Le dan el aspecto marmóreo y

representan del 16 al 35 % de la masa muscular. Su composición es similar a la del tejido adiposo, pero la grasa intramuscular es más fácilmente alterable al estar en contacto con sustancias del músculo con actividad oxidante. Este tipo de lípidos son los responsables de la jugosidad de la carne (Girard *et al.*, 1991; López de Torre y Carballo-García 1991).

En la tabla 4 se presenta la composición de los lípidos de vacuno, ovino, porcino y aves, con sus respectivos puntos de fusión. Los ácidos grasos insaturados presentan bajo punto de fusión y son más susceptibles a la oxidación, desarrollando aromas rancios y colores anómalos (Knipe, 1993).

Tabla 4. Composición de ácidos grasos de diferentes especies de animales (vacuno, ovino, cerdo y aves) (Allen y Foegeding, 1981; Knipe, 1993)

<b>Ácido Graso</b>	<b>Vacuno</b>	<b>Ovino</b>	<b>Porcino</b>	<b>Aves</b>
Palmítico 16:0	29 %	25 %	28 %	s/d
Esteárico 18:0	20 %	25 %	13 %	s/d
Oleico 18:1	42 %	39 %	46 %	s/d
Linoleico 28:2	2 %	5 %	12 %	s/d
% Saturados	50 %	47 %	39 %	30 %
% Monoinsaturados	42 %	41 %	45 %	45 %
% Poliinsaturados	4 %	8 %	1 %	21 %
Punto de fusión	104 °C	111 °C	82 °C	88 °C

La composición de ácidos grasos depende fundamentalmente de la especie, variedad y alimentación (Books, 1971; Westerling y Hedrick, 1979; Miller *et al.*, 1987). Esta

última es importante en los animales monogástricos, ya que en los rumiantes los microorganismos descomponen los lípidos. El cerdo tiene una grasa más insaturada que la del vacuno.

Actualmente se tiende en producción primaria a la obtención de canales con un máximo de músculo asociado a una cantidad óptima de tejido graso, suficiente como para asegurar una buena calidad de la carne.

## **II.2- Productos cárnicos**

### **II.2.1- Definición y clasificación**

Los productos cárnicos son aquellos que se obtienen tras someter a la carne a diversos métodos de conservación como salado, secado, ahumado, curado, fermentación, cocción, entre otros.

En función del método de conservación aplicado, los productos cárnicos se clasifican en *frescos, crudo-curados, cocidos, emulsionados o pastas finas y conservas cárnicas* (Pérez-Álvarez, 1996).

#### **II.2.1.1- Productos cárnicos frescos**

Los productos cárnicos frescos son los obtenidos tras someter a la carne a un proceso de picado, adobado y amasado, antes de ser embutidos en tripas (naturales o artificiales).

El embutido fresco se elabora con cortes seleccionados de carne fresca, principalmente porcina con el agregado de carne vacuna, la cual no ha sido previamente curada. Este tipo de embutidos se caracterizan por poseer un corto período de aptitud, de 1 a 6 días, durante el cual deben ser mantenidos bajo temperaturas de

refrigeración debido a su elevada  $a_w$ . En este grupo se incluyen la salchicha fresca, butifarra, codeguín, chorizo fresco y longaniza parrillera.

### **II.2.1.2- Productos cárnicos crudo-curados**

Bajo la denominación de productos cárnicos crudo-curados se encuentran aquellos productos que durante el proceso de elaboración han sido sometidos a curado, secado acompañados o no de ahumado y/o fermentado. Tienen un periodo de aptitud mayor al de los embutidos frescos y no necesitan un tratamiento de cocción antes del consumo. En la elaboración de estos productos forma parte importante la sal, agentes de curado (nitrito y nitratos), azúcares y aceleradores del curado (ácido ascórbico y ascorbatos) (Pérez-Álvarez, 1996)

Los productos crudo-curados a su vez se los puede clasificar en función de la integridad anatómica de la pieza cárnica de la que proceden. De acuerdo con este criterio de clasificación tenemos productos cárnicos crudo-curados *con integridad anatómica* (jamón crudo, paleta curada, panceta curada, lomo embuchado a la española, bondiola, etc.) y *picados*. Dentro de este último grupo se encuentran los productos fermentados (chorizo, salchichón, salame) y los no fermentados (longaniza de pascua, Lup cheon) (Aranda *et al.*, 1996). Esta diferenciación entre fermentados y no fermentados se debe a la existencia o no durante el proceso de elaboración de los mismos, de una fase de potenciación del crecimiento microbiano. Otros autores (Campbell-Platt, 1995) consideran, en cambio, que ambos productos crudo-curados picados son fermentados.

Las modificaciones que se producen en los productos cárnicos crudo-curados durante las diversas etapas de su fabricación garantizan tanto la conservación como la

inocuidad de los mismos a temperatura ambiente, por lo que se denominan alimentos de humedad intermedia (Leistner, 1991).

En la elaboración de embutidos crudo-curados los procesos fermentativos pueden llevarse a cabo tanto por la flora microbiana presente en la carne (flora autóctona) como por la adición de microorganismos seleccionados (cultivos starters o iniciadores) los que generan aromas y sabores específicos en este tipo de productos (Fernández –López *et al.*, 1994).

Generalmente los microorganismos más utilizados como cultivos iniciadores son las bacterias ácido lácticas (BAL) (Rodríguez-Rebollo, 1996).

#### **II.2.1.3- Productos cocidos**

Son productos elaborados con carne cruda, tejidos grasos, agua, aditivos (agentes de curado, fosfatos, azúcares, sal) y especias, tratados térmicamente (70-80°C.) y posteriormente ahumados o no (Fischer, 1994; Rodríguez-Rebollo, 1996).

Los productos cárnicos cocidos se pueden clasificar en función de la integridad anatómica de la pieza cárnica de la cual proceden en: productos cocidos *con integridad anatómica* (jamón y paleta cocida) y productos cocidos *picados* (fiambres, burzot de cuero).

A diferencia de los productos cárnicos crudo-curados, los productos cocidos requieren refrigeración para su conservación.

#### **II.2.1.4- Productos emulsionados o pastas finas**

Los productos emulsionados o pastas finas representan una amplia variedad y generalmente están asociados a un gran consumo en nuestro país.

Estos productos se elaboran con diferentes materias primas de origen cárnico (magro, grasa, vísceras, sangre, etc.), agua, aditivos (azúcares, agentes de curado, almidones modificados, sólidos lácteos, etc.) y especias.

La característica principal de este tipo de productos es la formación de una emulsión entre los distintos componentes del mismo. Para la estabilización de la emulsión de estos productos se los somete a un tratamiento térmico. Este tratamiento térmico depende del tipo de producto a elaborar. Los productos embutidos (mortadela, salchicha) se someten a un tratamiento de cocción (70-80°C) mientras que los productos que se comercializan en envases de vidrio o lata (pates) son esterilizados.

Una emulsión es un sistema de dos fases que consta de un lípido (grasa u aceite) y agua (Powrie y Tung, 1982). En el caso de los productos cárnicos emulsionados, la fase grasa la constituyen el tejido graso adicionado y la fracción grasa de la carne.

La formación de la emulsión cárnica se facilita por agitación mecánica (picado y amasado).

Los principales agentes emulsionantes en este tipo de productos son las proteínas miofibrilares extraídas, principalmente por acción de la sal (Schweigert, 1994). No obstante, muchas veces se recurre al empleo de otros agentes emulsionantes como proteínas lácteas o seroproteínas.

#### **II.2.1.5- Conservas cárnicas**

Las conservas cárnicas representan en nuestro país una parte minoritaria tanto en su producción como en el consumo. Generalmente son productos picados y emulsionados, envasados herméticamente y procesados por calor (esterilización comercial) con el objeto de eliminar los microorganismos y las formas resistentes de éstos (esporas

bacterianas) desnaturalizando, además, los sistemas enzimáticos presentes. Durante su elaboración no ocurren modificaciones relevantes en la composición o el valor energético del contenido total de la conserva. Sin embargo, durante el procesado, parte de la grasa y del agua, junto con pequeñas cantidades de sustancias solubles, se pueden separar de la carne y formar una “salsa”. Cuando esto ocurre los sólidos cárnicos contendrán menos humedad y menos grasas que el producto sin tratar (Schweigert, 1994). Dentro de este tipo de productos se pueden mencionar el corneed beef y jamón del diablo.

### **II.3- Ingredientes de los productos embutidos crudo-curados**

Los embutidos crudo-curados son una categoría de carnes procesadas que presentan características únicas que no se encuentran en ningún otro tipo de productos. La mayoría de estas características únicas se deben al uso de ingredientes no cárnicos y a las interacciones entre éstos y las materias primas cárnicas que ocurren durante el proceso de elaboración

El término “curado” de la carne involucra la adición de sal, azúcar y nitratos y/o nitritos. Actualmente en el curado de la carne se emplea toda una variedad de productos como especias, ascorbatos, fosfatos, bicarbonato de sodio, incluyendo hidrolizados de proteínas.

Desde un punto de vista tecnológico involucra la producción del pigmento termoestable característico y del flavor de la carne curada por medio de la adición de nitrito sódico y otras sustancias, dándole menos importancia a las propiedades conservantes pese a que éste fue el propósito original de su empleo (Townsend y Olson, 1994).

Debido a que una gran proporción de las características del producto final están determinadas por los ingredientes no cárnicos, es necesario conocer las funciones y efectos de cada uno de ellos (Sebranek, 1993).

### **II.3.1- Materias primas cárnicas**

Dentro de las materias primas cárnicas se incluyen las carnes magras y las carnes grasas. Las carnes magras son aquellas que están constituidas básicamente por tejido muscular (magro de paleta, jamón, lomo, etc.), mientras que las carnes grasas son aquellas en las cuales el tejido graso o adiposo constituye un porcentaje elevado de la pieza (tocino dorsal del cerdo, panceta, carne de papada, etc.).

### **II.3.2- Agua**

Aunque el músculo cárnico contiene gran cantidad de agua (60-70%), durante la elaboración de los productos cárnicos frecuentemente se añade agua a la formulación por muy diversas razones.

Esta agua añadida, que no es un ingrediente cárnico, cumple importantes funciones. El agua se la ha llamado “disolvente universal” porque sirve para disolver compuestos de diferente naturaleza química. Esta propiedad, muy valorada en los sistemas cárnicos, se utiliza para distribuir uniformemente otros ingredientes no cárnicos y también sirve para solubilizar las proteínas cárnicas. Esta distribución uniforme es muy importante para ingredientes como los agentes de curado que se usan en cantidades mínimas y la solubilización de las proteínas cárnicas es crítica para el buen comportamiento de la emulsión y para las propiedades de la ligazón de la carne (Sebranek, 1993).

La cantidad de agua añadida es importante tanto para la textura del producto como para su rendimiento. La adición de agua puede contribuir a alcanzar la ternura y calidad deseada, sin embargo, un exceso puede provocar un producto blando y gomoso. Por lo tanto, resulta necesario realizar cuidadosos controles de la cantidad de agua adicionada a fin de maximizar los rendimientos alcanzados dentro de los límites legales.

Aunque el agua es un importante ingrediente funcional, puede ser también origen de algunos problemas potenciales. Las aguas duras, por ejemplo, pueden contener metales pro-oxidantes como hierro y cobre en forma catiónica ( $\text{Fe}^{+2}$  y  $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$ ) que inducen a la rancidez de las grasas y alteraciones del color. El agua dura puede también disminuir la efectividad de determinados ingredientes como por ejemplo los fosfatos (Sebranek, 1993), motivo por el cual siempre se debe emplear agua apta para consumo humano.

### **II.3.3- Sal**

La sal (cloruro de sodio, NaCl) es conocida desde la antigüedad y fue el primer aditivo utilizado en las carnes y sus productos con fines tecnológicos. Las principales funciones que cumple son: aportar sabor al producto, actuar como conservante y aumentar la cantidad de proteína soluble.

La sal determina la impresión del sabor “salado”, efecto que se produce mediante el aporte de sabor a través del catión sodio libre ( $\text{Na}^+$ ). Favorece además la formación del aroma (Frentz, 1982).

En la fabricación de embutidos, la sal se utiliza en concentraciones del 2-3%, cifras que están de acuerdo con el gusto actual de los consumidores (Reutter, 1980; Frey, 1988; Goutefogea, 1991; Rust, 1994; Schiffner *et al.*, 1996). A los fines del sabor se

admite de 1,8 a 2,5 %. Por debajo de 1,5% y por encima de 2,2 se puede considerar deficiente o muy salado respectivamente (Hammer, 1992).

Es la sustancia que tiene mayor acción en la disminución de la actividad de agua ( $a_w$ ) en los productos cárnicos y, por tanto, en su conservación. A las concentraciones antes mencionadas ejerce sólo un efecto bacteriostático sobre la flora microbiana presente por disminución del  $a_w$  y aumento de la presión osmótica del alimento. Se considera que por cada 10 g sal/kg de mezcla el  $a_w$  disminuye 0,006 puntos. Este efecto bacteriostático aumenta aún más al disminuir el pH, alcanzando su máximo a pH=5 (Vendeuvre, 1982; Pearson y Tauber, 1984; Sinell, 1994; ICMSF, 1985; Goutefongea, 1991; Jay, 1994; Rust, 1994; Urbain y Campbell, 1994; Fehlhaver y Janetschke, 1995). No obstante, la importancia del  $a_w$  en la conservación de los productos cárnicos cocidos (embutidos cocidos y productos curados cocidos) es menor que para el caso de los productos crudos secos (jamón crudo, embutidos secos). Valores elevados de  $a_w$ , de 0,96-0,98 para los embutidos cocidos y de 0,97-0,98 para los productos curados cocidos, ofrecen posibilidades de desarrollo a prácticamente todos los microorganismos (Wirth, 1990).

La presencia de sal en los productos cárnicos aumenta la capacidad de retención de agua (CRA) de las proteínas miofibrilares cuando éstas se hallan a un pH por encima de su punto isoeléctrico. El descenso, en cambio, hasta valores próximos al punto isoeléctrico (pH=5), reduce la CRA y favorece el secado del embutido donde se completa el desarrollo de la consistencia y ligazón, atributos de gran importancia comercial. Así, la solubilidad de estas proteínas aumenta proporcionalmente al incremento en la concentración de sal, lográndose la máxima solubilidad con 5% de sal, por encima de este valor precipitan (Hammer, 1992; Flores y Bermell, 1995).

Parte de las proteínas se solubilizan por acción de la sal durante la operación de amasado de la pasta y, al producirse la acidificación, coagulan y actúan de cemento de unión entre los trozos de carne y grasa. Es decir, que las proteínas cárnicas pierden solubilidad durante la acidificación y desarrollan textura de gel que condiciona la consistencia del embutido. Dicha consistencia se incrementa a medida que el pH desciende por debajo de 5,4. Su modo de acción radica en facilitar las interacciones electrostáticas que implican la formación de la película proteica que rodean los glóbulos de grasa, logrando el establecimiento de interacciones proteína-grasa y proteína-proteína (cemento de unión). La consistencia de los embutidos crudo-curados dependerá, entonces, de la formación previa de una sustancia intermedia en las superficies de separación existentes entre las partículas de carne y grasa. La adición de sal crea, inicialmente, una fuerza iónica suficientemente alta como para solubilizar, junto con el jugo de la carne, la proteína fibrilar muscular. Los iones  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$  reaccionan con los grupos cargados de las proteínas y reducen la atracción electrostática entre cargas opuestas de grupos próximos, favoreciendo el desdoblamiento y la disociación y, por ende, la solubilidad de éstas. Este mecanismo asegura la actividad emulsionante y la estabilidad de los geles cárnicos (Hammer, 1992; Cambero *et al.*, 1994; Prändl, 1994; Flores y Bermell, 1995).

La sal común actúa oxidando el hemo de la Mb y de la hemoglobina (Hb), produciendo la metamioglobina (MetMb) marrón oscura y la MetHb gris, respectivamente. Ambos compuestos de color son típicos y dominan en los productos que han sido elaborados sólo con sal común, pero resultan indeseables en productos curados los cuales deben mostrar colores rosados o rojos más o menos intensos (Wirth, 1990). Por tanto, la sal no sólo provoca la degradación del color, sino también,

enranciamiento de las grasas, ambos fenómenos provocados tanto por las impurezas que contiene (iones metálicos como hierro y cobre) como por su efecto oxidante. De ésta forma las posibles impurezas de la sal pueden causar problemas de color y flavor, motivo por el cual siempre se debe emplear sal de grado alimentario (Torres *et al.*, 1988; Hultin, 1993; Price, 1994; Rust, 1994; Townsend y Olson, 1994).

#### **II.3.4- Agentes de curado: nitratos y nitritos**

Al empleo de nitrato, nitrito o sal con nitrito para curado en los productos cárnicos se lo denomina curado. En épocas pasadas se entendía bajo curado al tratamiento con sal y nitrato/nitrito. Actualmente sólo éstos últimos son considerados agentes curantes. Sin embargo, la sustancia realmente activa en el curado de la carne es el nitrito (Vösgen, 1993)

Los efectos deseados del curado sobre la carne son: enrojecimiento, aroma y sabor de curado, efecto conservador y efecto antioxidante.

Las figuras 1 y 2 explican la evolución de los pigmentos en las carnes tratadas con nitrito. La molécula de óxido nitroso, suministrada por el nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) o procedente de la reducción bacteriana o enzimática del nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), se fija por enlaces de coordinación al Fe (II) del hemo de la Mb, originando compuestos rojos-rosados estables, y resistentes a la oxidación (Cheftel *et al.*, 1989; Durand, 1984).

El color característico de curado es debido entonces al pigmento nitrosomioglobina (NOMb) cuya formación depende de la velocidad e intensidad del proceso de acidificación. No obstante, la presencia de NOMb no implica que el producto tenga un color estable. Recién cuando dicho pigmento sufre la acción del calor se forma el nitrosomicrocromógeno (nitrosilhemocromo o nitrosohemocromógeno) que es la forma

verdaderamente estable. Éste puede transformarse en pigmentos degradados (grises, verdes, marrones) por efecto de la actividad microbiana (Durand, 1984).

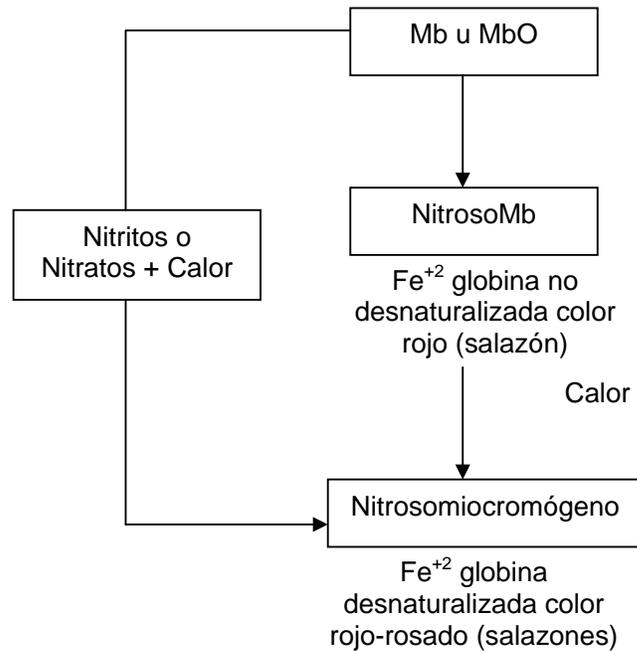
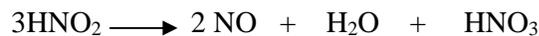


Figura 1.- Modificaciones de la Mioglobina (Mb) por la salazón (Cheftel *et al.*, 1989).

El óxido nitroso (NO) se obtiene por una nueva reducción del  $\text{NO}_2^-$ , tal como en el caso de  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NO}_2^-$ . Pero esta reacción no es ocasionada por reducción bacteriana. Se trata de una normal y lenta reacción de equilibrio, que depende de las condiciones del medio:



Cuanto menor es el pH (óptimo 5,2), más rápido se produce el **enrojecimiento** (con la disminución del pH aumenta la concentración de ácido nitroso no dissociado y la reacción anterior se produce predominantemente hacia la izquierda). Cabe destacar, además, que no se transforman la totalidad de la mioglobina y hemoglobina existentes. Se calcula como máximo aproximadamente el 80 % de la mioglobina presente. Dicho

valor no puede ser incrementado por el mejoramiento de las condiciones de reacción. El hecho de que la carne porcina contenga menor cantidad de Mb hace que las cuotas de enrojecimiento porcentuales sean alcanzadas más tarde que para la carne vacuna.

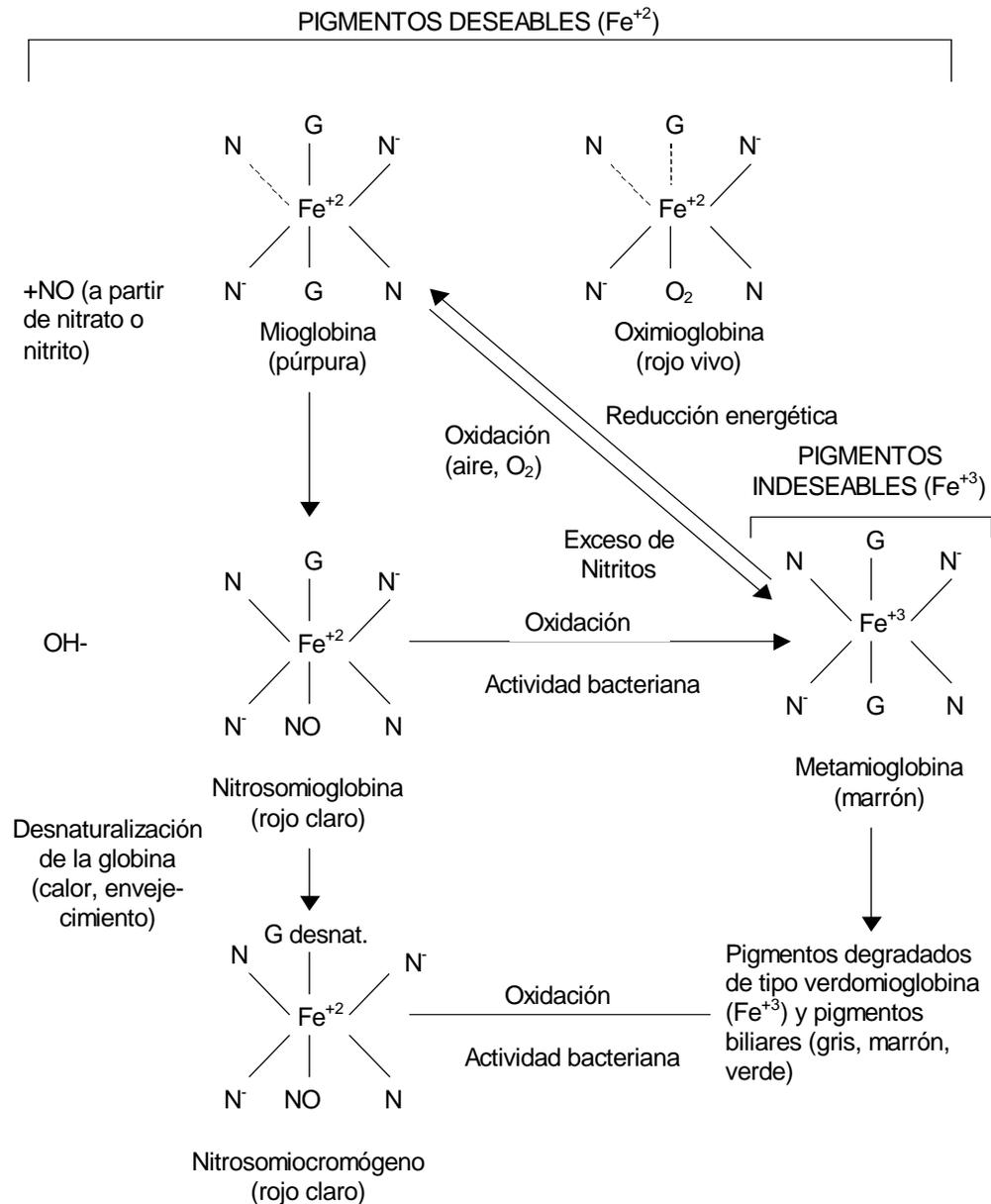


Figura 2.- Evolución de los pigmentos en carnes tratadas con nitrito (Durand, 1984).

El nitrito agregado con la sal nitrificada para curado actúa como un agente oxidante fuerte sobre el hierro de la Mb. Se origina Fe (III) y la coloración grisácea se presenta casi espontáneamente. Recién después del tratamiento térmico y luego de permanecer colgados durante un tiempo prolongado, tiene lugar en el embutido terminado la reacción contraria. Debido a los efectos reductores, el Fe (III) se transforma nuevamente a Fe (II), el NO puede ser fijado y se produce el rojo de curado. Este proceso se desarrolla lentamente cuando la reducción no es acelerada mediante agentes reductores como ser ácido ascórbico (sección II.3.2.6). Luego, si la formación del Fe (III) se efectúa por calor entonces el color marrón/grisáceo que se origina es irreversible. La forma bivalente del Fe ya no resulta posible y, por tanto, no es factible la formación del rojo de curado. La oxidación “fría” del Fe, que tiene lugar bajo la conservación de la estructura de la Mb, es reversible, dependiendo de las condiciones ambientales como ser tiempo, temperatura, presencia de agentes reductores (Vösgen, 1993).

El **aroma** y **sabor** logrados por el curado son inconfundibles. Las impresiones sensoriales corresponden fundamentalmente a los componentes aromáticos volátiles. El aroma de curado se origina a partir de las reacciones de varias sustancias de la carne y la sangre con el óxido nitroso. Las sustancias de reacción conocidas hasta ahora son alcoholes, aldehídos, inosina, hipoxantina y especialmente compuestos azufrados. Para la formación de un típico aroma de curado alcanza entre 20-40 ppm de  $\text{NO}_2^-$  (Wirth, 1990).

El **efecto de conservación** o bactericida del  $\text{NO}_2^-$  en los productos cárnicos es el fundamento más importante y de mayor peso para su empleo, aún cuando desde hace años se viene replanteando por la posible formación de nitrosaminas las cuales tienen

probado efecto cancerígeno en humanos. Con una concentración de 80-150 ppm de  $\text{NO}_2^-$  se inhibe selectivamente la germinación de las esporas de *Clostridium botulinum*. Pero esta acción se presenta recién en combinación con otras condiciones como ser pH, concentración de sal, actividad de agua ( $a_w$ ), temperatura (teoría de obstáculos o “barreras de Leistner”). Por sí solo no resulta efectivo. Así cuando un producto cárnico al que se le ha añadido  $\text{NO}_2^-$  sufre la acción del calor, el efecto inhibitor sobre *Clostridium botulinum* se multiplica por 10. Esta potenciación de la actuación del  $\text{NO}_2^-$  por la cocción recibe el nombre de “Factor Perigo” (López de Torre y Carballo-García, 1991; Vösgen, 1993). Por otro lado, el *Streptococcus faecium* y *Streptococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* y las especies de *Lactobacillus* resisten bastante las concentraciones de  $\text{NO}_2^-$  habituales en los productos cárnicos. Por el contrario, las especies de *Pseudomonas*, *Escherichia coli*, ciertas especies de *Bacillus* y de *Clostridium* se inhiben en mayor o menor grado en presencia de  $\text{NO}_2^-$ . La acción antimicrobiana del  $\text{NO}_2^-$  depende del valor del pH (cuanto más bajo tanto mayor el efecto inhibitor y viceversa) y de la concentración (durante los procesos de elaboración y almacenamiento de los productos cárnicos, el  $\text{NO}_2^-$  se reduce) (Fox, 1994). Resulta así una acción sinérgica de los valores de pH sobre la acción bactericida que ejerce el  $\text{NO}_2^-$  (Sayas-Barberá y Pérez-Álvarez, 1989).

El  $\text{NO}_2^-$  también posee efectos **antioxidantes**, es decir, retarda la oxidación de los ácidos grasos insaturados. El mecanismo de acción radica en la formación de complejos con iones metálicos de Fe y Cu principalmente, anulando de esta forma las sustancias prooxidantes en el producto. En los platos cárnicos preparados y almacenados en refrigeración durante mucho tiempo aparecen sabores especiales llamados *warmed over flavor* (WOF) por su similitud con las comidas recalentadas. Cuando dichas comidas

son adicionadas con  $\text{NO}_2^-$  no se presentan problemas de aparición de WOF. Esto se refleja en el hecho de que los productos elaborados únicamente con sal común, embutidos “blancos”, presentan una degradación más rápida del sabor que los curados (Wirth, 1990; Vösgen, 1993).

### II.3.5- Polifosfatos

El objetivo principal del empleo de fosfatos en productos cárnicos es **aumentar la capacidad de retención de agua** (CRA) y reducir las mermas por cocción en los productos cárnicos curados-cocidos. En los productos cárnicos crudo-curados deben utilizarse a muy bajas concentraciones porque sus propiedades pueden dificultar el proceso de secado.

El mecanismo de acción de los fosfatos sobre la CRA es doble: por un lado aumentan el pH de la carne, y por otro, solubilizan las proteínas musculares (Townsend y Olson, 1994).

Los polifosfatos alcalinos aumentan el pH entre 0,1 y 0,4 unidades dependiendo del tipo y la concentración utilizada. Mediante la formación de complejos solubles con iones polivalentes suprimen los enlaces originados por iones de metales alcalino térreos entre proteínas y filamentos dando como resultado un aumento en la CRA (Goutefongea, 1991; Fischer, 1994; Schmidt, 1994). Se cree que la pérdida de la estructura tisular es debido principalmente a la formación de complejos con el ión calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) (Varnam y Shutherland, 1998).

Sólo los fosfatos alcalinos son eficaces, pues los ácidos disminuyen el pH y causan contracción. Esta acción provoca, a su vez, un aumento en el rendimiento del producto, la que resulta más eficaz cuanto mayor es la temperatura final del procesado.

La tabla 5 muestra los principales fosfatos alcalinos permitidos en las mezclas curantes, su pH y solubilidad.

Tabla 5.- pH y solubilidad de los 6 tipos de fosfatos alcalinos aprobados por el USDA para carnes curadas (Townsend y Olson, 1994).

<b>Compuesto</b>	<b>pH</b>	<b>Solubilidad (g/100g a 25°C)</b>
Pirofosfato ácido de sodio	4,3	13,0
Fosfato monosódico	4,5	40,0
Hexametafosfato sódico	6,9	50,0
Fosfato disódico	8,8	7,0
Tripolifosfato sódico	9,9	15,0
Pirofosfato sódico	10,5	4,5

El tripolifosfato y sus combinaciones con hexametafosfato son los más empleados en el curado de la carne, pues aportan el adecuado pH básico, compatibilidad con calcio y un gran efecto modificador con las proteínas.

Otras ventajas en la utilización de los polifosfatos incluyen: mejorar el sabor de la carne como resultado de la retención de jugos, reducir la autooxidación de las grasas, disminuir la intensidad de sabor a “recalentado” de la carne que se vuelve a cocinar (WOF), favorecer la retención del color y, además, una acción antimicrobiana (Townsend y Olson, 1994).

En el caso especial del color, distintos autores plantean un efecto diferente de los polifosfatos. Por ejemplo, en estudios realizados sobre carne asada de ternera y cerdo se observó que la adición de fosfato, especialmente tripolifosfato de sodio, mejora el color

del producto (Smith *et al.*, 1984). Sin embargo, en emulsiones cárnicas, se encontró que se desarrolla un menor color de curado durante la cocción si el producto está adicionado con polifosfatos. Al parecer disminuye el desarrollo del color de curado, especialmente en productos de procesamiento rápido. Según dicho estudio, las emulsiones cárnicas deberían permanecer un mínimo de 60 minutos en reposo antes de la cocción para que desarrolle el mismo color que cuando no están presentes los fosfatos (Knipe *et al.*, 1988).

### II.3.6- Azúcares

Los azúcares desempeñan varias funciones importantes en los embutidos crudo-curados: mejoran el sabor contribuyen a la formación del aroma, mejoran la ligazón del agua a través de su higroscopicidad, sirven como fuente de energía para la flora microbiana presente, provocan el descenso del pH en el producto y favorecen el enrojecimiento.

El **sabor** acentuado de la sal común y de diversos componentes de sabor amargo, tales como los nitratos y nitritos, se atenúan con el agregado de hidratos de carbono (0,05-0,5%).

Los hidratos de carbono constituyen una fuente a partir de la cual se formarán precursores del **aroma** (Tabla 6).

Son utilizados como **fuentes de energía** por los microorganismos presentes naturalmente en el embutido, “flora autóctona” o por aquellos que se agregan como cultivos “starters”, estimulando su selección y desarrollo. Estos sustratos son desdoblados (fermentados) principalmente hasta el nivel de ácidos, lo cual provoca la disminución del pH. A medida que esto sucede disminuye también el potencial redox

(Eh) con lo cual resultan inhibidos los bacilos Gram- y esporulados mejorando, por el contrario, las condiciones de multiplicación para cocos acidorresistentes (con actividad nitrato-reductasa) y bacterias acidolácticas (Prändl, 1994). La velocidad con que se produce la acidificación, así como la intensidad de la misma depende del tipo y concentración del hidrato de carbono empleado. Actualmente se admite que la formación de ácido láctico se debe a la actuación de bacterias homofermentativas sobre la glucosa o sacarosa. Sin embargo, parte de los azúcares se pueden metabolizar por vía heterofermentativa con formación de otros ácidos como el acético (Tabla 6). El hecho de que los embutidos elaborados mediante el proceso de curado rápido, presenten un sabor ácido diferente al conseguido con los de curado lento, sugiere que los azúcares deben ser metabolizados de manera diferente en ambos procesos. Otro factor a tener en cuenta es la complejidad del hidrato de carbono involucrado. Azúcares simples (monosacáridos), tales como la glucosa, son fácilmente fermentados, mientras que los más complejos como las dextrinas, lo son lentamente o directamente no lo son si están presentes los primeros. Finalmente, a medida que aumenta la masa molecular del hidrato de carbono agregado, la tendencia a la homofermentación es mayor (Flores y Bermell, 1995).

El descenso del pH, el cual tiene una influencia decisiva sobre la consistencia de los embutidos, su grado de enrojecimiento y la selección de microorganismos presentes. Con el 1,0% de glucosa o sacarosa se consigue un pH adecuado en el embutido. Cantidades superiores producen un excesivo sabor ácido (o “picante” por formación de grandes cantidades de ácido láctico, acético, butírico, propiónico) y menores de 0,3% pueden originar serios riesgos de estabilidad por falta de consistencia y ligazón.

Además, una elevada incorporación de hidratos de carbono puede afectar el  $a_w$  del medio y reducir la fermentación (Prändl, 1994; Flores y Bermell, 1995).

Los bajos valores de pH favorecen la formación de nitrosomioglobina (óptimo: 5,4-5,5). La mejor conservación del color observada se atribuye a la inhibición de la oxidación del pigmento muscular hasta derivados verdosos o castaños-grisáceos (Prändl, 1994). Dicha influencia sobre el color se observa con concentraciones del 1,5-2,5 % pues favorecen el paso de nitritos a óxido nitroso (Rust, 1994). Debe prestarse, sin embargo, especial atención a los valores de pH inferiores a 5,5 puesto que los microorganismos con actividad nitrato-reductasa resultan inhibidos, presentándose como consecuencia defectos de enrojecimiento (Prändl, 1994).

Tabla 6.- Productos del desdoblamiento de hidratos de carbono en la fermentación ácido-láctica heterofermentativa (Prändl, 1994).

Ácido carbónico (gas)	Ácido butírico	Acetoína
Agua	Ácido valeriánico	Alcohol butílico
Hidrógeno (gas)	Ácido glucónico	Alcohol isopropílico
Ácido láctico	Ácido 2-ceto glucónico	Acetona
Ácido acético	Ácido 5-ceto glucónico	2,3-butanodiol
Ácido fórmico	Ácido succínico	Glicerina
Ácido propiónico	Ácido fumárico	Trimetilénglicol
	Alcohol etílico	

Se puede utilizar sacarosa (azúcar blanco o moreno), jarabe de glucosa y en algunos productos (para producir un aroma y sabor especial en carnes cocidas), jarabe de arce o miel en pequeñas cantidades.

En embutidos crudos se utilizan entre los monosacáridos: la glucosa y la fructosa, y entre los disacáridos: la sacarosa, la maltosa y la lactosa, así como hidrolizados de almidón.

### **II.3.7- Aceleradores del curado**

Dentro de este grupo se encuentran aquellos compuestos cuya función es acelerar las reacciones que involucra el curado. Los mismos pueden clasificarse en dos categorías:

a) los reductores, que incluyen ascorbato y eritorbato de sodio (los cuales actúan de idéntica forma sobre el nitrito, reduciéndolo a óxido nítrico) y los pigmentos cárnicos.

b) los acidulantes, estos agentes establecen las condiciones óptimas para que se desarrollen las reacciones de curado, es decir provocan acidez con el consiguiente descenso del pH. Incluyen la gluconodeltalactona (GDL) y el pirofosfato ácido de sodio (SAPP) (Sebranek, 1993).

Las sustancias coadyuvantes o aceleradoras del curado más efectivas y seguras en el enrojecimiento y la estabilización del color son el ácido ascórbico o su sal sódica, el ascorbato de sodio (Wirth, 1990).

#### **➤ Ácido ascórbico**

El ácido ascórbico (o vitamina C) existe en dos formas: ácido L-ascórbico y su isómero, el ácido D-isoascórbico o ácido eritórbico. Este último no se encuentra

normalmente en la naturaleza, no posee acción vitamínica y se sintetiza más fácilmente que el ácido L-ascórbico. El ácido L-ascórbico se presenta en forma de cristales blancos o blanquecinos, inodoros y de un sabor débilmente ácido, mientras que su sal sódica lo hace como grano fino o polvo débilmente amarillento, también inodoro. El ácido eritórbico forma cristales granulares blancos con sabor ácido, mientras su sal sódica se presenta como polvo blanco cristalino de sabor salado.

Las sales, ascorbato y eritorbato, son más estables que los ácidos y no tienen la misma influencia en las salmueras empleadas en el curado o en los productos finales debido a que el pH no baja significativamente y por lo tanto, el nitrito es más estable.

El ácido ascórbico (L) es un antioxidante natural. Reacciona con el oxígeno para retardar la decoloración y aparición de sabores desagradables en los alimentos durante el almacenamiento. Esta es la razón principal por la cual con frecuencia se lo emplea como antioxidante en bebidas y conservas.

