

# La calidad organoléptica de la carne (II)

Especial referencia a la especie ovina

Carlos Sañudo Astiz

Cátedra de Producción. Facultad de Veterinaria. Zaragoza

## CALIDAD DE CANAL VERSUS CALIDAD DE CARNE

Si se compara la atención que merece al sector productivo la canal o la carne, se observa claramente la supremacía que ostenta aquélla sobre la carne.

Esto está corroborado por hechos tales como el número de investigadores y equipos de investigación existentes en uno u otro campo, y la consiguiente información bibliográfica generada, lo que se acentúa en el caso del ganado ovino, así como por el interés y medios que el propio sector dedica a una y otra.

Esto es debido a que la calidad de la canal se valora por criterios objetivos, fácilmente mensurables en la cadena de sacrificio, y que además afectan (ver cuadro I en el número 7-8) a los eslabones más influyentes de la cadena de comercialización. Por todo ello estos criterios están incluidos dentro de los sistemas de



En el mercado comunitario la tipificación de las canales es obligada.

clasificación de canales (peso, conformación, engrasamiento) y por lo tanto influyen en la formación de los precios.

Por el contrario los criterios que valoran la calidad de la carne son más subjetivos, difícilmente mensurables en la cadena de sacrificio por lo que no es fácil incluirlos en los sistemas de clasificación<sup>1</sup>, y que afectan al último eslabón de la comercialización, el consumidor, que actualmente es uno de los niveles más débiles.

## Problemática europea de la calidad de las canales ligeras frente a las canales pesadas

La especie ovina ofrece al mercado europeo tipos comerciales enormemente diferenciados, tanto en el interior de los países mediterráneos, como en las áreas húmedas europeas, pero en general se podría hablar de dos tipos de productos según nos refiramos a una u otra zona (cuadro IV).

Como se puede deducir de este cuadro existen grandes diferencias entre estos dos tipos básicos, entre los que se crea una considerable paradoja (Sierra y Sañudo, 1987). Así, las canales de la Europa mediterránea son penalizadas en los sistemas de clasificación por su poco peso (8-12 kg en el tipo ternasco), mediocre conformación y escaso engrasamiento subcutáneo, en comparación con las canales del norte de Europa en las que por su peso elevado (14-23 kg), buena conformación y engrasamiento medio-alto gozan de superiores calificaciones; aunque su carne, y aquí está la contradicción, sea inferior calidad por ser animales de mayor edad y proceder de sistemas de explotación extensivos, con alimentación en base a pastos, frente a nuestros jóvenes estabulados y alimentados con concentrado y leche.

Parece por ello necesario incorporar en los sistemas de clasificación de canales criterios que sean indicadores de la calidad del producto.

Para ilustrar más esta paradoja es curioso imaginar lo que ocurriría en la es-

**Cuadro IV**

**Parámetros de calidad de los productos ovinos del norte y sur europeo: Canales pesada y ligeras**

Parámetros de calidad	Europa verde	Europa mediterránea
Canal (peso)	Pesada	Ligera
Conformación	Buena	Mediocre
Edad	5-8 meses	2-4 meses
Engrasamiento	Medio alto	Medio bajo
Sistema de explotación	Pastoreo	Estabulación
Alimentación	Hierba	Concentrado leche
Color carne	Rojo	Rosa claro
Color grasa	Cremoso	Blanco
Terneza	Más dura	Más tierna
Olor-sabor	+ Intenso	+ Suave
Tratamiento culinario	+ Complejo (cocción)	+ Simple (freír)

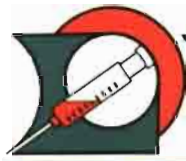
<sup>1</sup> Actualmente se utilizan patrones para valorar el color de la carne de las terneras de leche y penalizan los cerdos con carnes problemáticas.

