

# Principales problemas sensoriales en la elaboración de derivados cárnicos tratados por el calor (II)

*Continuamos con la serie sobre los principales problemas sensoriales que se pueden originar durante la elaboración de derivados cárnicos tratados por el calor, describiendo problemas relacionados con el color del producto final.*

**Jacint Arnau**

IRTA-Programa de Tecnología Alimentaria  
Finca Camps i Armet, s/n  
17121 Monells (Girona)

E-mails: Jacint.arnau@irta.cat  
ciarar@outlook.com

## **1.2 Problemas de color relacionados con la adición de nitrificantes**

### **1.2.1 Zonas sin nitrificar en productos nitrificados**

En los productos nitrificados, pueden observarse zonas sin nitrificar en los siguientes casos: i) si hay errores al pesar el nitrito destinado a la salmuera de inyección (**imagen 11a**), ii) se ha producido degradación del nitrito al mezclarlo con ácidos o con ascorbato (especialmente si la humedad es elevada), iii) por mantener la salmuera preparada durante mucho tiempo, y iv) cuando la distancia a recorrer por el nitrito es elevada y al mismo tiempo el pH de



Imagen 11a. Zonas sin nitrificar, en jamón cocido, debido a ausencia de nitrito en la salmuera inyectada.



Imagen 11b. Zona no nitrificada en músculo *biceps femoris* de jamón de pH bajo sin fosfatos con piel y grasa subcutánea.

la materia prima es bajo ( $\text{pH} < 5,5$ ) (imagen 11b). El problema de nitrificación debido al efecto de un pH bajo de la materia prima ( $\text{pH} < 5,5$ ) es más importante en jamones sin fosfatos a los que no se han añadido otros aditivos para aumentar el pH.

Martín *et al.* (2010) observaron que cuando el nitrito está distribuido de forma uniforme, el color aumenta desde una dosis de 10 mg/kg hasta una dosis máxima de 80 mg/kg, que en algunos casos podría ser de 60 mg/kg. Según un estudio realizado por el IFIP (2010), el color rosado se nota a partir de 10 mg/kg, y se obtiene un color rosado evidente a partir de 30 mg/kg. Sin embargo, estos autores consideran que para tener una buena estabilidad de color se necesitan valores superiores (120-150 ppm).

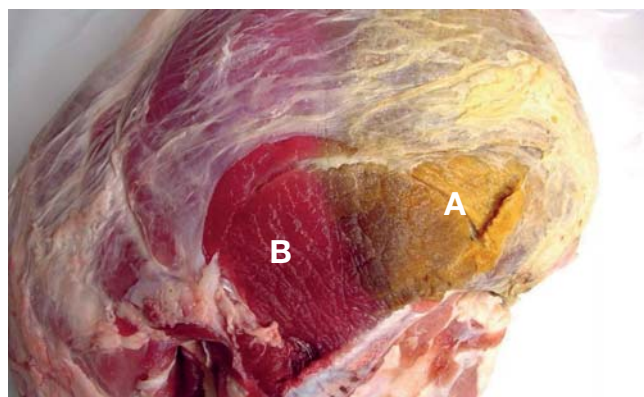


Imagen 12a. Quemadura del nitrito provocada por la adición de sal+nitrito (A). Efecto de la adición de ascorbato+salmuera+nitrito (B).

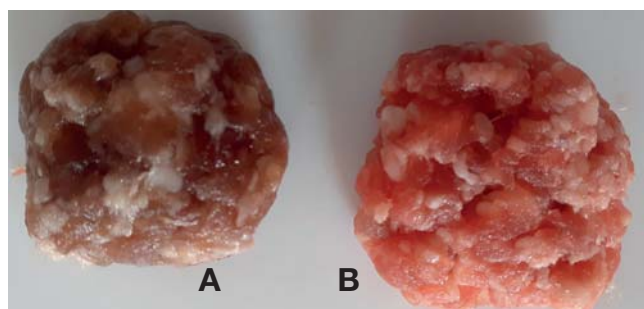


Imagen 12b. Aspecto de carne tratada con nitrito y en contacto con aire (A) vs carne sin nitrificar (B) (antes de cocer).