Si bien el ácido ascórbico ha sido calificado como aditivo seguro y su aplicación está permitida en todo el mundo, el ácido eritórbico está permitido en unos pocos países y para alimentos especificados. Así, en Europa, sólo está permitido el uso del ácido L-ascórbico mientras que el ácido eritórbico (o su sal sódica, eritorbato de sodio) no está autorizado. La diferencia en la vía de metabolización que siguen uno y otro en el organismo humano, explican que sus calificaciones como aditivos, sea distinta, aún, cuando ambos tengan la misma influencia sobre el nitrito, pH, riesgo botulínico y poder “antininitrosamina” en los embutidos crudo-curados (Meat Packers Council, 1979; Durand, 1984; Prändl, 1994; Townsend y Olson, 1994).

El ácido ascórbico (L) y el ascorbato de sodio son sustancias fuertemente reductoras. Liberan gran cantidad de NO a partir de  $\text{NO}_2^-$ , con lo que al aumentar la oferta del

óxido, una gran cantidad de Mb se transforma en NOMb, “color rojo de curado”. De esta manera se acelera e intensifica el proceso de curado. Simultáneamente el ácido ascórbico actúa como limitante sobre la formación de MetMb por desplazamiento del potencial redox. El ácido ascórbico reduce el Fe (III) de la MetMb a Fe (II) de la OMB con lo que se transforma en ácido dehidroascórbico. Mediante la utilización del ácido ascórbico/ascorbato se logra un mejor color y conservación del mismo por formación de mayores cantidades de NOMb y disminución de MetMb en el pigmento total (Wirth, 1990; Prändl, 1994).

El ácido ascórbico ayuda también a impedir la rancidez de las grasas porque reacciona con el oxígeno del aire el cual ocasiona deterioro del sabor en productos de almacenamiento prolongado (Meat Packers Council, 1979). En sistemas modelos donde se estudió el uso combinado de ácido ascórbico y tocoferol, se observó un efecto antioxidante en grasas y aceites con bajos niveles de insaturación. Este uso combinado no resultó, sin embargo, efectivo con altos niveles de grasas insaturadas como en el caso de las de origen marino (Nishina, 1991).

Por otra parte, la aceleración del desarrollo de color en productos curados, disminuye el tiempo de cura. Con niveles de 150 ppm de ácido ascórbico o 200 ppm de ascorbato de sodio (éste último requiere de una dosis mayor para lograr el mismo efecto, Wirth, 1990), se reduce el período de tiempo en la cámara de ahumado con lo que se logra una menor contracción del producto y merma, mayor terneza y reducción de la dureza o aspereza de las tripas comestibles. No obstante, una cantidad excesiva de ácido ascórbico provoca un efecto inverso: hay un efecto desnaturalizante sobre la molécula de Mb originándose colores verdes indeseables principalmente en las zonas donde existen inclusiones de aire o sobre las superficies (Durand, 1984; Wirth, 1990).

### ➤ **Gluconodeltalactona (GDL)**

La lactona es un producto de oxidación controlada de la glucosa. Existen numerosas lactonas, pero la más frecuente es la GDL ( $C_6H_{10}O_6$ ) que se presenta en forma de polvo blanco, cristalino, de gusto azucarado-ácido, con un punto de fusión de  $153^{\circ}C$  y una solubilidad en agua de 59 mg/100 ml. En presencia de agua o en la carne fresca, la GDL se hidroliza lentamente dando ácido glucónico. Esto la convierte en un acidificante de acción retardada. Según la concentración empleada de GDL será la velocidad con que caiga el pH. Por esta razón normalmente se utiliza en concentraciones de 0,1-0,2% para provocar una disminución relativamente lenta (Durand, 1984; Prändl, 1994).

La GDL no es considerada como un aditivo en todos los países. Los alemanes expresan que es un producto intermedio entre la glucosa y el ácido glucónico, que se encuentra en el ciclo normal de transformación de los alimentos en el cuerpo humano.

Por otra parte, no es estrictamente una sustancia auxiliar del curado ya que no reduce el nitrato a nitrito, sin embargo, disminuye el pH. En el medio cárnico dicho descenso incrementa la acción inhibidora del nitrito sobre los microorganismos patógenos. Esto permite una cierta estabilidad microbiológica aún cuando las cantidades añadidas de nitritos son menores a las comúnmente empleadas (Prändl, 1994). En productos cocidos permite un mejor desarrollo del color con bajas dosis de nitrito (80-100 ppm) (Durand, 1984).

En los embutidos crudo-curados y semisecos se emplea en concentraciones del 1,0 % (Rust, 1994), aunque otros autores informan que por encima de 0,4% transmite un sabor acre-picante.

### II.3.8- Especias

Según la International Standard Organization (ISO) “*las especias son productos naturales o sus mezclas, sin materias extrañas, que se utilizan para dar sabor, aroma y sazón a los alimentos; la denominación se aplica a la vez al producto entero y al producto en polvo*”.

La Comisión de Especialistas en Agricultura de España define a “*las especias o condimentos aromáticos como diferentes productos de origen vegetal de los cuales se obtienen raíces, rizomas, bulbos, cortezas, hojas, tallos, flores, frutos, semillas, etc.; en estado natural frescas o desecadas, enteras, troceadas o molidas, y que pueden emplearse en diversas formas: enteras, molidas, aceites esenciales u oleorresinas*” (Real Decreto 2242/1984 del 26 de septiembre de la Reglamentación Española). Los dos últimos deben ser clasificados como saborizantes (Townsend y Olson, 1994).

La Asociación Americana para el Comercio de Especias las considera “plantas tropicales cuyas distintas partes se usan para sazonar alimentos. Botánicamente son raíces, cortezas, brotes, semillas o frutos de plantas aromáticas que, normalmente, crecen en los trópicos” (Anderson, 1992).

De esta manera pueden entonces corresponder a diferentes partes de las plantas como raíces (cúrcuma: *Cúrcuma zedoaria*; jengibre: *Zingiber officinale*), bulbos (ajo; *Allium sativum*; cebolla: *Allium cepa*), cortezas (canela: *Cinnamomum zeylanicum*, *Cinnamomum casia*, *Cinnamomum burmani*), hojas (laurel: *Laurus nobilis*; mejorana: *Origanum majorana*, *Majorana cultivata*; romero: *Rosmarinus officinalis*; tomillo: *Thimus vulgaris*, *Thimus zygis*, *Thimus piperella*), frutos (pimienta: *Piper nigrum*, pimentón: *Capsicum annum*), semillas (comino: *Cuminum cyminum*; mostaza; nuez

moscada) o flores y partes florales (azafrán: *Crocus sativus*; clavo de olor: *Caryophyllus aromaticus*) (Gerhardt, 1975; Rust, 1994).

Las especias se conocen desde la antigüedad. En Egipto se utilizaron como conservantes hace 3000 años. Posteriormente, durante siglos, fueron los árabes los que monopolizaron el mercado de especias. De ellas han dependido una serie de hechos que marcaron la historia del mundo tales como el establecimiento de nuevas rutas comerciales para su adquisición, lo que condujo al descubrimiento de América (Anderson, 1992).

Actualmente se sabe que las propiedades antibacterianas que poseen algunas especias se halla en sus aceites esenciales. Son principalmente bacteriostáticas cuando se utilizan en cantidades apreciables. Algunos investigadores han señalado a la nuez moscada y al cianmomo como inhibidores del crecimiento de ciertas especies pertenecientes al género *Salmonella*, debido a los extractos de ácido gálico y aldehído cinámico que contienen. Además de utilizarse porque proporcionan características organolépticas típicas en los alimentos (Zaika *et al.*, 1978; Coretti, 1986; Townsend y Olson, 1994; Campbell-Platt, 1995), las especias poseen otras funciones como son propiedades antioxidantes (mejorana, romero, pimentón, mostaza, enebrina, pimienta negra y clavo de olor) (Zaika *et al.*, 1978; Farrel, 1990; Palic *et al.*, 1993), propiedades medicinales (ajo, comino) (Schiffner *et al.*, 1996) y acción antibacteriana (pimienta, ajo) (Zaika *et al.*, 1978; Farrel, 1990). Pero esta última propiedad es muy escasa debido a que las dosis empleadas tanto en la industria como en la preparación de alimentos caseros es pequeña, aunque refuerzan en cierto grado la acción de otros agentes utilizados como conservadores. Por el contrario el empleo de especias no tratadas puede contribuir significativamente a la carga microbiana total del producto cárnico.

Esto se debe a que su recolección suele hacerse en países donde las prácticas de higiene son deficientes o inexistentes. Por este motivo se las esteriliza mediante radiaciones ionizantes u óxido de etileno (Anderson, 1992; Townsend y Olson, 1994).

Si bien en el ámbito de la industria cárnica algunos tipos de embutidos desarrollan por sí mismos aromas específicos, se requiere el uso de determinadas especias para alcanzar el sabor y aroma característicos de los mismos (Schiffner *et al.*, 1996). Estos provienen de los compuestos aromáticos que poseen sus aceites esenciales (aldehídos, alcoholes, cetonas) y de otras sustancias (piperina, vainillina), los cuales son transmitidos fácilmente a los embutidos. Además, las especias naturales utilizadas en la condimentación de embutidos (pimienta negra y blanca, pimentón, ajo, etc.) tienen gran importancia en la estimulación del proceso de acidificación por las bacterias. El manganeso es el componente de las especias que favorece tal proceso. Este hecho se ha verificado elaborando embutidos sin especias pero con el agregado de manganeso, observándose un comportamiento similar al obtenido a base de especias. Los extractos de especias no poseen dicha actividad por pérdida del manganeso durante la extracción (Flores y Bermell, 1995).

#### ➤ **Pimentón**

El pimentón es una especia obtenida fundamentalmente a partir del fruto de *Capsicum annuum* Linneo, desecado y molido, que le confiere un color y sabor característico muy apreciado por el consumidor (Giménez, 2000). La legislación española lo define como “el producto seco obtenido de la molienda de los frutos maduros, sanos y limpios del pimiento *Capsicum annuum* Linneo o *Capsicum longum*,

D.C., o parte de los mismos. Se podrán distinguir los tipos dulce, agridulce y picante ” (R.D. 2242/1984).

El pimentón es la especia que creó, sin lugar a dudas, una auténtica revolución en la industria, siendo el precursor de la “línea roja” de los productos cárnicos tanto en España como en el resto de Europa (Italia, Hungría, etc.) (Pérez-Álvarez *et al.*, 2000).

Tras el descubrimiento en América del “chile”, como comúnmente se lo llama al pimentón, se asienta inicialmente en España donde pasa a denominarse “pimiento”, para luego distribuirse por el resto del continente europeo (Nuez *et al.*, 1996). Sin embargo, y a pesar de ser España el país con más tradición y el primer productor a nivel europeo, en el resto del mundo se lo conoce con el vocablo húngaro de “paprika”. Esta denominación es la utilizada para su comercialización en los mercados internacionales (Anónimo, 2000).

Desde el punto de vista práctico el pimiento y sus derivados constituyen la especia más utilizada en la industria cárnica española, ya que pocas especias se pueden incorporar en las concentraciones en que ésta se utiliza. Por ejemplo, un producto cárnico con 3% de canela o pimienta sería desagradable, mientras que con el pimentón se pueden sobrepasar holgadamente esta concentración sin alteraciones en el sabor. Esto la convierte, muchas veces, en un ingrediente más que en una especia (Pérez-Álvarez *et al.*, 2000).

La denominación “pimiento” abarca tanto al fruto del *Capsicum annuum* Linneo en fresco, como también seco y molido, aunque a éste último se lo denomina genéricamente pimentón (Fernández-López, 1998). Se puede realizar las siguientes distinciones: se denomina pimentón al producto industrial elaborado como condimento,

pimiento-pimentonero a la planta y pimiento para pimentón al fruto de la misma (Pérez-Álvarez *et al.*, 2000).

A partir del pimentón también se obtienen las denominadas oleorresinas, que son el extracto líquido del pimentón en forma de aceite viscoso que conserva todo el aroma típico de éste y posee un color rojo intenso (Navarro y Costa, 1993). En España, los dos tipos de pimentones con más tradición son los de Murcia y Vera, con diferentes gustos: dulce, agri dulce y picante. El murciano es el más famoso a nivel mundial ya que abarca aproximadamente el 90 % de la producción (Anónimo, 2000).

Tanto a escala industrial como en el hogar se utiliza principalmente para aportar color al alimento terminado (Farrel, 1990), pero también ejerce una notable influencia sobre el aroma y sabor. En la industria se utiliza como colorante natural en forma de polvo u oleorresina, mientras a nivel familiar se lo hace en carnes picadas (albóndigas, budines), guisos, frituras, hortalizas (aderezo para ensaladas), salsas varias, y espolvoreado antes de servir cazuelas, papas al horno, canapés, fiambres y sopas (Brusco, 1989). En la industria cárnica constituye el condimento principal de una gran variedad de embutidos. Por ejemplo en España se adiciona a productos como el chorizo al cual le confiere el color, aroma y sabor característico que lo diferencian del resto de los embutidos crudo-curados. También se incluye en la elaboración de la sobrasada, morcón, lomo embuchado, salchichas rojas o encarnadas, diferentes tipos de longanizas (de Salamanca, extremeña y Pamplona) y morcillas crudo-curadas (de calabaza, extremeña y asturiana) (Rosmini, 1997). Cuando se emplea en concentraciones del 3,0 % posee un importante efecto antioxidante sobre mezclas de carne y grasa de cerdo o grasa sola sometida al proceso de fabricación de chorizos. Dicho efecto podría

equivaler al que proporcionan nitratos, nitritos y ácido ascórbico/ascorbato (Aguirrezabal, 1993).

La **composición química** del pimentón puede variar cuantitativamente dependiendo de las condiciones climáticas, variedades, características del suelo, calidad del agua utilizada en el riego y de factores tecnológicos (Daood *et al.*, 1996).

Mediante análisis químicos y microscópicos de las diferentes partes de los frutos, se ha observado que los pigmentos responsables del color del pimentón se encuentran en el pericarpio (Navarro y Costa, 1993). Dichos pigmentos pertenecen a los dos subgrupos de la familia de los carotenoides: **carotenos** y **xantófilas**. De los **carotenos** (compuestos isoprénicos sin oxígeno) caben destacar el  $\beta$ -caroteno, y el *criptoxanteno*, ambos con actividad antioxidante y provitamínica (provitamina A) y los *tocoferoles*. Éstos últimos se localizan exclusivamente en las semillas destacándose el  $\alpha$ -*tocoferol* (vitamina E) con actividad antioxidante in-vivo. Las **xantófilas** (derivados oxigenados de los carotenos) se presentan como rojas y amarillas. Las rojas *capsorrubeno* y *capsanteno* representan el 60% del total de los pigmentos presentes y de ahí la coloración predominantemente “roja” del producto. Las xantófilas amarillas mayoritarias son: *criptoxantina*, *zeaxantina*, *luteína* y *violaxantina* (Costa, 1991; Navarro y Costa, 1993; Giménez, 2000)

Los carotenoides pueden encontrarse en forma libre en los tejidos vegetales, ya sea como cristales o sólidos amorfos o, debido a su naturaleza liposoluble, en la porción lipídica del producto. Se hallan como ésteres de ácidos grasos (las xantófilas generalmente forman mono y diésteres; el capsanteno se halla como éster del ácido láurico) o también en combinación con azúcares y proteínas.

Los ácidos grasos presentes en el pimentón se clasifican como fracción saturada e insaturada (Tabla 7).

Tabla 7.- Composición porcentual de las fracciones saturadas e insaturadas del pimentón (Fennema, 1993; Navarro y Costa, 1993).

Fracción saturada			Fracción insaturada		
ácido láurico	C 12:0	1%	ácido oleico	C 18:1	10%
ácido mirístico	C 14:0	2%	ácido linoleico	C 18:2	66%
ácido palmítico	C 16:0	14%	ácido linolénico	C 18:3	5%
ácido esteárico	C 18:0	2%			

Al elevado porcentaje en ácidos grasos insaturados se le atribuyen los procesos asociados con deterioro oxidativo. Esto también involucra a las xantófilas que al poseer insaturaciones conjugadas resultan especialmente susceptibles a la oxidación. Tal proceso puede estar catalizado por enzimas como ciertos tipos de lipooxigenasas o por la presencia de sustancias prooxidantes como iones de Fe y Cu, dando productos incoloros (Fennema, 1993; Navarro y Costa, 1993).

Químicamente el color se debe a los dobles enlaces covalentes conjugados presentes en las moléculas de los diferentes carotenoides. La existencia, además, de grupos carbonilos e hidroxilos conjugados con la cadena alifática del pigmento, confieren un color aún más intenso. Luego, la intensidad del color es un factor de calidad esencial que depende del contenido en carotenoides así como de su integridad química, lo que a su vez condicionará su uso en la elaboración de productos cárnicos. La Tabla 8

menciona el número y tipo de grupos funcionales presentes en los principales carotenoides del pimentón (Navarro y Costa, 1993).

Tabla 8.- Grupos funcionales de los carotenoides más importantes del pimentón (Navarro y Costa, 1993).

<b>Carotenoides</b>	<b>Grupos hidroxilos</b>	<b>Grupos carbonilos</b>	<b>Dobles enlaces conjugados</b>	<b>Grupo epoxi</b>
Capsanteno	2	1	10	0
Capsorrubeno	2	2	9	0
$\beta$ -caroteno	0	0	11	0
Zeaxanteno	2	0	11	0
Criptoxanteno	1	0	11	0
Violaxanteno	2	0	9	2
Criptocapseno	1	1	10	0

#### **II.4- Tecnología de la fabricación de los embutidos crudo-curados**

El proceso de elaboración de los embutidos crudo-curados consta de diversas etapas las cuales se representan en el diagrama de la figura 3.

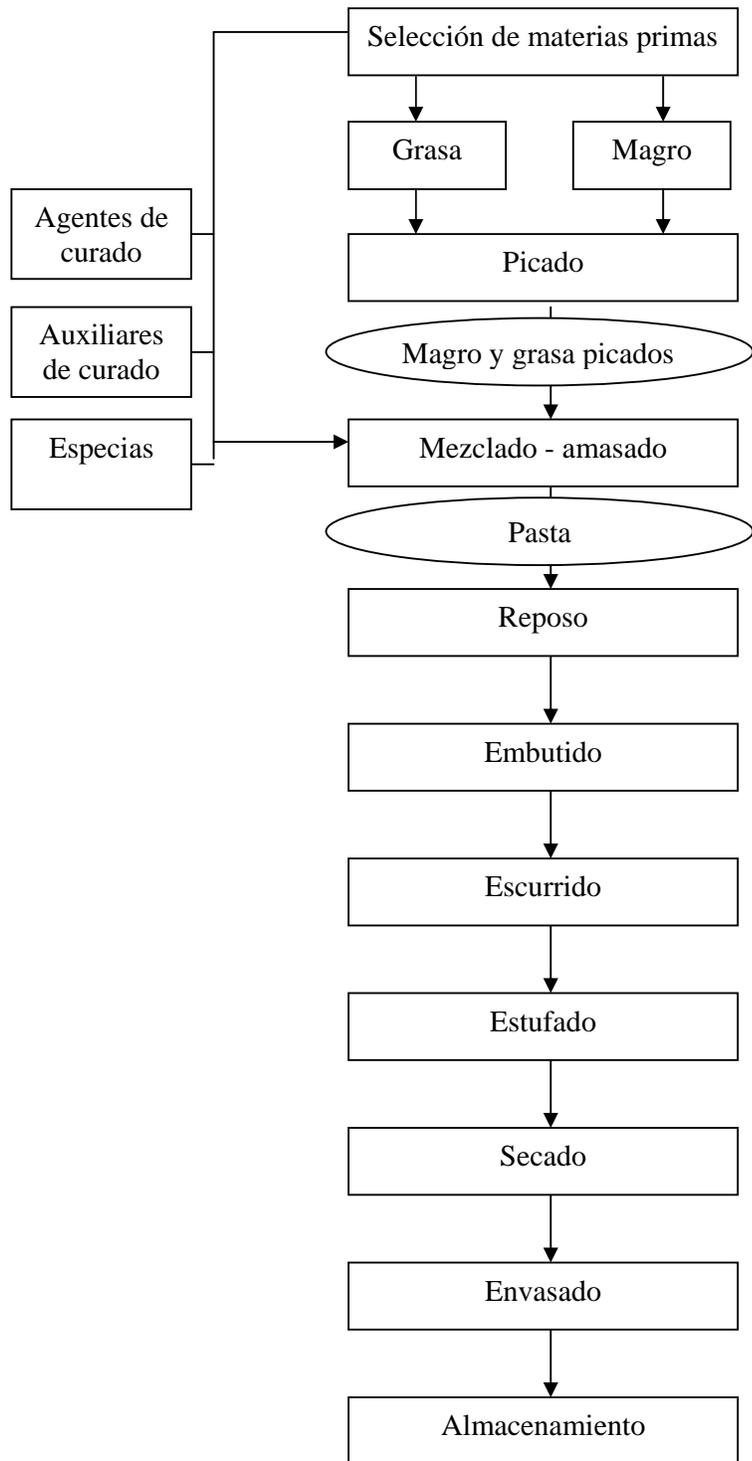


Figura 3.-Diagrama de flujo del proceso de elaboración de embutidos crudo-curados

#### **II.4.1- Selección de las materias primas**

La exigencia básica para la obtención de productos cárnicos uniformes en composición, aspecto, sabor, propiedades físicas, organolépticas, etc., reside en la correcta selección de materias primas.

Para la elección de las materias primas debe tenerse en cuenta que los diferentes tejidos animales varían en su contenido en agua, grasa, proteínas y pigmentos, lo cual influirá directamente en las características del embutido terminado (Rust, 1994).

El magro y la grasa constituyen la base fundamental en la formulación de los embutidos crudo-curados. Deben proceder, por tanto, de la matanza higiénica, realizada bajo control de la Inspección Veterinaria Oficial, de animales sanos y correctamente alimentados los cuales permanecieron en reposo antes de ser sacrificados. Dichas materias primas deben ser manipuladas y procesadas en salas con temperatura ambiente controlada (10 °C) y almacenadas en refrigeración (4° C) hasta su utilización.

En la Tabla 9 se detallan las principales características de calidad que sirven para una correcta selección de las materias primas cárnicas.

Tabla 9.- Características de calidad para la selección de las materia primas cárnicas

( Fehlhaber y Janetschke, 1995).

<b>TECNOLÓGICAS</b>	<b>NUTRITIVO-FISIOLÓGICAS</b>	<b>HIGIÉNICAS</b>	<b>PSICOLÓGICAS</b>
Origen de la carne (especie animal, edad, sexo ) Peso vivo y peso en canal y de los distintos cortes	Valor nutritivo (cantidad y clase de proteínas, lípidos e hidratos de carbono) Tasa de microfactores (cantidad y clase de vitaminas, sales minerales y elementos vestigiales)	Estado fisiológico de los tejidos (ausencia de lesiones patológicas) Cantidad y clase de microorganismos	Aspecto exterior, modo de oferta, tipo de envase Forma, corte y preparación
Proporción de carne magra, tejido adiposo, tejido conjuntivo y huesos respecto a la canal total	Contenido de sustancias sápidas (ácidos orgánicos, compuestos nitro-genados no proteicos)	Ausencia o presencia de parásitos en músculos y órganos	Color
Rendimiento de la canal	Digestibilidad de los nutrientes	Ausencia o presencia de sustancias químicas, radiológicas o biológicas perjudiciales (residuos)	Consistencia
Proporción de los cortes más valiosos	Modo de separación	Manipulación higiénica de la carne	Olor, sabor
Tasa de humedad, pérdida por goteo y capacidad fijadora de agua		Existencia de estados higiénicos dudosos (suciedad, contactos con insectos, roedores)	Jugosidad, succulencia, ternura
Temperatura interior de la canal; pérdidas por refrigeración Valor de pH			
Color de la carne, capacidad de enrojecimiento y de curado Merms por calentamiento: cocido, asado.			
Comportamiento reológico			

## **Magro**

Las carnes magras correspondientes al músculo esquelético son las más deseadas, principalmente las provenientes de vacuno y cerdo, aunque la carne de ave también suele ser una fuente importante de materia prima. También se emplean como fuentes de carne magra pequeñas porciones de la canal de carnero y ternera (López de Torre y Carballo-García, 1991).

Los caracteres de calidad a tener en cuenta en la selección del magro son:

- Frescura: se utiliza carne fresca, enfriada, congelada o ambas (Frey, 1998; Bacus, 1994), estando el rango óptimo de temperaturas comprendido entre 0 y -18°C (Vendeuvre, 1982). La carne enfriada debe conservar las características típicas de la carne fresca y para ello debe mantenerse desde su obtención en cámaras con temperaturas de 0-4°C y una humedad relativa del 75-90% (Prändl, 1994). En la carne congelada ha de tenerse en cuenta que la congelación-descongelación de la misma provoca un cierto deterioro estructural que puede llegar a afectar las propiedades del embutido (ligazón).

- Textura: estará en relación con la proporción de tejido graso y tejido conjuntivo de la carne. La infiltración grasa influye en la jugosidad y la ternura de la carne. La presencia de tejido conjuntivo (colágeno, elastina, reticulina) aumenta la dureza de la carne, por lo que previamente a su utilización en la fabricación de embutidos, deberán eliminarse las porciones duras de la misma como tendones, aponeurosis, etc. (Fernández-López, 1998).

- Color: el color de la carne es de gran importancia pues afecta directamente la elección del consumidor. La concentración de mioglobina, pigmento responsable del color, varía ampliamente y está afectada no sólo por la especie, sino por la edad, la

alimentación, la función específica del músculo y el tipo de fibra (Knipe, 1993; Severini *et al.*, 1994). La carne utilizada en la elaboración de productos cárnicos deriva principalmente de vacuno y porcino. La de vacuno es más oscura por contener cantidades elevadas de Mb, mientras que la de porcino contiene para la misma edad del animal, 1/5 o menos (Rodríguez-Rebollo, 1996). Por otra parte, el magro con coloraciones anormales, por la acción de microorganismos alterantes, presencia de coágulos, etc., debe rechazarse (Bacus, 1994; Rosmini, 1997). Finalmente el color del músculo es ampliamente utilizado para evaluar la calidad. Un color oscuro puede indicar edad avanzada del animal, deshidratación o alteraciones de diverso origen. Un músculo extremadamente pálido puede sugerir una baja CRA (Rodríguez-Rebollo, 1996).

- Olor: es fundamental a la hora de seleccionar el magro a utilizar. En general el olor de la carne es muy ligero, recordando en ocasiones al del ácido láctico, siendo más intenso en la carne de animales de mayor edad que en los jóvenes. El magro con olores desagradables debe rechazarse, este puede estar debido a la acción de los microorganismos alteradores, residuos de medicamentos, enranciamiento de la grasa, etc. (Bacus, 1994).

- pH y CRA: cuando el pH se encuentra próximo al punto isoeléctrico de las proteínas, el músculo cede la máxima cantidad de humedad (mínima CRA) y el embutido se seca de forma adecuada. El valor crítico está entre 5,8 (bovino), 6,0 (porcino) para animales jóvenes y de 6,3-6,6 para los de edad más avanzada. El magro con valores superiores de pH debe rechazarse o en su defecto mezclarse en proporciones adecuadas con magro de pH inferiores (Vendeuvre, 1982; Frey, 1988). También debe evitarse el uso del magro exudativo con bajo pH (PSE del inglés *pale*:

*pálido, soft: suave, exudative: exudativo*) puesto que dificulta la penetración de la sal y la solubilidad de las proteínas.

- Carga microbiana inicial: debe ser lo menor posible lo cual se consigue mediante la aplicación de buenas prácticas higiénicas durante el proceso de matanza y posterior manipulación de la carne (Rosmini, 1997). Si la carga microbiana inicial es elevada esto afectará al proceso de fermentación y a las características finales del producto (Frey, 1988). Los microorganismos presentes en la carne obtenida bajo condiciones higiénicas son en su mayoría saprófitos, resultando muy bajo el número de patógenos. Dentro de los primeros se pueden mencionar: *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Moraxella*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas* y representantes de la familia *Enterobacteriaceae*, *Micrococcus spp.*, *Staphylococcus spp.*, varias especies del género *Bacillus* y algunas levaduras y mohos. Entre los patógenos más comunes de la carne están *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolítica*, *Clostridium perfringens* y *Salmonella* (ICMSF, 1985). Éstos últimos provienen del procesamiento con deficiencias higiénicas desde el sacrificio del animal hasta la propia manipulación durante la elaboración de los embutidos.

- Relación humedad/proteínas (H/P): las relaciones H/P de los diferentes tejidos son de gran importancia al preparar la formulación de los embutidos. Algunas de estas relaciones se presentan en la siguiente tabla 10 para las materias primas más comunes. La calidad de la carne reside en la proporción de proteínas (Fernández-López, 1998).

Tabla 10.- Contenido de humedad y proteínas de las materias primas de origen cárnico (Rodríguez-Rebollo, 1996).

<b>Muestras</b>	<b>Humedad (H)</b>	<b>Proteínas (P)</b>	<b>Razón H/P</b>
Carne de toro	73,6	21,2	3,4
Recortes de vacuno	71,1	19,8	3,5
Pescuezos	72,0	20,0	3,6
Carne papadas (porcino)	71,7	19,6	3,7
Costillares de vacuno	70,6	19,2	3,7
Carne cabeza (cerdo)	63,1	16,4	3,8
Faldas de vacuno	59,2	15,4	3,8
Recortes porcino (50% grasa)	29,0	7,0	4,1
Grasa de cerdo	6,2	1,33	4,6
Tripas de vacuno	72,8	15,2	4,7
Corazones de vacuno	79,0	16,0	4,9

- Ligazón: el tipo de proteína que predomine en el magro es un factor muy importante a tener en cuenta ya que el nivel o grado de ligazón de una proteína miofibrilar es diferente al de una proteína colágena. Se consideran carnes con altas propiedades de ligazón a los tejidos esqueléticos magros de vacuno, porcino y ovino. La carne de la cabeza y la carrillada son consideradas de grado de ligazón medio, mientras que aquellas con alta cantidad de grasa o tejido muscular liso tienen malas propiedades de ligazón (recortes de cerdo, papada, la grasa del jamón y la carne vacuna del costillar). Las carnes que presentan una capacidad ligante inferior se denominan “de relleno” (callos, hocicos, labios, tejidos parcialmente desgrasados, productos reprocessados) y debe limitarse su empleo si se quiere mantener la calidad de un determinado embutido (Rust, 1994).

## **Grasa**

La grasa contribuye en gran medida a la palatabilidad de los embutidos facilitando la masticación y proporcionando a su vez, aroma, sabor y sensación de jugosidad. Contribuye, además, junto a las proteínas del magro, a la ligazón de la masa, consistencia y humedad, lo que la hace irremplazable en este tipo de productos (Frey, 1988; Rust, 1994).

Los recortes grasos de vacuno y cerdo proporcionan la mayor parte de la grasa de la fórmula del embutido. Se prefiere la grasa de cerdo debido a que posee un menor punto de fusión, es más fácil de picar, casi no presenta coloración y su composición en ácidos grasos contribuye en gran medida a la formación de aroma y sabor característico (Prändl, 1994; Rust, 1994). Por el contrario, la grasa bovina presenta una consistencia más dura debido a la elevada proporción de ácidos grasos saturados (mayor punto de fusión), aportando en consecuencia menor sabor y aroma que la de cerdo (provee gusto a sebo) (Rosmini, 1997). La elevada proporción de ácidos grasos insaturados, principalmente poliinsaturados, aumenta el riesgo de enranciamiento y con ello la alteración del sabor, aroma y color del producto. Generan, además, inconvenientes durante el picado, pues las gotas de grasa (fluida) se adhieren a la carne (embarrado) dificultando el embutido, lo que posteriormente provocará defectos de consistencia al corte. Por esta razón debe trabajarse bien enfriada o congelada para lograr el aspecto y consistencia deseado en el producto (Frey, 1988; Vendevre, 1982).

La calidad y propiedades de las grasas dependen de diversos factores entre los que cabe destacar aquellos propios del animal: raza, edad, alimentación, región anatómica y proporción de tejido conjuntivo, y los tecnológicos: enfriamiento, temperatura y tiempo de almacenamiento e higiene en el proceso de obtención. Por ejemplo, los cerdos que

son sacrificados demasiado jóvenes poseen menor cantidad de tocino, el cual a su vez tiene una mayor capa de grasa externa blanda. Con el incremento de la edad y del peso, esta capa disminuye, aumentando la capa inferior de grasa con mayor contenido en ácidos grasos saturados que la primera. Luego, el tocino resulta más firme y con menor tendencia a la rancidez (Kuhne, 1984). Los cerdos alimentados a base de aceite de soja o tortas de oleaginosas, desarrollarán una mayor proporción de tejido graso blando, inadecuado para la fabricación de embutidos (Tandler, 1992). El tocino de aguja, tocino dorsal y tocino de panceta son los cortes más seleccionados para elaborar embutidos crudo-curados por su consistencia y firmeza (Fernández-López, 1998).

Actualmente la tendencia al consumo de productos hipocalóricos (“diet”) ha contribuido a la elaboración de embutidos con bajo contenido graso (Shand *et al.*, 1990). La reducción de la fracción grasa en la formulación provoca cambios drásticos en el producto, se tornan secos, duros, sin aroma, salados y con mal gusto. Esto se debe fundamentalmente al cambio de solubilidad que sufren las especias (aumenta el contenido de agua y disminuye el de grasa) lo que influye directamente en el sabor final (Goutefongea y Dumont, 1990).

#### **II.4.2- Picado**

El picado consiste en la reducción del tamaño de los trozos de carne y grasa a diferentes grados de picado según el tipo de producto a elaborar. Constituye una verdadera desorganización estructural en la que se destruyen las últimas barreras de defensa naturales (fascias, aponeurosis, etc.) que posee la carne, liberándose los nutrientes y líquidos celulares (intacelular e intercelular) que favorecen un mejor desarrollo de los microorganismos presentes. Éstos se benefician aún más por el

aumento de la superficie expuesta, por lo cual dicha operación debe realizarse en condiciones de estricta higiene y refrigeración (Fehlhaber y Janetschke, 1995).

El objetivo de esta etapa del proceso es obtener un producto uniforme, la distribución regular de los diversos ingredientes que intervienen en la formulación y un enternecimiento de la materia prima al reducir el tamaño y facilitar la mezcla (Marcos, 1991).

El picado es una de las operaciones más delicadas durante la elaboración, pues las características básicas de muchos embutidos secos y semisecos se relacionan con el tamaño de la partícula cárnica (Rust, 1994). Hay productos que incorporan en su composición carne groseramente picada, con trozos de 10 a 30 mm (chorizo español), otros son medianamente picados con trozos de 10 mm (salame, salchichón español), mientras que en algunos el picado es tan fino que constituyen una verdadera emulsión cárnica (cervelat, longaniza, salchichón picado fino, sobrasada, salchichas de Frankfurt) (Pérez-Álvarez, 1996). La fragmentación de los tejidos musculares y adiposos se realiza bajo el efecto de fuerzas de corte, aplastamiento y ruptura. Los granos obtenidos interactúan íntimamente a través de puentes de hidrógeno, interacciones electrostáticas, interacciones hidrofóbicas y fuerzas de Van der Waals, asegurando la cohesión de la pasta (Girard *et al.*, 1991; Aleixandre, 1996).

Esta operación se lleva a cabo utilizando picadoras de tornillo, cutter o la combinación de ambas (mixto). Las primeras permiten un picado continuo y una granulometría más regular. Sin embargo uno de los fenómenos que comúnmente se genera en la picadora es el recalentamiento de la carne lo cual va acompañado a menudo de magullado y embarrado de la masa (Marcos, 1991). El sistema cutter, aunque diseñado en principio para obtener pastas finas y emulsiones, también suele

utilizarse en el picado pero deben tomarse ciertas precauciones. Primero el proceso es discontinuo y, si bien, el corte es más liso, la granulometría resulta más irregular (Incze, 1986). Además, la inclusión de aire a la masa durante el picado origina reacciones químicas indeseables entre el oxígeno del aire y los ingredientes de la pasta cárnica, lo que altera a su vez el color y el sabor (formación de metamioglobina y oxidación de las grasas). Este aire incluido en la masa influye también enormemente sobre la firmeza del producto final (Wirth, 1992). Este inconveniente se resuelve tras el advenimiento de la “cutter al vacío”. Trabajando bajo vacío se mejora el desarrollo del color y aroma aumentando la estabilidad del producto (Starr, 1979).

Cabe destacar que en estudios realizados sobre los cambios de color provocados durante la elaboración de embutidos crudo-curados, se señalaron cambios en las *coordenadas de color* (ver Sección II.7.2.3), específicamente de la *luminosidad* ( $L^*$ ) de las pastas. La  $L^*$  aumenta significativamente en el momento de realizar la operación de picado de la carne (García-Marcos *et al.*, 1996)

#### **II.4.3-Mezclado - amasado**

Esta operación permite homogenizar las materias primas crudas con los aditivos y especias, obteniendo una masa o pasta uniforme (Fernández-López, 1998). Es muy importante realizarla en condiciones de vacío a fin de evitar la oxidación de los lípidos presentes (López de Torre y Carballo-García, 1991).

Durante el amasado se rompe la estructura del tejido muscular favoreciendo esto, la penetración de sal y la solubilización de las proteínas miofibrilares (Hultin, 1993). La carne previamente picada presenta mayor superficie de contacto con la sal.

El porcentaje de proteínas en la mezcla total es fundamental, pues son ellas las que intervienen directamente en la ligazón de la pasta durante las operaciones de picado y amasado (Acton, 1972). En los embutidos crudo-curados la ligazón se efectúa por liberación de las proteínas cárnicas y su disolución en la pasta, tras el amasado. Las proteínas insolubles absorben el agua. La emulsión de la grasa en la pasta también favorece la ligazón (Fernández-López, 1998).

Se utilizan máquinas mezcladoras-amasadoras que pueden ser de distintos tipos: de tambor, de brazo amasador, de aletas o paletas y de hélice o eje espiral (Fischer, 1994). En ella se incorporan las especias, nitrificantes y coadyuvantes del curado que, a veces, se añaden en forma de papilla acuosa (López de Torre y Carballo-García, 1991). Al igual que en el picado, una temperatura elevada de la materia prima o un tiempo prolongado de amasado favorecen el *embarrado* (Bacus, 1994). Desde el punto de vista microbiológico se favorece la distribución de los microorganismos presentes en toda la masa, lo cual es un inconveniente si las prácticas higiénicas realizadas hasta el momento fueron inadecuadas (Rosmini, 1997).

En diversos estudios efectuados sobre los cambios de color durante la elaboración de los embutidos crudo-curados, se han observado variaciones en las *coordenadas de color*, específicamente sobre la *luminosidad* ( $L^*$ ). La adición de pimentón a la pasta reduce los valores de la  $L^*$ , lo que se traduce en un oscurecimiento de las mismas en el momento en que la operación es llevada a cabo (García Marcos *et al.*, 1996). La adición de sal también provoca el descenso de los valores de la  $L^*$  de las pastas, mientras que el tratamiento con nitrito de sodio y ascorbato de sodio (agente y coadyuvantes del curado, respectivamente) no produjeron cambios en dicha coordenada (García Marcos *et al.*, 1996).