DESINFECCION

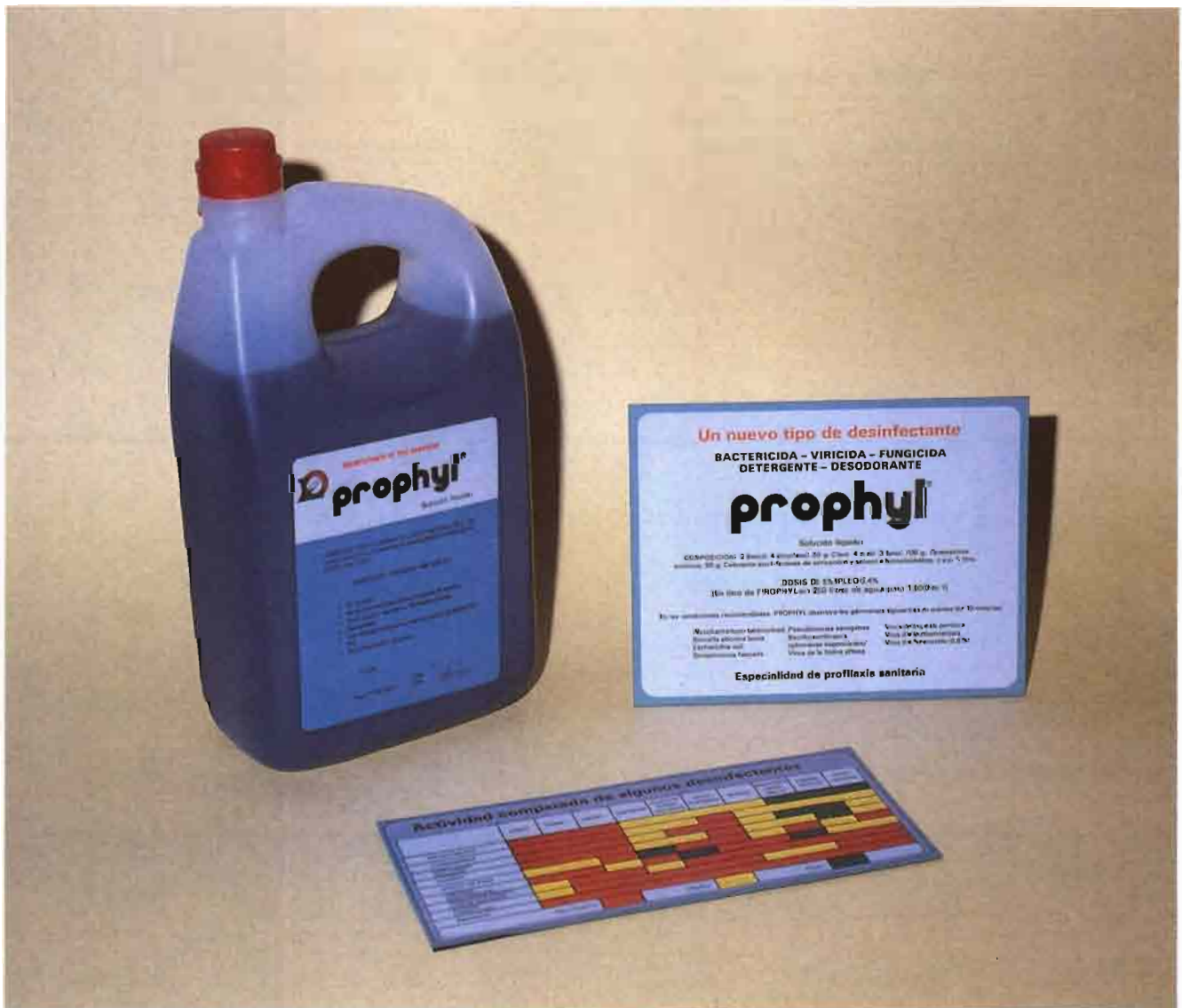
# prophyl<sup>®</sup>

El desinfectante eficaz

BACTERICIDA - VIRICIDA - FUNGICIDA  
DETERGENTE - DESODORANTE



LABORATORIOS OVEJERO, S.A.



Perfecta estabilidad de la solución • Miscible en agua • No tóxico para el hombre y los animales • Gran capacidad de penetración en las superficies tratadas • Activo en presencia de residuos orgánicos y aguas duras • No corrosivo • Biodegradable • Utilización mediante pulverización, nebulización o pediluvios.

pecie porcina, precisamente la más homogénea y estandarizada, si se tratase de valorar una canal de Cerdo Ibérico con los baremos de calidad generales utilizados: Se verían enormemente penalizados por su peso elevado (120-140 kg), excesiva cantidad de grasa (5 a 8 cm de tocino dorsal y 50-60% de grasa en la canal), mediocre morfología y escaso rendimiento relativo de los trozos nobles (jamones, paletas y lomos).

No obstante posee tal calidad de carne<sup>2</sup> (más roja, infiltrada de grasa, peculiar olor y sabor, excelente capacidad de retención de agua) que se paga muy

por encima del precio del cerdo industrial.