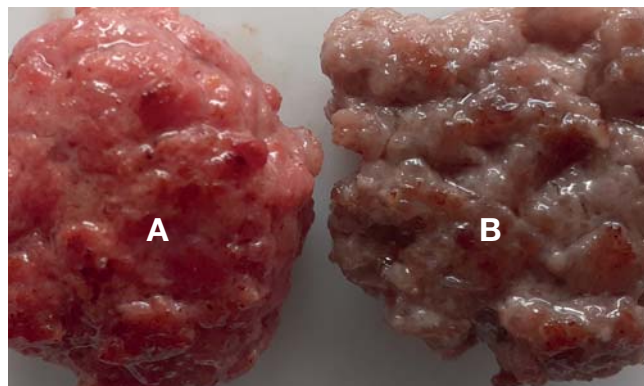


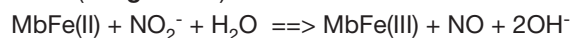
Imagen 12c. Aspecto de carne tratada con nitrito y en contacto con aire (A) vs carne sin nitrificar (B) (después de cocer).

### 1.2.2 Quemadura de nitrito

La quemadura por nitrito se asocia a una coloración verdosa superficial que se observa cuando se añade nitrito en presencia de oxígeno, especialmente cuando la concentración local es elevada (e.g. en la superficie de jamón destinado a la curación). Se produce en la superficie de la carne cuando el óxido nítrico ( $\text{NO}$ ), obtenido a partir de la reducción del nitrito, reacciona con el oxígeno dando dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), que reacciona con el agua dando lugar a ácido nitroso y ácido nítrico, y confiere una coloración verdosa su-

perficial denominada “quemadura del nitrito” (**imagen 12a**). Esta es una de las razones por las que es conveniente hacer el masaje y amasado de los productos cárnicos en vacío. Según Bondoc & Timkovich (1989) y Yi & Richter-Addo (2012) el compuesto responsable del color verde es la nitrimióglobina que se obtiene de la reacción de la metamióglobina con el nitrito a  $\text{pH} < 7$  produciéndose la nitración en la posición 2-vinilo. En referencia a la quemadura de nitrito producida por la transformación microbiana del nitrato a nitrito, a pesar de que dicha posibilidad se menciona en la literatura técnica, la experiencia personal es que no se observa debido, probablemente, al consumo de oxígeno por la microbiota de la carne.

Por otra parte, el nitrito oxida la mióglobina ( $\text{MbFe(II)}$ ) de color rojo a metamióglobina ( $\text{MbFe(III)}$ ) de color marrón ( $E_h = 0,06 \text{ V}$ ) a través de la siguiente reacción, que es la responsable del rápido cambio de color rojo de la carne al color marrón tras añadir nitrito (**imagen 12b**)



Posteriormente, la  $\text{MbFe(III)}$  se reduce de nuevo a  $\text{MbFe(II)}$  a través de reductores como el NADH o el ascorbato añadido. Durante la cocción el color marrón superficial desaparece y el producto adquiere la coloración rosada típica de la nitrosilmióglobina (**imagen 12c**)

Debe tenerse en cuenta que la formación de estos gases ( $\text{NO}_x$ ) afecta negativamente al color de la carne fresca almacenada en la misma cámara en que se nitrifican otras carnes, aunque dicha carne fresca no esté en contacto directo con las carnes que se nitrifiquen.



Imagen 13a. Heterogeneidad del color en jamón cocido debido a la heterogeneidad de color de diferentes músculos.



Imagen 13b. Heterogeneidad del color en jamón cocido debido a la heterogeneidad de color de diferentes músculos.