#### **II.4.4- Reposo de la pasta**

El reposo, es el período de tiempo en el cual la pasta se deja descansar bajo condiciones de refrigeración (1-5°C) favoreciendo la acción de aditivos y especias sobre los componentes cárnicos y la grasa (adobado) (Rosmini, 1997).

Permite, en principio, una mejor difusión de las sustancias de curado e interacción de los componentes dando lugar a una serie de transformaciones bioquímicas y fermentativas de la pasta (Fernández-López, 1998).

El tiempo de reposo depende principalmente del tipo de embutido a elaborar, pudiendo por tanto no llevarse a cabo como en el caso de las pastas que se embuten inmediatamente después de ser amasadas (lup cheong) (Leistner, 1991), como tener una duración de 7 días (embutidos orensanos). No obstante, la duración normal es aproximadamente de 12-24 hs (García-Marcos *et al.*, 1996). Otros autores (López de Torre y Carballo-García, 1991) resaltan la utilidad de esta fase principalmente para aquellos picados con trozos grandes de carne a fin de que absorban las sales nitrificantes, evitando de esta forma la aparición de alteraciones posteriores.

En diversos estudios sobre los cambios de color que se producen durante la elaboración de los embutidos crudo-curados, se han observado variaciones de las coordenadas de color durante esta etapa (Pagán *et al.*, 1992).

#### **II.4.5- Embutido**

El embutido consiste en la introducción a presión dentro de un forro o tripa, de la masa o pasta reposada (Fernández-López, 1998). En casi la totalidad de los embutidos se realiza en forma mecánica, luego de haber acondicionado las tripas mediante remojo o enjuague (Rosmini y Schneider, 2000).

Las tripas utilizadas pueden ser naturales o artificiales. Las primeras derivan principalmente del tracto gastrointestinal del ganado porcino, bovino u ovino (Effenberger, 1980) y actualmente su uso queda circunscrito a la elaboración de embutidos artesanales. Se emplean mucho en la fabricación de embutidos secos ya que se encogen y adaptan a la superficie permaneciendo en íntimo contacto a medida que van perdiendo humedad (Forrest *et al.*, 1979). Las tripas artificiales pueden ser de celulosa, de colágeno comestible o no comestible y de plástico, y han desplazado casi por completo a las naturales (Fernández-López, 1998). Para los embutidos crudo-curados se emplean tripas naturales o sintéticas a base de colágeno, las cuales deben ser permeables a la humedad y los gases a fin de facilitar el curado (López de Torre y Carballo-García, 1991).

En el mercado existen distintos tipos de embutidoras aunque en principio todas constan de una tolva de alimentación de la pasta y un sistema de vacío para no introducir aire en la tripa (López de Torre y Carballo-García, 1991). La pasta puede ser impulsada por un mecanismo de tornillo o de pistón, siendo preferible este último para evitar el “embarrado” (Bacus, 1994).

El embutido es una etapa delicada pues debe mantenerse a lo largo de la misma una presión firme y constante. Por otra parte, la manipulación higiénica de las tripas es fundamental a fin de evitar la contaminación con gérmenes indeseables (García-Marcos *et al.*, 1996). La pasta cárnica recién embutida presenta condiciones de crecimiento idóneas para los microorganismos presentes con un pH alrededor de 6,0 y un  $a_w$  mayor a 0,96 (Flores y Bermell, 1995).

#### **II.4.6- Ecurrido**

Luego de embutidas y atadas, las piezas se dejan escurrir un determinado período de tiempo a fin de que eliminen el exceso de agua proveniente, en su mayoría, de la tripa. Esto evita el ingreso de las piezas demasiado húmedas a la cámara de estufado (Rosmini, 1997).

#### **II.4.7- Estufado**

El estufado consiste en someter el producto a un calentamiento inicial suave con el objeto de estimular el desarrollo de la flora microbiana. La flora presente fermenta los carbohidratos generando acidez y energía. Los ácidos orgánicos generados disminuyen los valores del pH provocando un desarrollo selectivo sobre la flora microbiana. Por otra parte, el aporte energético permite alcanzar las condiciones necesarias para la formación del color rojo de curado (Demasi *et al.*, 1989; López de Torre y Carballo-García, 1991; Jay, 1994). El género *Lactobacillus* es el principal responsable de la generación de acidez, mientras los *Micrococcus* son los que intervienen en la formación del óxido nítrico (Schiffner y Oppel, 1978; Jay, 1994; Niven, 1994). La velocidad e intensidad con que se produce la acidificación dependen tanto de las características de la pasta cárnica, así como del diámetro del embutido y de la temperatura de estufado (Vösgen, 1993).

Diversos estudios señalan que la incorporación de agua a las pastas condiciona una fermentación más rápida (Bacus, 1986). Los embutidos de grueso calibre fermentan lentamente al principio ya que la penetración del calor se ve dificultada durante el estufado. Posteriormente, la acidificación se acelera haciéndose difícil de controlar (la flora láctica encuentra condiciones muy favorables para su desarrollo). Por el contrario,

en los de pequeño calibre, la difusión del oxígeno se ve muy favorecida y, por tanto, la producción de ácidos vía fermentativa disminuye.

La temperatura a la que se somete el embutido va a determinar la actividad metabólica de los microorganismos. Existe una buena correlación entre la temperatura y la  $a_w$  de la pasta cárnica con el crecimiento microbiano. Por ejemplo, con valores de  $a_w$  superiores a 0,96 y temperaturas de estufado del orden de los 25 °C, se produce un rápido descenso del pH. Con valores de  $a_w$  por debajo de 0,95 y temperaturas de 20 °C el proceso de acidificación es más lento. Por otra parte, temperaturas elevadas provocan una acidificación intensa, pudiendo inhibir el crecimiento de microorganismos nitrato-reductasa (*Micrococcus*) dando lugar a defectos tanto en la coloración como alteraciones en el sabor (Flores y Bermell, 1995).

El descenso del pH (valores iniciales de 6,0-6,2 hasta 5,4-4,6) provoca, además, durante esta etapa:

a) disminución de la capacidad de retención de agua de la carne, favoreciendo el secado ulterior (disminución de la  $a_w$ ) (Sofos, 1981; Rust, 1994);

b) la gelificación de las proteínas miofibrilares (Sofos, 1981; Rödel y Stiebing, 1989) y la ligazón de la pasta;

c) potenciación de la actividad de las enzimas nitratorreductasas de las bacterias, favoreciendo la formación del color curado y del aroma característico (Kletner y Rödel, 1979; Sofos, 1981; Rödel y Stiebing, 1989);

d) limita el crecimiento de los gérmenes indeseables, en especial bacterias Gram negativas (Schiffner *et al.*, 1996; Sofos, 1981; Rödel y Stiebing, 1989; Jay, 1994; Rust, 1994).

Esta disminución del pH y de la  $a_w$ , así como la concentración de solutos existente (cloruro de sodio y carbohidratos) y la baja tensión de oxígeno, seleccionan la flora del embutido, favoreciendo el predominio de los géneros *Lactobacillus* y *Micrococcus* (Gram positivos) y eliminando los Gram negativos (Schiffner y Oppel, 1978; Erichsen, 1983). Los cultivos iniciadores o “starters” que suelen emplearse para asegurar una correcta fermentación, son una mezcla de *Lactobacillus* sp., *Micrococcus* sp. o *Pediococcus* sp. (ICMSF, 1985; Rust, 1994). Tienen la ventaja sobre la flora autóctona de realizar una fermentación más rápida y completa.

#### **II.4.8- Secado**

En la etapa de secado existe una migración de agua desde el interior del embutido hacia la superficie, desde donde se evapora. El proceso debe controlarse estrictamente a fin de evitar la formación de huecos o grietas, una costra superficial o el desprendimiento de la tripa. Esto se consigue igualando las velocidades de migración de agua con la de evaporación, lo que permite una pérdida de humedad gradual y uniforme (Rödel y Stiebing, 1989; Bacus, 1994).

La humedad relativa (HR), así como la velocidad de circulación dentro de la cámara, condicionan el proceso de secado del embutido: lento para una HR elevada y baja velocidad de circulación del aire, y rápido para condiciones inversas. Es recomendable mantener una diferencia de 4 puntos entre la  $a_w$  del embutido y la HR de la cámara (Rödel y Stiebing, 1989). La circulación del aire debe ser uniforme en toda la cámara para lograr un secado homogéneo de las capas externas y evitar diferencias en la eliminación de agua entre uno y otro embutido (Rödel y Stiebing, 1989; Rust, 1994).

La temperatura de la cámara de secado debe estar en un rango de 12-16 °C, cuidando de no superar el límite máximo para que la grasa no se degrade, impidiendo, además, fermentaciones indeseables. Por debajo del límite inferior, el secado se torna demasiado lento (Rosmini y Schneider, 2000).

Durante toda esta etapa los hongos colonizan la superficie del embutido, a medida que disminuye el  $a_w$ , asentándose en la tripa (Rust, 1994). Son principalmente especies del género *Penicillium* que producen un efecto antioxidante, favorecen la formación del aroma y sabor característicos (degradan las grasas y proteínas) e impiden la formación del encostrado (Lücke, 1987).

#### **II.4.9- Envasado**

Si bien los embutidos crudo-curados son productos que pueden ser conservados sin recubrimiento, el envasado permite controlar mejor la higiene, aumentar la vida útil del producto y protegerlo de los daños que pueda sufrir durante el almacenamiento, el transporte, la distribución y la comercialización (Rosmini y Schneider, 2000).

El envase brinda protección química y física. Química pues impide el paso de oxígeno, vapor de agua y otros gases, en forma parcial o total, dependiendo de las características del material del envase. Física, porque lo protege de la luz, el polvo, la suciedad y los daños mecánicos y biológicos (evita el ingreso de microorganismos e insectos) (ICMSF, 1983).

#### **II.4.10- Almacenamiento**

Los productos crudo-curados son alimentos de humedad intermedia, que pueden ser conservados durante períodos prolongados de tiempo (hasta 2 años), debido a que en su

fabricación intervinieron una combinación de factores: incorporación de sal en la formulación, la acidificación gradual del producto provocada por la flora presente (principalmente por los *Lactobacillus*), disminución de la  $a_w$  debido a la deshidratación del producto durante la etapa de secado e incorporación de nitrito en la formulación, o producción de éste a partir del nitrato incorporado por los *Micrococcus* presentes (Schiffner y Oppel, 1978; Leistner, 1986; Jay, 1994; Campbell-Platt, 1995).

Las salas de almacenamiento para productos sin envasar deben tener una baja temperatura ambiente, menor a 8 °C, humedad relativa alrededor de 80 % y ausencia de ventilación para evitar que continúe la desecación (Fernández-López, 1998).

## **II.5- El color**

### **II.5.1- Definición**

Los diccionarios de la Real Academia Española de Lengua definen el color como la impresión que producen los rayos de luz reflejados por un cuerpo al incidir sobre la retina del ojo. En tal sentido, el color es un atributo de la visión.

Los ojos, al detectar las radiaciones electromagnéticas en un ámbito poco extenso, hacen posible la identificación subjetiva de cada uno de los colores que se perciben en la vida real.

El color es también una característica de la luz la cual puede definirse como la forma de la energía radiante que es capaz de estimular la retina del ojo humano, provocando un proceso consciente que da lugar a las sensaciones visuales. Esta definición es subjetiva pues la hace depender del observador.

Por otra parte la luz blanca, compuesta por todas las radiaciones del espectro visible, es la que permite ver los colores de los objetos. Éstos al absorber algunas radiaciones y

reflejar, transmitir y/o difundir las otras, asumen su característica de color con las que se les reconoce. Es evidente entonces que los colores dependen de los objetos y al mismo tiempo de la luz que los ilumina. Desde el punto de vista físico definimos al color como el atributo de la luz que hace corresponder a cada distribución espectral una sensación. Por lo tanto si la composición de la radiación espectral es una característica física y el color, que depende del observador, es una característica psicológica, el fenómeno en su conjunto es una concepción psicofísica (Lozano, 1978).

Thomas Young (1773-1829) fue el primero en predecir la teoría tricromática del color a través del conocimiento de la existencia en la retina de tres detectores diferentes cuya conjunción produce el estímulo del color. La misma tiene su fundamento en el órgano de la visión, el ojo (Streitwieser y Heatcock, 1981). Se basa en suponer la existencia de un sistema trirreceptor en el órgano de la visión, es decir, que sin importar la composición espectral de la radiación que llega a la retina, la respuesta será evaluada según tres parámetros. Luego, cuando un observador ve un determinado color, puede discriminar su claridad (atributo del color que hace corresponder a cada uno de ellos una equivalencia con una escala de grises), su tono (atributo que adjudica al color una cualidad que se define como rojo, verde, azul, o cualquier combinación de ellos) y su saturación (atributo que fijado el tono, describe al color por su similitud con un color espectral puro, cuanto más parecido a éste, resulta más saturado). El resultado implica una integración de los tres parámetros no pudiendo el observador discernir qué tipo de radiación produce la sensación de color (Lozano, 1978).

Actualmente es posible definir al color como una sensación subjetiva, resultado de una compleja serie de respuestas fisiológicas y psicológicas a la radiación

electromagnética de longitudes de onda comprendidas en el intervalo de 400-700 nm (Pérez-Álvarez, 1996).

La Comisión Internacional de la Iluminación (Commission International de l'Eclairage -CIE) ha definido el sistema de medición e interpretación del color más importante y utilizado en la actualidad y que tiene estrecha correlación con la percepción visual del ojo humano, el cual se basa en la utilización de observadores y fuentes de iluminación estándares (Giese, 1995). El sistema obtiene los valores triestímulo CIE sobre la base del espectro visible, definiendo tres colores primarios: rojo (X), verde (Y) y azul (Z). A partir de ellos se calculan matemáticamente las coordenadas de color  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (rojo-verde),  $b^*$  (amarillo-azul) y las magnitudes psicofísicas  $H^*$  (tono) y  $C^*$  (croma) para el espacio de color CIELAB (Schmidhofer, 1994; Giese, 1995).

#### **II.5.2- El color de la carne**

La carne y sus productos derivados constituyen el mejor ejemplo sobre la influencia que ejerce el color de los mismos sobre los consumidores (Fernández-López *et al.*, 1998; Hutching, 1994) Está demostrado que si el color es satisfactorio, un panel de degustación califica mucho mejor el producto (Durand, 1984). Esto significa que los compradores rechazan la carne que ha perdido su color rojo brillante, repercutiendo en la industria con grandes pérdidas económicas (Martín, 1998).

El color de la carne es principalmente el resultado de la concentración de los pigmentos presentes y su estado químico, otras características físicas como el depósito de grasa y diversas propiedades de superficie.

La Mb es la fuente principal de pigmento, aunque no en forma absoluta, del color de la carne. El contenido de la misma puede variar considerablemente dependiendo de la especie animal (bovinos 0,3-1%, porcinos 0,04-0,06 %, ovinos 0,2-0,6 %), la raza, el sexo (el toro tiene mayor proporción que la vaca), la edad (aumenta con la misma), el tipo de músculo, el ejercicio (los animales de pastoreo tienen un contenido mayor que los estabulados) y tipo de alimentación que recibe el animal, así un bajo contenido de hierro en la dieta produce bajo nivel de mioglobina en el músculo (Eder, 1996).

De las proteínas musculares, la Mb pertenece al grupo de las sarcoplasmáticas, es decir, las que se hallan en el sarcoplasma o fluido que, junto con otras proteínas y sustancias orgánicas e inorgánicas, rodean a las miofibrillas. Su función es almacenar el oxígeno en el músculo con lo cual su afinidad por el mismo es mayor que en el caso de la hemoglobina de la sangre. Esta es la razón de las diferentes concentraciones existentes de mioglobina para distintos músculos (Guerrero, 1998). Ejemplos de ello lo constituyen la constante operatividad de los músculos del diafragma que poseen más mioglobina que el músculo *longissimus dorsi* usado menos intensamente (Eder, 1996). En animales vivos la mioglobina representa el 10 % del total del hierro presente en el músculo mientras que tras el sacrificio del animal y su sangrado, con lo cual se elimina la mayor parte de la hemoglobina, el 95% del hierro presente se halla asociado a la mioglobina (Guerrero, 1998).

Es una proteína conjugada cuyo grupo prostético es el hemo, al cual debe su intenso color pues la parte proteica, la globina, no contribuye en absoluto al mismo (Pinel, 1982). Estructuralmente se la define como una proteína globular, de estructura muy compacta y plegada específicamente de forma casi triangular, unida a un grupo hemo (Whitaker, 1972; Bohinski, 1978) (Figura 4).

Su estructura primaria la compone una única cadena polipeptídica constituida por 153 restos de aminoácidos y cuyo peso molecular es de 16900 *daltons* (Lehninger, 1994). Esta cadena presenta 8 segmentos relativamente rectos (aproximadamente el 70 % de los aminoácidos se hallan en estos segmentos) separados por curvaturas ocasionadas en la cadena por la incorporación de aminoácidos tales como prolina (ruptor de estructura  $\alpha$ -hélice), serina e isoleucina.

Cada segmento posee estructura secundaria de  $\alpha$ -hélice en sentido dextrógiro, constando el más largo de 23 aminoácidos y el más corto de 7.

Su marcada estabilidad es producto del elevado contenido helicoidal así como de la ausencia de enlaces disulfuro (Whitaker, 1972; Suttie, 1979).

En la estructura terciaria predominan las interacciones de tipo no covalente como fuerzas de Van der Waals, puentes de hidrógeno, atracciones electrostáticas entre cadenas laterales y las interacciones hidrofóbicas entre cadenas apolares (Stryer, 1988). Estas últimas son las más importantes, se localizan hacia el interior de la molécula y son las responsables de la estabilización de la matriz interna. La evidencia de tal compacidad reside en el hecho de que esta proteína únicamente da cabida en su interior a cuatro moléculas de agua, que se presume son atrapadas durante el plegamiento de la cadena (Laguna y Piña, 1981). Obviamente la superficie de la molécula tiene carácter hidrófilo encontrándose todos los aminoácidos polares hidratados (Morris, 1980).

El grupo hemo es un derivado del núcleo porfina, anillo planar voluminoso formado por cuatro grupos pirrol unidos entre sí por puentes metilénicos (=C-). Los pirroles se enumeran de I a IV y los puentes metilénicos se designan con letras griegas, de  $\alpha$  a  $\delta$ .

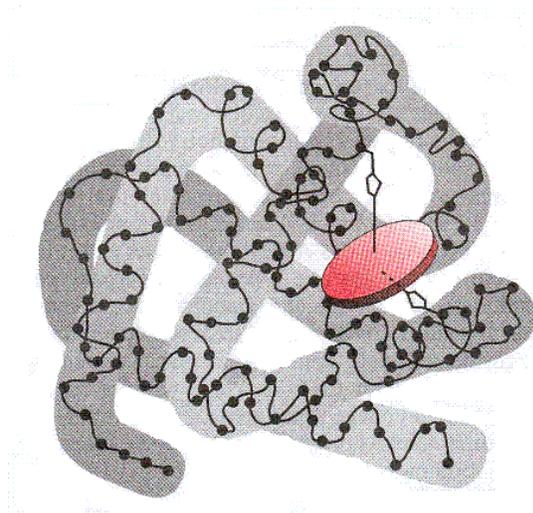


Figura 4.- Representación esquemática de una molécula de mioglobina.

Los números 1 a 8 indican posiciones de átomos de hidrógeno unidos a carbonos de los grupos pirrol (figura 2). Esta estructura planar donde todos los átomos se encuentran en un mismo plano, presenta resonancia. Cuando los hidrógenos de las posiciones 1 a 8 se sustituyen por radicales carbonados, la porfina se convierte en porfirina. Según el tipo de sustituyente las porfirinas reciben distintos nombres.

La protoporfirina III es la que forma el hemo donde los sustituyentes son radicales metilo ( $-\text{CH}_3$ ) en las posiciones 1, 3, 5 y 8, vinilo ( $-\text{CH}=\text{CH}_2$ ) en 2 y 4 y propionilo ( $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ) en 6 y 7. En el centro de la misma se halla “engarzado” un átomo de hierro en estado ferroso (II) el cual puede formar seis enlaces coordinados, aceptando pares de electrones no compartidos de otros ligandos. Cuatro de dichos enlaces se establecen con la molécula plana de protoporfirina, específicamente con los nitrógenos (N) de los pirroles, mientras los otros 2 quedan perpendiculares al complejo planar. Es el quinto enlace el que liga el hemo a la globina a través del N del núcleo imidazol de un aminoácido histidina, mientras que el sexto permanece abierto actuando como punto

de unión a la molécula de oxígeno ( $O_2$ ), lo que se observa en la figura 6 (Blanco, 1990; López de Torre y Carballo-García, 1991).

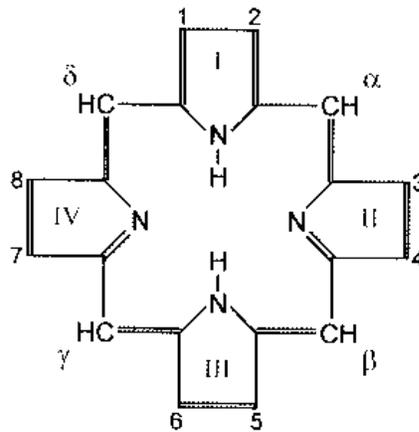


Figura 5.- Núcleo porfirina. Los núcleos pirrol son indicados con números romanos, los puentes metilo con letras griegas y con los números 1 a 8 las posiciones que pueden ser sustituidas por diferentes cadenas carbonadas.

Finalmente el grupo hemo también se sujeta a la porción proteica de la mioglobina por medio de puentes hidrógeno que se establecen entre las cadenas de ácido propiónico de la protoporfirina III con otras cadenas laterales de la “bolsa” (las cadenas de naturaleza hidrofóbica que constituyen la globina generan en el interior de la molécula una bolsa en la cual se encuentra el grupo hemo) (Stauton-West *et al.*, 1969; Streitweiser y Heathcock, 1981). Sólo cuando el hierro (Fe) se halla en estado ferroso (II) la Mb puede experimentar oxigenación y cumplir así su función. Si el hierro se oxida a férrico (III) el grupo hemo se convierte en hematina y la Mb en MetMb, incapaz de almacenar oxígeno (Blanco, 2000).

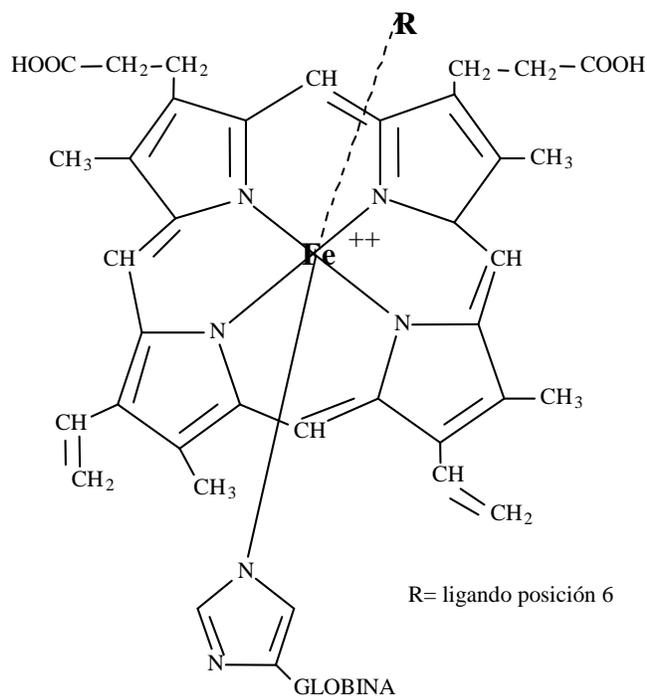


Figura 6.- Estructura simplificada del grupo hemo en la Mb (Pérez-Álvarez *et al.*, 1999)

La Hb es otro de los pigmentos que imparten color a la carne y su contribución al mismo depende del grado de sangrado del animal. Con un sangrado óptimo se obtienen piezas de vacuno y cerdo con menos de 6 y 8 % de contenido en Hb respectivamente (Eder, 1996). Contiene un grupo hemo idéntico al de la Mb y capaz, como ella, de experimentar oxigenación y desoxigenación reversible. Se halla en realidad emparentada funcional y estructuralmente con ésta aunque su masa molecular es 4 veces superior pues posee cuatro cadenas polipeptídicas, cada una con un grupo hemo (Fernández-López, 1998).

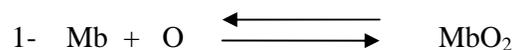
Otros compuestos que conceden color a la carne son algunos sistemas enzimáticos cuyas coenzimas o grupos prostéticos tienen propiedades cromóforas, tales como los citocromos (rojos), catalasas, vitamina B<sub>12</sub>, peroxidasas (Giffie *et al.*, 1960; Pearson y Tauber, 1984) y flavinas (amarillos) (Baduí, 1981).

### II.5.3- Propiedades químicas de la mioglobina

Las propiedades químicas derivan de la capacidad de la Mb para formar complejos iónicos o covalentes con otros iones o moléculas. Estos ligandos se unen a través del sexto enlace de coordinación disponible en la Mb dependiendo esto, del estado de oxidación del hierro (Fe) del grupo hemo (Fox, 1966; Cheftel *et al.* 1989).

Cuando el Fe se oxida (III) el grupo hemo adquiere una carga positiva (Kanner, 1994) y típicamente enlaza ligandos cargados negativamente como fluoruro (F<sup>-</sup>), nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) y cianuro (CN<sup>-</sup>) (Fox y Ackerman, 1968). Estos ligandos varían en su capacidad de donar pares de electrones, así mientras el nitrito es un dador débil, los fluoruros y cianuros son dadores fuertes, formando complejos más estables con el grupo hemo (Fox, 1994).

Aún cuando la carne no haya sido sometida a ningún tratamiento, la mioglobina sufre diversas transformaciones (figura 7) que afectarán desde luego el color de la carne de acuerdo a las siguientes reacciones:



De manera que cuando el Fe se oxida (III) se forma la MetMb, no pudiendo ligarse más el O<sub>2</sub> a la molécula. La producción de este pigmento color marrón es acelerada por bajas presiones parciales de oxígeno (O<sub>2</sub>), aunque ciertas enzimas reductoras presentes en la carne son capaces de retransformar la MetMb nuevamente en Mb. De esto se puede deducir que, debido al metabolismo residual del tejido y el desarrollo creciente de microorganismos, que reducen la tensión de oxígeno presente, el color rojo brillante típico de la MbO se va perdiendo por formación de la MetMb marrón (Cheftel *et al.*, 1989).

La oxigenación de la Mb (complejo no covalente de oxígeno y mioglobina) ya dijimos que da lugar a la OMb de color rojo brillante (Lanari y Cassens, 1991), pero también puede formar complejos con otros ligandos. Con monóxido de carbono (CO) forma carboximioglobina (COMb) y con óxido nítrico (NO) nitrosimioglobina o nitrosomioglobina (NOMb) (el óxido nítrico es un fácil dador de electrones y formaría fuertes enlaces covalentes coordinados). Los agentes reductores como el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) y los ascorbatos forman los pigmentos llamados sulfomioglobina de color verde (SMb) y colemioglobina (ColeMb) respectivamente, también verde. Estos últimos se producen en la carne como resultado de una intensa actividad bacteriana y exceso de agente reductores (Fox, 1994).

El color de la carne fresca, depende en gran medida, de la relación existente entre las concentraciones de OMb, Mb y MetMb (Johansson *et al.*, 1991). Más aún, se considera que la carne deja de estar “fresca” cuando la concentración de MetMb alcanza el 20 % del total de la Mb (Beriaín *et al.*, 1995).

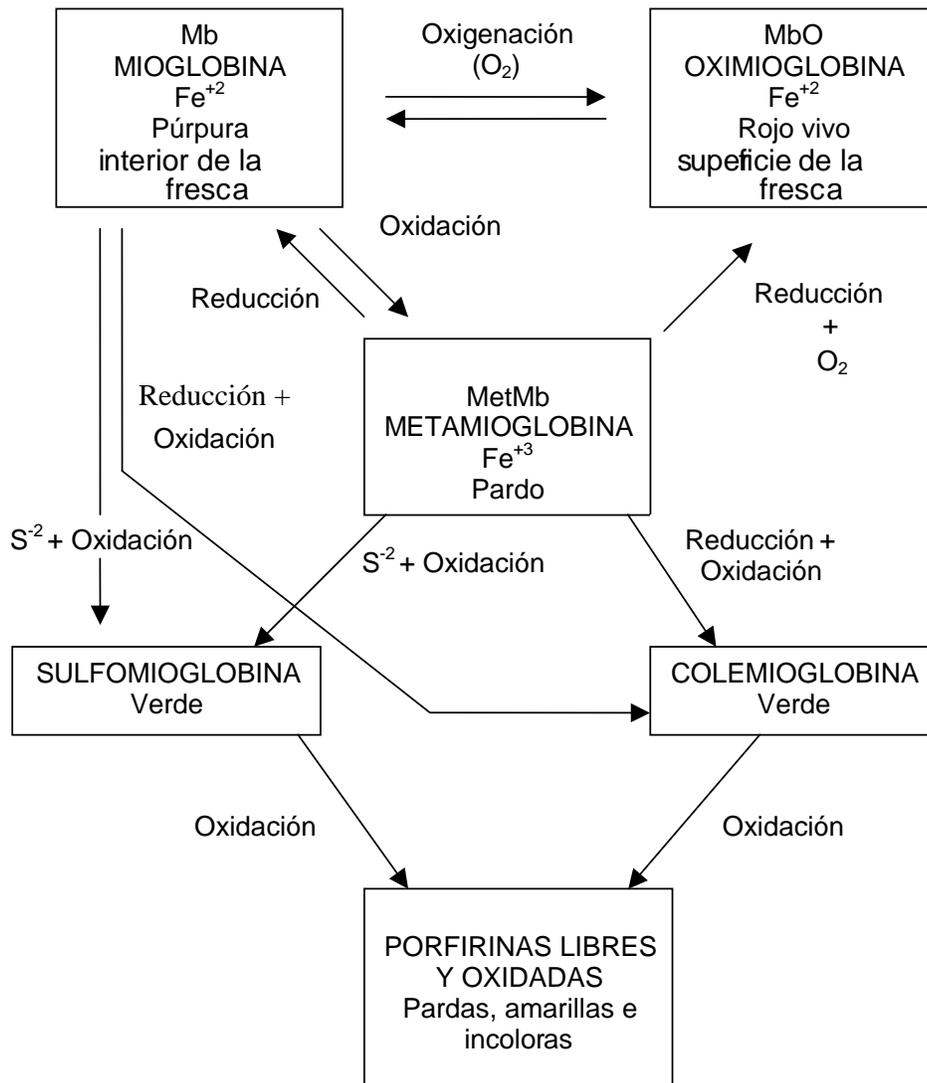


Figura 7.- Modificaciones de la mioglobina en la carne no sometida a tratamiento (Cheftel *et al.*, 1989).

Si bien la intensidad del color depende de la concentración de Mb presente en el músculo, su tono, en cambio, dependerá del estado químico en que se halle: la Omb proporciona mayor contribución de tonos rojos y amarillos que la Mb (Johansson *et al.*, 1991; Kropf, 1993).

#### II.5.4- Propiedades físicas de la mioglobina

El grupo hemo de la Mb presenta resonancia, de manera que, según el ligando con el que esté interactuando, será la absorción de luz que presente y su consecuencia inmediata, el color que tenga.

Tabla 11.- Ligandos más frecuentes unidos al sexto enlace de coordinación de la Mb (Fernández López, 1998).

<b>Pigmento</b>	<b>Ligando (posición sexta)</b>
mioglobina	vacía
oximioglobina	oxígeno
metamioglobina	agua
nitrosomioglobina	óxido nitroso
carboximioglobina	monóxido de carbono

Es decir, que el color dependerá directamente del ligando que ocupe el sexto enlace de coordinación del Fe en el grupo hemo, porque para cada uno, la resonancia será diferente. Varios trabajos de distintos autores (Fox, 1966, 1994; Fox y Ackerman, 1968; Wong, 1995) coinciden en señalar que los principales ligandos que producen tal efecto son los que se muestran en la tabla 11.

Además del tipo de ligando que ocupa la posición sexta, existen otros factores que contribuyen al color, como el estado de oxidación del Fe (ferroso o férrico), el tipo de enlace formado entre el grupo hemo y el ligando (covalente coordinado, iónico, etc), el

Tabla 12.- Mioglobina: distintas formas y estados de la globina, átomo de hierro (Fe) y color resultante (Roncalés, 1988; Fox, 1994).

	Pigmento	color	estado de oxidación Fe	estado globina	formación
Carne cruda o cocida	Mioglobina	rojo púrpura	Ll	nativa	no reducida
	Oximoglobina	rojo brillante	Ll	nativa	Oxigenación
	metamioglobina	pardo	Lll	nativa	Oxidación
	globinamiohemo- cromógeno	rojo/rosa	Ll	desnaturalizada	desección calor
	globinamiohemi- cromógeno	pardo grisáceo	Lll	desnaturalizada	oxidación
Carne cruda	nitrosomioglobina	rojo	Ll	nativa	nitrosación
	nitrosometa- mioglobina	rojo luminoso	Lll	nativa	oxidación
	nitrosomiohemo- cromógeno	rosa	Ll	desnaturalizada	calor
	nitrosomiohemi- cromógeno	rosa pardo / rosa grisáceo	Lll	oxidación	oxidación
Otras reacciones	carboximioglobina	rojo cereza	Ll	nativa	carboxización
	globina-monóxido de carbono- hemocrómo	rosa	Ll	desnaturalizada	calor
	nicotinamida hemocromo	rosa	Ll	-	calor
	Nitrosil- hemocromo	rosa	Ll	-	calor
	globina-hemo- cromo	rosa	Ll	desnaturalizada	calor
	colemioglobina	verde	Lll	disociada del hemo	oxidación
	sulfomioglobina	verde	Lll	disociada del hemo	oxidación

estado de la proteína (nativa o desnaturalizada), la integridad de la globina (intacta, sustituida, degradada).

La siguiente tabla hace referencia a las distintas formas y estados de la globina, átomo de Fe y color resultante de ello.

Cada uno de los pigmentos anteriores tiene diferente espectro de absorción y reflexión (Cunha Da Silva *et al.*, 1994; Kanner, 1994) por lo que pueden ser cuantificados espectroscópicamente. Por ejemplo, para la Mb su pico máximo de absorción se registra a 555 nm y para la MetMb a 505 nm (Hunt *et al.*, 1991).

#### **II.5.5- Factores que afectan el color de la carne**

El color de la carne es el resultado de las distintas etapas que atraviesa la misma durante su procesamiento. Entre las que más influyen se encuentran: la producción primaria, el sacrificio y la comercialización. La producción primaria involucra el contenido de mioglobina (factor intrínseco) que como ya mencionáramos depende de la edad del animal, especie, régimen nutricional, raza, sexo, etc. Durante el sacrificio el color se verá afectado por las condiciones a las cuales es expuesto el animal en los momentos previos a la matanza y posteriormente, en la forma en que se realice dicho proceso, teniendo en cuenta sobre todo, el grado de descenso de pH. Finalmente el almacenamiento, distribución y posterior exposición para la venta, también influirá en el color de la misma (Cassens *et al.*, 1995).

Tomando como ejemplo la superficie de una res vacuna, en términos generales su color está determinado por los pigmentos musculares, la estructura de las proteínas musculares, el contenido de grasa y las propiedades físicas de la carne como la absorción y dispersión de la luz. No obstante, se considera que el color de la carne

fresca depende en gran medida de la relación existente entre las concentraciones de los distintos estados de Mb (Johansson *et al.*, 1991).

Se destacan entonces causas principales o propias del músculo y causas secundarias o ajenas al mismo, que afectan el color de la carne.

Dentro de las causas principales debemos citar además de la relación dinámica que en determinado momento existe entre las concentraciones de Mb, OMb y MetMb, la tensión de oxígeno, la actividad de enzimas respiratorias (citocromos), el pH, la temperatura, la concentración de sales, etc., los cuales, a su vez, son factores condicionantes del predominio de alguno de los pigmentos mencionados (Sckiadaressis y Garriz, 1981).

Tras la matanza, el pH es elevado, por lo que las proteínas conservan la CRA. Esto determina una textura compacta del tejido que impide la difusión de oxígeno y absorbe luz, por lo que la res recién faenada presenta una coloración oscura; luego del sacrificio, comienzan a producirse los fenómenos físico-químicos que determinan la transformación del músculo en carne, entre otros factores, el pH en forma lenta comienza su disminución, lo que determina que las proteínas pierdan su capacidad de retención de agua, dando como resultado una estructura fibrilar más abierta y rugosa que permite que la luz se refracte. Este fenómeno asociado a una mayor disponibilidad de oxígeno y por lo tanto el predominio de OMb, favorece la aparición del color rojo brillante característico de la res madurada (Sckiadaressis y Garriz, 1981).

Es decir, la carne para un mismo color rojo tiene también tonos más claros u oscuros según sea la textura. Esto es más evidente para la carne de cerdo que para la de vacuno y significa que la diferencia de color que existe entre los distintos músculos para un mismo animal se debe no sólo a la concentración de mioglobina que poseen, sino

también, a la textura (Durand, 1984). Dicho de otra manera, estos fenómenos ópticos superficiales dependen del pH. Próximos al punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares, pH bajo (valores de 5,5) las uniones electrostáticas son numerosas, las fibras presentan una estructura más cerrada y la carne es más clara ya que los rayos luminosos penetran con dificultad reflejándose casi en su totalidad. Por el contrario, a pH elevados, las uniones electrostáticas son menores, las miofibrillas están más separadas permitiendo una fácil penetración de los rayos luminosos y por lo tanto un color más oscuro (Durand, 1984).

Las hormonas también ejercen una acción sobre el color, especialmente las sexuales, porque determinan una mayor o menor deposición de grasa y un mayor o menor volumen de músculo, especialmente a nivel superficial de la res, haciendo más aparente la coloración del músculo subyacente, efecto que resulta notablemente visible entre animales castrados, novillos y no castrados o enteros, toros (Sckiadaressis y Garriz, 1981).

Esta demostrado que un mal manejo del animal previo a la matanza, durante la carga, el transporte o la descarga (utilización de picanas eléctricas, golpes, viajes prolongados, falta de descanso, temperaturas ambientales elevadas) puede provocar estrés en los mismos y éste factor, afecta de manera importante el pH final de la carne y, por consiguiente, su color (McDougall, 1982; Miller, 1994).