**La calidad dentro de las canales ligeras**

De lo anterior cabría preguntarse si es que realmente el peso y la morfología son en general verdaderos parámetros representativos de la calidad de un producto, si es que dentro de un mismo tipo comercial una superior con-

formación se corresponde con un mayor valor carnicero.

En este sentido, en un trabajo que hemos realizado (Sierra y Sañudo, 1991), se estudió la calidad de la canal (canales 10-12 kg) de 50 animales distribuidos en 5 genotipos distintos:

- 10 corderos de raza Rasa Aragonesa procedentes de animales destetados a 45 días y sometidos a un cebo intensivo hasta los 80-90 días de edad.
- 10 corderos procedentes del cruce Merino Precoz x Merino destetados y sometidos posteriormente a un cebo intensivo.

<sup>2</sup> Valorada especialmente por la industria transformadora.

**Cuadro V**

**Conformación de la canal en corderos ligeros tipo Ternasco**

	Rasa Aragonesa	Merino Precoz x Merino	Lacaune	Canales Neozelandesas	Canales Británicas	F
PCF	10,745ab	11,282ab	11,518a	10,156b	10,803ab	•
G (cm)	18,45 a	19,16 b	19,75 b	20,29 c	19,87 b	•
F (cm)	25,70 a	26,17 a	25,36 a	21,30 b	23,42 c	•
K (cm)	53,00 a	50,76 b	51,10 bc	52,11 abc	52,28ac	•
G/F	0,72 a	0,73 a	0,77 b	0,98 c	0,84 d	•
PCF/K	0,203ac	0,222b	0,225b	0,194a	0,206c	•
Nota morfología	2,95 a	3,35 ab	3,40 b	3,45 b	3,49 b	•

Letras distintas indican diferencias significativas entre genotipos (P<0,05).

n = 10 en cada genotipo.

PCF = Peso canal fría. G = Anchura de las piernas. F = Longitud de la pierna. K = Longitud de la canal.

**Cuadro VI**

**Composición regional en corderos ligeros tipo Ternasco (% respecto al PC)**

	Rasa Aragonesa	Merino Precoz x Merino	Lacaune	Canales Neozelandesas	Canales Británicas	F
Badal	7,85a	7,47ab	7,03b	7,99a	7,43ab	•
Costillar	20,01	20,67	20,38	20,17	20,40	NS
Pierna	32,61	33,47	33,27	33,21	33,50	NS
Espalda	19,83a	19,67a	19,91a	20,62b	20,32ab	•
Trozos de 3.ª categoría	18,72a	18,08ab	18,51ab	17,50b	17,58b	•

n = 10 cada genotipo.

Letras distintas indican diferencias significativas (P<0,05) entre genotipos.

Badal = 5 primeras costillas.

**Cuadro VII**

**Composición tisular de la canal en corderos ligeros tipo Ternasco (% respecto al PC)**

% PCF	Rasa Aragonesa	Merino Precoz x Merino	Lacaune	Canales Neozelandesas	Canales Británicas	F
Músculo	58,16	59,38	58,67	60,33	59,67	NS
Hueso	19,38ab	18,49bc	19,75a	18,59abc	17,81c	•
Grasa	22,45	22,12	21,57	21,07	22,51	NS
M/H	3,00a	3,21ab	2,97a	3,24ab	3,35b	•
M/G	2,59	2,68	2,71	2,86	2,65	NS
Nota engrasamiento	3,12a	3,05a	3,14ab	3,42ab	3,68b	•

n = 10 cada genotipo.

Letras distintas indican diferencias significativas (P<0,05).

- 10 corderos de raza Lacaune, correspondientes a animales lactantes que son importados vivos y sacrificados casi de inmediato, o a los escasos días de su llegada.
  - 10 canales neozelandesas (spring lamb) congeladas.
  - 10 canales británicas refrigeradas procedentes previsiblemente de animales de raza Welsh Mountain.
- Se valoró la morfología (cuadro V), la composición regional (cuadro VI), y tisular (cuadro VII). Se observa como a pesar de las diferencias en morfología, ya que la raza Rasa Aragonesa presenta peor conformación con canales más largas y con un tercio posterior menos compacto, no existen diferencias importantes en composición regional (despiece) especialmente en trozos de 1.ª categoría (valor comercial), ni en la importancia relativa del músculo y grasa (valor nutritivo). Lo que coincide con la Ley de la Armonía Anatómica de Boccard y Dumon (1960)<sup>3</sup>, y nos lleva una vez más a pensar que es en la carne donde hay que buscar, si existen, las verdaderas diferencias ya que en definitiva la carne es lo que se consume y, por lo tanto, por lo que se debería pagar.

**CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CARNE**

**Composición**

La carne se compone fundamentalmente de tejido muscular, de cantidades variables de tejido conjuntivo de todos los tipos, y también de tejido adiposo, así como de una pequeña porción de tejido epitelial y nervioso.

La composición química del músculo esquelético se describe en el cuadro VIII (Lawrie, 1968, Forrest *et al.*, 1975).

**Estructura histológica del músculo**

Los músculos estriados en su mayoría se unen directamente a los huesos, pero algunos lo hacen a ligamentos, fascias, cartílagos y piel. Existen en el

animal más de 600 músculos con características específicas.

**Estructura**

Los músculos están cubiertos de una fina funda de tejido conjuntivo (*epimisio*) que se continúa hacia el interior del músculo envolviendo haces de fibras musculares de orden superior (*perimisio*) visibles a simple vista y que originan el grano de la carne, éstos se van subdividiendo en fascículos cada vez más pequeños (Dumont, 1986 señala una jerarquía hasta de orden 4) hasta terminar en una fina cubierta conjuntiva (*endomisio*) que rodea la unidad estructural del músculo esquelético, la fibra muscular.

**Músculo**

Las fibras musculares son células filamentosas, largas, sin ramificar que pueden alcanzar una longitud de varios centímetros no siendo tan largas como el músculo completo. Están rodeadas por el sarcolema y en su interior contienen diversos núcleos, gotitas de lípidos, gránulos de glucógeno, diversos corpúsculos y sustancias químicas (75-85% de agua) y las miofibrillas.

Las miofibrillas son el sistema con-

tráctil muscular y ocupan la parte central de las fibras musculares, las invaginaciones de la membrana y una red densa de retículo endoplasmático aseguran las transmisiones del influjo nervioso al sistema, y ocupan la mayor parte de su volumen. Están constituidas por miofilamentos protéicos.

Esto **miofilamentos** se pueden subdividir en gruesos (miosina, proteínas C y M) y finos (actina, tropomiosina y troponina) que se disponen paralelamente entre sí y se interpenetran en el sentido longitudinal dando origen al aspecto estriado típico, con bandas claras I, y bandas oscuras A. En el interior de las bandas I se aprecia una estructura la línea Z. La porción de miofibrilla comprendida entre dos líneas Z recibe el nombre de **sarcomero**, que sería la unidad estructural repetitiva de la miofibrilla.

**Tejido conjuntivo**

Como hemos visto el tejido conjuntivo recubre las fibras musculares, los haces musculares y finalmente los músculos. Posee generalmente pocas células y una cantidad considerable de sustancia extracelular.

Las células se dividen en dos grupos: fijas como los fibroblastos, células

<b>Cuadro VIII</b>		
<b>Composición química del músculo esquelético</b>		
<b>Compuesto</b>	<b>% medio</b>	<b>Límites de variación</b>
Agua	75,5	65-80
Proteína	18,0	16-22
Miofibrilar	9,0	
Sarcoplásmica	6,0	
Colágeno, elastina, otras	3,0	
Lípidos	3,0	1,5-13,0
Lípidos neutros	1,0	
Fosfolípidos	1,0	
Cerebrósidos	0,5	
Colesterol	0,5	
Sustancias nitrogenadas no proteicas	1,6	
Creatinas	0,6	
Nucleótidos	0,3	
Aminoácidos libres	0,3	
Péptidos	0,3	
Otros	0,1	
Carbohidratos y sus productos de degradación	1,3	0,5-1,5
Glucógeno	0,1	
Acido láctico	0,8	
Glucosa	0,2	
Otros	0,1	
Componentes inorgánicos	1,8	

<sup>3</sup> En animales del mismo peso, y parecido estado de engrasamiento, el % de trozos de 1.ª categoría es prácticamente idéntico cualquiera que sea la morfología.

# OVIVAC-CS

LA SOLUCION A LOS PROBLEMAS DE ABORTO

CON LA UTILIZACION DE UNA NUEVA VACUNA MIXTA INACTIVADA, A BASE DE CHLAMYDIA Y SALMONELLA, QUE INCORPORA LOS ULTIMOS AVANCES TECNOLOGICOS.

**OVIVAC-CS** LE PERMITE, GRACIAS A UNA ADYUVANTACION ESPECIAL Y A LA PRODUCCION DEL ANTIGENO CHLAMYDIAL SOBRE LINEAS CELULARES ESPECIFICAS, DISPONER DE UNA VACUNA ALTAMENTE CONCENTRADA Y SIN PROBLEMAS DE REACCIONES SECUNDARIAS.