### 1.2.3 Heterogeneidad del color en jamón cocido

En el jamón cocido se produce un color del corte heterogéneo si el color de los músculos antes de inyectar también lo es, lo cual es debido a las diferencias en el contenido de mióglobina entre diferentes músculos (**imágenes 13a, b**). La separación

ESPECIALIZADOS EN EL SECTOR ALIMENTARIO Y FARMACÉUTICO

# Las mejores agujas al mejor precio

Diseño personalizado, nos adaptamos a sus necesidades



AL MEJOR  
PRECIO



PRODUCTO  
DE CALIDAD



DISEÑO  
PERSONALIZADO

**III** Agujas inyectora

Contacte con nosotros sin compromiso: [www.agujasinyectora.com](http://www.agujasinyectora.com) · [info@agujasinyectora.com](mailto:info@agujasinyectora.com) · +34 972 579 094



Imagen 14a. Decoloración superficial en jamón cocido debido a la entrada de oxígeno a través del envase en la zona que no contactaba con el molde.



Imagen 14e. Oxidación de la superficie de paté por contacto con oxígeno.

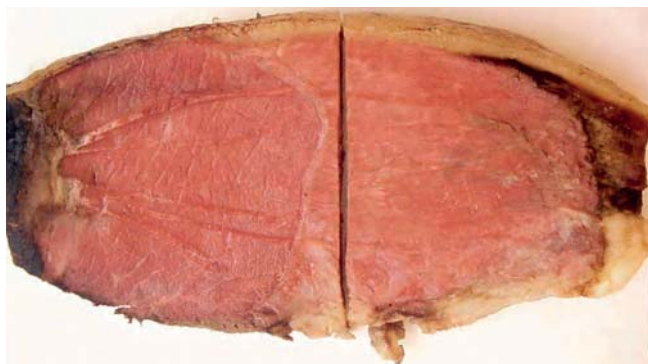


Imagen 14b. Nitrificación de carne por contacto con la bolsa del jamón durante la cocción, debido al óxido nítrico difundido a través del envase.

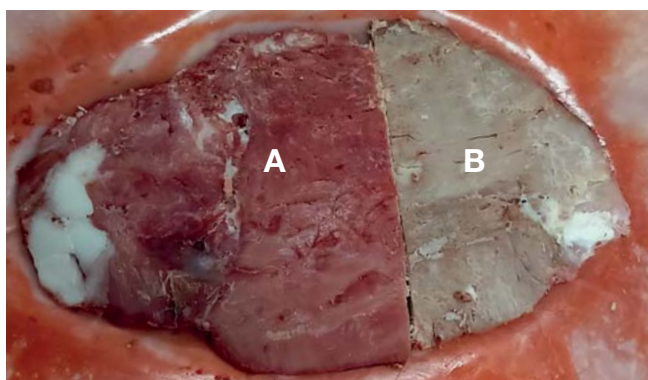


Imagen 14c. Carne no nitrificada antes de cocer, en contacto con bolsa de jamón durante la cocción (A). Aspecto de la carne en contacto con el molde (B).



Imagen 14d. Butifarra catalana con tripa normal (A) u oxidada (B).

de los músculos más rojos durante el pulido de las piezas permite obtener un color más homogéneo del producto, ya que los músculos de mayor tamaño son músculos blancos. Si se hace dicha separación también es recomendable separar aquellas partes de apariencia pálida y exudativa, dado que confieren un aspecto al corte excesivamente pálido y a menudo desligado, y reducen el rendimiento de cocción y de loncheado. Debe tenerse en cuenta que al separar los músculos rojos se pierde capacidad de retención de agua, ya que dentro de cada jamón dichos músculos son los que presentan un pH más elevado. La inyección de ingredientes colorantes (e.g. hemopigmentos) también puede ayudar a homogeneizar el color del producto y a disminuir el aspecto pálido de las carnes exudativas (Oliver *et al.*, 2006).