Dentro de las causas secundarias se incluyen fallas en las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF), referidas especialmente a falta de mantenimiento de las instalaciones, equipos, utensilios, malas prácticas higiénicas, entre otras, que pueden determinar la contaminación de la carne y afectar su color.

La proliferación superficial de bacterias alterantes o contaminantes, levaduras y hongos filamentosos afectan el estado de la Mb. Las principales alteraciones producidas por esta actividad microbiológica son, por ejemplo, la oxidación de la Mb a MetMb (marrón), producción de ácido sulfhídrico con posterior formación de sulfomioglobina (verdoso), producción de peróxido de hidrógeno que degrada totalmente la Mb a otros pigmentos incoloros o amarillos.

El desarrollo microbiano, en todos los casos, acelera la oxidación de la Mb produciendo el característico color marrón oscuro. A dicha acción se suma la elaboración de exopigmentos por parte de ciertos microorganismos (rosa, negro, blanco, verde, etc.), los que detectados en sus colonias sirven para caracterizarlos (Hunt *et al.*, 1975; Livingston y Brown, 1981; MacDougall, 1982; Renner, 1990; Trout, 1991; Miller, 1994; Sckiadaressis y Garriz, 1981).

## **II.6-Determinación del color**

### **II.6.1-Métodos para medir el color**

Las mediciones de color se pueden realizar mediante dos métodos básicos: uno basado en la apreciación visual humana (método subjetivo) y otro empleando el análisis instrumental (método objetivo).

Aunque el ojo humano esta capacitado para apreciar pequeñas diferencias de color, no es reproducible y la nomenclatura utilizada es confusa (Heredia *et al*, 1986). Estas limitaciones de los métodos visuales son las que justifican la utilización de las técnicas instrumentales, siendo los dos principales la colorimetría triestímulo de filtros y la espectrofotometria.

Los colorímetros, si bien resultan equipos sencillos y económicos para el estudio del color son los más limitados debido a que poseen condiciones fijas de medición y resulta difícil encontrar filtros que reproduzcan con bastante fidelidad las curvas del observador estándar (Perez-Alvarez, 1996).

Los espectrofotómetros miden la reflectancia o transmitancia de cada longitud de onda y generan una curva espectral propia del producto en estudio (Mabón, 1993), la cual relacionan con la de una referencia estándar (blanco para la luz reflejada o aire para la luz transmitida) (Perez-Alvarez, 1996).

A partir de los datos que aporta el espectrofotómetro se pueden calcular las escalas de color o los índices, basados en los diferentes iluminantes y observadores estándar (Mabón, 1993).

La determinación objetiva del color a través de la espectrofotometría de reflectancia es uno de los métodos más utilizados debido a su estrecha correlación con la percepción visual del ojo humano. A diferencia de la espectrofotometría de absorción, la reflectancia se mide sobre la superficie del objeto, no siendo necesaria su destrucción y permitiendo evaluar los cambios de color a lo largo del tiempo sobre una misma muestra. Es una técnica rápida y fácil de realizar (Hunt y Kropf, 1985; Hunt *et al.*, 1991).

La técnica de espectrofotometría de reflectancia está especialmente recomendada para el seguimiento de los cambios de color del músculo o para la estimación de las formas de la mioglobina (Hunt y Kropf, 1985; Hunt *et al.*, 1991).

La principal ventaja de los métodos espectrofotométricos es que, si se utilizan los mismos dispositivos de reflectancia, los resultados obtenidos en un equipo son comparables con los de otro (Strange *et al.*, 1974).

Es posible identificar cada color además de por su espectro de reflexión, por algunas cifras (coordenadas) de forma independiente. Utilizando esas coordenadas se puede construir unos espacios o superficies (sólidos de color), donde cada uno de los diferentes colores existentes, queda representado por un punto (Anónimo, 1991). En estos sólidos de color se representan de forma regular los factores psicológicos que modifican nuestra percepción del color, tales como el tono (rojo, naranja, amarillo, etc.), la saturación o croma (muy rojo o menos rojo, según la proporción de gris presente en el color), y la claridad (situada entre el blanco y el negro).

Con el transcurso del tiempo se han desarrollado varios sistemas de medida del color. Estos sistemas han evolucionado notablemente desde el sistema de Ostwald, ha finales del siglo pasado, pasando por los sistemas Munsell, DIN y Hunter, hasta la obtención del sistema CIELAB.

#### **II.6.1.1- El sistema CIE**

La Comisión Internacional de la Iluminación (Commission Internationale l'Eclairage –CIE) desarrolló los sistemas más influyentes para la determinación del color, los cuales se basan en la utilización de fuentes de iluminación y observadores estándar (Giese, 1995).

El espacio físico de colores, definido en 1931 por la CIE se basa en la teoría de percepción tricromática del color. Se sabe que, para el ojo, es posible reconstituir todos los estímulos coloreados mezclando cantidades apropiadas de los tres estímulos fundamentales: rojo (X), verde (Y) y azul (Z), que son los colores primarios (Hunt *et al.*, 1991).

La CIE recomendó en 1976 el espacio de color CIELAB adoptado también como norma norma UNE (UNE 72-032, 1984).

La ventaja de su uso a diferencia de otros espacios de color, radica en que es muy similar a la uniformidad humana donde las distancias equitativas en el sistema representan aproximadamente las distancias equitativas visuales (Warris, 1995).

En la figura 8 (Anónimo, 1992; Troplin *et al.*, 1995) se representa el sólido de color espacio CIELAB. Para su obtención hay que definir unas magnitudes que derivan matemáticamente de los valores triestímulos y pueden considerarse como respuestas de los observadores colorimétricos UNE3 (UNE 72-014, 1982 a) y UNE4 (UNE 72-015, 1982 b) a un estímulo luminoso. Tratando de imitar a los observadores reales estas respuestas dependen del tipo de estímulo y del blanco de referencia.

El espacio de color CIELAB es un sistema tridimensional esférico definido por tres coordenadas colorimétricas  $L^*$   $a^*$   $b^*$  (Cheftel *et al.*, 1989; Warris, 1995). Son magnitudes adimensionales calculadas matemáticamente a partir de los valores triestímulos.

La coordenada  $L^*$  recibe el nombre de claridad o luminosidad y puede tomar valores entre 0 y 100. Las coordenadas colorimétricas ( $a^*$   $b^*$ ) forman un plano perpendicular a la claridad. La coordenada  $a^*$  define la desviación del punto acromático correspondiente a la claridad hacia el rojo si  $a^*$  es positiva y hacia el verde si  $a^*$  es negativa. Análogamente la coordenada  $b^*$  define la desviación hacia el amarillo, si  $b^*$  es positiva y hacia el azul si  $b^*$  es negativa (Gilabert, 1992). La figura 8 (Anónimo, 1992) muestra las coordenadas colorimétricas  $a^*$   $b^*$  del espacio CIELAB.

El conjunto  $a^*$ ,  $b^*$  recibe el nombre de cromacidad y junto con la claridad definen el color de un estímulo (en coordenadas cartesianas); esto se corresponde con el término cromaticidad ( $xy$ ) y como él no indica explícitamente el tono y la saturación.

Este inconveniente puede resolverse definiendo dos magnitudes colorimétricas nuevas a través de las fórmulas siguientes:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$H^* = \arctg(b^*/a^*).$$

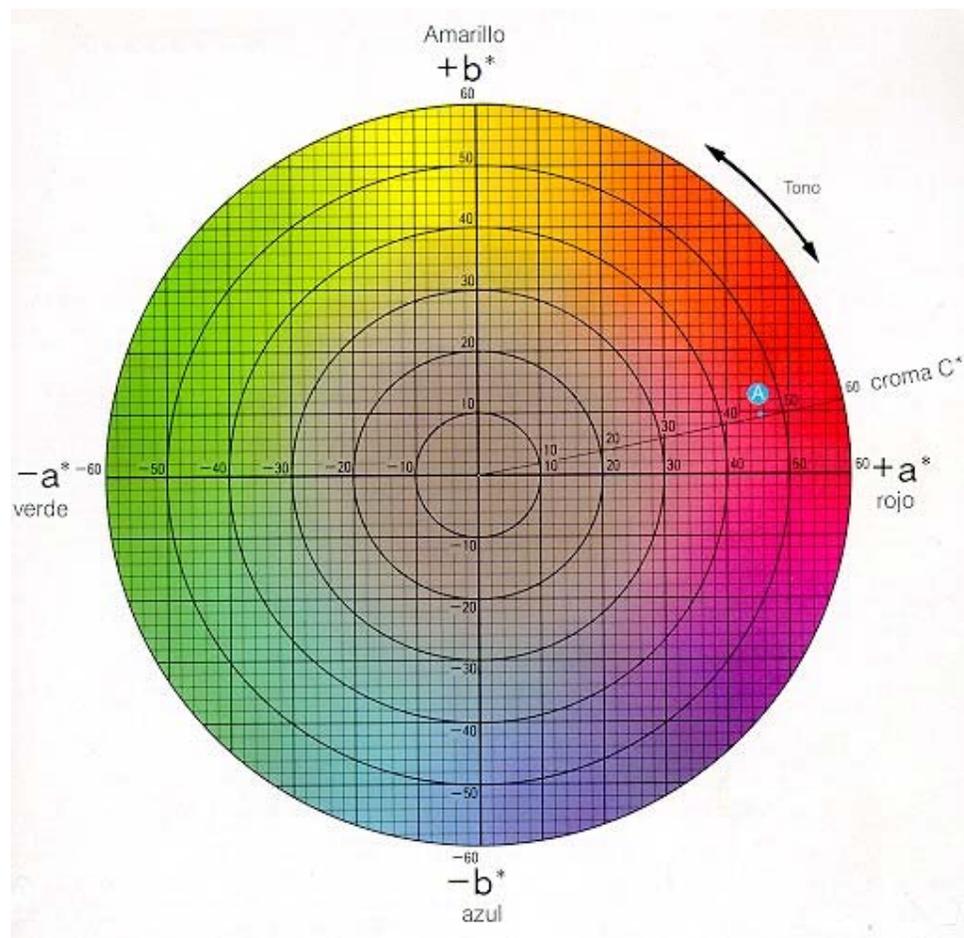


Figura 8.- Diagrama de cromacidad del Sistema CIEL  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (rojo-verde),  $b^*$  (amarillo-azul), y las magnitudes psicofísicas cromacía ( $C^*$ ) y tono ( $H^*$ ) (Anónimo, 1992).

El croma  $C^*$  toma el valor 0 para estímulos acromáticos y normalmente no pasa de 150, aunque puede superar valores de 1000 para estímulos monocromáticos. El tono,  $H^*$  varía entre 0 y  $360^\circ$  y para los estímulos acromáticos ( $a^* = b^* = 0$ ) es una magnitud indefinida. Ambos términos ( $C^*$ ,  $H^*$ ) también definen la cromacidad del color de un estímulo y junto con la claridad determina las coordenadas cilíndricas del espacio CIELAB (UNE 72-036, 1982 b).

La especificación numérica del color psicofísico en este sistema viene dada por tres magnitudes, claridad ( $L^*$ ), croma ( $C^*$ ) y tono ( $H^*$ ) en este orden (UNE 72-032, 1984 b).

Si bien la caracterización del color se logra mediante las coordenada  $L^*$  (eje de intensidad luminosa),  $a^*$  (eje rojo-verde) y  $b^*$  (eje amarillo-azul), el objetivo principal de la colorimetría es la determinación objetiva de las diferencias de color cuyo cálculo viene determinado por la siguiente fórmula matemática:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

La percepción de las diferencias de color depende de la magnitud de éstas, factor que se utiliza para su clasificación, tabla 13 (Schmidhofer, 1994).

En función de las diferencias que encontramos en los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  podemos obtener valiosa información de cómo se desarrollan los cambios de color.

Por ejemplo, cuando las diferencias de  $L^*$  son positivas, el color se vuelve más claro; pero cuando estas diferencias son negativas, el color se va haciendo más oscuro.

Tabla 13.- Diferencias de color del sistema CIELAB y grado de percepción (Schmidhofer, 1994).

<b>Diferencia de Color</b>	<b>Percepción</b>
hasta 0,2	imperceptible
0,2-0,5	muy pequeña
0,5-1,5	pequeña
1,5-3,0	evidente
3,0-6,0	muy evidente
6,0-12,0	grande
mayor a 12,0	muy grande

En cuanto al eje rojo-verde ( $a^*$ ) cuando la diferencia es positiva, el color es más rojo; mientras que si  $a^*$  es negativa, el color se vuelve más verde.

Para el eje amarillo-azul ( $b^*$ ) los valores positivos convierten al color en más amarillo y por el contrario, valores negativos, en más azul (Schmidhofer, 1994).

### III- MATERIALES Y MÉTODOS

#### III.1- Elaboración de las pastas

Para la elaboración de las pastas a estudiar se utilizaron cortes del cuarto delantero y trasero, deshuesados, refrigerados, provenientes de animales bovinos y porcinos con un oreo en cámara frigorífica de 24 horas a una temperatura entre 2-7 °C y procedentes de mataderos con habilitación higiénico-sanitaria otorgada por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA).

Los ingredientes no cárnicos utilizados fueron pimentón comercial dulce y aditivos de grado alimento, con excepción del ácido láctico y la sal que eran de grado análisis.

En cada trozo de magro entero se realizan nueve (9) determinaciones de color y pH. El magro entero se troceó manualmente a fin de obtener cubos de menor tamaño (aproximadamente 10 cm de lado) y facilitar el picado. Estas secciones fueron divididas en tres grupos de igual tamaño, de los cuales dos fueron introducidos en una picadora de tornillo (Morelli, Mod. 32, monofásica) provista con una placa con orificio de 10 mm de diámetro para el primer grupo, y con una de 20 mm para el segundo. El tercer grupo fue picado finamente mediante un homogenizador de cuchillas tipo Moulinex.

La carne obtenida para cada uno de los picados descriptos (fino, 10 y 20 mm) se dividió en 9 porciones de 60 g aproximadamente cada una. A cada una de éstas se les fue adicionando diferentes combinaciones de aditivos y pimentón, de acuerdo al siguiente esquema (% del peso):

**-cloruro de sodio (sal):** 0%; 1,5 % y 3,0 %

**-tripolifosfato de sodio:** 0 %; 0,15 % y 0,30 %

**-ácido láctico:** 0 %; 0,5 % y 1,0 %

**-pimentón:** 0%; 1,5 % y 3,0 %

Tanto los aditivos como la especia (pimentón) se mezclaron con aproximadamente 5 % de agua y se incorporaron a la carne picada. La mezcla del magro picado y la suspensión aditivos-especia-agua, se realizó en forma manual con el fin de lograr una distribución homogénea.

La muestra control se preparó para cada uno de los 3 tamaños de picado a estudiar con 60 g de carne, sin la incorporación de la suspensión aditivos-especia-agua.

Cada tratamiento así preparado fue colocado en recipientes cilíndricos de vidrio, de 10 cm de diámetro por 1,5 cm de altura, (tales dimensiones permiten considerar la muestra como un cilindro infinito a efectos de las determinaciones de color) y en un vaso de precipitado de 100 ml de capacidad para las determinaciones de pH.

Las pastas así obtenidas se dejaron reposar durante 8 h, en cámara frigorífica ( $3^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) y cubiertas, para evitar la pérdida de humedad, simulando las condiciones normales en la fabricación de embutidos crudo-curados durante la etapa de amasado-reposo.

### **III.2- Toma de muestras**

El muestreo se realizó de las siguientes etapas: magro entero de bovino y porcino, pasta sin aditivos ni especia y con aditivos y/o especia durante todo el proceso de reposo (8 h).

Las determinaciones se efectuaron inmediatamente después de incorporados los aditivos (tiempo 0) y a lo largo de las 8 h, con intervalos de dos horas entre una medida y otra.

El tiempo transcurrido entre las determinaciones de color en el magro entero de bovino y porcino, así como las efectuadas sobre el magro picado con y sin aditivos y especia, fue mínimo (5-6 min aproximadamente) y sólo el necesario para efectuar las

operaciones de picado y mezclado a fin de evitar alteraciones en el color de las muestras.

### **III.3- Determinaciones analíticas**

#### **III.3.1- Análisis químicos**

Para verificar las características químicas del magro de cerdo y bovino se realizó el control del contenido de humedad, proteínas, grasas y cenizas para cada uno. La conformación de la muestra sometida a análisis se realiza mediante un pool de los distintos trozos de magro que integraban cada partida.

**Contenido de humedad:** la determinación de humedad en carne se realizó siguiendo las instrucciones de la Norma ISO R 1442 (ISO, 1975). Los resultados se expresaron en % (kg de agua/100 kg de muestra húmeda). Se realizaron un total de 3 determinaciones sobre el magro.

**Proteínas:** la determinación de proteínas en carnes se realizó de acuerdo con el protocolo de la Norma ISO R 937 (ISO, 1978) y los resultados se expresaron en % de proteína total. Se realizaron un total de 3 determinaciones sobre el magro.

**Grasa:** la grasa fue determinada siguiendo las instrucciones de la Norma ISO R 1443 (ISO, 1973). Los resultados se expresaron en % de grasa total. Se realizaron un total de 3 determinaciones sobre el magro.

**Cenizas:** la determinación del contenido de cenizas en carnes se realizó de acuerdo con el protocolo de la Norma ISO R 936 (ISO, 1985) y los resultados se expresan en % de cenizas. Se realizaron un total de 3 determinaciones sobre el magro.

### III.3.2.- Análisis fisicoquímicos

**pH:** este parámetro fue determinado con un termo-phMetro Altronix, modelo TPX, y un electrodo de membrana puntiaguda. Se realizaron un total de 9 determinaciones sobre la superficie de cada unidad de muestra.

**Color:** las determinaciones de color de cada uno de los tratamientos realizados se determinó por medio de *espectrofotometría de reflectancia*. Se utilizó para ello un espectrofotómetro Minolta CM-508 (Minolta Camera Co., Osaka, Japan), usando el iluminante D65 y el observador 10° (Norma UNE 40-080, 1984a).

Entre las muestras y el equipo se interpusieron cristales de baja reflectancia CR-A5/1829-752 M, en concordancia con las recomendaciones para la evaluación del color de la *American Meat Science Association* (Hunt *et al.*, 1991).

Los parámetros de color obtenidos por cada caso fueron L\* (luminosidad), a\* (rojo-verde) y b\* (amarillo-azul) del espacio de color CIELAB (CIE, 1986). A partir de éstos se calcularon las magnitudes psicofísicas H\* (tono) y C\* (croma), el cociente a\*/ b\* (Francis y Clydesdale, 1975; Little, 1975; Lavelle *et al.*, 1995)

Para la determinación del *grado de nitrosación* y del grado de color curado se utilizaron los cocientes de reflectancia R560/R500 (IN) y R650/R570 (ID) (Giddey, 1966). El *estado de la mioglobina* se estimó con el cociente de reflectancia R630/R580 (ITP) (Hunt *et al.*, 1991) y el *grado de rojez* de las pastas con la diferencia R630-R580 (Hunt, 1980). Se realizan nueve determinaciones sobre la superficie de cada unidad de muestra.

Se realizaron un total de 9 determinaciones sobre la superficie de cada unidad de muestra.

### III.4- Diseño experimental

Teniendo en cuenta los resultados de experiencias preliminares (Rosmini *et al.*, 1998) se seleccionó un grupo de factores básicos, los cuales se estudiaron en forma conjunta para poder conocer las características de color de los magros provenientes de cada especie.

Los factores estudiados, así como los distintos niveles considerados para cada uno, fueron los siguientes:

A= pimentón (0; 1,5 y 3,0 %),

B= picado (fino; 10 mm y 20 mm),

C= ácido láctico (0; 0,5 y 1,0 %),

D= sal (0; 1,5 y 3,0 %),

E= tripolifosfato de sodio (0; 0,15 y 0,30 %),

De la combinación de todos los aditivos y especia a sus diferentes concentraciones se obtuvo un total de 81 tratamientos diferentes (factorial  $3^4$ ), los cuales incorporados a los tipos de picado (fino, 10 y 20 mm), produjo un total de 243 ( $3^5$ ) tratamientos diferentes. El conjunto compone, por tanto, un diseño factorial  $3^5$  con 243 tratamientos en total.

La realización se planteó dividiéndolo en 3 fracciones factoriales complementarias para poder tener un avance de resultados tras el ensayo de 1/3 de los tratamientos y del estudio completo a su término.

Por limitaciones de personal y tiempo, para llevar a cabo los análisis requeridos a cada muestra, se realizaron todos los tratamientos de forma homogénea, dividiéndolos en bloques, siguiendo los Diseños Fraccionados expuestos en McLean y Anderson (1984) y usando el efecto ABCDE como generatriz para la obtención de tres fracciones

factoriales y AB2C2E para la división de los bloques. Por tanto, se confunden también con los bloques los efectos AB2D2E y AC2E2.

Cada fracción de 81 tratamientos quedó dividida en 3 bloques de 27 tratamientos, los cuales fueron ensayados y analizados como muestras homogéneas e independientes.

### **III.5- Análisis estadístico**

#### **III.5.1- Análisis de los resultados de bovino y porcino individual**

Con este diseño experimental fue posible estimar, mediante Análisis de Varianza, todos los efectos simples, todas las interacciones dobles y todas las interacciones triples excepto la interacción pimentón-ácido láctico-polifosfato (ACE) que queda parcialmente confundida con el efecto de bloques. En estudios previos (Rosmini *et al.*, 1998) dicha interacción no fue significativa, resultando factible entonces considerarla nula para poder especificar el modelo. Cada muestra de cada tratamiento del modelo básico fue después analizada en diversos tiempos de amasado-reposo (0, 2, 4, 6 y 8 h), por lo que el modelo final incluye el factor tiempo, como factor en medidas repetidas, integrado dentro del modelo básico.

Se realizaron contrastes entre las medias correspondientes a los efectos significativos hallados en las diferentes variables estudiadas. Con estos contrastes fue posible determinar entre cuáles de las medias existieron diferencias significativas o la existencia de efectos lineales, cuadráticos, etc. Se utilizó el test de Tukey para los contrastes, cuando éstos fueron planteados a priori del análisis (Gómez y Gómez, 1976; Gacula y Singh, 1984). Por otra parte, se utilizó el término de error adecuado al efecto en estudio.

Se utilizó además el análisis de regresión para determinar el tipo de evolución de las distintas variables durante el tiempo de duración de la etapa de amasado-reposo.

Los resultados correspondientes al análisis de las variables de color de cada especie por separado no se exponen en esta tesis porque, además de formar parte de otros informes y publicaciones, queda fuera del objetivo planteado que consiste en analizar el efecto de la especie.

### **III.5.2- Comparación de los resultados porcino-bovino**

Trabajando a partir de los diseños anteriores, se consideró para su análisis, un modelo de Análisis de Varianza con los siguientes factores cruzados: Especie, Pimentón, Picado, Láctico, Sal y Fosfato y el efecto bloques jerarquizado al factor Especie. Se consideró nulo el error de restricción por la no aleatorización del efecto Especie.

El desarrollo y discusión de este análisis es similar a los descritos para cada especie individual pero considerando el factor adicional -Especie- y sus interacciones.

Todo el tratamiento de datos y los cálculos estadísticos se realizaron utilizando el sistema SAS/Base y SAS/STAT versión 6 para VAX/VMS, con licencia para el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C.) del Ministerio de Ciencia y Tecnología de España, y mediante la colaboración del Ing. Fernando López Santoveña, Analista de Sistemas del Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (C.S.I.C.).

## IV-V- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### IV-V.1- Caracterización de los magros de cerdo y bovino.

#### IV-V.1.1- Caracterización química.

En la tabla 14 se presentan los valores medios (X) y las desviaciones estándar (std) obtenidos al realizar el análisis químico de los magros de cerdo y vacuno utilizados en la realización del presente trabajo. Los valores encontrados coinciden con lo informado por otros autores sobre dichas especies. El valor de humedad está próximo a lo informado por Chan *et al.* (1995), el de proteína y grasa es similar a lo indicado por Fischer (1994) y el porcentaje de ceniza es similar al reportado por López de Torre y Carballo-García (1991).

Tabla 14: Composición química (%) del magro de cerdo y bovino

	Magro de cerdo		Magro de bovino	
	X	std	X	std
Humedad	73,09	0,33	77,88	0,14
Grasa	5,50	0,04	1,24	0,08
Proteínas	19,10	0,02	20,40	0,26
Cenizas	2,31	0,04	2,5	0,19

#### IV-V.1.2- Caracterización físico-química.

En la tabla 15 se presentan los valores promedios (X) y las desviaciones estándar (std) obtenidos al realizar el análisis de los parámetros físico-químicos de los magros de cerdo y bovino utilizados en este estudio.

Tabla 15: Características físico-químicas del magro de cerdo y vacuno

	Magro de cerdo		Magro de bovino	
	X	std	X	std
pH	5,70	0,27	5,63	0,13
Eh	55,52	10,65	58	3,38

#### IV-V.1.3- Caracterización mediante parámetros de color.

En la tabla 16 se presentan los resultados de los parámetros de color obtenidos para el magro de paleta de cerdo y de vacuno, con integridad anatómica, empleados en este estudio. Los valores del tono ( $H^*$ ) registrados permiten clasificar al magro de paleta de cerdo en el rango de los tonos naranja-amarillento, mientras que el de bovino se ubicó en el rango de los naranja-rojizos, de acuerdo a la nomenclatura cromática del Instituto Nacional de Racionalización (1981).

Tabla 16: Parámetros de color obtenidos para el magro de cerdo y de vacuno (\*).

	Magro de cerdo		Magro de bovino	
	X	std	X	std
Luminosidad ( $L^*$ )	41,56	2,50	38,46	4,44
Coordenada rojo-verde ( $a^*$ )	9,45	5,54	13,68	2,09
Coordenada amarillo-azul ( $b^*$ )	13,52	1,82	15,55	2,39
Croma ( $C^*$ )	15,40	1,68	20,72	3,06
Tono ( $H^*$ )	68,23	2,35	58,00	3,38
Índice de rojez ( $a^*/b^*$ )	0,45	0,06	0,88	0,07

(\*) Magro entero, con integridad anatómica

#### **IV-V.2- Sistemas modelos de pastas cárnicas**

Tomando en consideración que el objetivo de esta tesis es comparar las diferencias que se presentaron en los parámetros de color de las pastas de magros de bovino y cerdo adicionadas con aditivos y especias utilizadas en la elaboración de productos cárnicos crudo-curados, sólo se analizarán los resultados que permitan arribar a dicho objetivo, dejando los restantes para posteriores trabajos.

A partir del modelo utilizado, un resultado significativo indica que el factor estudiado, o la interacción de dos o más de ellos, tuvo un efecto con similar tendencia en ambas especies: cerdo y bovino. Por el contrario, un resultado no significativo revela que el factor, o sus interacciones, tuvieron un efecto diferente en cada especie. Esto lleva a la necesidad de dirigir el análisis de los resultados hacia aquellas interacciones no significativas que involucren el factor “especie”, así como, hacia al efecto simple de dicho factor, para cada variable de color en el que se haya obtenido un resultado significativo.

En el caso del factor tiempo se analizarán sólo los resultados correspondientes a las interacciones significativas en las que también estuvo involucrado el factor especie.

A continuación se presentan todos los resultados obtenidos en el presente trabajo.

##### **IV-V.2.1- Análisis de la variable Luminosidad (L\*)**

En la tabla 17 se presentan los resultados del Análisis de la Varianza (MANOVA) realizado para evaluar el efecto de los distintos tratamientos estudiados sobre la luminosidad (L\*) de las pastas de carne de cerdo y bovino. Se observa que resultaron significativos ( $P < 0,01$ ) los efectos simples de la especie, pimentón, picado, ácido láctico, sal y fosfato, así como las interacciones especie\*pimentón, especie\*picado,

pimentón\*láctico, láctico\*sal y sal\*fosfato. También resultaron significativas ( $P < 0,05$ ) las interacciones láctico\*fosfato y láctico\*sal\*fosfato.

Tabla 17.- Resultados *significativos* del MANOVA realizado para la variable Luminosidad ( $L^*$ ), de las pastas de magro de cerdo y bovino, considerando los factores especie (2 niveles), pimentón (3 niveles), picado (3 niveles), ácido láctico (3 niveles), sal (3 niveles), fosfato (3 niveles), y sus interacciones.

<b>Factor</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidad Pr &gt; F</b>
Especie	10745,5182	1	10745,5182	3245,95	< 0,0001
Pimentón	4014,1417	2	2007,0708	606,29	< 0,0001
Picado	2286,6627	2	1143,3313	345,37	< 0,0001
Ácido láctico	3396,5407	2	1698,2703	513,01	< 0,0001
Sal	381,3010	2	190,6505	57,59	< 0,0001
Fosfato	64,3627	2	32,1814	9,72	< 0,0001
Especie*pimentón	219,1547	2	109,5773	33,10	< 0,0001
Especie*picado	64,9032	2	32,4516	9,80	< 0,0001
Láctico*pimentón	76,8403	4	19,2101	5,80	0,0002
Sal*láctico	491,5565	4	122,8891	37,12	< 0,0001
Fosfato*láctico	36,9674	4	9,2419	2,79	0,0266
Fosfato*sal	71,0143	4	17,7536	5,36	0,0004
Fosfato*sal*láctico	85,4465	8	10,6808	3,23	0,0016

De igual manera, la tabla 18 presenta las interacciones que involucran al factor especie y que no resultaron significativas.

Tabla 18.- Resultados *no significativos* del MANOVA realizado para la variable Luminosidad ( $L^*$ ) de las pastas de magro de cerdo y bovino, considerando los factores

especie (2 niveles), pimentón (3 niveles), picado (3 niveles), ácido láctico (3 niveles), sal (3 niveles), fosfato (3 niveles), y sus interacciones.

<b>Factor</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidad Pr &gt; F</b>
Especie*pimentón*láctico	0,74183	4	0,18546	0,06	0,9941
Especie*pimentón*sal	9,69871	4	2,42468	0,73	0,5074
Especie*láctico*sal	491,55658	4	122,88915	37,12	0,1546
Especie*pimentón*fosfato	14,30658	4	3,57665	1,08	0,3664
Especie*láctico*fosfato	11,18245	4	2,79561	0,84	0,4979
Especie*sal*fosfato	16,26258	4	4,06565	1,23	0,2990
Especie*picado*láctico	6,62413	4	1,65603	0,50	0,7356
Especie*picado*sal	17,17013	4	4,29253	1,30	0,2714

En la tabla 19 se observan los resultados del Análisis Multivariante (MANOVA) realizado para evaluar el efecto del factor tiempo sobre la luminosidad (L\*) de las pastas de carne de cerdo y bovino. El criterio seleccionado a fin de valorar las diferencias que resultaron significativas, para el tiempo y sus interacciones con los restantes factores estudiados, fue el lambda de Wilk's o estadístico-U. Se observa que sólo resultaron significativas las interacciones tiempo\*especie ( $P < 0,05$ ) y tiempo\*ácido láctico ( $P < 0,01$ ).

Tabla 19.- Resultados *significativos* del MANOVA realizado para la variable Luminosidad (L\*), considerando el factor tiempo (5 niveles: 0-2-4-6-8 h) y sus interacciones con los demás factores (tratamientos) estudiados.

<b>Factor</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor F</b>	<b>Grados de Libertad Numerador</b>	<b>Grados de Libertad Denominador</b>	<b>Estadístico Wilk's Lambda (Pr &gt; F)</b>
Tiempo*especie	0,9565	3,26	4	287	0,0123
Tiempo*ác. láctico	0,8138	7,79	8	574	< 0,0001

### **Factor especie animal**

En la tabla 17 se observa que resultó significativo ( $P < 0,0001$ ) el efecto simple de la especie animal, correspondiendo un valor de  $L^* = 44,96$  para el magro de cerdo y de  $L^* = 35,56$  para el bovino.

La  $L^*$  de la carne está relacionada con la fina película de agua de la superficie, el pH del músculo, la capacidad de retención de agua, la estructura y la orientación de las fibras musculares (Hunt, 1980), los factores tecnológicos (Fernández-Ginés, 2001), la genética de los animales (Lindahl *et al.*, 2001), al grado de oxidación de los hemopigmentos y al contenido graso (Palombo y Wijngaards, 1990; Sayas-Barbera 1997; Pérez-Álvarez *et al.*, 1997).

Por otra parte, la operación de picado involucrada en la elaboración de las pastas produce la liberación parcial de los líquidos del tejido muscular debido a la destrucción de la estructura. Estos líquidos se ubicarán en la superficie de la carne (Rosmini, 1997), modificando la luminosidad de la misma.

Como ambos tipos de magros fueron sometidos a la misma operación tecnológica y tipos de picado, se descarta este factor como el determinante de la diferencia de luminosidad observada entre especies.

Por otra parte, la reflectancia está influida por el contenido y tipo de grasa presente en la carne.

Así, si bien la presencia de grasa aumenta la reflectancia, aquellas con alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (grasas blandas) producen mayor reflectancia que las grasas saturadas o con bajo número de insaturaciones (grasas duras) (Swatland, 2003). Esto puede observarse en los espectros de reflectancia de las grasas sólidas obtenidos en un rango de 0-30 °C los cuales resultan aproximadamente constantes, mientras que las grasas más fluidas exhiben mayor reflectancia a temperaturas cercanas a 0 °C (Irie y

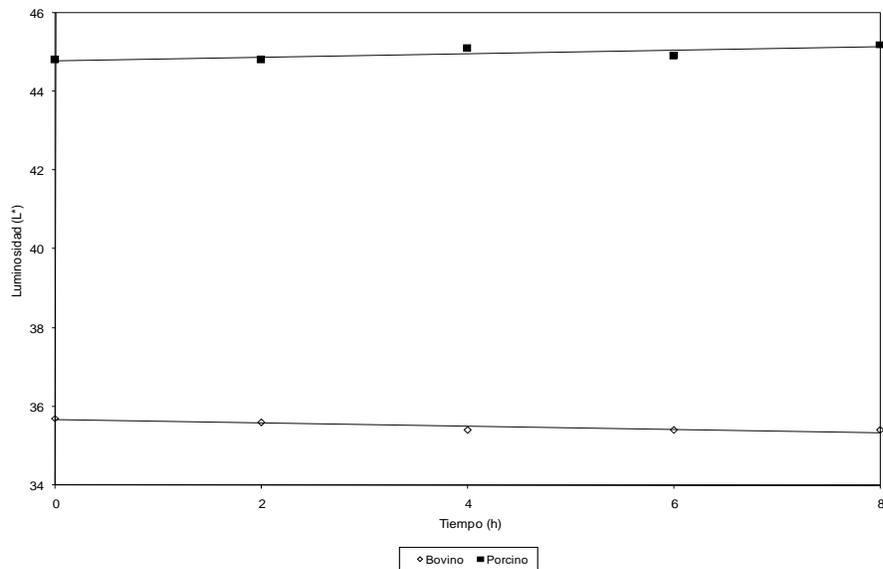
Swatland, 1992). Además, la reflectancia de las grasas disminuye con la presencia de  $\beta$ -carotenos y de hemoglobina (Irie, 2001), ambos cromógenos con importante capacidad de absorbancia. La coloración amarillenta de la grasa bovina se debe principalmente al contenido de  $\beta$ -carotenos proveniente de la alimentación (pastura) mientras que el contenido de hemoglobina se halla condicionado por la operación de sangrado en la faena (Swatland, 2003). La menor reflectancia y, consecuentemente, la menor luminosidad obtenida para las pastas elaboradas con magro de bovino, podría deberse a la presencia de una mayor cantidad de estos pigmentos en comparación con las pastas de cerdo.

La existencia de diferencias estructurales entre los tejidos musculares de ambas especies animales, la diferente composición química de los músculos que componen la paleta según su metabolismo (glucolítico u oxidativo) y la mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados en la carne de cerdo también contribuyen al aumento de luminosidad observada en esta especie (Andrés *et al.*, 2000; Muriel *et al.*, 2002). En otros estudios sobre caracterización de los parámetros de color en diferentes materias primas (Pérez-Álvarez *et al.*, 1997) se observaron que aquellas que tienen mayor contenido graso presentan valores de  $L^*$  superiores.

### **Interacción tiempo\*especie**

En la gráfica 1 se representa la interacción tiempo\*especie, la cual resultó significativa ( $P < 0,0001$ , tabla 19).

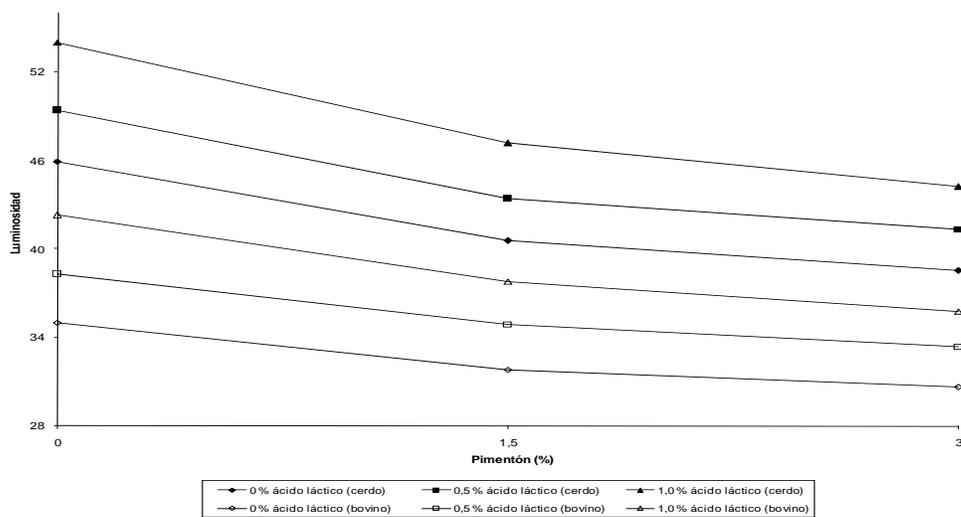
En la gráfica se puede observar que la diferencia observada en la  $L^*$  de ambas especies a tiempo 0 se mantuvo a lo largo de la etapa de amasado-reposo (8 h), resultando superiores los valores en las pastas elaboradas con magro de cerdo, lo cual coincide con el efecto simple de la especie.



Gráfica 1: Representación de la interacción tiempo\*especie para la luminosidad (L\*).

### Interacción especie\*pimentón\*láctico

La interacción especie\*pimentón\*láctico resultó no significativa ( $P = 0,9941$ ; tabla 18). En la gráfica 2 se evidencia el efecto antagónico del ácido láctico y del pimentón sobre los valores de la L\*.



Gráfica 2: Representación de la interacción especie\*pimentón\*láctico para la luminosidad.

Esa gráfica muestra el predominio del pimentón (disminuye la L\*) sobre el efecto del ácido láctico (aumenta la L\*) para ambas especies, observándose los mayores valores para las pastas de cerdo con el máximo de ácido láctico (1 %) y sin pimentón.