LABORATORIOS HIPRA, S.A.

LES PRADES, S/N - 17170 AMER (GERONA) - SP. ...

TEL. (972) 43 08 11 - TELEX 57341 HIPR E - FAX (972) 43 08 00



mesenquimatosas y células adiposas; y errantes, implicadas en reacciones de defensa, como los macrófagos.

La sustancia extracelular está compuesta por una sustancia de relleno blanda que contiene mucoproteínas o mucopolisacáridos y los sustratos (tropocolágeno y tro-poelastina) y productos finales del metabolismo del tejido conectivo, y también por fibras extracelulares, más o menos densas o sueltas y más o menos de disposición regular o irregular, compuestas por colágeno, elastina y reticulina.

**Tejido adiposo**

El acúmulo de muchos adipocitos (a diferencia del tejido conjuntivo en el tejido adiposo domina la fracción celular), hasta el extremo de constituir la célula que domina configura el tejido adiposo o grasa que tiene una composición en ácidos grasos diferente dependiendo de su localización anatómica en el animal.

**Características metabólicas y funcionales de las fibras musculares**

Generalmente los músculos se clasifican como rojos o blancos basándose fundamentalmente en la intensidad de su color, que depende de la proporción de fibras rojas, intermedias y blancas que contienen (ninguno contiene



Presentar bien el producto siempre ayudará a su comercialización.

un solo tipo de fibras). Estas difieren por sus características morfológicas, bioquímicas y fisiológicas y de ellas dependen en gran medida diversas características sensoriales de dicho músculo. En el cuadro IX se describen las características básicas de las fibras musculares (Forrest *et al*, 1975, Bacou y Vigneron, 1988, adaptación personal).

En la mayoría de las especies las fibras rojas, respecto a las blancas, están distribuidas al azar en los haces musculares. Sin embargo, en los músculos del cerdo las fibras rojas se encuentran en pequeños grupos en el centro de los haces, rodeados de fibras blancas.

Se puede decir también que dentro de un mismo músculo hay variaciones en la relación de fibras dependiendo de la localización. Asimismo se admite (bovinos) que en los músculos del cuarto anterior hay predominio de fibras rojas.

En el ganado ovino se ha intentado predecir a partir del número y área de

los diferentes tipos de fibras, tras la realización de las correspondientes biopsias a edades tempranas, diversas características de composición de las canales (Vigneron *et al*, 1984). Las correlaciones son en general débiles y heterogéneas, parece que con el % de músculo está más relacionado el área de las fibras que su número, y que son especialmente las fibras Red las que serían mejores predictoras.

**Transformación del músculo en carne**

En la calidad final de la carne influyen, además de todas las causas ante mortem ligadas al animal y a su medio, una gran cantidad de factores postmortem, muchas veces más importantes que las anteriores.

La musculatura del animal no cesa bruscamente sus funciones vitales tras el sacrificio, ni se convierte repentinamente en carne, por el contrario durante todo el tiempo que va desde el momento de la muerte del animal hasta el del consumo acaecen una serie de cambios físicos y químicos, más o menos rápidos o frenados por los métodos de conservación, que originan la transformación del músculo en carne.

Todos estos cambios, que tienen su inicio en el intento del organismo de mantener la homeostasis, van, lógicamente, conformando sus características organolépticas. Tres grupos de fenó-

**Cuadro IX**  
**Caracteres de las fibras musculares de los animales de abasto**

Característica	Fibras rojas (R)	Tipos de fibras (1) Fibras intermedias (αR)	Fibras blancas (αW)
Color	Rojo	Rojo	Blanco
Velocidad de contracción	Lenta sostenida	Rápida sostenida	Rápida-corta
Tipos de metabolismo	Oxidativo	Intermedio	Glucolítico
Diámetro de la fibra	Pequeño	Pequeño-medio	Grande
N.º y tamaño mitocondrial	Alto-grande	Intermedio	Bajo-pequeño
Densidad capilar	Grande	Intermedia	Pequeña
Contenido lipídico	Alto	Intermedio	Bajo
Contenido glucogénico	Bajo	Alto	Alto
Actividad ATPasica (2)	Alto	Bajo	Bajo
pH último	Alto	Bajo	Bajo
Cantidad de mioglobina	Elevada	Elevada	Baja

(1) Las fibras rojas se denominan también: Tipo I, beta-Red y FOG; y las blancas: Tipo II-b, alfa White y FG. Se habla de otro tipo denominado II-c.  
(2) La producción de energía es menor por mol de glucosa (3ATP/mol) pero muy rápida en las fibras blancas (Anaerobiosis) y al contrario en las rojas (Aerobiosis): 38 ATP/mol) y lenta.



libres, por lo que el agua inmovilizada y en cierta medida la libre tiende a salir al exterior, disminuyendo la capacidad de retención de agua (CRA) (fig. 5) y por lo tanto aumentando las pérdidas durante los procesos de conservación, fileteado y cocinado, haciendo a la carne menos jugosa.

Esta unión de las cadenas proteicas, debido a las pérdidas de agua por descenso de la polaridad, produce una estructura cerrada<sup>6</sup>, carnes menos consistentes. La luz al incidir sobre el músculo es reflejada en mayor cantidad resultando de un color claro.

En definitiva ese brusco descenso del pH explica la aparición de las carnes PSE: pálidas-claras, blandas-poco consistentes y exudativas.

Los pHs bajos unidos a las temperaturas elevadas producen además una desnaturación proteica que origina sabores y olores anormales y malas características tecnológicas (dificultades en tomar la salmuera, no forman emulsiones típicas de las salchichas, pérdidas excesivas durante la cocción, ahumado y curado, desprenden más gelatina durante el enlatado, producen coloraciones anormales más rápidamente, etc.)<sup>7</sup>.

En el caso de que el pH se quede a nivel alto da lugar a una excesiva C.R.A. debido a la presencia de cargas libres y a la no desnaturación proteica (fig. 5).

La estructura abierta del músculo, con las fibras hinchadas, hace que se absorba una gran cantidad de luz, lo que da coloraciones oscuras. Además hay un alto consumo de oxígeno a nivel celular, que hace que la mioglobina se encuentre en forma de desoximioglobina de color rojo púrpura.

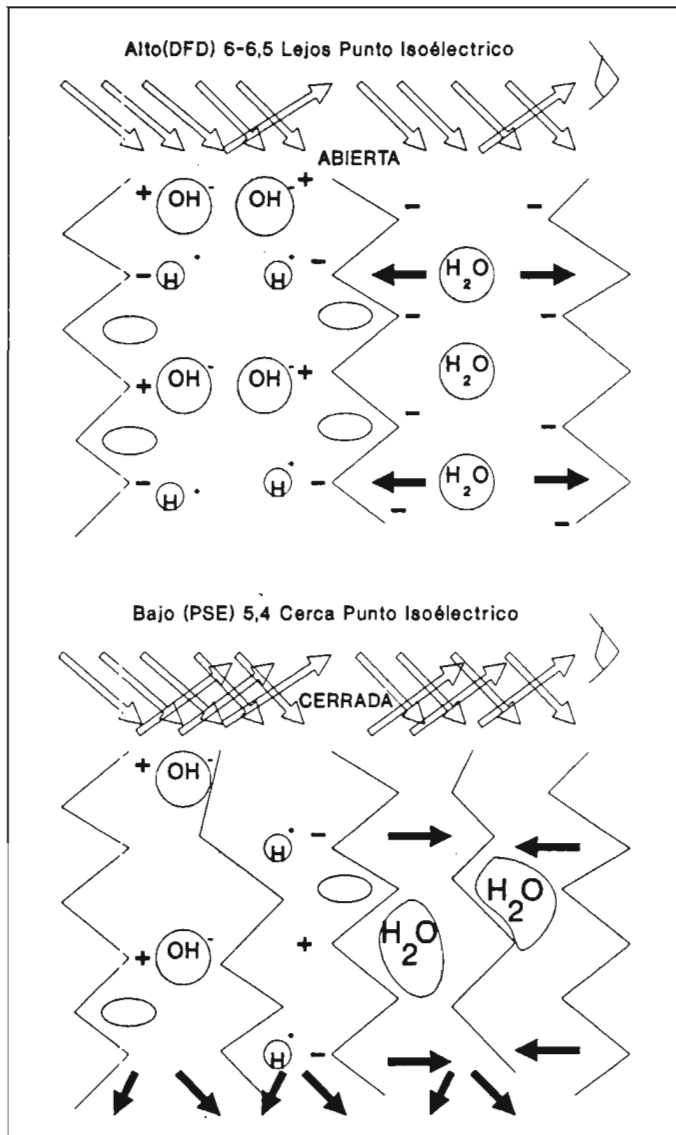


Fig. 5.