Por otra parte, como la interacción especie\*pimentón resultó significativa (tabla 17), la introducción del factor “láctico” anularía la diferencia observada entre ambas especies en la interacción doble y en el efecto simple de la especie.

En otros estudios sobre la modificación del color en sistemas modelos de pastas cárnicas utilizadas para elaborar embutidos crudo-curados se comprobó un aumento de la L\* en forma proporcional a la adición de ácido láctico. Estos resultados se hallaron para pastas elaboradas sólo con magro de cerdo y también para pastas magro bovino (Zogbi *et al.*, 2003 y 2004; Benzzo *et al.*, 2004).

El acortamiento de las fibras musculares debido al efecto desnaturalizante del ácido a partir de concentraciones cercanas al 1%, modifica las propiedades de reflexión y refracción de la luz (Pearson, 1994; Swatland, 1994), aumentando la birrefringencia de las fibras musculares y consecuentemente la dispersión de la luz en la carne. De este modo, al descender el pH, la birrefringencia aumenta, se transmite menos luz a través de las fibras y se dispersa una mayor proporción de luz (Swatland, 2003) aumentando L\*.

### **Interacción especie\*pimentón\*sal**

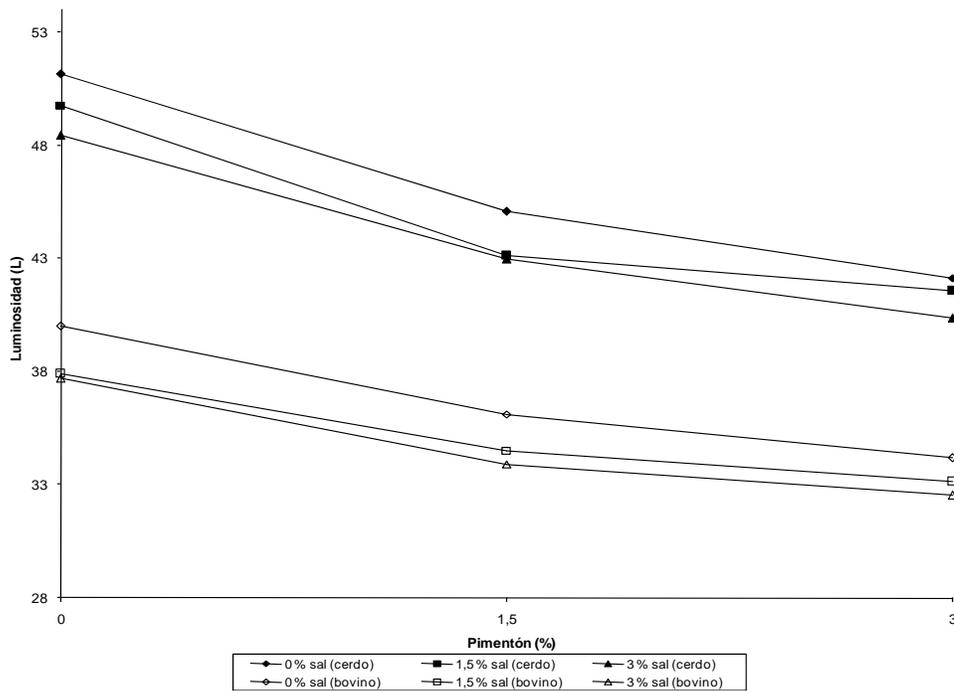
La interacción especie\*pimentón\*sal no resultó significativa ( $P > 0,5074$ ; tabla 18). En la gráfica 3 se presenta esta interacción y se observa el descenso de la luminosidad provocado por la adición conjunta de pimentón y sal.

Si bien se mantienen los efectos de la especie (mayores valores de L\* para cerdo y menores para bovino), la introducción de la sal en las pastas de cada una de las especies

estudiadas con y sin pimentón, anularía la diferencia significativa observada en la interacción especie\*pimentón (tabla 17).

Cuando la sal es añadida a la carne picada, penetra en su estructura y modifica las cargas electrostáticas de las proteínas miofibrilares (Hamm, 1960; Katsaras *et al.*, 1991; Wismer-Pedersen, 1994) afectando el punto isoelectrico de las mismas. Esto provoca un aumento de la CRA (Girard, *et al.*, 1991; Katsaras *et al.*, 1991; Prändl, 1994; Wismer-Pedersen, 1994) por lo que la disponibilidad de agua en la superficie de la carne es menor, reduciéndose así la reflexión de la luz y por ende la L\* (Swatland, 1994).

Por otra parte, la máxima concentración del pimentón (3%) parece homogenizar los valores de L\* para las pastas de una misma especie con y sin sal, por lo que el efecto del pimentón predomina sobre el efecto de la sal. Similares resultados se hallaron tanto en pastas elaboradas sólo con magro de cerdo (Fernández López *et al.*, 2002; Benzzo *et al.*, 2004) y también para pastas magro bovino (Zogbi *et al.*, 2003 y 2004), observándose en todos los casos la dependencia que tiene la L\* respecto del pimentón.



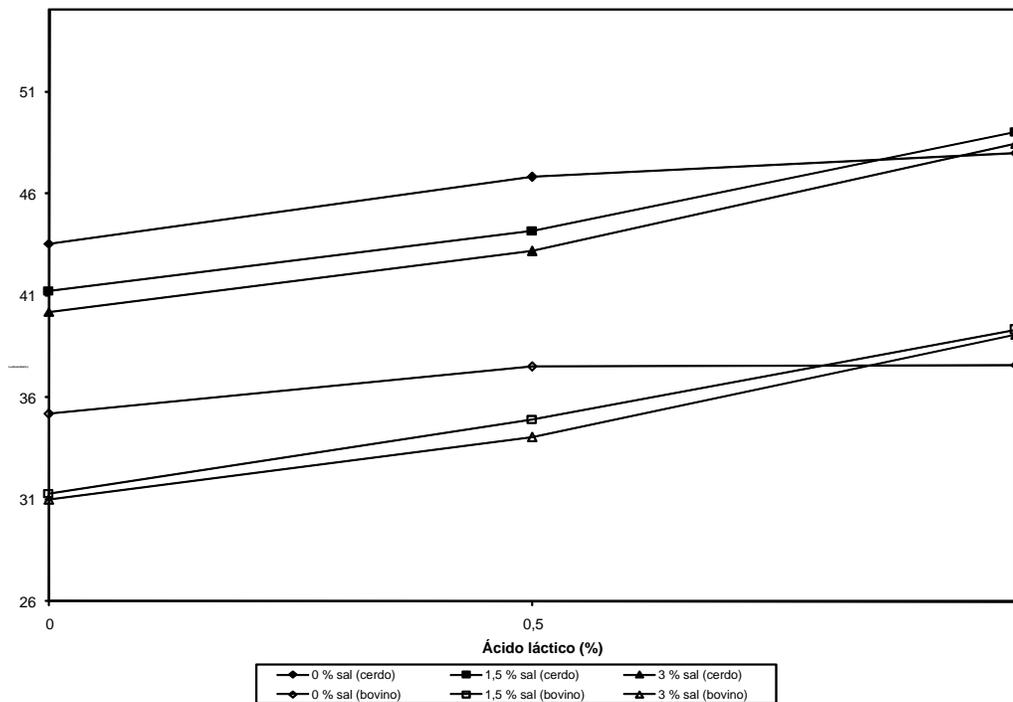
Gráfica 3: Representación de la interacción especie\*pimentón\*sal para la luminisidad.

### Interacción especie\*ácido láctico\*sal

La interacción especie\*ácido láctico\*sal no resultó significativa ( $P = 0,1546$ ; tabla 18). En la gráfica 4 se observa que, también para esta interacción, los mayores valores de  $L^*$  correspondieron a las pastas del magro porcino, lo cual coincide con lo visualizado al analizar el efecto simple del factor especie.

Al realizar el test de Tukey se evidenció que al adicionar 1% de ácido láctico se pierden las diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) observadas en las pastas sin ácido y en aquellas que sólo tenían un 0,5 %, para cada una de las concentraciones de sal ensayadas, tanto para las pastas de cerdo como para las de bovino.

En el magro de cerdo y en el de bovino, la sal y el ácido láctico tuvieron efectos antagónicos sobre la luminosidad, aunque el efecto del ácido predominó debido a su marcada influencia sobre el pH.



Gráfica 4: Representación de la interacción especie\*ácido láctico\*sal para la luminosidad.

En estudios realizados sobre pastas modelos de embutidos crudo-curados (Zogbi *et al.*, 2004; Rosmini *et al.*; 2005) se observó el predominio del ácido sobre la sal a partir de 1 % de ácido.

Este fenómeno, producido por el ácido, estaría relacionado con la liberación del líquido tisular hacia la superficie de la magro debido, por un lado, a la intensa desnaturalización proteica y, por otra parte, a la disminución de la CRA, como consecuencia de los valores de pH alcanzados por las pastas, los cuales están muy cercanos a los puntos isoelectricos de las proteínas miofibrilares (actina = 4,7 y miosina 5,4).

#### **Interacción especie\*ácido láctico\*fosfato**

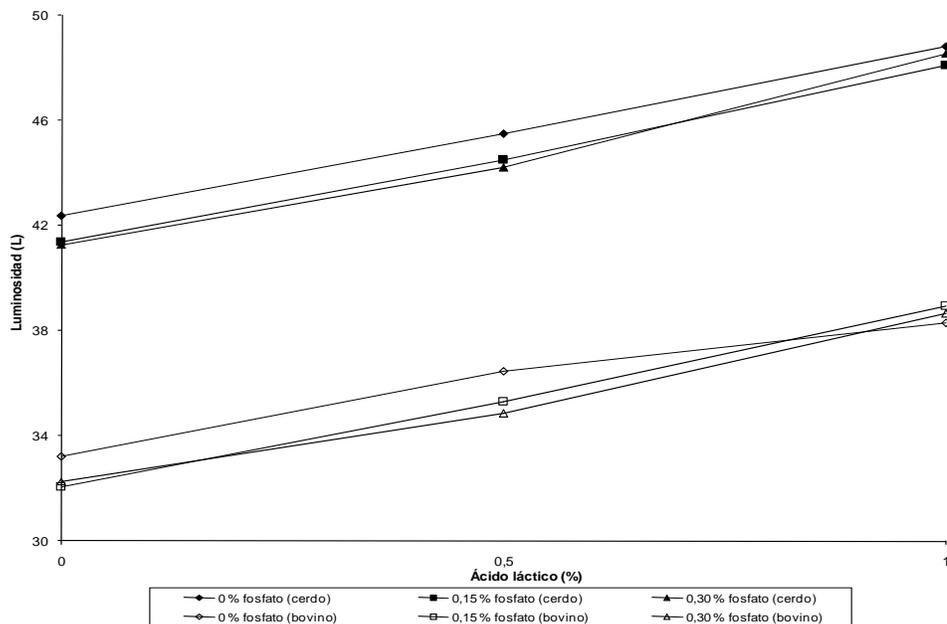
La interacción especie\*ácido láctico\*fosfato no resultó significativa ( $P = 0,4979$ ; tabla 18). En la gráfica 5 se observa que resultaron mayores ( $P < 0,01$ , test de Tukey) los valores de luminosidad del magro porcino y, además, el efecto antagónico del fosfato y del ácido láctico, en este caso en ambos tipos de magro. Como el fosfato se comportó de igual forma que la sal, es decir disminuyó los valores de  $L^*$ , y el ácido tuvo un efecto contrario, esta interacción resultó similar a la descrita anteriormente.

La disminución de  $L^*$ , observada por la incorporación de tripolifosfato, estaría relacionada con el incremento de la CRA provocada por este aditivo. El incremento en la CRA ocasiona una menor disponibilidad de agua sobre la superficie de las pastas y con ello una menor reflexión de la luz (Swatland, 1995; van Laack y Solomon, 1995).

Strökki (1995) afirma que una de las principales características de los polifosfatos es la de retener agua. La propiedad de los fosfatos de incrementar la CRA de la carne se debería a efectos inespecíficos como el aumento de la fuerza iónica (Sofos, 1986) y el incremento del pH de la fase acuosa del músculo (Gerhardt, 1980).

Efectos más específicos como la acción quelante sobre cationes alcalino-térreos (Fischer, 1994), la disociación del complejo actina-miosina (Hisghsmith, 1976) y la liberación de la actinina de los discos Z de los sarcómeros (Grzes *et al.*, 1996 a, b), se han observado también con ciertos tipos de fosfatos. La disminución de la luminosidad ( $L^*$ ) de las pastas por acción del tripolifosfato estaría relacionada con el aumento de la CRA que ellos provocan. El incremento en la CRA ocasiona una menor disponibilidad de agua sobre la superficie de la pasta de carne y con ello una menor reflexión de la luz (Swatland, 1995).

La gráfica 5 muestra, además, que para la máxima concentración de ácido láctico ensayada (1%) los valores de  $L^*$  parecen homogenizarse para ambas especies, independientemente de la adición o no de tripolifosfato. Esto está mostrando que es mayor el efecto del ácido que el del tripolifosfato. Esta situación fue observado también en estudios realizados con pastas de magro bovino con 1,0% de ácido láctico, en los cuales, independientemente de la concentración de fosfato, el ácido dominó el efecto aumentando los valores de  $L^*$  (Benzzo *et al.*, 2004; Rosmini, *et al.*; 2005).



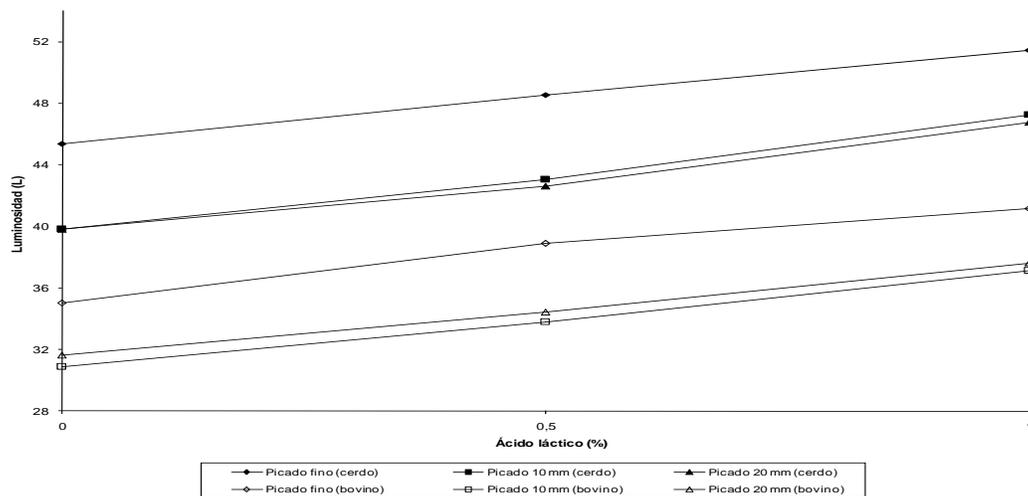
Gráfica 5: Representación de la interacción especie\*láctico\*fosfato para la luminosidad.

### Interacción especie\*sal\*fosfato

Esta interacción, que no resultó significativa ( $P = 0,2990$ , tabla 18), está relacionada con el efecto sinérgico de la sal y del fosfato, en ambos casos tendientes a disminuir los valores de la  $L^*$  como consecuencia del aumento de la CRA, tal como fue explicado anteriormente. Por otra parte, se mantiene la diferencia entre ambas especies ( $P < 0,01$ , test de Tukey), manteniendo los mayores valores de luminosidad para el cerdo y los menores para el bovino, independientemente de la concentración de sal y fosfato estudiadas.

### Interacción especie\*picado\*láctico

La interacción especie\*picado\*láctico ( $P = 0,7356$ ; tabla 18) no resultó significativa. La gráfica 7 muestra que, para ambas especies, el picado fino aumentó ( $P < 0,01$ , test de Tukey) los valores de  $L^*$  frente a los picados con placa (10 y 20 mm). A esto se agrega el incremento de la luminosidad provocado por la adición de ácido, situación que coincide con lo observado al analizar el efecto simple (tabla 17). No obstante, la mayor concentración de ácido láctico utilizada (1 %) no logró anular las diferencias significativas entre las pastas picadas finamente y con placa.



Gráfica 6: Representación de la interacción especie\*picado\*láctico para la luminosidad.

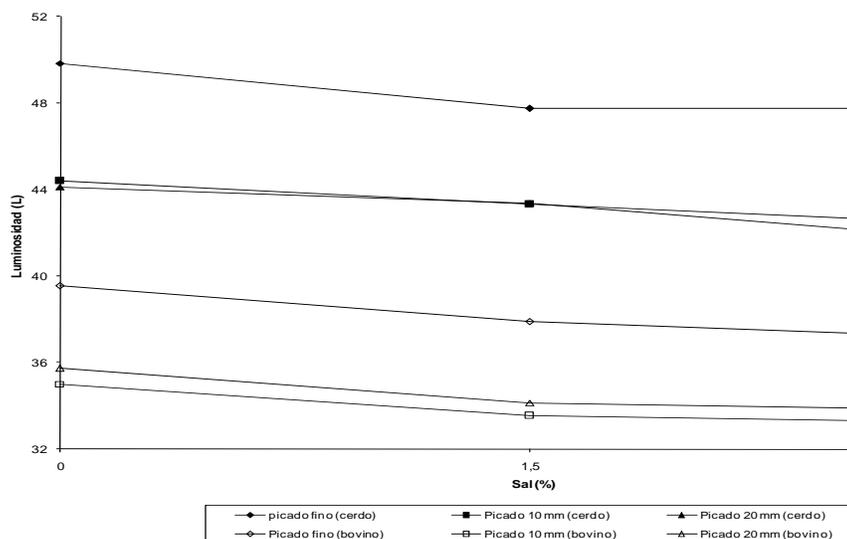
El incremento de líquido a nivel superficial provocado por la operación de picado aumentó el valor de la L\*, resultando la más alta ( $P < 0,05$ , test de Tukey) con el mayor grado de picado (fino), debido a la gran destrucción y desorganización estructural del tejido muscular (Judge *et al.*, 1989; Rosmini y Schneider, 2000).

Similares resultados fueron observados en estudios anteriores realizados con pastas elaboradas con magro de porcino (Benzzo *et al.*, 2004; Rosmini, *et al.*; 2005).

En la elaboración de embutidos crudo-curados en Argentina se suelen mezclar la carne de cerdo con recortes de bovinos para hacer más rentable la producción. La utilización de estos recortes picados con la menor granulometría posible aumentaría la luminosidad de la pasta al momento de la elaboración.

### Interacción especie\*picado\*sal

La interacción especie\*picado\*sal resultó no significativa ( $P = 0,2714$ ; tabla 18). En la gráfica 7, la cual representa esta interacción, se observa el efecto antagónico de la sal y del picado. Mientras la sal disminuye la L\*, la operación tecnológica aumenta los valores de esta coordenada a medida que se hace más fino.



Gráfica 7: Representación de la interacción especie\*picado\*sal para la luminosidad.

#### IV-V.2.2- Análisis de la coordenada rojo-verde (a\*)

En la tabla 20 se presentan los resultados del Análisis de la Varianza (MANOVA) realizado para evaluar el efecto de los distintos tratamientos estudiados sobre la coordenada rojo-verde (a\*) de las pastas de carne de cerdo y bovino. Se observa que resultaron significativos ( $P < 0,01$ ) los efectos simples de la especie, pimentón, ácido láctico, sal y fosfato, así como las interacciones especie\*pimentón, especie\*láctico, pimentón\*láctico, picado\*láctico y especie\*sal. También resultaron significativas ( $P < 0,05$ ) el efecto simple del picado y la interacción picado\*láctico\*sal.

Tabla 20.- Resultados *significativos* del MANOVA realizado para la coordenada rojo-verde (a\*), de las pastas de magro de cerdo y bovino, considerando los factores especie (2 niveles), pimentón (3 niveles), picado (3 niveles), ácido láctico (3 niveles), sal (3 niveles), fosfato (3 niveles), y sus interacciones.

<b>Factor</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidad Pr &gt; F</b>
Especie	387,3995	1	387,3995	241,50	< 0,0001
Pimentón	12449,4295	2	6224,7147	3880,37	< 0,0001
Picado	13,0441	2	6,5220	4,07	0,0181
ácido láctico	208,2551	2	104,1275	64,91	< 0,0001
Sal	183,5171	2	91,7585	57,20	< 0,0001
Fosfato	68,5752	2	34,2876	21,37	< 0,0001
Especie*pimentón	485,4812	2	242,7406	151,32	< 0,0001
Especie*láctico	44,6830	2	22,3415	13,93	< 0,0001
Especie*sal	28,4240	2	14,2120	8,86	0,0002
Pimentón*láctico	70,0669	4	17,5167	10,92	< 0,0001
Picado*láctico	27,8296	4	6,9574	4,34	0,0020
Picado*láctico*sal	30,2599	8	3,7825	2,36	0,0180

De igual manera, la tabla 21 presenta las interacciones que involucran al factor especie y que no resultaron significativas.

Tabla 21.- Resultados *no significativos* del MANOVA realizado para la variable rojo-verde (a\*) de las pastas de magro de cerdo y bovino, considerando los factores especie (2 niveles), pimentón (3 niveles), picado (3 niveles), ácido láctico (3 niveles), sal (3 niveles), fosfato (3 niveles), y sus interacciones.

<b>Factor</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidad Pr &gt; F</b>
Especie*picado	3,4994	2	1,7497	1,09	0,3373
Especie*pimentón*picado	3,5614	4	0,8903	0,56	0,6955
Especie*pimentón*láctico	6,2979	4	1,5745	0,98	0,4179
Especie*picado*láctico	0,8944	4	0,2236	0,14	0,9675
Especie*pimentón*sal	11,2388	4	2,8097	1,75	0,1387
Especie*láctico*sal	2,9476	4	0,7369	0,46	0,7655
Especie*fosfato	6,4216	2	3,2108	2,00	0,1370
Especie*pimentón*fosfato	13,7622	4	3,4405	2,14	0,0754
Especie*picado*fosfato	5,4050	4	1,3512	0,84	0,4993

En la tabla 22 se observan los resultados del MANOVA realizado para evaluar el efecto del factor tiempo sobre la coordenada rojo-verde (a\*) de las pastas de carne de cerdo y bovino. El criterio seleccionado a fin de valorar las diferencias que resultaron significativas, para el tiempo y sus interacciones con los restantes factores estudiados, fue el lambda de Wilk's o estadístico-U. Se observa que resultaron significativas ( $P < 0,01$ ) las interacciones tiempo\*especie y tiempo\*pimentón. También resultaron significativas ( $P < 0,05$ ) las interacciones tiempo\*especie\*pimentón, tiempo\*especie\*picado, tiempo\*pimentón\*láctico y tiempo\*sal.

Tabla 22.- Resultados *significativos* del MANOVA realizado para la coordenada rojo-verde (a\*), considerando el factor tiempo (5 niveles: 0-2-4-6-8 h) y sus interacciones con los demás factores (tratamientos) estudiados.

Factor	Valor	Valor F	Grados de Libertad Numerador	Grados de Libertad Denominador	Estadístico Wilk's Lambda (Pr > F)
Tiempo*especie	0,5438	60,19	4	287	< 0,0001
Tiempo*pimentón	0,8995	3,90	8	574	0,0002
Tiempo*especie*pimentón	0,9449	2,06	8	574	0,0394
Tiempo*especie*picado	0,9462	2,01	8	574	0,0431
Tiempo*pimentón*láctico	0,8880	2,17	16	877,44	0,0048
Tiempo*sal	0,9447	2,07	8	574	0,0368

### Factor especie animal

En la tabla 20 se observa que resultó significativo ( $P < 0,0001$ ) el efecto simple de la especie animal para la coordenada rojo-verde (a\*) con valores de 15,64 y 13,85 para las pastas elaboradas con magro de bovino y cerdo respectivamente.

La concentración de mioglobina (Mb) es el factor más importante en la determinación del color rojo de la carne. El contenido de este pigmento en el músculo depende de la especie, la raza, el sexo, la edad, el tipo de músculo, el nivel de entrenamiento (Ledward, 1992) y de la altitud en la que se crían los animales (Gimenez *et al.*, 1977). Este pigmento está presente en la fracción sarcoplasmática del músculo (Govindarajan, 1973) y eventualmente distribuida entre las fibras musculares (Swatland, 2003).

La coordenada a\* está relacionada con el contenido de Mb (Johansson *et al.*, 1991) y con su oxigenación (Fernández-López, 1998). Los resultados obtenidos estarían

indicando la existencia de una mayor concentración de Mb en el magro de bovino que en el de cerdo.

En otros estudios se ha observado un incremento de esta coordenada a medida que aumenta la concentración de hemoproteínas (Pérez-Álvarez *et al.*, 1997). Teniendo en cuenta que los magros enteros de porcino y bovino tuvieron valores de  $a^*$  de 9,45 y 13,68 respectivamente (tabla 16), los mayores valores observados en las pastas estarían en relación con la liberación del pigmento tras la operación de picado de la carne, así como con la formación de oximioglobina (OMb) por el incorporación del oxígeno del aire.

Existe una gran variabilidad de coloración entre los músculos debido a su diferente función y localización. Esto determina, a su vez, la composición fibrilar y las características bioquímicas y fisiológicas de cada uno. Los músculos con mayor actividad física presentan un contenido mayor de fibras oxidativas, las que se caracterizan por un alto contenido de Mb. Estos niveles más elevados les permiten acumular mayor cantidad de oxígeno para un adecuado desarrollo muscular (Muriel *et al.*, 2002). Consecuentemente, la concentración de este pigmento es muy alta en los músculos rojos u oxidativos, tales como el *Bíceps femoris* (BF) y Masetero (MS) del porcino, comparado con el contenido en los músculos blancos o glucolíticos, *Longissimus dorsi* (LD) y la parte externa del BF de esa misma especie animal ( Muriel *et al.*, 2002).

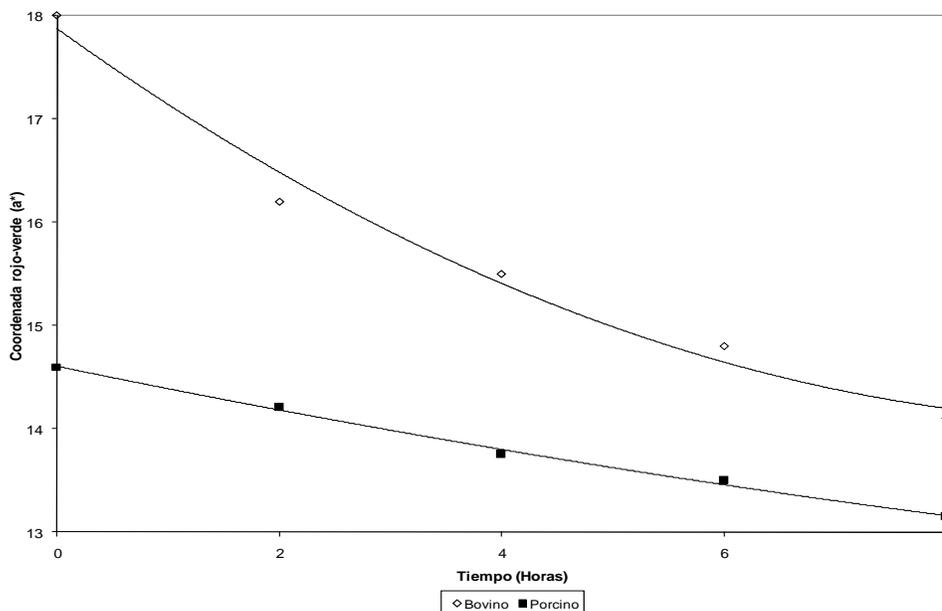
Por otra parte, en la carne de cerdo la Mb está confinada principalmente en las fibras musculares aeróbicas. De esta forma, los músculos responsables del mantenimiento de la postura en una canal de cerdo pueden parecer más oscuros que los implicados en la locomoción rápida debido a que los músculos de las postura poseen un mayor número de fibras con alto contenido de Mb (Swatland, 2003).

### Interacción tiempo\*especie

En la gráfica 8 se representa la interacción tiempo\*especie para la coordenada rojo-verde la cual resultó significativa ( $P < 0,0001$ , tabla 22). Teniendo en cuenta el diseño experimental planteado, en la gráfica se representan los valores de la coordenada como un promedio de todos los tratamientos estudiados, con lo cual están influidos por la contribución de los componentes rojos que aporta el pimentón.

En la gráfica se puede observar que a lo largo de la etapa de amasado-reposo (8 horas), los valores de  $a^*$  disminuyen con el tiempo para ambas especies resultando superior ( $P < 0,001$ ) la pérdida para las pastas elaboradas con magro bovino, durante las primeras 4 horas.

Por otra parte, la interacción tiempo\*especie\*pimentón resultó significativa ( $P > 0,05$ , tabla 22). En la gráfica 9 se puede observar que los pigmentos rojos aportados por cada tipo de magro y los provenientes de la especia están siendo afectados a lo largo de dicha etapa.



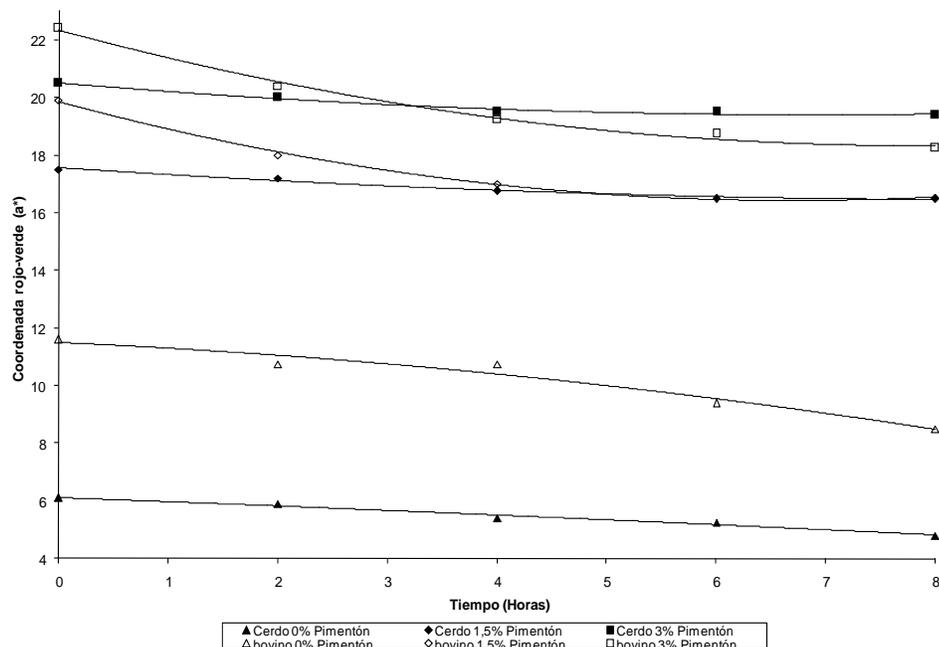
Gráfica 8: Representación de la interacción tiempo\*especie para la coordenada  $a^*$ .

Otros estudios (Figuroa *et al.*, 1993; Grau, 1996) mostraron una reducción de esta coordenada durante los procesos oxidativos del pimentón. Similares resultados se obtuvieron con pastas elaboradas con magro de cerdo donde se demostró una pérdida constante (lineal) de los componentes rojos de la carne a lo largo de la etapa de amasado-reposo (Benzzo *et al.*, 2004).

### Interacción tiempo\*especie\*pimentón

La interacción tiempo\*especie\*pimentón resultó significativa ( $P < 0,05$ , tabla 22). La gráfica 9 muestra el efecto de factor especie (cerdo y bovino sin pimentón) y del pimentón (pastas de ambos magros con 1,5 y 3,0 % de pimentón) sobre los valores de la coordenada rojo-verde, lo cual coincide con lo analizado anteriormente.

En la misma puede evidenciarse una mayor disminución de los valores de  $a^*$  para las pastas de magro bovino durante las primeras 4 h (coincide con el efecto simple de la especie), estabilizándose hacia la segunda parte de la etapa de amasado- reposo.

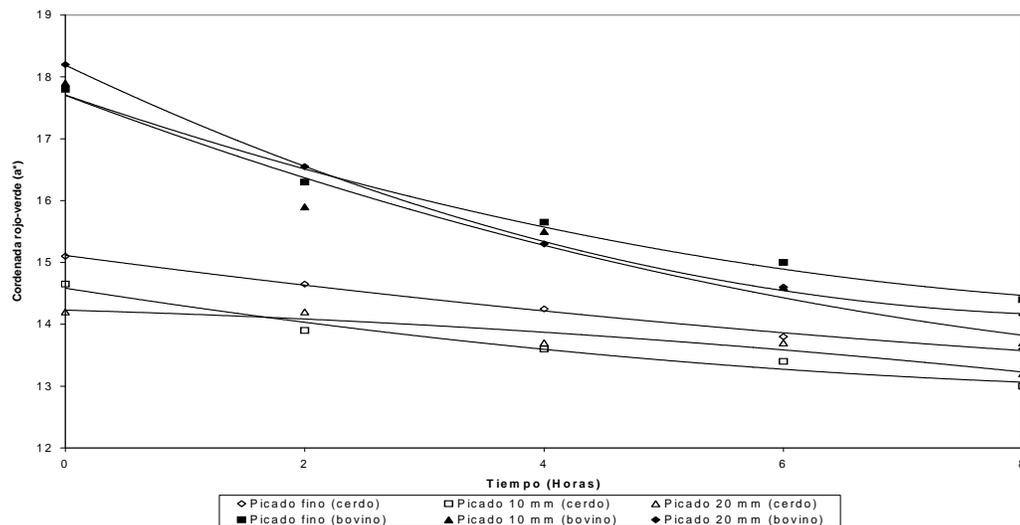


Gráfica 9: Representación de la interacción tiempo\*especie\*pimentón para la coordenada  $a^*$ .

Por otra parte, la gráfica muestra que en las pastas elaboradas con pimentón hay una tendencia a homogenizar los valores de la coordenada a\* hacia el final de la etapa de amasado-reposo, tanto para las pastas de magro bovino como para las de porcino, puesto que se pierden las diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) observadas inicialmente. Esto constituiría una ventaja desde el punto de vista del aspecto, al momento de elaborar embutidos crudo-curados a base de carne de cerdo mezclados con recortes de carne vacuna, lo cual se suma a una potencial ventaja económica por el menor valor que estos últimos tienen en el mercado local.

### Interacción tiempo\*especie\*picado

La interacción tiempo\*especie\*picado resultó significativa ( $P < 0,05$ , tabla 22) y se representa en la gráfica 10. En ella se observa que, independientemente del tipo de picado utilizado (fino, 10 mm y 20 mm), existió una mayor pérdida de los componentes rojos que aportan a los valores de a\* ( $P < 0,05$ ) durante las primeras 4 h de la etapa de amasado-reposo. Esta disminución fue, coincidiendo con lo anteriormente discutido, más pronunciada ( $P < 0,05$ ) para las pastas elaboradas con magro bovino.



Gráfica 10: Representación de la interacción tiempo\*especie\*picado para la coordenada a\*.

La coordenada  $a^*$  está relacionada con el contenido de Mb (Johansson *et al.*, 1991) y con su oxigenación (Fernández-López, 1998). Por otra parte, la oxidación de la Mb a metamioglobina (MetMb) disminuye los valores de  $a^*$  (Pérez-Álvarez *et al.*, 1997).

La destrucción de los tejidos durante la operación de picado produce la liberación de los líquidos intra e intercelulares, arrastrando con ellos componentes sarcoplasmáticos y acumulándose en la superficie del magro (Judge *et al.*, 1989; Rosmini y Schneider, 2000). Cuanto más intenso es el picado mayor es la superficie de exposición, mayor es la cantidad de oxígeno incorporado y, paralelamente, más cantidad de Mb se libera a partir del interior de la estructura tisular.

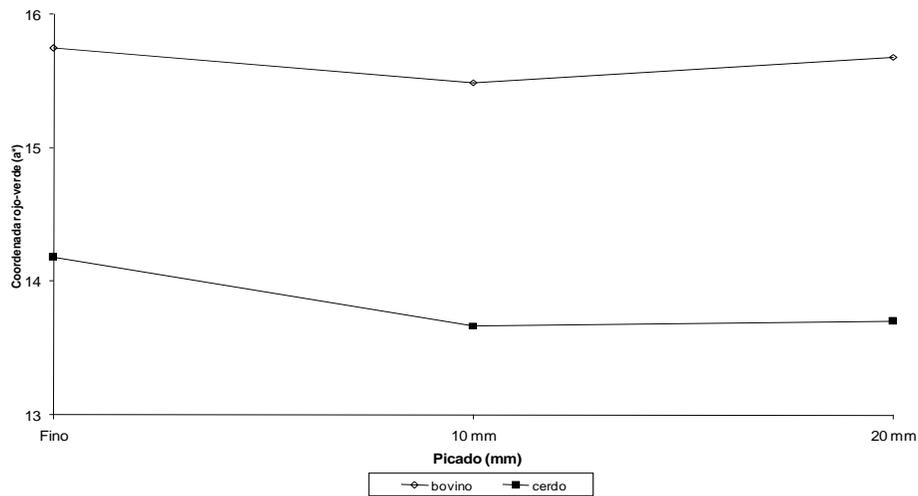
La coordenada  $a^*$  disminuye tras la oxidación de la Mb, mientras que la oxigenación incrementa los valores de dicha coordenada (Pérez-Álvarez *et al.*, 1997). La Mb exhibe una afinidad muy elevada por el oxígeno (se halla saturada ya en un 50% cuando la presión parcial de oxígeno es de 1 a 2 mm Hg y en un 95% cuando es de 20 mm Hg). Por otra parte, si el hierro (Fe) se halla en estado ferroso (II) la Mb puede experimentar oxigenación y cumplir su función. Por el contrario, si el hierro se oxida a férrico (III) el grupo hemo se convierte en hematina y la Mb en MetMb, incapaz de almacenar oxígeno (Blanco, 2000).

Al elaborar las pastas estudiadas, la formación de OMb se vio inicialmente (tiempo 0) favorecida tras la operación de picado. A lo largo de la etapa de amasado-reposo (8 h), tanto la Mb como la OMb, sufrieron oxidación por exposición directa al oxígeno del aire. Es muy probable que la mayor disminución de los valores de  $a^*$  que se observó en las pastas elaboradas con magro bovino, más pronunciada en las primeras horas de estudio, fuera debido a la mayor concentración de estos pigmentos comparado con el magro de porcino.

En las últimas 2 h del estudio, los valores de la coordenada rojo-verde tendieron a homogenizarse, posiblemente debido a una saturación de los pigmentos susceptibles a la oxidación, perdiéndose las diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) halladas entre las pastas de bovino y porcino.

### Interacción especie\*picado

La interacción especie\*picado resultó no significativa ( $P = 0,3373$ , tabla 21) y se representa en la gráfica 11.