En definitiva ese pH elevado dará lugar a carnes oscuras, firmes, por su estructura poco deformable, y secas<sup>8</sup>. Son carnes con mala conservabilidad por su escasa acidez<sup>9</sup>, lo que crea tempranamente sabores anormales, blan-

das, pero que pueden resultar gomosas en su consumo directo. Esta elevada C.R.A. crea también alteraciones en los procesos normales de cocinado y problemas tecnológicos especialmente en la elaboración de embutidos curados.

Algunas de estas consideraciones no son encontradas por nosotros en el caso de bovinos jóvenes y carne madurada siete días (cuadro X).

En la fig. 6 (Sañudo et al., 1985) se pueden ver la evolución de diversas características de la carne de cerdo fresca desde el desangrado, momento 0, hasta que llega al consumidor, 34 h post mortem.

Rigor mortis

El rigor mortis constituye uno de los cambios más llamativos que acaecen durante la conversión del músculo en carne, consiste simplemente en la unión irreversible de la miosina y la actina para formar acto-miosina. Esta unión puede ir acompañada o no de con-

<sup>8</sup> En el fileteado una C.R.A. normal da cierta sensación de humedad, si la CRA es baja el corte se presentará muy húmedo e incluso moja y gotea, si la CRA es alta la carne se presentará muy seca al exterior e incluso pegajosa.

<sup>9</sup> Aunque en nuestra experiencia la poca humedad hace que existan unas menores contaminaciones microbianas en superficie y una mejor conservación aparente tras 14 días de refrigeración a 4 °C.

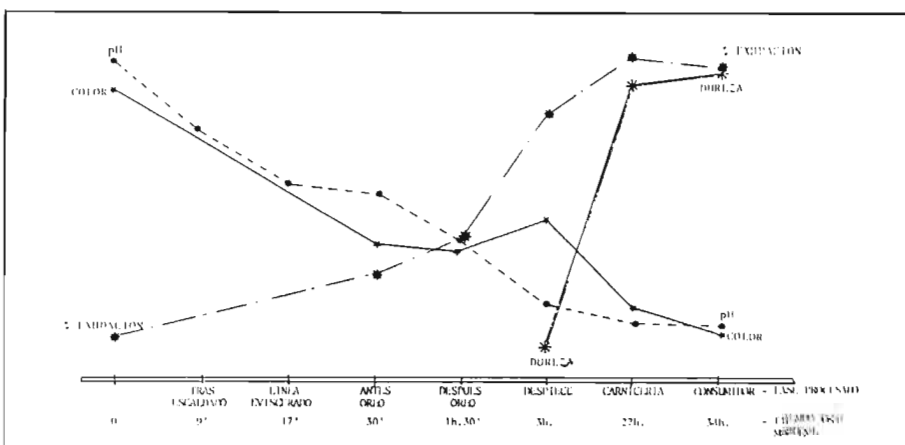


Fig. 6. Evolución de la calidad de la carne (Jamón, m. semimenbranosus).

<sup>6</sup> Cadenas proteicas juntas. Hay quien la llama abierta al estar las fibras «fosas» por la pérdida de agua.

<sup>7</sup> Se recomienda la lectura del trabajo de HAMM (1986).

Cuadro X

pH	<6,0	6-6,5	>6,5	F
N	1.136	712	352	
Terneza (0-100)	51,4a	60,7b	69,0c	••
Jugosidad (0-100)	53,2a	61,0b	64,0c	••
Flavor (0-100)	64,4	64,2	66,2	NS
Aprecicaci3n global	54,7a	61,2b	61,0b	••

Resultados sin publicar.

tracci3n muscular, pero se manifiesta en una rigidez característica. Es parecida a la reacci3n que se forma en vida durante la contracci3n muscular pero en este caso, y debido a la ausencia de energía, la relajaci3n es imposible al no poderse escindir la actomiosina.