Gráfica 11: Representación de la interacción especie\*picado para la coordenada a\*.

Al realizar el test de Tukey se observaron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre los valores obtenidos para cada especie, independientemente del tipo de picado, pero no ( $P > 0,05$ ) dentro de una misma especie.

Por otra parte, la gran variabilidad de los valores de  $a^*$  entre los distintos músculos de la paleta de cerdo tienden a homogenizarse tras la operación de picado (Iriarte *et. al*,

1993). Idénticos resultados se obtuvieron con hígado y papada de cerdo escaldada (Cervera, 1995; Perlo, 1997).

En la gráfica 11 puede observarse que se mantuvo el efecto simple de la especie para esta coordenada (mayores valores para bovino), predominando sobre el factor picado en ambas especies. Esto demuestra que la operación de picado produce pocas modificaciones sobre los valores de  $a^*$  de las pastas de magro, lo cual debería ser tenido en cuenta al momento de elaborar embutidos crudo-curados con mezclas de magro de porcino y bovino porque los diferentes contenidos de Mb arrojarían, inevitablemente, diferencias en los valores de la coordenada rojo-verde.

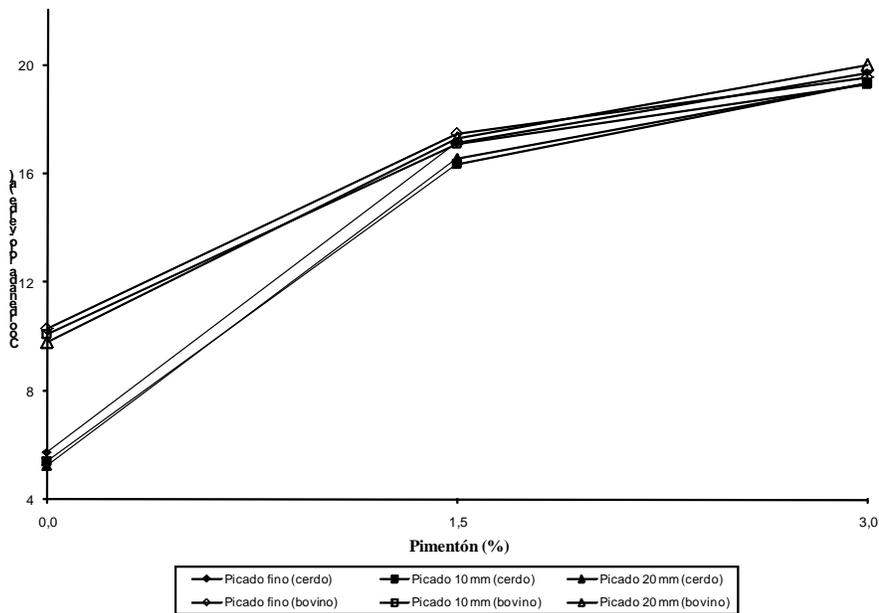
#### **Interacción especie\*pimentón\*picado**

En la gráfica 12 se representa la interacción especie\*pimentón\*picado la cual resultó no significativa ( $P = 0,6955$ , tabla 21). El test de Tukey mostró diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre las pastas de magro porcino y bovino sin pimentón pero no ( $P > 0,05$ ) entre las adicionadas con esta especia (1,5 y 3,0 %).

En la carne y productos cárnicos la coordenada  $a^*$  depende de la concentración y estado de los hemopigmentos presentes (principalmente Mb), del contenido de humedad, del pH, etc. (Pérez-Álvarez 1996; Rosmini, 1997; Fernández-López, 1998; Fernández-López *et al.*, 2000; Onyango *et al.*, 2001).

En estudios previos realizados por este mismo grupo de trabajo (Rosmini *et al.*, 1998; Zogbi *et al.*, 2003; Benzzo *et al.*, 2004) se observó el aumento de la coordenada  $a^*$  en el mismo momento de la incorporación de pimentón, tanto en las pastas elaborados con magro porcino como con bovino. Un aumento similar de esta coordenada  $a^*$  ha sido también registrado con pastas finas de pescado (paté) que fueron adicionadas de pimentón a diferentes concentraciones (Sáez, 1997).

El pimentón posee gran cantidad de pigmentos carotenoides (Reeves, 1987; Biacs *et. al.*, 1989; Levy *et. al.*, 1995). Las xantófilas rojas (capsorrubeno y capsanteno) son las que aportan la mayor proporción de componentes rojos (Farrel, 1990; Navarro y Costa, 1993; Locey y Guzinski, 2000) y serían los responsables del aumento de la coordenada a\* en las pastas adicionadas con esta especia.



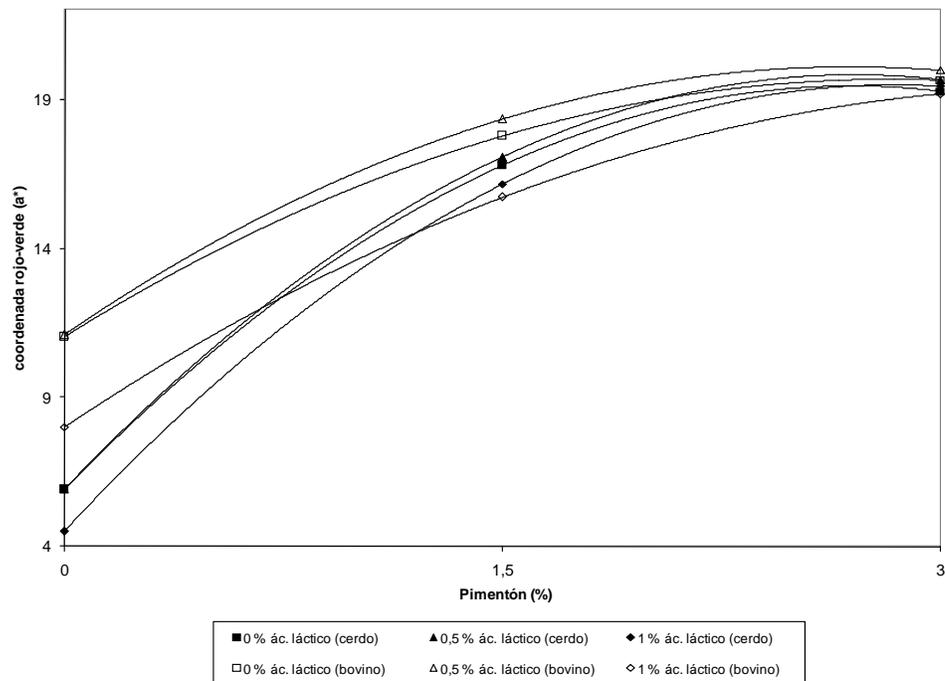
Gráfica 12: Representación de la interacción especie\*pimentón\*picado para la coordenada a\*.

La adición de pimentón a las pastas de magro de cerdo y bovino homogeniza los valores de esta coordenada, anulando las diferencias registradas en las pastas sin pimentón, picadas finamente y con placa (10 y 20 mm).

Esta interacción triple establece el predominio del efecto del pimentón sobre los demás factores, picado y especie, en especial este último, anulando las diferencias observadas en la gráfica 11.

### Interacción especie\*pimentón\*láctico

La interacción especie\*pimentón\*láctico no resultó significativa ( $P = 0,4179$ , tabla 21). La gráfica 13 muestra para ambas especies que la adición de pimentón aumenta notablemente los valores de  $a^*$  en todas las pastas, aún en las tratadas con ácido láctico. El test de Tukey mostró diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre las pastas de magro porcino y bovino sin ácido láctico y, dentro de una misma especie, entre las tratadas con la mayor concentración de ácido láctico (1 %) y las con 0,5 % y 0 % del ácido.



Gráfica 13: Representación de la interacción especie\*pimentón\*láctico para la coordenada  $a^*$ .

Los valores de  $a^*$  del magro de cerdo dependen principalmente de la concentración inicial de Mb y no del estado que presente la misma (Rosmini, 1997; Fernández-López *et al.*, 2000; Onyango *et. al.*, 2001).

La precipitación de la Mb provocada por el descenso del pH, debido a la adición del ácido, disminuye los valores de la coordenada  $a^*$  (Swatland, 1995), efecto que puede

apreciarse visualmente tras la incorporación del ácido (Fernández-López, 1998). Existe una pérdida de los componentes rojos de la carne por efecto de la acidificación lo cual fue descrito por Cartagena (1997) al estudiar el efecto de la incorporación del vinagre (ácido acético) a la carne y por Rosmini *et al.* (1998) al estudiar el color de los sistemas de magro picado de los embutidos crudo-curados.

En la gráfica se puede observar que en las pastas sin pimentón el valor de la coordenada  $a^*$  fue menor cuando se agregó 1,0 % de ácido láctico, respecto de las pastas con 0,5 % y sin ácido, independientemente de la especie animal. Al incorporar 1,5 % de pimentón se produjo un incremento de la coordenada para todos los valores de ácido estudiados, anulándose las diferencias significativas ( $P > 0,05$ , test de Tukey) observadas en las pastas sin pimentón solamente para las elaboradas con magro porcino. El fenómeno se repite de igual forma al incorporar un 3,0 % de la especia, pero esta vez en ambos tipos de magro.

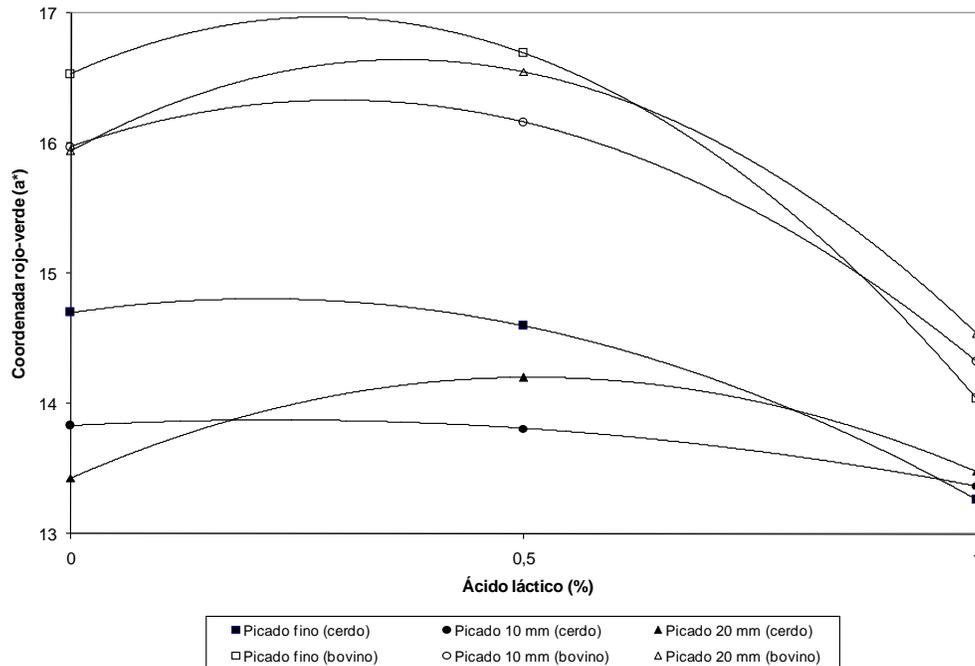
El aporte de componentes rojos por parte del pimentón produce un efecto sobre la coordenada  $a^*$  (incremento) que supera al del ácido láctico (disminución), incluso hace perder las diferencias existentes con los distintos tratamientos con ácido y sin pimentón. La no existencia de esas diferencias en los valores de  $a^*$  estaría corroborando, una vez más, que las concentraciones de ácido estudiadas no alcanzan a afectar a los pigmentos rojos del pimentón y que todo su efecto, evidenciado por la disminución de los valores de la coordenada  $a^*$  (efecto simple del ácido láctico, tabla 20), se produjo sobre los pigmentos del magro de la carne, tanto en bovino como en porcino.

Por otra parte, la persistencia de las diferencias registradas ( $P < 0,001$ ; test de Tukey) en las pastas de magro bovino al incorporarles 1,5 % de pimentón, sin y con ácido, se deberían al mayor contenido de Mb que aporta la carne de este animal.

### Interacción especie\*picado\*láctico

La interacción especie\*picado\*láctico resultó no significativa ( $P = 0,9675$ ; tabla 21).

La gráfica 14 evidencia nuevamente el descenso de los valores de  $a^*$  tras la adición del ácido láctico en ambos tipos de magro.



Gráfica 14: Representación de la interacción especie\*picado\*láctico para la coordenada  $a^*$ .

La destrucción de los tejidos por efecto del picado produce la liberación de los líquidos intra e intercelulares, arrastrando con ellos los componentes sarcoplasmáticos, los que se acumulan en la superficie del magro (Judge *et al.*, 1989; Rosmini y Schneider, 2000). Cuanto más intenso es el picado, mayor es la superficie de exposición y la cantidad de oxígeno incorporado. Paralelamente más cantidad de Mb se libera desde el interior de la estructura tisular.

La mayor concentración superficial de la Mb producida por el picado fino, facilitarían la acción desnaturalizante del ácido sobre las proteínas del magro. Al mismo tiempo, se favorecería la formación de MetMb y, consecuentemente, una mayor pérdida

de los componentes rojos por la inhibición de la actividad reductora de la metamioglobina (MRA) al descender el pH (Fox, 1994).

En la gráfica 14 se observan mayores valores de esta coordenada para las pastas picadas finamente y tratadas con 0,5 % de ácido láctico y sin éste, en ambos tipos de magro. Por otra parte, el test de Tukey reveló diferencias significativas ( $P < 0,001$ ) entre las pastas de bovino y porcino para estos mismos tratamientos (0 % y 0,5 % de ácido), independientemente del tipo de picado.

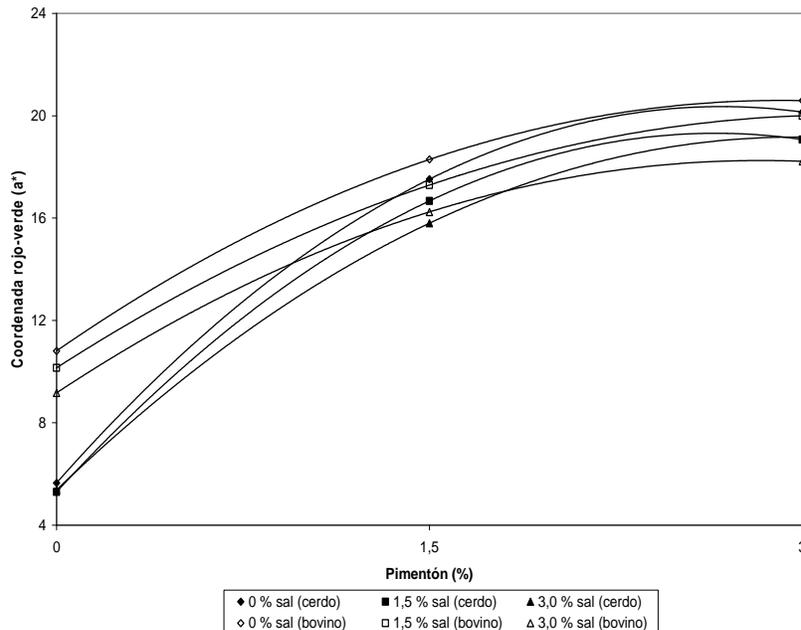
La adición de 1 % de láctico anula todas las diferencias halladas entre las pastas de bovino y porcino obteniéndose los menores valores de  $a^*$  para las picadas finamente lo cual demuestra el máximo efecto desnaturalizante del ácido sobre la mayor cantidad de Mb disponible superficialmente. Esta interacción revela un efecto combinado del tipo de picado y el descenso del pH. La relación de éstos factores permitiría, desde el punto de vista tecnológico, predecir los valores de  $a^*$  a fin de mejorar el color de los embutidos crudo-curados elaborados con mezcla de magro porcino y bovino.

### **Interacción especie\*pimentón\*sal**

En la gráfica 15 muestra la interacción especie\*pimentón\*sal la cual resultó no significativa ( $P = 0,7655$ ; tabla 21) y en la que se destacan los efectos antagónicos de la sal y el pimentón sobre los valores de  $a^*$ , tanto para las pastas elaboradas con magro porcino como las de bovino.

El efecto de la sal sobre la coordenada  $a^*$  del magro de las pastas cárnicas ha sido reportado en varios trabajos con tendencias diferentes. Así, se ha informado de un incremento de la coordenada en el jamón curado y el lomo embuchado (Forcén *et al.*, 1993; Pérez-Álvarez *et al.*, 1997), mientras que no se han observado modificaciones cuando el salado del magro se realiza mediante inmersión en salmuera a saturación y se

aplica vacío (deshidratación osmótica) (Iriarte *et al.*, 1993). Por otra parte, se observó un efecto variable en función de la concentración de sal adicionada a embutidos crudo-curados, representado por un descenso de la coordenada cuando la sal está por encima del 4,5 % y un incremento cuando es inferior a este valor (Alesón-Carbonell, 2002).



Gráfica 15: Representación de la interacción especie\*pimentón\*sal.

Anteriormente ya se comentó que la coordenada a\* disminuye tras la oxidación de la Mb, mientras que la oxigenación incrementa los valores de la misma (Pérez-Álvarez *et al.*, 1999). La incorporación de sal a la carne provoca la degradación de su color y el enranciado de las grasas a partir de las impurezas que contiene (iones metálicos como el hierro y el cobre) y de su efecto oxidante (Torres *et al.*, 1988; Hultin, 1993; Price y Schweigent, 1994; Rust, 1994; Townsend y Olson, 1994). La formación de MetMb está relacionada con la oxidación de los lípidos, donde dicho pigmento actuaría incluso como catalizador del deterioro de las grasas (Monahan *et al.*, 1994).

En la gráfica 15 se observa un aumento significativo de todos los valores de  $a^*$  ( $P < 0,01$ , test de Tukey) al incorporar 1,5 % de pimentón a las pastas de ambos tipos de magro, respecto de las tratadas sólo con sal. Este incremento se repitió al incorporar un 3,0 % de pimentón ( $P < 0,01$ , test de Tukey). Por otra parte, las diferencias significativas entre las pastas de cerdo y bovino tratadas sólo con sal ( $P < 0,01$ , test de Tukey y efecto simple de la sal, tabla 20), se pierden tras la adición de pimentón (1,5 y 3,0 %), lo cual demuestra el efecto dominante de la especia sobre la sal.

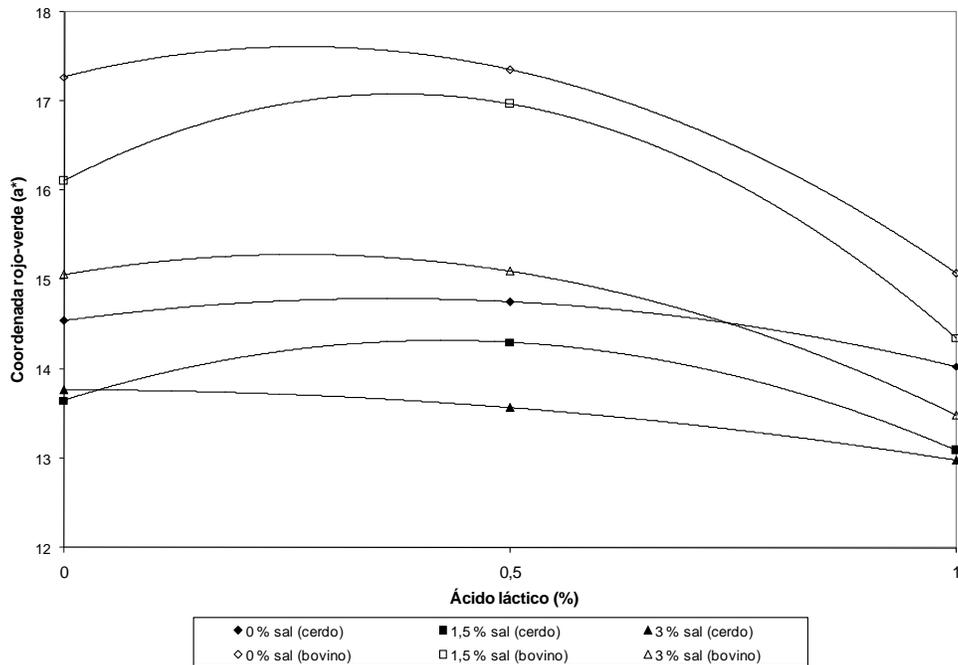
### **Interacción especie\*láctico\*sal**

La interacción especie\*láctico\*sal resultó no significativa ( $P = 0,7655$ ; tabla 21). En la gráfica 16 se observa que tanto la sal como el ácido láctico disminuyen los valores de la coordenada rojo-verde. Inicialmente, el tratamiento con diferentes concentraciones de sal y sin ella arrojó diferencias significativas ( $P < 0,01$ , test de Tukey) dentro de una misma especie y entre ellas, coincidiendo con la interacción especie\*sal ( $P < 0,01$ ; tabla 20).

Anteriormente se comentó que existe un efecto variable sobre la  $a^*$  en función de la concentración de sal adicionada a pastas de embutidos crudo-curados (Alesón-Carbonell, 2002).

La adición de 0,5 % de ácido láctico disminuyó aún más los valores de la coordenada  $a^*$ , aunque se mantuvieron las diferencias ( $P < 0,01$ , test de Tukey) observadas en todas las pastas sin ácido. El máximo de ácido (1%) logra anular la mayoría de estas diferencias, homogenizando los valores de la coordenada rojo-verde. Para la concentración máxima de láctico estudiada, el test de Tukey reveló sólo diferencias entre las pastas de bovino con 0 y 3,0 % de sal dentro de la misma especie.

Entre especies, sólo se mantuvo la diferencia entre las pastas bovinas con 0% de sal y las pastas de cerdo tratadas con 1,5 y 3,0 % de sal.



Gráfica 16: Representación de la interacción especie\*láctico\*sal.

El efecto desnaturalizante del ácido al 1%, en conjunto con el descenso del pH que provoca, predominan sobre los efectos de la sal en ambos tipos de magro cuando la concentración de ésta no supera el 3 %.

### Interacción especie\*fosfato

La interacción especie\*fosfato resultó no significativa ( $P = 0,1370$ , tabla 21). El test de Tukey reveló diferencias significativas entre las pastas tratadas con (0,15 y 0,3 %) y sin fosfato (0 %) para una misma especie animal y entre especies (cerdo-bovino), independientemente de la adición de fosfato, lo cual coincide con el efecto simple del fosfato y especie animal ( $P < 0,01$ , tabla 20). Los mayores valores de  $a^*$  se corresponden con las pastas de bovino tratadas con 0,3 % de fosfato y fue de 15,83,

mientras que el menor valor fue de 13,26 para las pastas de magro de cerdo sin fosfato (0% de fosfato).

Los polifosfatos básicos, como el tripolifosfato de sodio, tienen la capacidad de mejorar el sabor de la carne puesto que provocan la retención de los jugos, reducen la autooxidación de las grasas, disminuyen la intensidad del sabor a recalentado de la carne (WOF), favorecen la retención del color y poseen actividad antimicrobiana (Townsend y Olson, 1994). En condiciones normales la MetMb (marrón) es reducida a Mb (roja) por medio la MRA propia del tejido muscular. No obstante, este complejo es inhibido por los pH ácidos (Fox, 1994). Los fosfatos alcalinos al aumentar el pH de la carne favorecen el accionar de la MRA, la transformación de los pigmentos marrones a rojos y, consecuentemente, el aumento de la coordenada a\*.

Por otra parte, el efecto antes mencionado se vería potenciado por el aumento de la CRA por acción del propio aditivo, el cual estaría sustrayendo el agua de la superficie de la carne (Strökki, 1995), principalmente la incorporada (5 %) como vehículo de disolución de los aditivos agregados, concentrándose así los componentes rojos a nivel superficial que aumentan el valor de dicha coordenada.

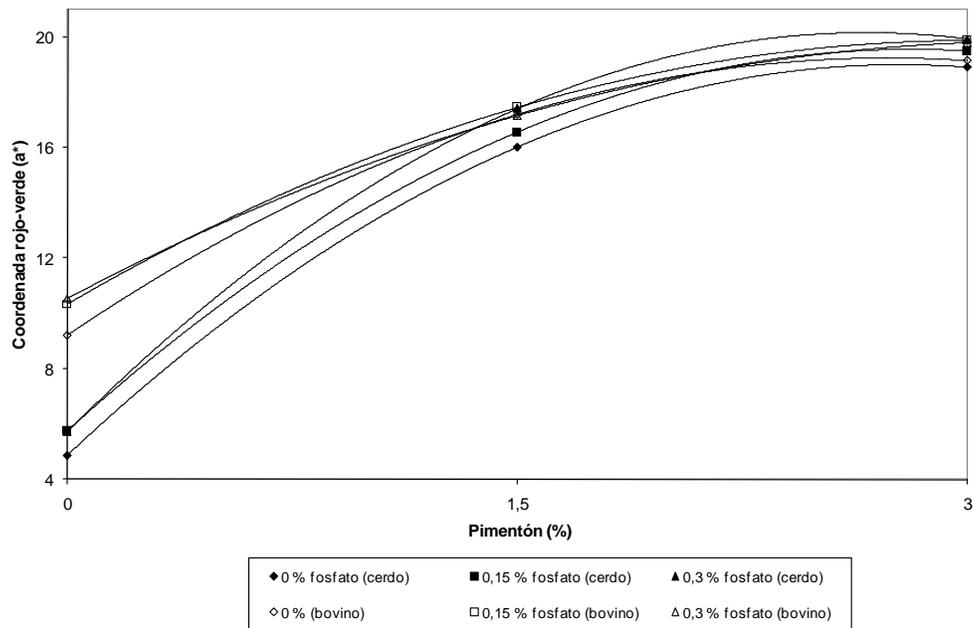
En otros estudios realizados por este mismo grupo de trabajo (Benzzo *et al.*, 2004; Zogbi *et al.*, 2004) la adición de tripolifosfato de sodio (0,15 y 0,3 %) incrementó significativamente los valores de la coordenada rojo-verde respecto de las pastas sin fosfato, tanto en pastas modelo de embutidos crudo-curados elaboradas con magro de cerdo como de bovino.

### **Interacción especie\*pimentón\*fosfato**

La interacción especie\*pimentón\*fosfato resultó no significativa ( $P = 0,0754$ ; tabla 21) y se representa en la gráfica 17. En ella se verifica nuevamente el aumento de la

coordinada a\* por adición de pimentón y fosfato, lo cual coincide con lo anteriormente discutido.

La interpretación de esta interacción resulta similar a la representada anteriormente en la gráfica 15. El pimentón predomina sobre el efecto del fosfato anulando las diferencias significativas observadas en las pastas sin la especia y tratadas con y sin fosfato, lo cual coincide con la interacción especie\*fosfato.



Gráfica 17: Representación de la interacción especie\*pimentón\*fosfato.

Por otra parte, el test de Tukey no demostró diferencias ( $P > 0,05$ ) entre las pastas tratadas con 1,5 y 3,0 % de pimentón, independientemente de la adición de fosfato y del tipo de magro.

El pimentón es una especia que sufre una fuerte hidratación cuando se pone en contacto con agua con lo cual, al ser incorporada a la pasta de carne, se ubica preferentemente en la superficie del magro y de la grasa (Gerhardt, 1975; Rosmini *et al.*, 1998). La adición de pimentón homogeniza todos los valores de las pastas

estudiadas, anulando las diferencias observadas entre el magro bovino y porcino debido a los aportes de los pigmentos rojos que contribuyen al aumento de esta coordenada. Este hecho constituye otra ventaja tecnológica para la elaboración de embutidos crudos-curados que contemplen en su formulación la mezcla de magro porcino y bovino y la adición de la especia.

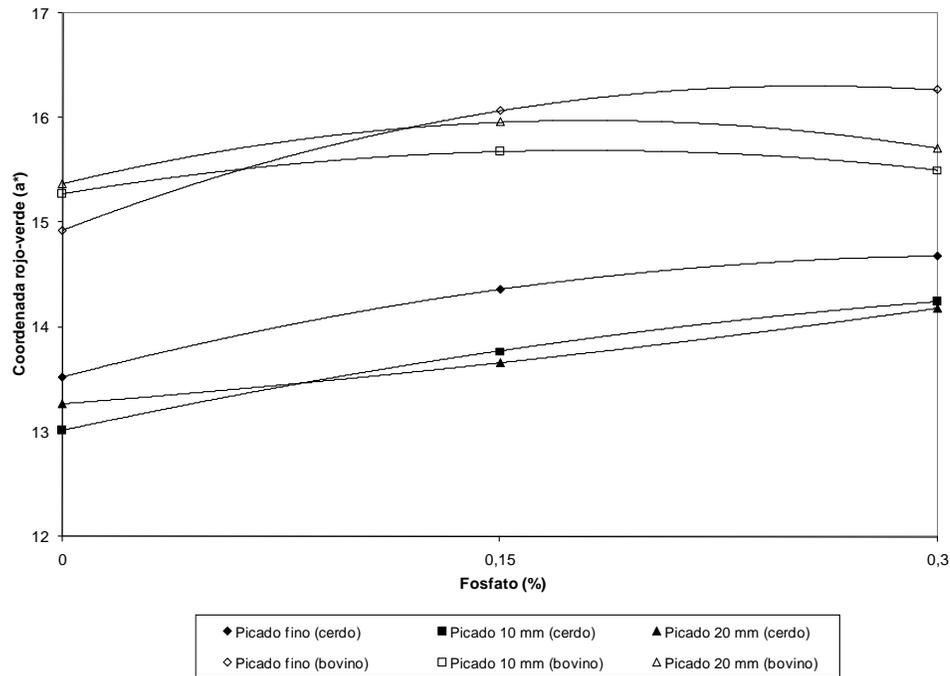
### **Interacción especie\*picado\*fosfato**

La interacción especie\*picado\*fosfato resultó no significativa ( $P = 0,4993$ , tabla 21) y se representa en la gráfica 18. En ella se observa que se mantienen las diferencias significativas ( $P < 0,001$ , test de Tukey) entre el picado fino y los picados con placa (10 y 20 mm) dentro de una misma especie y entre especies, tanto para las pastas con 0 % de fosfato como para las tratadas con 0,15 % de este aditivo. La adición de 0,3 % de fosfato anula las diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre las pastas de porcino y las de bovino independientemente del tipo de picado.

Como se comentó anteriormente el tripolifosfato de sodio aumenta la CRA a partir de la sustracción del agua disponible en la superficie de las pastas (Strökki, 1995), concentrando los componentes rojos a nivel superficial y aumentando de esta manera el valor de  $a^*$ . Por otra parte, también se discutió que cuanto más intenso es el picado (fino) mayor es la superficie de exposición, mayor es la cantidad de oxígeno incorporado y más cantidad de Mb y líquidos intra e intercelulares se liberan a partir del interior de la estructura tisular. Todo esto condiciona un aumento de los valores de la coordenada rojo-verde (gráfica 18) para las pastas picadas finamente y tratadas con 0,3 % de fosfato, tanto en bovino como en porcino.

El aumento del pH y de la CRA provocados por el máximo de fosfato estaría retrasando la oxidación de la Mb y Omb disponible en la superficie de las pastas,

sinergizándose de esta forma con el efecto del tipo de picado para aumentar los valores de  $a^*$ .



Gráfica 18: Representación de la interacción especie\*picado\*fosfato.

#### IV-V.2.3- Análisis de la coordenada amarillo-azul ( $b^*$ )

En la tabla 23 se presentan los resultados del Análisis de la Varianza (MANOVA) realizado para evaluar el efecto de los distintos tratamientos estudiados sobre la coordenada amarillo-azul ( $b^*$ ) de las pastas de carne de cerdo y bovino. Se observa que resultaron significativos ( $P < 0,01$ ) los efectos simples de la especie, pimentón, picado, ácido láctico y sal, así como las interacciones especie\*pimentón, especie\*picado, pimentón\*láctico, picado\*láctico, pimentón\*sal, láctico\*sal y picado\*láctico\*sal. También resultó significativa ( $P < 0,05$ ) la interacción especie\*fosfato.

Tabla 23.- Resultados *significativos* del MANOVA realizado para la coordenada amarillo-azul (b\*) de las pastas de magro de cerdo y bovino, considerando los factores especie (2 niveles), pimentón (3 niveles), picado (3 niveles), ácido láctico (3 niveles), sal (3 niveles), fosfato (3 niveles), y sus interacciones.

<b>Factor</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidad Pr &gt; F</b>
Especie	341,7562	1	341,7562	22,30	< 0,0001
Pimentón	54895,6627	2	27447,8313	1791,07	< 0,0001
Picado	2594,4811	2	1297,2405	84,65	< 0,0001
Ácido láctico	4282,2216	2	2141,1108	139,72	< 0,0001
Sal	2829,2140	2	1414,6070	92,31	< 0,0001
Especie*pimentón	1532,7778	2	766,3890	50,01	< 0,0001
Especie*picado	390,7070	2	195,3535	12,75	< 0,0001
Especie*fosfato	123,7010	2	61,8505	4,04	0,0187
Pimentón*láctico	610,4968	4	152,6242	9,96	< 0,0001
Picado*láctico	304,7949	4	76,1987	4,97	0,0007
Pimentón*sal	215,4730	4	53,8683	3,52	0,0080
Láctico*sal	891,8563	4	222,9641	14,55	< 0,0001
Picado*láctico*sal	506,5711	8	63,32	4,13	0,0001

De igual manera, la tabla 24 presenta las interacciones que involucran al factor especie y que no resultaron significativas.

Tabla 24.- Resultados *no significativos* del MANOVA realizado para la coordenada amarillo-azul (b\*) de las pastas de magro de cerdo y bovino, considerando los factores especie (2 niveles), pimentón (3 niveles), picado (3 niveles), ácido láctico (3 niveles), sal (3 niveles), fosfato (3 niveles), y sus interacciones.

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Probabilidad Pr > F
Especie*láctico	81,6094	2	40,8047	2,66	0,0715
Especie*pimentón*picado	15,4434	4	3,8609	0,25	0,9084
Especie*pimentón*láctico	78,8698	4	19,7174	1,29	0,2753
Especie*picado*láctico	34,3364	4	8,5841	0,56	0,6918
Especie*sal	38,6086	2	19,3046	1,26	0,2853
Especie*pimentón*sal	143,8339	4	35,9585	2,35	0,0547
Especie*picado*sal	64,8681	2	16,2170	1,06	0,3775

En la tabla 25 se observan los resultados del Análisis de la Varianza (MANOVA) realizado para evaluar el efecto del factor tiempo sobre la coordenada amarillo-azul (b\*) de las pastas de carne de cerdo y bovino. El criterio seleccionado a fin de valorar las diferencias que resultaron significativas, para el tiempo y sus interacciones con los restantes factores estudiados, fue el lambda de Wilk's o estadístico-U. Se observa que resultaron significativas ( $P < 0,01$ ) las interacciones tiempo\*especie y tiempo\*pimentón. También resultaron significativas ( $P < 0,05$ ) las interacciones tiempo\*láctico y tiempo\*sal.

Tabla 25.- Resultados *significativos* del MANOVA realizado para la coordenada amarillo-azul (b\*), considerando el factor tiempo (5 niveles: 0-2-4-6-8 h) y sus interacciones con los demás factores (tratamientos) estudiados.

Factor	Valor	Valor F	Grados de Libertad Numerador	Grados de Libertad Denominador	Estadístico Wilk's Lambda (Pr > F)
Tiempo*especie	0,8928	8,61	4	287	< 0,0001
Tiempo*pimentón	0,8974	3,99	8	574	0,0001
Tiempo*láctico	0,9404	2,24	8	574	0,0233
Tiempo*sal	0,9328	2,54	8	574	0,0101

### **Factor especie animal**

En la tabla 23 se observa que resultó significativo ( $P < 0,0001$ ) el efecto simple de la especie animal para la coordenada amarillo-azul ( $b^*$ ) con valores de 19,67 y 20,42 para las pastas elaboradas con magro de bovino y cerdo respectivamente. El test de Tukey arrojó diferencias significativas entre ambos valores ( $P < 0,01$ ).

Los valores de  $b^*$  están relacionados tanto con la estructura o matriz muscular (Alesón-Carbonell, 2002; Perez-Alvarez, 1996) de las materias primas cárnicas como con los estados de la Mb (Fernández-López, 1998), que para este estudio son la OMb y la MetMb.

Los productos elaborados a base de carne presentan una mezcla de colores que se forman a partir de los diferentes estados de la Mb y las proporciones en las que se encuentran presentes. Así, el color del producto dependerá, en gran medida, de la concentración de MetMb en el pigmento total. Cuando dicha proporción está entre el 50 y el 60 % el color es rojo-marrón, cuando está en 60-70 % es marrón-rojizo y por encima del 70 % es gris-marrón (Wirth, 1990). La interconversión continua entre las tres formas básicas del pigmento hace variar el color según la proporción relativa y la distribución de éstos en cada tipo de músculo. Cabe mencionar, además, que después del sacrificio y durante la glicólisis *post-mortem*, cada músculo de la canal está sujeto a diferentes secuencias de temperatura/pH (Lawrie, 1998), por lo que los músculos en los que tiene lugar la oxidación de Mb y formación de MetMb se ven afectados de forma diferente, modificando así la mayor o menor estabilidad intrínseca del color.

Por otra parte, la apreciación que tiene el consumidor sobre el color de la carne se ve influenciada por el grado de infiltración graso (marmóreo) de la pieza muscular, de modo que valores superiores al 2,5% de contenido de grasa de infiltración aumentan la reflectancia de la luz (aumenta la luminosidad) y, en consecuencia, proporcionan un

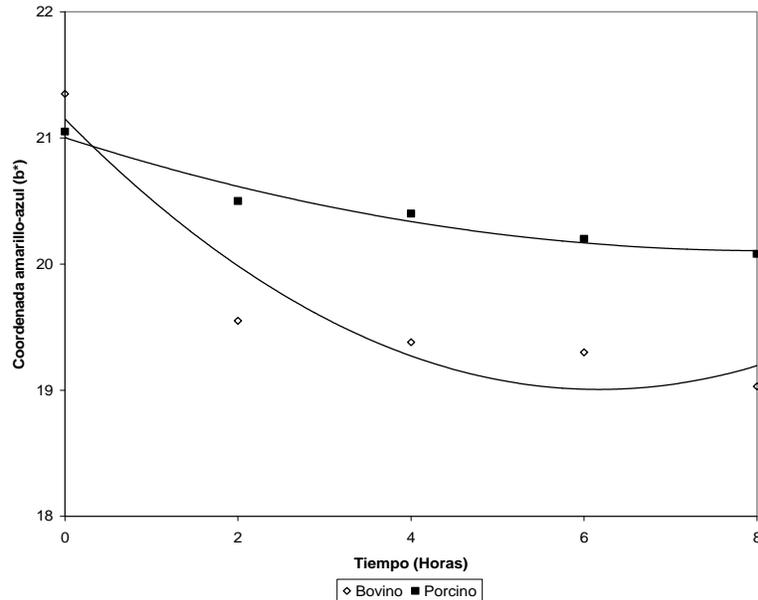
aspecto más claro de la carne. Pérez-Álvarez (1996) observó que las "carnes grasas" presentan valores de  $b^*$  similares a los obtenidos para las "carnes magras". Este comportamiento podría deberse a una mayor contribución de "componentes amarillos" por parte de la grasa. Además, la cantidad y tipo de grasa de cada depósito (subcutáneo, intermuscular, intramuscular, cavitario y visceral) difiere según las especies. En el cerdo, por ejemplo, existe más grasa subcutánea que en el bovino e incluso varía dentro de una misma especie, observándose cómo el ganado vacuno de aptitud lechera acumula predominantemente grasa interna, mientras que los animales de aptitud cárnica acumulan mayor cantidad de grasa subcutánea, también denominada grasa de cobertura (Lister, 1992).