De forma esquemática y desde el momento de la muerte el proceso sería:

- Falta de regulaci3n nerviosa y hormonal de la actividad muscular, adoptándose entonces una mera regulaci3n local en funci3n de sustratos enzimáticos, pH, temperatura, oxígeno, iones, etc...
- Debido a la falta de oxígeno se produce una activaci3n de la glucólisis anaerobia, lo que conlleva una producci3n menor de ATP (recordar el metabolismo de las fibras blancas y rojas), y por lo tanto de la energía que se libera por hidrólisis del ATP en ADP.
- Se produce una lenta despolarizaci3n de las membranas, lo que provoca una salida del Ca<sup>++</sup> de retículo sarcoplásmico hacia las miofibrillas, lo cual tiende a desencadenar la contracci3n.
- Hay una cierta actividad enzimática especialmente de la MiosinATPasa y de la ATPasa del retículo sarcoplásmico, las cuales degradan el ATP que alcanza niveles próximos a cero una vez agotadas las reservas de creatin-fosfato.
- Consecuentemente, y ante la ausencia de ATP, se forman enlaces irreversibles y la consiguiente contracci3n muscular, la cual se produce a nivel de una reducci3n de la banda I debido al deslizamiento de los filamentos finos de actina entre los de miosina.

La p3rdida de extensibilidad muscular<sup>10</sup> durante el proceso de instauraci3n del rigor mortis es uno de los cambios que más a menudo se utiliza para

seguir el desarrollo de la rigidez cadavérica.

Se distinguieron tres fases sucesivas (Bendall, 1973):

- En primer lugar estaría la fase de latencia en la cual la extensibilidad es idéntica a la del momento del sacrificio, gracias a las reservas energéticas musculares de las que depende su duraci3n, (1-8 h).
- Fase de instalaci3n propiamente dicha con una disminuci3n rápida de la extensibilidad (2-3 h).
- Rigor mortis en la que la dureza de la carne llega al máximo, y la extensibilidad se hace nula.

Igualmente durante el desarrollo del rigor mortis los músculos se acortan a medida que se forjan enlaces permanentes, los cuales pueden llegar a utilizar casi todos los sitios posibles de uni3n del área de solapamiento de los filamentos de actina y miosina, frente a un 20% de los utilizados durante una contracci3n normal.

**Maduraci3n**

Es comúnmente admitido que la maduraci3n es la fase que sigue al rigor mortis. Pero estos mecanismos no están totalmente dissociados en el tiempo, es más se ha demostrado que los procesos de maduraci3n empiezan ya en los primeros instantes tras el sacrificio.

Conforme discurre el proceso de maduraci3n el músculo se hace cada vez más blando, efecto que no se debe a la disociaci3n de la actomiosina, ya que el músculo sigue siendo inextensible, sino fundamentalmente a una ruptura-desintegraci3n de la estructura muscular a nivel de la línea Z.

Los mecanismos bioquímicos que intervienen en la maduraci3n no están todavía claramente definidos, siendo la velocidad de maduraci3n muy variable de un animal a otro y mismo entre los músculos de un mismo animal. El 80% del ablandamiento se alcanza en el vacuno transcurridos más de dos semanas de maduraci3n, en el cerdo a los 5 días, en el conejo y cordero a tiempos intermedios, y en el pollo en 48 h (Etherington *et al.*, 1987).

En la regulaci3n de la maduraci3n intervienen diferentes proteínas endógenas e inhibidores de las mismas no bien caracterizados, que ejercen esa acci3n esencialmente sobre las proteínas miofibrilares, la cual se traduce en diversas modificaciones microscópicas, ultraestructurales y proteolíticas: Ruptura de las líneas Z, fragmentaci3n de las miofibrillas y en definitiva destrucci3n parcial de la estructura, degradaci3n de la troponina T, desmina y conectina y aparici3n de los componentes 30.000D y 95.000D<sup>11</sup>.

El complejo de enzimas e inhibidores responsables de la maduraci3n estaría representado principalmente por las Calpaínas I y II, también llamadas genéricamente CAF (Factor Activado por el Calcio) o CANP (Proteínasa Neutra Activada por el Calcio) y su inhibidor específicos la calpastatina. Y las Catepsinas, localizadas a nivel de los lisosomas, son más eficaces que las anteriores, especialmente las catepsinas B, D, H y L y de ellas destaca por su actividad la L, se liberan a pHs bajos, tienen pues actividad a pHs ácidos, y algunas de ellas (B y L) tienen acci3n sobre el colágeno *in vitro*.

Existen además otros grupos de proteínas neutras o alcalinas de variable peso molecular, como el complejo proteínasa multicatalítico, triptasa, cimasas, ... peor conocidas que las anteriores.

<sup>10</sup> El músculo en pretrigor es capaz de extenderse a >140% de su longitud original, utilizando para ello pesos aproximados de 50 g/cm<sup>2</sup> de secci3n, y recuperarse después fácilmente.

<sup>11</sup> Ver trabajo de OUALI (1990).