Jeremiah *et al.* (1991) observaron diferencias significativas en los valores de pH final del músculo LD entre machos castrados y machos enteros de la especie bovina, correspondiendo los pH más elevados a los machos enteros. Esto estaría justificado por su mayor excitabilidad y, consecuentemente, mayor consumo de glucógeno debido a la acusada contracción muscular e hipersecreción de catecolaminas antes del sacrificio (Sornay y Legras, 1978).

Los mayores valores de la coordenada amarillo-azul observados en este estudio para las pastas elaboradas con magro porcino se atribuirían no sólo al menor contenido del pigmento hemínico presente (Mb), sino además al tipo, distribución y grado de infiltración de la grasa (marmóreo) de los músculos que componen la paleta de cerdo. A esto debe sumársele el pH de la carne lo cual condiciona la oxidación de la Mb y la actividad residual de la MRA post-mortem, teniendo en cuenta que el porcino es una especie más susceptible al estrés que el bovino al momento de la faena.

### Interacción tiempo\*especie

La interacción tiempo\*especie para la coordenada amarillo-azul ( $b^*$ ) resultó significativa ( $P < 0,0001$ , tabla 25) y se representa en la gráfica 19.



Gráfica 19: Representación de la interacción especie\*tiempo para la coordenada  $b^*$ .

En la misma se observa un mayor descenso de los valores de  $b^*$  para las pastas elaboradas con magro bovino que para las pastas de porcino, principalmente durante las primeras 4 horas.

Debido a que el análisis de la evolución de esta coordenada en el tiempo se realiza (en función del diseño experimental planteado) como un promedio de todos los tratamientos estudiados, los valores de  $b^*$  se encuentren dentro del rango de las pastas tratadas con pimentón.

El pimentón posee una elevada proporción de pigmentos amarillos como la criptoxantina, luteína y violaxantina (xantófilas amarillas) (Farrel, 1990; Locey y Guzinski, 2000) que serían los responsables del aumento inicial de la coordenada  $b^*$  en

las pastas tratadas con esta especia. Figueroa *et al.* (1993) señalan que los valores de  $b^*$  disminuyen durante los procesos oxidativos del pimentón.

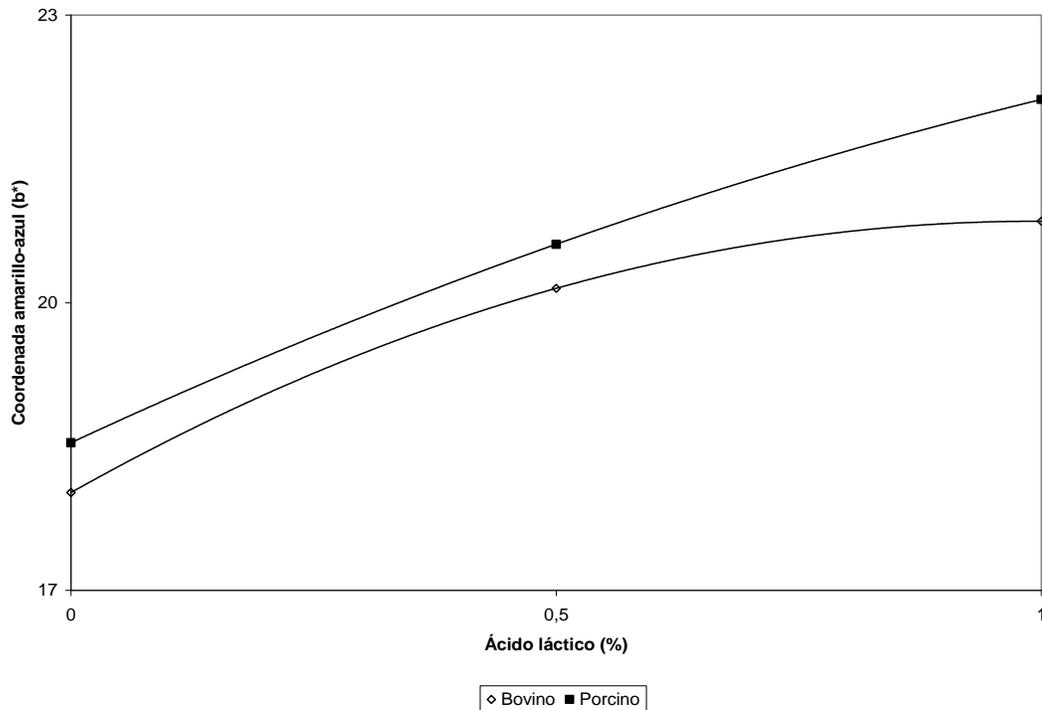
Como la interacción tiempo\*pimentón resultó significativa ( $P = 0,0001$ , tabla 25), la diferencia observada en la disminución de los valores de  $b^*$  entre ambos tipos de pastas durante la etapa de amasado-reposo no se debería a la oxidación de los pigmentos aportados por el pimentón.

Como se mencionara con anterioridad, un elevado contenido de Mb otorga a la carne un color rojo oscuro, como sucede con la especie bovina, mientras que una baja proporción le confiere un color rosa claro característico del porcino. Por otra parte, cuando la superficie de la carne tiene un alto porcentaje de OMb se observa de color rojo brillante, mientras que si predomina a este nivel el pigmento MetMb, el color resulta amarillo-oscuro a marrón (Strange *et. al.*, 1974). Además, la relación entre los tres estados de la Mb encontradas en la superficie de la carne fresca dependerá tanto del nivel de autooxidación y consumo de oxígeno, como de la actividad residual de la MRA (Renner, 1990). Todas estas reacciones se hallan condicionadas por los valores de pH afectando, en consecuencia, el color de la carne.

El mayor descenso de la coordenada  $b^*$  para las pastas de bovino durante la primera mitad de la etapa de amasado-reposo se debería al mayor contenido de Mb presente en esta especie y a la formación de OMb a expensas de ésta. De esta forma, existiría en la mezcla de colores resultante de las distintas formas de la Mb, una menor proporción de MetMb lo cual determinaría los menores valores de la coordenada  $b^*$ . Luego, durante la segunda mitad de la etapa de amasado-reposo, las proporciones de las diferentes formas del pigmento tienden a equilibrarse como se observa en la gráfica 19.

### Interacción especie\*ácido láctico

La gráfica 20 muestra la interacción especie\*ácido láctico la cual resultó no significativa ( $P = 0,0715$ , tabla 24). El test de Tukey reveló diferencias significativas entre las pastas de ambos tipos de magro (bovino-porcino) solo cuando fueron tratadas con 1 % del ácido.



Gráfica 20: Representación de la interacción especie\*ácido láctico para la coordenada b\*.

Al tratar las pastas de ambas especies con 1 % de ácido láctico resultaron superiores los valores de la coordenada amarillo-azul en aquellas elaboradas con magro de porcino. Al ser idéntico el tratamiento aplicado en ambos tipos de pastas (bovino-porcino) se puede considerar que las diferencias en los valores de b\* estarían relacionadas con un mayor efecto del ácido sobre el magro de porcino y una mayor proporción de componentes amarillos probablemente representados por la MetMb formada por el efecto del ácido.

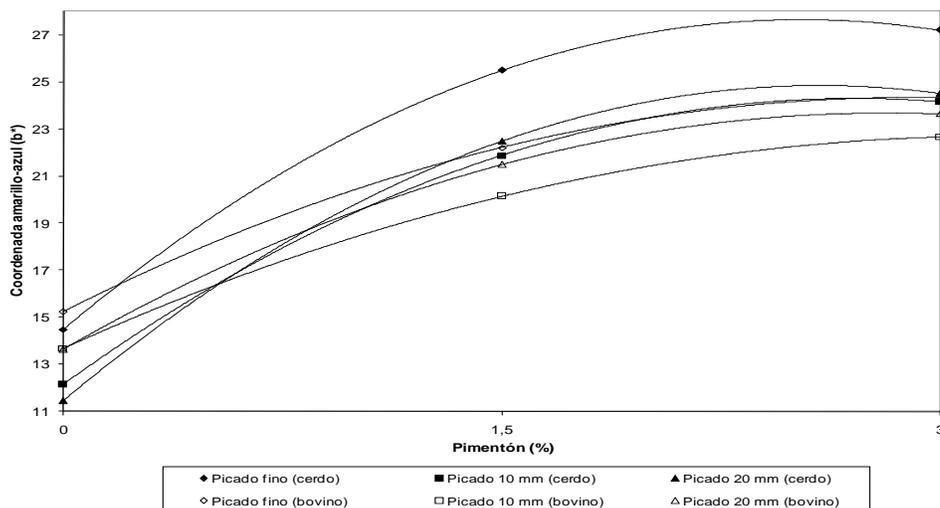
Estos resultados coinciden con las observaciones realizadas por Cartagena (1997) durante la elaboración de Güeña (producto cárnico español) al registrar un aumento significativo de  $b^*$  por acidificación del medio con ácido acético y por Fernández-López *et al.*, (2004) al estudiar pastas cárnicas de embutidos crudo-curados elaboradas con magro porcino.

Los bajos valores de pH reducen la constante de estabilidad del 5º ligando del hierro del grupo hemo (Livingston y Brown, 1981) y tienen una fuerte influencia sobre la Mb. Inicialmente se desestabiliza, desnaturalizándose a pH inferiores a 5 y, posteriormente, se incrementa la formación de MetMb por mecanismos de auto oxidación (Wong, 1995; Varnam y Sutherland, 1998).

La disminución del pH de las pastas estudiadas tras la adición de las distintas concentraciones del ácido habría favorecido la formación de MetMb y, con ello, el aumento de la coordenada  $b^*$ .

### Interacción especie\*pimentón\*picado

En la tabla 24 se observa que la interacción especie\*pimentón\*picado resultó no significativa ( $P = 0,9084$ ) y se representa en la gráfica 21.



Gráfica 21: Representación de la interacción especie\*pimentón\*picado para la coordenada  $b^*$ .

El test de Tukey mostró diferencias ( $P < 0,01$ ) entre las pastas de ambos tipos de magro picadas finamente y con placa, pero sin pimentón. Esto coincide con el efecto simple del picado ( $P < 0,0001$ , tabla 23).

Teniendo en cuenta que el proceso de picado destruye la estructura muscular (Judge *et al.*, 1988) liberando las proteínas sarcoplasmáticas, cuanto más intenso es éste la destrucción del tejido muscular resulta mayor facilitando la exposición de los pigmentos y su posterior oxidación en la superficie de la carne. Un valor de la coordenada  $b^*$  superior por efecto del picado fino, comparado con los picados con placa, estaría evidenciando el aumento de la proporción de las formas amarillas del pigmento (MetMb) en la superficie del magro.

El tratamiento con 1,5 y 3,0 % de pimentón anula la mayoría de las diferencias existentes entre ambos tipos de magro picados con placa (10 y 20 mm) pero no entre las pastas picadas finamente. No obstante, las concentraciones utilizadas de la especia no alcanzan a compensar las diferencias observadas entre las pastas picadas finamente. La menor concentración de Mb en las pastas de porcino y los efectos del picado fino (aumento de la concentración de componentes amarillos y su oxidación a nivel superficial) explicarían los mayores valores de  $b^*$  comparados con las pastas de bovino.

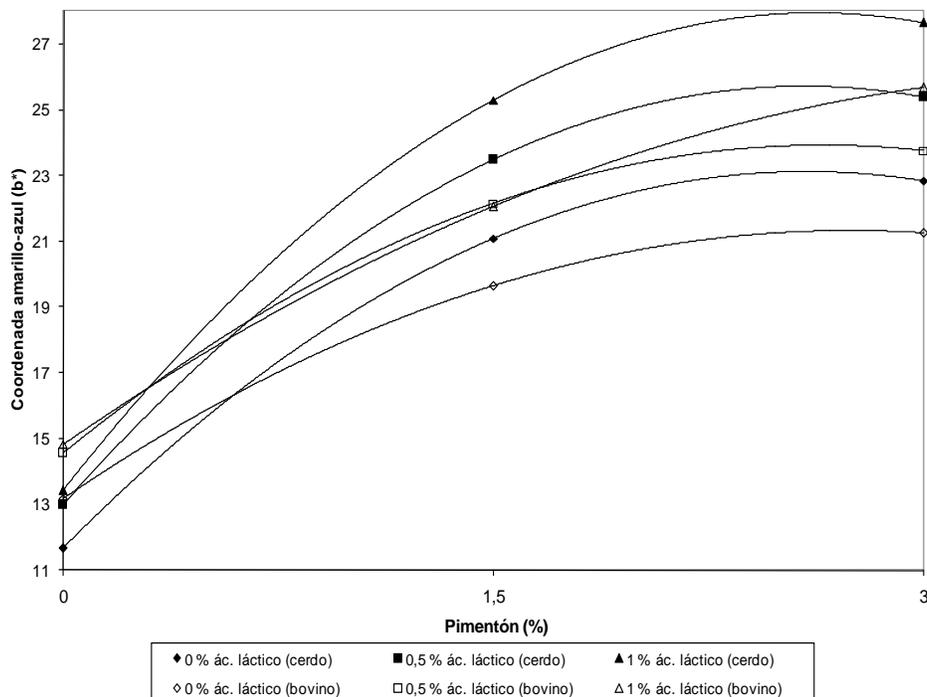
#### **Interacción especie\*pimentón\*láctico**

En la tabla 24 se observa que no resultó significativa ( $P = 0,2753$ ) la interacción especie\*pimentón\*láctico para la coordenada amarillo-azul ( $b^*$ ). El test de Tukey arrojó diferencias ( $P < 0,01$ ) entre ambos tipos de pastas (bovino-porcino) al tratarlas con las diferentes concentraciones de ácido láctico (0,5 y 1,0 %), registrándose los mayores valores de  $b^*$  para las pastas tratadas con 1,0 % de ácido láctico y, los menores, en

aquellas no tratadas con el ácido, lo cual coincide con el efecto simple del ácido láctico ( $P < 0,0001$ , tabla 23).

La adición de pimentón (1,5 y 3,0 %) anuló la mayoría de las diferencias entre las pastas de magro bovino y porcino, a excepción de las tratadas con el máximo de ácido láctico y pimentón.

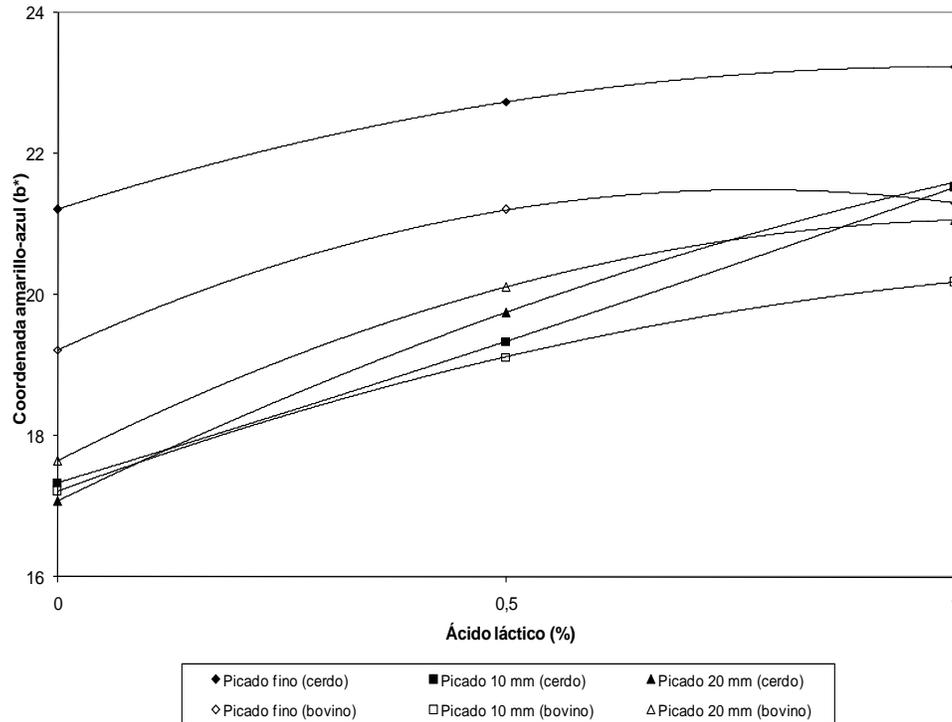
Estos resultados estarían evidenciando que si bien existe un aumento de los valores de la coordenada amarillo-azul tras los tratamientos con pimentón y con ácido láctico en ambos tipos de magro, el diferente contenido de Mb (factor especie) influiría en el color de las pastas. La menor concentración de Mb en las pastas de porcino sumado al mayor efecto desnaturalizante del ácido (1 %) se traduce en un aumento de los componentes amarillos (MetMb) a nivel superficial, lo cual coincide con la interacción especie\*ácido láctico ya discutida.



Gráfica 22: Representación de la interacción especie\*pimentón\*ácido láctico para la coordenada b\*.

### Interacción especie\*picado\*ácido láctico

En la gráfica 23 se muestra la interacción especie\*picado\*ácido láctico, la cual resultó no significativa ( $P = 0,6918$ ; tabla 24) y en la que se destacan los efectos del picado y del ácido láctico sobre los valores de  $b^*$ . En la misma se observa el efecto sinérgico entre las concentraciones de ácido láctico utilizadas y el picado fino, el cual queda evidenciado por los mayores valores de  $b^*$  alcanzados en las pastas de ambos tipos de magro (bovino-porcino). El test de Tukey observó diferencias ( $P < 0,01$ ) sólo entre las pastas de porcino y bovino picadas finamente, independientemente de la concentración de ácido láctico adicionada.



Gráfica 23: Representación de la interacción especie\*picado\*ácido láctico para la coordenada  $b^*$ .

Estos resultados confirman que el picado fino pone en evidencia la diferente concentración de Mb existente entre ambas especies (bovino-porcino).

### **Interacción especie\*sal**

La interacción especie\*sal resultó no significativa para la coordenada amarillo-azul ( $P = 0,2853$ , tabla 24). La adición de sal a las pastas de bovino disminuyó los valores de  $b^*$  desde un valor promedio de 21,04 (0 % de sal) hasta 19,71 y 18,26 para las tratadas con 1,5 y 3,0 % de sal respectivamente. De igual manera, se produjo el descenso en las pastas de cerdo sin sal desde un valor promedio de 21,81, pasando a 20,15 (1,5 % de sal) y 19,31 (3,0 % de sal) para las adicionadas con sal. El test de Tukey mostró diferencias significativas entre las pastas de cerdo y bovino sólo para la máxima concentración de sal (3,0 %).

La sal tiene dos mecanismos principales para promover la oxidación de la Mb. En primer lugar disminuye el pH de cualquier buffer presente en la carne, oxidando de esta forma la Mb a MetMb (Cross *et. al*, 1986). Dicha acción se produce sobre el  $Fe^{+2}$  del grupo hemo que pasa a  $Fe^{+3}$  (Judge *et. al*, 1989; Knipe, 1993), efecto debido principalmente a la acción del ión  $Cl^-$  (Wettasinghe y Shahidi, 1996), produciendo el típico color que domina los productos cárnicos que han sido elaborados sólo con sal (Wirth, 1990). En segundo lugar, disminuye la solubilidad del oxígeno en la carne provocando una reducción del potencial redox, lo cual favorece aun más la oxidación de la Mb (Cross *et. al*, 1986). Este mismo hecho podría dificultar la oxigenación de la Mb liberada durante el proceso de picado.

El descenso de la coordenada  $b^*$  registrado en el presente estudio, tras la adición de sal, estaría relacionado con la formación de MetMb a expensas de la Mb y de la OMb presente en la carne, fenómeno que se incrementaría frente a mayores concentraciones de sal. Como consecuencia de este fenómeno se forma una mezcla de colores en la pasta de carne que resulta de las distintas proporciones de los colores correspondientes a las

diferentes formas del pigmento. En dicha mezcla existiría una menor proporción de componentes amarillos, lo cual determinaría los menores valores de la coordenada  $b^*$ .

Con respecto a los estados de la Mb, en los estudios de Fernández-López *et al.* (2000 y 2004), se aprecia que la reducción de MetMb a Mb se traduce en un descenso de los valores de esta coordenada, mientras que cuando se forma OMb la coordenada  $b^*$  aumenta, los responsables serían las modificaciones en la matriz por la pérdida de agua ya que la disminución de la humedad en la superficie del producto dificultaría la difusión del oxígeno al interior del mismo, reduciendo las posibilidades de formación de OMb.

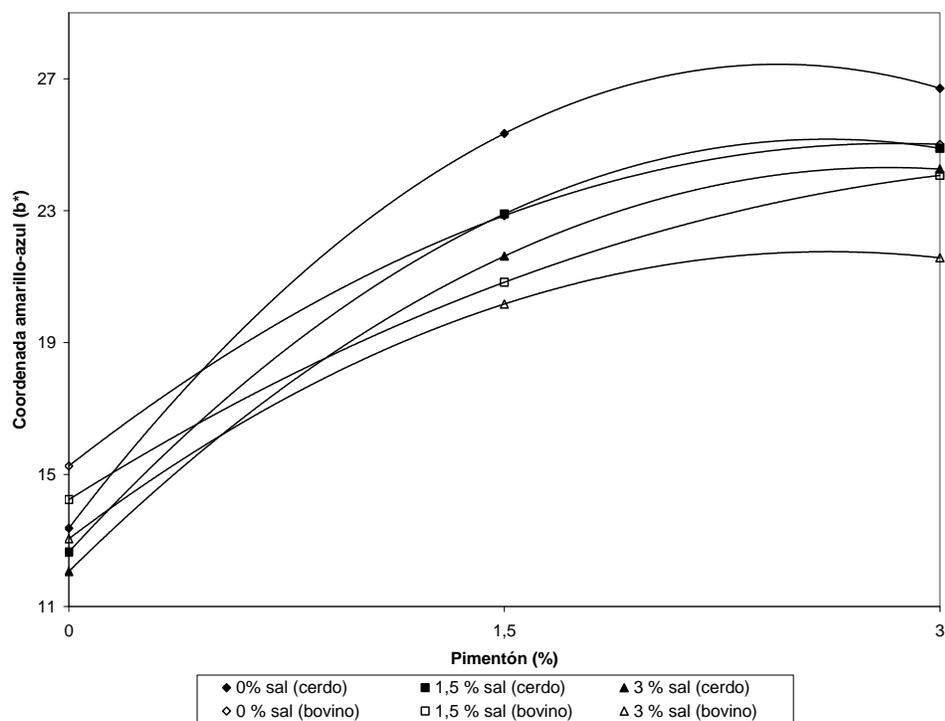
Estos resultados estarían demostrando que las diferencias observadas entre ambos tipos de pastas tratadas con 3 % de sal se deberían a la concentración de Mb característica de cada especie.

### **Interacción especie\*pimentón\*sal**

La interacción especie\*pimentón\*sal para la coordenada amarillo-azul resultó no significativa ( $P = 0,0547$ , tabla 24) y se representa en la gráfica 24. En ella se observan los efectos antagónicos de la sal (descenso) y del pimentón (aumento) sobre los valores de  $b^*$ . El test de Tukey demostró diferencias ( $P < 0,01$ ) entre las pastas de bovino y porcino únicamente cuando éstas fueron tratadas con el máximo de sal y pimentón.

Fernández-López *et al.* (2002) se demostraron un efecto predominante del pimentón sobre la sal para los valores de  $b^*$  en pastas de magro porcino tratadas de la misma forma que en el presente estudio (3,0 % de sal y 3,0 % de pimentón).

Debido a que la interacción pimentón\*sal resultó significativa ( $P = 0,0080$ , tabla 23), las diferencias observables entre las pastas de ambos tipos de magro (bovino-porcino) se deberían nuevamente al contenido de Mb de cada uno, coincidiendo con la interacción especie\*sal.

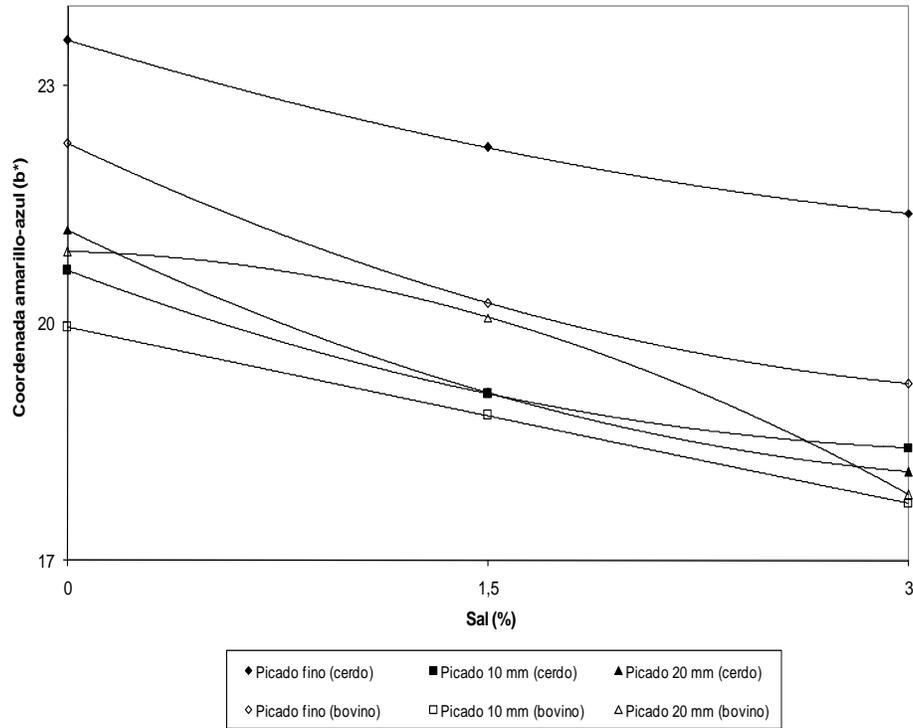


Gráfica 24: Representación de la interacción especie\*pimentón\*sal para la coordenada b\*.

### Interacción especie\*picado\*sal

La interacción especie\*picado\*sal resultó no significativa ( $P = 0,3775$ ; tabla 24) y se muestra en la gráfica 25. El test de Tukey arrojó diferencias significativas únicamente entre las pastas de magro bovino y porcino cuando éstas se picaron finamente, independientemente de la adición de sal.

Estos resultados confirman que, si bien el descenso de los valores de  $b^*$  por acción de la sal se mantiene frente a los diferentes tipos de picado, la mayor destrucción de la estructura tisular, seguida de un aumento del pigmento total en la superficie de las pastas, pone en evidencia la importancia del factor especie (bovino-porcino). De esta forma, el menor contenido de Mb en las pastas de cerdo y su posterior conversión a MetMb favorecida por efecto del picado fino, determinan que éstas exhiban mayores valores de  $b^*$  comparadas con las pastas de bovino.



Gráfica 25: Representación de la interacción especie\*picado\*sal para la coordenada b\*.

## VI- CONCLUSIONES

- 1- La luminosidad ( $L^*$ ) de la carne depende de la especie animal. Los mayores valores de esta coordenada para la carne de cerdo, respecto del bovino, estarían asociados a las diferencias estructurales y de composición química entre ambas especies.
- 2- Los tratamientos individuales con pimentón y ácido láctico afectan drásticamente los valores de  $L^*$  de las pastas de magro porcino y bovino, resultando superiores los efectos de la especia a los provocados por el ácido.
- 3- El efecto del ácido láctico sobre la  $L^*$  (aumenta los valores) resulta superior a los provocados por la adición de sal (disminuye los valores) en ambas especies.
- 4- El picado, específicamente el picado fino, aumenta la  $L^*$  de las pastas de bovino y porcino al incrementar la liberación de líquidos tisulares y su disponibilidad a nivel superficial. Esto favorecería el proceso de secado en embutidos crudos-curados y favorecería el uso de mezclas de recortes cárnicos (cerdo y bovino), lo cual se traduciría en una mejora de la rentabilidad por el uso de recortes bovinos cuyo valor comercial es inferior.
- 5- El valor de la coordenada rojo-verde ( $a^*$ ) en la carne sin tratamientos depende principalmente de la concentración de los diferentes hemopigmentos presentes, especialmente de la mioglobina (Mb), razón principal que explica el valor superior de  $a^*$  para el magro bovino respecto del porcino.

- 6- En las pastas tratadas con pimentón los valores de  $a^*$ , tanto para porcino como para bovino, dependen principalmente de los componentes rojos aportados por la especia. El pimentón tiende a homogenizar, a lo largo de la etapa de amasado-reposo, las diferencias entre los valores de esta coordenada para las pastas elaboradas con ambos tipos de magro (porcino-bovino). Esto representaría otra ventaja en la elaboración de embutidos crudo-curados elaborados con mezcla de recortes de carne porcina y bovina.
- 7- La mayor concentración de Mb y OMb presente en las pastas de bovino y, consecuentemente, su oxidación (MetMb), explica la disminución más pronunciada de  $a^*$  durante las primeras horas de la etapa de amasado-reposo respecto de las pastas elaboradas con magro porcino.
- 8- El pimentón anula las diferencias existentes entre los valores de  $a^*$  para las pastas de bovino y porcino tratadas con ácido láctico (0,5 y 1,00 %), con fosfato (0,15 y 0,30 %) y sometidas a diferentes tipos de picado. Esto evidencia el predominio del pimentón sobre los efectos del tratamiento con ácido láctico, con fosfato, el tipo de especie (bovino-porcino) y la operación de picado.
- 9- La incorporación de 1,00 % de ácido láctico a las pastas picadas finamente anula las diferencias existentes entre los valores de la coordenada  $a^*$  para los diferentes tipos de magro estudiados (porcino-bovino). Esto se produce como consecuencia de la desnaturalización proteica y, por lo tanto, de la pérdida de la estructura de cada magro, con lo cual se podría justificar que las diferencias estructurales son las responsables de las diferencias de las coordenadas.

- 10- permitiría, desde el punto de vista tecnológico, predecir los valores de  $a^*$  a fin de mejorar el color de los embutidos crudo-curados elaborados con mezcla de magro porcino y bovino.
- 11- El fosfato aumenta los valores de  $a^*$  para las pastas bovinas y porcinas ya que retrasa la oxidación de las formas del pigmento (Mb y OMb) que contribuyen a los valores de esta coordenada. Así mismo, la máxima concentración de fosfato empleada en este estudio (0,30 %) anula las diferencias existentes entre ambos tipos de magro, independientemente del tipo de picado.
- 12- Los valores de la coordenada amarillo-azul ( $b^*$ ) son superiores en las pastas porcinas respecto de las elaboradas con magro bovino. Esta diferencia se atribuiría no sólo al menor contenido del pigmento hemínico (Mb) sino también al pH, tipo, distribución y grado de infiltración grasa que posee la carne de cerdo. Además, esta especie es más susceptible al estrés durante la faena lo cual influye notablemente en los valores de pH del músculo post-mortem.
- 13- El efecto del ácido láctico sobre los valores de  $b^*$  es superior en las pastas porcinas respecto de las elaboradas con magro bovino. Esto se explicaría por la mayor proporción de componentes amarillos en las pastas de cerdo, principalmente MetMb, cuya formación se ve acelerada por la disminución del pH provocada por el ácido.
- 14- La adición de sal disminuye los valores de  $b^*$  en las pastas elaboradas tanto con magro porcino como bovino. La diferencia registrada con la mayor

concentración de sal (3,0%) entre ambos tipos de pastas se debería a las diferentes proporciones del pigmento (Mb, OMb, MetMb) características de la especie animal.

15- El picado fino aumenta los valores de  $b^*$  en las pastas elaboradas con magro porcino respecto de las pastas bovinas, independientemente de los tratamientos con sal y pimentón. Este efecto se debería, nuevamente, a la proporción de las diversas formas del pigmento (Mb, OMb, MetMb) que aportan cada una de las especies utilizadas en este estudio (porcino-bovino).

16- Este trabajo formó parte de una serie de investigaciones destinadas a estudiar la formación del color de los productos cárnicos crudo-curados. Los resultados obtenidos hasta el momento permiten orientar las investigaciones futuras hacia el estudio de otras etapas del proceso de fabricación, así como la influencia de otros factores como la actividad de los microorganismos fermentadores.

## VII- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACTON, J.C. (1972). The effect of meat particle size on extractable protein, cooking loss and binding strength in chicken loaves. *J. Food Sci.* 37: 240-243.
- AGUIRREZABAL, M.M. (1993). Influencia de diversos ingredientes en el proceso madurativo del chorizo. Tesis doctoral. Departamento de Tecnología de Alimentos. Facultad de Veterinaria. Universidad de León. León, España.
- ALEIXANDRE, J.L. (1996). Procesos de elaboración de alimentos. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia (SPUPV), Valencia, España.
- ALESON-CARBONELL, L.F. (2002). Aplicación de fibra de origen cítrico en la elaboración de productos cárnicos crudo-curados. Trabajo fin de Carrera de Ingeniero Agrónomo. Escuela Politécnica Superior de Orihuela de la Universidad Miguel Hernández. Orihuela, España.
- ALLEN, C. E. y E. A. FOEGEDING. 1981. Some lipid characteristics and interactions in muscle foods-review. *Food Tec.* 35: 253.
- ANDERSON, M.R. (1992). Microbiología alimentaria, Metodología analítica para alimentos y bebidas. Madrid, España. Diaz de Santos S.A. P. 275-282.
- ANDRÉS, A.I.; RUIZ, J.; MAYORAL, A.I.; TEJEDA, J.F. y CAVA, R. (2000) Influence of rearing conditions and crossbreeding on muscle color in Iberian pigs. Influencia de las condiciones de crianza y del cruce en el color de los músculos de cerdos Ibéricos. *J. Food Sci. and Tec. Int.* 6: 315-321.
- ANÓNIMO (1991). Collecting data on the evaluated colour of meat with the CR-200. *Application News*, 12, N° C003. Japan, Minolta.
- ANÓNIMO (1992). Utilizing CM-1000 to analyze meat. *Application News*, 4, N° C004. Japan, Minolta.

- ANÓNIMO (2000). El proceso tradicional de elaboración del pimentón de Murcia y sus posibles innovaciones. <http://www.comarcadelavera.com/Pimenton/default.htm>
- ARANDA, V.; PEREZ-ALVAREZ, J.A.; SAYAS, M.E.; PAGAN, M.J.; GAGO, M.A.; ROSMINI, M.R.; FERNANDEZ- LOPEZ, J.; PERLO, F. y RUIZ PELUFFO, C. (1996). Embutidos curados. Simposio Centroamericano y del Caribe sobre procesamiento de carnes. Costa Rica.
- BACUS, J.N. (1986). Utilization of microorganisms in Meat Processing. Letchworth, UK. Research Studies Press Ltd.
- BACUS, J.N. (1994). Embutidos fermentados secos y semisecos: prácticas generales y tecnologías innovadoras. Manual del Vº Curso Teórico-Práctico de Tecnología Cárnica. Ames (Iowa), Iowa State University and Protein Technologies International.
- BADUÍ, S. (1981). Química de los alimentos. México, Alhambra Mexicana.
- BENZZO, M.T.; ZOGBI, A.P.; ZURBRIGGEN, C.; SEQUEIRA, G.; DALLA SANTINA, R. y ROSMINI, M.R. (2004). “Variación de las coordenadas de color del magro porcino durante la etapa de amasado-reposo en la fabricación de embutidos crudo-curados”. XIX Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Buenos Aires, Argentina.
- BERIAIN, M.J.; LIZASO, G.; HERNÁNDEZ, B.; HORCADA, A. y RURROY, A. (1995). “Changes in meat colour from Pirenaica calves during air exposure”. 41<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology. San Antonio, Texas, Estados Unidos. Abstrac. 87, p. 412-413.

- BIACS, P.A.; DAOOD, H.G.; PADISA, A. y HADJU, F. (1989). Studies on the carotenoid pigments of paprika (*Capsicum annum* L. var. Sz-20). *J. Food Chem.* 37: 350-353.
- BLANCO, A. (2000). Proteínas. *Química Biológica*. 7ed. Buenos Aires, Argentina. El Ateneo. P. 45-52.
- BOHINSKI, R.C. (1978). *Bioquímica*. México, Fondo Educativo Interamericano.
- BOOKS, C.C. (1971). Fatty acid composition of pork lipids as affected by basal diet, far source and fat level. *J. Anim. Sci.* 33: 1224-1231.
- BRUSCO, J. (1989). ¿Qué debemos comer? 2ed. Buenos Aires, Argentina. Lidium. Cap. 3, p. 92-99.
- CAMBERO, M.; ORDOÑEZ, J.; PEREIRA, C.; COBOS, A. y DE LA HOZ, L. (1994). Perspectivas en la fabricación de productos cárnicos hiposódicos. *Alim. Equip. Tec.* I-II: 111-116.
- CAMPBELL-PLATT, G. (1995). Fermented meats a world perspective. En Campbell-Platt, G. y Cook, P.E. *Fermented meats*. London, UK Chapman y Hall.
- CARTAGENA, R. (1997). Caracterización física y fisicoquímica de productos cárnicos elaborados en la Comarca del medio Vinalopó (Elda-Petrer). Proyecto fin de Carrera. Orihuela, E.P.S.O., Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. España.
- CASSENS, R.G.; DEMEYER, D.; EIDELNBOOM, G.; HONIKEL, K.O.; JOHANSSON, G.; NIELSEN, T.; RENERRE, M.; RICHARDSON, J y SAKATA, R. (1995). "Recommendation of reference method for assessment of

meat colour”. 41<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology. San Antonio, Texas, USA. Abstrac. 86, p. 410-411.

- CERVERA, R. (1995). Estudio de la evolución del color en el proceso de elaboración del paté. Proyecto fin de Carrera, E.U.I.T.A., Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- CHAN, W.; BROWN, J.; LEE, S.M. y BUSS, D.H. (1995) Meat, poultry and game. London, UK. The Royal Society of Chemistry and the Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H. y BESANÇON, P. (1989). Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos. Vol. II. Zaragoza, España. Acribia.
- CIE (1986). Colorimetry. N° 15.2. Vienna, Publication of Commission Internationales de l’Eclairage.
- CORETTI, K. (1986). Embutidos: elaboración y defectos. Zaragoza, España. Acribia.
- COSTA, J.C. (1991). “Pimiento para pimentón. Estado actual sobre la selección de variedades para cultivo tradicional y para recolección mecánica. La innovación en la horticultura”. 10º Aniversario de la S.E.C.H. Valencia, España. Promociones LAU. S.A.
- CROSS, H.R., DURLAND, P.R. y SEIDEMAN, S.C. (1986). Sensory qualities of meat. En Bechtel, P.J. (Ed.) Muscle As Food. New York, Academic Press. P. 279-320.
- CUNHA DA SILVA, E.M.; MOSS, B.W. y GAULT, N.F.S. (1994). “Stability of dried salted lamb stored under tropical conditions”. 40<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology. Hague, Netherlands. S-IIA.21.

- DAOOD, H.G.; VINKLER, M.; MARKUS, F.; HEBSHIJ, E.A. y BIACS, P.A. (1996). Antioxidant vitamin contents of spice red pepper (paprika) as affected by technological and varietal factors. *Food Chem.* 55: 365-372.
- DEMASI, T.W.; GRIMES, L.W.; DICK, R.L. y ACTON, J.C. (1989). Nitrosoheme pigment formation and light effects on colour properties of Semidry, nonfermented and fermented sausages. *J. Food Protec.* 52: 189-193.
- DURAND, P. (1984). Aditivos de Productos Cárnicos. Centro de Investigación y Desarrollo de carnes. *Noticiteca*, 14: 268-279.
- EDER, R. (1996). Physical characterization and nutrient analysis. En Nollet, L.M. (Ed.) *Handbook of food analysis*. New York, Marcel Dekker INC. Vol. I, p. 996-1000.
- EFFENBERGER, E. (1980). Tripas artificiales. Zaragoza, España. Acribia.
- ERICHSEN, Y. (1983). Fermented fish and meat products: The present position and future possibilities. En Roberts, T.A. y Skinner, F.A. (Ed.) *Food Microbiology: Advances and propects*. London, Academic Press. P. 271-286.
- FARRELL, K.T. (1990). *Spice, condiments and seasonings*. 2ed. New York, Avi Book by Nostrand Reinhold.
- FEHLHABER, K. y JANETSCHKE, P. (1995). *Higiene veterinaria de los alimentos*. Zaragoza, España. Acribia.
- FENNEMA, O. (1993). *Química de los Alimentos*. Zaragoza, España Acribia.
- FERNANDEZ-GINES, J.M. (2001). Contribución al estudio objetivo del color en una pasta fina elaborada con albedo. Trabajo fin de Carrera de Ingeniero Agrónomo. Escuela Politécnica Superior de Orihuela de la Universidad Miguel Hernández. Orihuela, España.

- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. (1998). Estudio del color por métodos objetivos en sistemas modelo de pastas de embutidos crudo-curados. Tesis doctoral. Departamento de Producción Animal, Universidad de Murcia. Murcia, España.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A. y ARANDA, V. (1994). Contribución al estudio del jamón curado: Influencia del pH y temperatura de salado sobre las propiedades de color. En Fito P., Serra J.A., Hernández, E. y Vidal, D. Anales de Investigación del Master en Ciencia e Ingeniería de alimentos. Valencia, Reproval. Vol III, p. 169-184.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; ROSMINI, M.R. y PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A. (1998). El color como propiedad física en el control de calidad de la carne y productos cárnicos. Curso de posgrado. Facultad de Veterinaria, Dpto. de Salud Pública Veterinaria. UNL, Esperanza. Argentina. P. 8-30.
- FERNANDEZ-LOPEZ, J.; PEREZ - ALVAREZ, J.A.; SAYAS-BARBERÁ, M.E.; LOPEZ-SANTOVEÑA, F. y ARANDA-CATALA, V. (2000). Characterization of different satates of myoglobin in pork usign color parameters and reflectance ratios. *J. Muscle Food*. 11: 157-167.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; SAYAS-BARBERÁ, E. y LÓPEZ-SANTOVEÑA, F. (2002). Effect of paprika (*Capsicum annum* L.) on color of spanish-type sausages during the resting stage. *J. Food Sci.* 67: 2410-2414.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SAYAS-BARBERÁ, E.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A. y ARANDA-CATALÁ, V. (2004). Effect of sodium chloride, sodium tripolyphosphate and pH on color properties of pork meat. *Color research and application*. 29: 67-74.

- FIGUEROA, M.V.; ARANDA, V.; PAGÁN, M.J. y PÉREZ ÁLVAREZ, J.A. (1993). Efecto del tocoferol sobre la estabilidad del pimentón (*Capsicum annum* L.) a la luz ultravioleta y temperatura. En Fito, P; Serra, J.A.; Hernández, E. y Vidal, D. Anales de investigación del Master en Ciencia e Ingeniería de Alimentos. Valencia, España. Reproval. Vol. III, p. 169-184.
- FISCHER, A. (1994). Tecnología de la producción y elaboración de los productos cárnicos. En Prändl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T. y Sinell, H.J. Tecnología e higiene de la carne. Zaragoza, España. Acribia. Parte B, p. 511-625.
- FLORES, J. y BERMELL, S. (1995). Curado de embutidos. Consecuencias de la acidificación y factores que la afectan. *Fleishwirtsch español.* 2: 22-24.
- FLORES, J. y NIETO, P. (1985) Composición y características de los lípidos de los tejidos adiposo y muscular del cerdo. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 25: 305-315.
- FORCÉN, R.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; GAGO, M.A. y ARANDA, V. (1993). Evolución del color en los períodos de salado y pos salado en la elaboración del jamón curado. En Fito P., Serra J.A., Hernández, E. y Vidal, D. Anales de Investigación del Master en Ciencia e Ingeniería de Alimentos. Valencia, España. Reprobal. Vol. III, p. 545-562.
- FORREST, J.C.; ABERLE, E.D.; HEDRICK, H.B.; JUDGE, M.D. y MERCKEL, R.A. (1979). *Fundamentos de Ciencia de la carne.* Zaragoza, España. Acribia.
- FOX, J.B. (1966). The Chemistry of meat pigments. *J. Agric. Food Chem.* 14: 207-209.

- FOX, J.B. (1994). Los pigmentos de la carne. En Price, J.F. y Schweigert, P.S. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. 2ed. Zaragoza, España. Acribia. P. 175-198.
- FOX, J.B. y ACKERMAN, S.A. (1968). Formation of nitric oxide myoglobin: mechanisms of the reaction with various reductans. J. Food Sci. 3: 64-366.
- FRANCIS, J.C. y CLYDESDALE, F.M. (1975). Food colorimetry: Theory and applications. Westport (Connecticut), AVI Publishing Co.
- FRENTZ, J. (1982). L'enciclopedia de la charcuterie. Orly, Saussane.
- FREY, W. (1988). Embutidos crudos consistentes. Noticiteca. 18: 45-51.
- GACULA, M.C. JR. y SINGH, J. (1984). Statistical methods in food and consumer research. Orlando, USA. Academic Press.
- GARCÍA-MARCOS, M.; ROSMINI, M.R.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; GAGO, M.A.; LÓPEZ-SANTOVEÑA, F. y ARANDA, V. (1996). "Curing agents effects in a dry-cured sausage model system during the mixing-resting stage". En Hildrum, K.L. Meat for the consumer. 42<sup>nd</sup>. International Congress of Meat Science and Tecnology. Lillehamer (Norway), matforsk, Norwegian Food Research Institute. Abstrac. L-1, p. 481-482.
- GERHARDT, U. (1975). Especies y condimentos. Zaragoza, España. Acribia.
- GERHARDT, U. (1980). Aditivos e ingredientes. Zaragoza, España. Acribia.
- GIDDEY, C. (1966). The change in meat pigments in sausage making processes. J. Sci. Food Agric. 17: 14-17.
- GIESE, J. (1995). Measuring physical properties of food. J. Food Tec. 49: 54-63.
- GIFFEE, J.W.; URBIN, M.C.; FOX, J.B.; LANDMANN, W.A.; SIEDLER, A.J. y SLIWINSKI, R.A. (1960). Chemistry of animal tissues Proteins. En Gillespie,

E.L. (Ed.) The Science of meat and meat products. W.H. Freeman. San Francisco, USA. 3: 56-150.

- GILABERT, E.J. (1992). Medida del color. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. SPUPV-92. 684.
- GIMÉNEZ, J.L. (2000). El pimentón: aspectos generales, proceso de elaboración, control de calidad y métodos de esterilización. En Pérez Alvarez, J.A.; Fernández López, J.; Sayas Barbera, E. y Martínez Sánchez, F. (Eds.) La Industria cárnica: aspectos económicos, científicos y tecnológicos. Elche, Universidad Miguel Hernández. Orihuela, España.
- GIMENEZ, M.; SANDERSON, R.J.; REISS, O.K. y BANCHERO, N. (1977) Effects of Altitude on Myoglobin and Mitochondrial Protein in Canine Skeletal Muscle. *Respiration*. 34: 171-176.
- GIRARD, J.P.; DENOYER, C. y MAILLARD, T. (1991). El picado grosero. La reestructuración de las pastas finas. En Girard, J.P. Tecnología de la carne y de los productos cárnicos. Zaragoza, España. Acribia. P. 231-300.
- GÓMEZ, K.A. & GÓMEZ, A.A. (1976). Statistical procedures for agricultural research. Los Baños (Laguna-Filipinas), The International Rice Research Institute.
- GOUTEFONGEA, R. (1991). La salazón. En Girard, J.P. Tecnología de la carne y de los productos cárnicos. Zaragoza, España. Acribia. P. 125-149.
- GOUTEFONGEA, R. y DUMONT, J.P. (1990). Developments in low-fat meat and meat products. En Wood J.D. y Fischer, A.V. Reducing fat in meat animals. Londres, Elsevier Applied Science. P. 398-435.
- GOVINDARAJAN, S. (1973). Fresh meat color. *CRC Critical Reviews in Food Tec.* 4: 117-139.

- GRAU, R. (1996). Estandarización de un método objetivo para determinar la estabilidad del color en el pimentón (*Capsicum annum* L.). Proyecto fin de Carrera. E.U.I.T.A., Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- GRZES, B.; POSPIECH, E. y STEFANSKA, D. (1996a). "Comparison of water retention and colour of meat treated with various salts at different pH value". 42<sup>nd</sup> International Congress of Meat Science and Technology. Norway. P. 357-358.
- GRZES, B.; POSPIECH, E.; GREASER, M.L.; MOZDIAK, P.E. y SOSNICKI, D. (1996b). "Effect of various salts on appearance of myosin and  $\alpha$ -actinin in centrifugaldrip of meat". 42<sup>nd</sup> International Congress of Meat Science and Technology. Norway. P. 388-389.
- GUERRERO, I. (1998). Curso de postgrado en Tecnología e Higiene de carnes. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Departamento de Salud Pública Veterinaria - UNL. Esperanza, Argentina.
- HAMM, R. (1960). Biochemistry of meat hydration. En Chichester, C.O.; Mark, E.M. y Stewart, G.F. *Advances in Food Research*. New York, Academic Press. P. 355-463.
- HAMMER, G. (1992). Sustancias aditivas y aditivos. En Wirth, F. *Tecnología de los embutidos escaldados*. Zaragoza, España. Acribia.
- HEREDIA, F.J.; CAMEAN, A.M. y GUZMÁN, M. (1986). Utilidad de los parámetros cromáticos en la evaluación de la calidad de los vinos tintos. *Rev. Agroq. Tec. Alim.* 26: 447-481.
- HISGHSMITH, S. (1976). Interaction of the actin and nucleotide binding sites on myosin subfragment I. *J. Biol. Chem.* 251: 6170 - 6172.

- HULTIN, H.O. (1993). Características del tejido muscular. En Fennema, O. Química de los alimentos. Zaragoza, España. Acribia. P. 125-149.
- HUNT, M.C.; SMITH, R.A.; KROPF, D. y TUMA, H.J. (1975). Factors affecting showcase color stability of frozen lamb in transparent film. J. Food Sci. 40: 637- 640.
- HUNT, M.C. (1980). “Meat colour measurements”. 33<sup>th</sup> Reciprocal Meat Conference. Purdue, American Meat Science Association y National Live Stock and Meat Board. P. 41-46.
- HUNT, M.C. y KROPF, D. (1985). “Fresh and cured meat colour analyses”. Muscle Food Symposium, Institute of Food Technologist Annual Meeting, paper N° 151. Manhattan (Kansas), Kansas State University.
- HUNT, M.C.; ACTON, J.C.; BENEDICT, R.C.; CALKINS, C.R.; CORNFORTH, D.P.; JEREMIAH, L.E.; OLSON, D.P.; SALM, C.P.; SAVELL, J.W. y SHIVAS, S.D. (1991). American meat Science Association, Guidelines for meat colour evaluation. Chicago, USA. National Live Stock and Meat Board.
- HUTCHING, J.B. (1994) Food Colour and apperance. Glasgow, Scotland, UK. Blackie Academic L. Professional.
- ICMSF (1983). Ecología Microbiana de Alimentos. Tomo I. Factores que afectan la supervivencia de los microorganismos en los alimentos. Zaragoza, España. Acribia.
- ICMSF (1985). Ecología Microbiana de Alimentos. Tomo II. Productos alimenticios. Zaragoza, España. Acribia.
- IRIARTE, M.L.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; GAGO, M.A.; FITO, P. y ARANDA, V. (1993). Introducción al estudio del salado de paleta de cerdo por deshidratación osmótica al vacío. En Fito, P.; Serra, J.; Hernández, E., y Vidal,

D. Anales de investigación del Master en Ciencia e Ingeniería de Alimentos. Valencia, Reproval. Vol. III, p. 579-593.

- INCZE, K. (1986). Technologie and Microbiologie der ungarischen Salami. Fleischwirtsch. 66: 1305-1311.
- IRIE, M. (2001). Optical evaluation of factors affecting appearance of bovine fat. Meat Sci. 57: 19 - 22.
- IRIE, M. y SWATLAND, H. J. (1992) Relationships between Japanese pork color standards and optical properties of pork before and after frozen storage. Food Res. Int. 25: 21-30.
- INSTITUTO NACIONAL DE RACIONALIZACIÓN (1981). Nomenclatura cromática española. Madrid, España. INR.
- ISO (1973). Meat and meat products. Determination of total fat content. R 1443. Geneva, International Organization for Standardization.
- ISO (1975). Meat and meat products. Determination of moisture content. R 1442. Geneva, International Organization for Standardization.
- ISO (1978). Meat and meat products. Determination of nitrogen content. R 937. Geneva, International Organization for Standardization.
- ISO (1985). Meat and meat products. Determination of ash content. R 936. Geneva, International Organization for Standardization.
- JAY, J. (1994). Microbiología moderna de los alimentos. 3ed. Zaragoza, España. Acribia.
- JEREMIAH, L.E.; TONG, A. K. W y GIBSON, L. L. (1991) The usefulness of muscle color and pH for segregating beef carcasses into tenderness groups. Meat Sci. 30: 97-114.

- JOHANSSON, G.; TORNBERG, E y LUNDSTRÖN, K. (1991). "Meat colour in loin and ham muscles of normal meat quality from Hampshire, Swedish Landrace and Yorkshire pigs". 37<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology. Kulmbach, Alemania. P. 394 -397.
- JUDGE, M.; ABERLE, E.; FORREST, J.; HEDRICH, H. y MERKEL, R. (1989). Principles of meat science. Dubuque, Kendall/Hunt Publishing Co. P. 135-178.
- KANNER, J. (1994). Oxidative processes in meat products: Quality implications. Meat Sci. 36: 169-189.
- KATSARAS, K.; PEETZ, P. y GEYER, S. (1991). Meat pigments determination by a simple and non-toxic alkaline haematin method (and alternative to Hornsey and the cyanometamyoglobin methods. Meat Sci. 29: 17-24.
- KINSMAN, D.M.; KOTULA, A.W. y BREIDENSTEIN, B.C. (1994) Muscle foods. Meat, poultry and seafoods technology. New York : Chapman y Hall Publishing.
- KLETTNER, P.G. y RÖDEL, W. (1979). Die Bedeutung der Temperatur bei der Rohwurstreifung. Fleischerei. 30: 907-908.
- KNIPE, L. (1993). "Basic science of meat processing". In Cured meat short course. Session I. Iowa, Iowa State University. April 27.
- KNIPE, C.; OLSON, D. y RUST, R. (1988) Effects of inorganic phosphates and sodium hydroxide on cooked cured color, pH and emulsion stability of reduced-sodium and conventional meat emulsions. J. Food Sci. 53: 1305-1308.
- KROPF, D.H. (1993). Colour stability. Factors affecting the colour of fresh meat. Meat Focus. 2: 269-275.

- KUHNE, D. (1984). Zusammensetzung der Fette bei verschiedenen Tierarten. Mitteilungsblatt der BAFF, 84 vom 01.06, S. 5959.
- LAGUNA, J. y PIÑA, E. (1981). Bioquímica. México, La Prensa Médica Mexicana.
- LANARI, M.C. y CASSENS, R.G. (1991) Mitochondrial activity and beef muscle color stability. J. Food Sci 56: 1476-1479.
- LAVELLE, C.L.; HUNT, M.C. y KROPF, D.H. (1995). “Expressible juice and internal cooked colour of ground beef patties from vitamin E-supplemented”. 41<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology. San Antonio, Texas, USA. American Meat Sci. 79: 396-397.
- LAWRIE, R. (1998) Constitución química y bioquímica del músculo. En ciencia de la carne por R. Lawrie. Zaragoza, España. Acribia.
- LEHNINGER, L. (1994). Bioquímica, las bases moleculares de la estructura y función celular. Barcelona, España. Omega S.A.
- LEISTNER, L. (1986). Allgemeines uber Rohwurst. Fleischwirtsch. 66: 290-300
- LEISTNER, L. (1991). Fermented and intermediated-moisture meat products. Outlook on Agriculture. 20: 113-119.
- LEVY, A.; HAREL, S.; PALEVITCH, D.; AKIRI, B.; MENAGEM, E. y KANNER, J. (1995). Carotenoid pigments and  $\beta$ -carotene in paprika fruits (Capsicum, spp) with different genotypes. J. Agric. Food Chem. 43: 362-366.
- LEDWARD, D.A. (1992) Haemoproteins in meat and meat products. In: Developments in Food Proteins. London. Applied Sci. P. 33-68.

- LINDAHL, G.; KERSTIN, L. y TORNBERG, E. (2001). Contribution of pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the colour of pork loin and ham from pure breed pigs. *Meat Sci.* 59: 141-151.
- LISTER, D. (1992) Fundamental interactions between nutrition and growth. En *The contribution of nutrition to human and animal health* por E.M. Widdowson and J.C.Mathers. Cambridge, Cambridge University Press. 21: 233-241.
- LITTLE, A.C. (1975). Of on a tangent. *J. Food Sci.* 40: 410-411.
- LIVINGSTON, D.J. & BROWN, W.D. (1981). The chemistry of myoglobin and its reactions. *Food Tec.* 35: 244-252.
- LOCEY, C.L. y GUZINSKI, J.A. (2000). Paprika. En Lauro, G.J. y Francis, F.J. (Eds.) *Natural food colorants*. New York, Marcel Dekker Inc. P. 97-113.
- LÓPEZ DE TORRE, G. y CARBALLO-GARCÍA, B.M. (1991). *Manual de bioquímica y tecnología de la carne*. Madrid, España. Martín Vicente Ediciones.
- LOZANO, R. D. (1978). *El color y su medición*. Buenos Aires, Argentina. Americale S.R.L.
- LÜCKE, F.K. (1987). Procesos microbiológicos en la elaboración de embutidos secos y jamones crudos. *Fleischwirtsch español.* 2: 39-46.
- MABON, J.T. (1993). Colour measurements of food. *Cereal Foods World.* 38: 21-25.
- MAGIC (2005). La actividad económica en la provincia de Santa Fe, Importancia del sector cárnico. <http://www.santefe.gov.ar/magic/index.html>
- MARCOS, D. (1991). *Embutidos crudo-curados españoles*. Madrid, España. Ediciones Ayala S.L.
- MARTÍN, I. (1998). El color de la carne y la vitamina E. *Carnetec.* 1: 20-23.

- McDOUGALL, D.B., (1982). Changes in the colour and opacity of meat. *Food Chem.* 9: 75-88.
- McLEAN, R.A. y ANDERSON, V.L. (1984). *Applied Factorial & Fractional Designs. Statistics: Textbooks y monographs.* New York, Marcel Dekker Inc. Vol. 55.
- MEAT PACKERS COUNCIL (1979). Aditivos para curado. Ácido ascórbico, ascorbatos y eritorbatos. *Noticiteca.* 57: 2-4.
- MILLER, R.K.; CROSS, H.R.; CROUSE, J.D. y TATUM, J.D. (1987). The influence of diet and time on feed on carcasses traits and quality. *Meat Sci.* 19: 303-314
- MILLER, R.K. (1994). Quality characteristics. En Kidnsman, D.M.; Kotula, A.W. y Breidnstein, B.C. (Ed.) *Muscle foods. Meat, poultry and seafoods technology.* New York, Chapman y Hall. 11: 296-332.
- MONAHAN, F.J.; ASGHAR, A.; GRAY, J.I.; BUCKLEY, D.J. y MORRISSEY, P.A. (1994). Effect of oxidized dietary lipid and vitamin E on the colour stability of pork chops. *Meat Sci.* 37: 205-215.
- MORRIS, J. G. (1980). *Físicoquímica para biólogos.* Barcelona, España. Reverté S.A.
- MURIEL, E.; ANTEQUERA, T. y RUIZ, J. (2002). Efecto del tipo de músculo sobre parámetros de calidad en carne fresca de cerdo ibérico. *Ciencia y Tecnología Alimentaria.* 3: 241-24.
- NAVARRO, F. y COSTA, J. (1993). *La oleoresina del pimentón.* Universidad de Murcia. Murcia, España.

- NISHINA, A. (1991). Antioxidant effects of tocoferol and L-ascorbic acid on ethyl eicosapentaenoate and methyl linoleate. *Agricultural and Biological Chemistry* 55: 1665-1667.
- NIVEN, C.F. (1994). Microbiología y parasitología de la carne. Parte 1. En Price, J.F. y Schweigert, B.S. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos* Acribia. Zaragoza. P. 199-237.
- NUEZ, F.; GIL, R. y COSTA, J. (1996). *El cultivo de pimientos, chiles y ajíes*. Madrid, España. Mundi-Prensa.
- ONYANGO, C.A.; IZUMOTO, M. y KUTIMA, P.M. (2001). Comparison of some physical and chemical properties selected game meats. *J. Meat Sci.* 49: 117-125.
- OSTRANDER, J. Y DUGAN, L.R. (1962) Some differences in composition of covering fat, intermuscular fat, and intramuscular fat of meat animals. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 39, Number 3.
- PAGÁN, M.J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; SAYAS, M.E. y ARANDA, V. (1992). Aportaciones al proceso de elaboración del chorizo: evaluación del color y parámetros físico-químicos. En Fito, P.; Serra, J; Hernández, E. y Vidal, D. (Ed.) *Anales de Investigación del Master en Ciencia e Ingeniería de Alimentos*. Valencia, Reproval. Vol. I, p. 553-574.
- PALIC, A.; KRIZANEC, D. y DIKANOVIC-LUCAN, Z. (1993). The antioxidant properties of spices in dry fermented sausages. *Fleischwirtsch.* 73: 670-672.
- PALOMBO, R. y G WIJNGAARDS, G. (1990). Characterization of changes in psychometric colour attributes of comminuted porcine lean meat during processing. *Meat Sci.* 28: 61-76.

- PEARSON, A.M. y TAUBER, F.W. (1984). Processed meats. 2ed. Westport, Connecticut, USA. AVI Publishing Company, Inc.
- PEARSON, A.M. (1994). La función muscular y los cambios postmortem. En Price, J.F. y Schweigert P.S. Ciencia de la carne y de los productos cárneos. Acribia. Zaragoza. P. 139-173.
- PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A. (1996). Contribución al estudio objetivo del color en productos cárnicos crudo-curados. Tesis Doctoral. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; SÁNCHEZ, E.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., GAGO, M.A.; RUIZ-PELUFFO, C.; ROSMINI, M.R.; PAGÁN, M. J.; LÓPEZ-SANTOVEÑA, F. y ARANDA, V. (1997). Lomo embuchado: evolution of the physicochemical and colour parameters during the salting seasoning stage. J. Muscle Food. 8: 395-411.
- PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; ROSMINI, M.R. y SAYAS, M.E. (1999). Determinación objetiva del color en los alimentos. Techno Food. 11: 18-28.
- PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; FERNÁNDEZ LÓPEZ, J. y SAYAS BARBERA, E. (2000). El Pimentón en la industria cárnica. En Rosmini, M.R.; Pérez Alvarez, J.A. y Fernández López, J. (Eds.) Nuevas tendencias en la Tecnología e Higiene de la Industria cárnica. Gráficas Limencop S.L. Elche, España. P. 235-252.
- PERLO, F. (1997). Caracterización física y fisicoquímica de pastas finas: paté. Tesis doctoral. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- PINEL, M. (1982). Aprovechamiento de ingredientes proteínicos de origen animal: problemas generales que presenta el aprovechamiento de esas proteínas.

En Bourgeois, C.M. y Le Roux, P. Proteínas animales. El Manual Moderno, Méjico. P. 87-110.

- POWRIE, W.D. y TUNG, M.A. (1982). Dispersiones alimenticias. En Fennema, O.R. Introducción a la Ciencia de los Alimentos. Barcelona, Reverte S.A. P. 630-660.
- PRÄNDL, O. (1994). Fundamentos de la conservación de la carne. En Prändl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T. y Sinell, H.J. Tecnología e higiene de la carne. Acribia. Zaragoza. Parte B, p. 236-285.
- PRICE, J.F. y SCHWEIGERT, B.S. (1994). Introducción. En Price, J. F. y Schweigert, B. S. Ciencias de la carne y de los Productos cárnicos. Acribia. Zaragoza. 1: 1-9.
- REEVES, M.J. (1987). Re-evaluation of Capsicum colour data. J. Food Sci. 52: 1047-1049.
- RENERRE, M. (1990). Review: Factors involved in the decoloration of beef meat. J. Food Sci. 25: 613-630.
- REUTTER, H (1980). La tecnología de embutidos en Alemania. Embutidos crudos. Fleischwirtsch español. 2: 36-41.
- RÖDEL, W. y STIEBING, A. (1989). Medición continua del proceso de maduración de embutidos secos. Fleischwirtsch español. 1: 38-48.
- RODRÍGUEZ-REBOLLO, M. (1996). Manual de industrias cárnicas. Las materias primas para la elaboración de los productos cárnicos. Cárnica 2000. 147: 49-64.
- RONCALES, P. (1988). Industrias cárnicas. Departamento de Bromatología y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España.

- ROSMINI, M.R. (1997). Proceso de elaboración de los productos cárnicos fermentados: caracterización objetiva mediante parámetros de color. Tesis Doctoral. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- ROSMINI, M.R. y PECORELLI, S.M. (1991) Sistemas de matanza industrial de animales. Comunicaciones Técnicas FAVE C-012; VD003. Esperanza: Facultad de Agronomía y Veterinaria.
- ROSMINI, M.R.; GARCÍA- MARCOS, M.L.; PAGÁN-MORENO, M.J. y GAGO-GAGO, M.A. (1998). Embutidos crudo-curados: estudio de color en sistemas de magro picado. FAVE. 12: 57-72.
- ROSMINI, M.R. & SCHNEIDER, R. (2000). Elaboración de embutidos: consideraciones higiénicas y tecnológicas. En Rosmini, M.R.; Pérez Álvarez, J.A. y Fernández López, J. (Ed.) Nuevas tendencias en higiene y tecnología de carnes. Gráficas Limencop S.L. Elche, España. P. 165 - 183.
- ROSMINI, M.R.; ZOGBI, A.P.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SAYAS-BARBERÁ, M.E ; FERNÁNDEZ-GINÉS, J.M.; LÓPEZ-SANTOVEÑA, F.; ARANDA-CATALÁ, V. y PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A. (2005). Effect of water, sodium chloride , lactic acid, sodium nitrite, sodium ascorbate and paprika upon lightness (L\*) in a dry-cured sausages model system. J. of Food Tec. 3: 555-562.
- RUST, R.E. (1994). Productos embutidos. En Price J.F. y Schweigert P.S. Ciencia de la carne y de los productos cárneos. Acribia. Zaragoza, España. 13: 415-439.
- SÁEZ, R. (1997). Aportaciones al proceso de elaboración de paté de anguila: influencia de diferentes colorantes naturales. Proyecto fin de Carrera. E.U.I.T.A., Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

- SAGPYA (2004). Industria Alimentaria Argentina: Análisis del Sector <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/ganaderia/index>.
- SAYAS-BARBERÁ, M.E. y PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A. (1989). Aportaciones al proceso tecnológico de elaboración del jamón curado: Evaluación de los procesos físico-químicos y estructurales durante el período de postsalado. Tesis de Master. Master en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- SAYAS-BARBERÁ, M.E. (1997) Contribución al proceso tecnológico de elaboración del jamón curado: Aspectos físicos, fisicoquímicos y ultra estructurales en los procesos de curado tradicional y rápido. Tesis Doctoral, Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- SCHIFFNER, E. y OPPEL, K. (1978). Cultivos bacterianos para las industrias cárnicas. Zaragoza, España. Acribia.
- SCHIFFNER, E.; OPPEL, K. y LÖRTZING, D. (1996). Elaboración casera de carne y embutidos. Zaragoza, España. Acribia.
- SCHMIDHOFER, T. (1994). Métodos analíticos. En Prändl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T. y Sinell, H.J. Tecnología e higiene de la carne. Zaragoza, España. Acribia. Parte E, p. 723-803.
- SCHMIDT, G.R. (1994). Comportamiento funcional de los componentes de la carne durante el procesado. En Price, J.F. y Schweigert, B.S. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Zaragoza, España. Acribia. P. 377-391.
- SCHWEIGERT, B.S. y ARMSTRONG, H.A. (1960). Introduction to the basic science of meat. En Gillespie, E.L. The science of meat and meat products. San Francisco, W.H. Freeman. P. 3-9.

- SCHWEIGERT, B.S. (1994). Contenido en nutrientes y valor nutritivo de la carne y de los productos cárnicos. En Price, J.F. y Schweigert, B.S. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Zaragoza, Acribia. P. 249-278.
- SCKIADARESSIS, R. y GARRIZ, C. (1981). Preparación de carnes para elaborar conservas, chacinados, carnes cocidas y carnes de exportación. Centro de Investigación y Tecnología de Carnes (CITECA) del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Parte III, p. 27-63.
- SEBRANEK, J. (1993). Functions of non meat ingredients in cured meat products. In Cured meat short course. Session I, April 27. Iowa, Iowa State University.
- SEVERINI, M.; LOSCHI, A.R.; TREVISANI, M.; AGLIETTI, I. y BERTOROTTA, V. (1994). "Muscle fibre type and meat traits of corn-silage-fed buffaloes of different ages". 40<sup>th</sup>. International Congress of Meat Science and Technology. The Hague, Netherlands. TNO Meat and Meat Products Research Group. S-IVA 37.
- SHAND, P.J.; SCHMIDT, G.R.; MANDIGO, R.W. y CLAUS, J.R. (1990). "New technology for low-fat meat products". 43<sup>th</sup> Annual Reciprocal Meat Conference. Mississippi, American Meat Association and National Live Stock and Meat Board. P. 37-52.
- SINELL, H.J. (1994). Microbiología de los productos cárnicos. En Prändl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T. y Sinell, H.J. Tecnología e higiene de la carne. Zaragoza, Acribia. Parte B, p. 640-685.
- SMITH, L.; SIMMONS, S; MCKEITH, F.; BECHTEL, P. y BRADY, P. (1984). Effects of sodium tripolyphosphate on physical and sensory properties of beef and pork roasts. J. Food Sci. 30: 1636-1642.

- SOFOS, J.N. (1981). "Nitrite, sorbate and pH interaction in cured meat products". 34<sup>th</sup> Annual Reciprocal Meat Conference. Oregon, American Meat Science Association y National Live Stock and Meat Board. p. 104-120.
- SOFOS, J.N. (1986). Use of phosphates in low-sodium meat products. Food Tec. 10: 52-56.
- SORNAY, J.; LEGRAS, P. (1978) pH cartography in big bovine carcasses (measuring methods, dark cutting). Industries Alimentaires et Agricoles, 95: 392.
- STARR, L.D. (1979). ¿What's new in the old technologies: cooking, chopping and converting?. Meat Industrial Research Conference. Arlington (VA), American Meat Institute Foundation. P. 41.
- STAUTON-WEST, E.; TOOD, W.R.; MASON, H.S. y VAN BRUGGEN, J.T. (1969). Bioquímica Médica. México, Interamericana.
- STRANGE, E.D.; BENEDICT, R.C.; GUGGER, R.E.; METZGER, V.G. y SWIFT, C.E. (1974). Simplified methodology for measuring meat colour. J. Food Sci. 39: 988-992.
- STREITWIESER, A. y HEATHCOCK, C.H. (1981). Química Orgánica. México, Interamericana.
- STROKKI, A. (1995). Additives in finish sausages and other meat products. Meat Sci. 39: 311-315.
- STRYER, L. (1988). Bioquímica. Barcelona, Reverté S.A.
- SUTTIE, J.W. (1979). Fundamentos de Bioquímica. México, Interamericana.
- SWATLAND, H.J. (1994). "Optical prediction of water holding capacity". 47<sup>th</sup> Annual Reciprocal Meat Conference. Philadelphia, Pennsylvania, USA. American Meat Science Association y National Live Stock and Meat Board.

- SWATLAND, H.J. (1995). Reversible pH effect on pork paleness in a model system. *J. Food Sci.* 60: 988-991.
- SWATLAND, H.J. (2003). Evaluación de la carne en la cadena de producción. Zaragoza, España. Acribia.
- TANDLER, K. (1992). Elección de la materia prima y composición de los embutidos escaldados. En Wirth, F. *Tecnología de los embutidos escaldados.* Acribia. Zaragoza, España. P. 41-51.
- TORRES, E.; PEARSON, A.M.; GRAY, J.I.; BOOREM, A.M. y SHIMOKOMAKI, M. (1988). Effect of salt on oxidative changes in pre- and post-rigor ground beef. *Meat Sci.* 23: 151-163.
- TOWNSEND, W.E. y OLSON, D.G. (1994). Las carnes curadas y su procesado. En Price, J.F. & Schweigert, B.S. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos.* Acribia. Zaragoza, España. P. 393-414.
- TROPLIN, P.; LÓPEZ, M. y LEROY, E. (1995) Defining chocolate color. *The world of Ingredients*, 1: 34-37.
- TROUT, G.R. (1991) Prevention of colour defects in meat and meat products. *Food Australia.* 43: 52-56.
- UNE (1982a) Norma Española 72-014: Observador colorimétrico UNE 3 (para campo mayor de 4°). Madrid. IRANOR.
- UNE (1982b) Norma Española 72-015: Observador colorimétrico UNE 4 (para campo mayor de 4°). Madrid. IRANOR.
- UNE, (1982b). Norma Española 72-036: Especificación de diferencias de color psicofísicas. Madrid, IRANOR
- UNE (1984a). Norma Española 40-080: Determinación de coordenadas cromáticas CIE. Madrid, IRANOR.

- UNE (1984b). Norma Española 72-032: Especificación numérica del color psicofísico de estímulos luminosos. Madrid, IRANOR.
- URBAIN, W.M. y CAMPBELL, J.F. (1994). La conservación de la carne. En Price, J.F. y Schweigert, P.S. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Acribia. Zaragoza, España. P. 337-375.
- van LAACK, R.L. y SOLOMON, M.B. (1995). "The effect of post-mortem temperature on pork colour and water holding capacity". 41<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology. San Antonio, Texas, USA E54, p. 650-651.
- VARNAM, A.H. y SUTHERLAND, J.P. (1998). Carne y productos cárnicos. Zaragoza, España. Acribia.
- VENDEUVRE, J.L. (1982). Elaboración de chacinados secos y salazones. 1<sup>ra</sup> Parte. Noticiteca. 12: 114-125.
- VÖSGEN W. (1993). Curado: ¿Son necesarios o superfluos el nitrito o nitrato como agentes curantes?. Fleischwirtsch español. 2: 25-30.
- WARRISS, P. (1995) Métodos para evaluar la calidad de la carne de cerdo. CarneTec., 2: 18 - 24.
- WESTERLING, D.B. y HEDRICH, H.B. (1979).fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. J. Anim. Sci. 48:6-9.
- WETTASINGHE, M. y SHAHIDI, F. (1996). Oxidative stability of cooked comminuted lean pork as affected by alkali-earth halides. J. Food Sci. 61: 1160-1164.
- WHITAKER, J.R. (1972). Principles of enzymology for the food sciences. New York, USA. Marcel Decker.

- WIRTH, F. (1990). Salado y curado de embutidos cocidos y productos curados cocidos. *Fleishwirtsch español.* 2: 52-57.
- WIRTH, F. (1992). Fijación de agua, fijación de grasa, formación de la estructura. En Wirth, F. *Tecnología de los embutidos escaldados.* Acribia. Zaragoza, España. P. 61-82.
- WISMER-PEDERSEN, J. (1994). Química de los tejidos animales. En Price, J.F. y Schweigert, B.S. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos.* Acribia. Zaragoza, España. Parte 5, p. 125-138.
- WONG, D.W.S. (1995). *Química de los alimentos. Mecanismos y teoría.* Zaragoza, España. Acribia.
- ZAIKA, L.A.; ZELL, T.E.; PALUMBO, S.A. y SMITH, J.L. (1978). Effects of spices and salt on fermentation of Lebanon bologna-type sausage. *J. Food Sci.* 43: 186-189.
- ZOGBI, A.P.; ROSMINI, M.R.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; LÓPEZ-SANTOVEÑA, F. y SEQUEIRA, G. (2003). "Effect of paprika (*Capsicum annum*) on color parameters of dry cured sausages meat butter model system bovine". 49<sup>th</sup> Brazilian Congress of Meat Science of Technology. Centro de Tecnología de Carnes del Instituto de Tecnología de Alimentos de Campinas. Brasil.
- ZOGBI, A.P.; BENZZO, M.T.; ZURBRIGGEN, C.; SEQUEIRA, G.; DALLA SANTINA, R. Y ROSMINI, M.R. (2004). Efecto de la sal y el fosfato sobre la Luminosidad (L\*) del magro bovino en pastas modelo destinadas a la fabricación de embutidos crudo-curados. XIX Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Buenos Aires, Argentina.