### 1.2.4 Oxidación del color en productos nitrificados

#### 1.2.4.1 Oxidación durante el tratamiento térmico

Oxidación superficial, durante el tratamiento térmico, del producto envasado al vacío

La insuficiente transformación de nitrito a óxido nítrico puede facilitar la oxidación de la superficie de la pieza durante la cocción, especialmente en los laterales de los envases que no contactan con las superficies metálicas de los moldes, cuando se usan materiales plásticos de envasado que tienen poca barrera al oxígeno (**imágenes 14a, 34b**). La falta de barrera al oxígeno puede ser debida a una alta permeabilidad del material al oxígeno, a un aumento de la permeabilidad durante la cocción debido a migración de agua a la capa barrera (e.g. el EVOH disminuye la permeabilidad al oxígeno al aumentar la humedad, lo cual depende de la estructura del film y de los materiales y de los espesores utilizados) o a un estiramiento del film

que reduzca el espesor, por ejemplo, durante el termoformado. Si se produce suficiente óxido nítrico durante la cocción, éste reacciona con el oxígeno tanto en la superficie de la carne como en el interior del film, actuando como antioxidante. El óxido nítrico puede atravesar el film, lo cual puede observarse por la nitrificación que sufre la carne no nitrificada cuando se pone en contacto con el envase durante la cocción (**imágenes 14b, c**). El aumento del contenido de ascorbato favorece la transformación del nitrito a óxido nítrico, lo cual es especialmente importante en productos de pH elevado y que contengan suficiente cantidad de nitrito, pero facilita la oxidación superficial si el contenido de nitrito añadido es bajo (e.g. < 60 ppm) y al mismo tiempo el pH es bajo. Es un problema más frecuente en productos de alta inyección y cuando se alarga el proceso de maceración antes de cocer (e. g. fin de semana) debido a la disminución del contenido de nitrito residual.

Oxidación superficial del producto sin envasar al finalizar la cocción

Al finalizar la cocción, cuando se pasa el producto de la caldera u horno de vapor a temperatura ambiente o de refrigeración, se produce un secado rápido de la superficie del producto y en ocasiones exudación de grasa debido a la compresión de la tripa o a la rotura de los adipocitos de la zona superficial. Una elevada temperatura superficial, bajo contenido de nitrito, exudado de grasa y baja  $a_w$  superficial facilitan la oxidación, la cual le confiere al producto un aspecto ligeramente tostado. Si se desea disminuir la oxidación es conveniente efectuar un duchado o inmersión en agua/hielo, lo cual hace que los productos tengan un aspecto superficial más blanco (**imagen 14d**). El almacenamiento del producto sin envasar facilita la oxidación superficial, especialmente si el producto es graso y/o tiene ingredientes fácilmente oxidables (e.g. huevo).

Oxidación del color debida a la presencia de ingredientes oxidados

La oxidación del color tanto superficial como en el interior del producto puede verse favorecida por la adición de ingredientes que estén oxidados y por la presencia de oxígeno en el producto fruto de un vacío insuficiente (**imagen 14e**).



Imagen 15a. Decoloración en las zonas que no están en contacto con el film debido al efecto combinado de exposición a la luz y alto contenido de oxígeno.

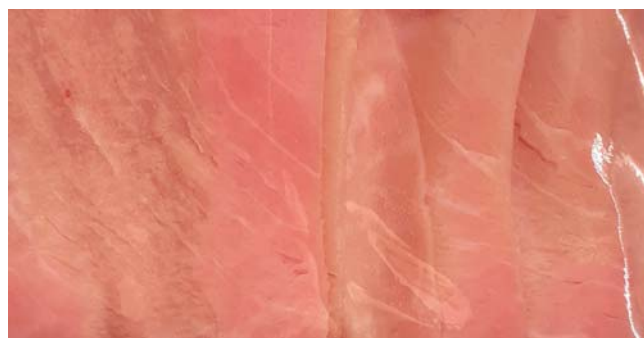


Imagen 15b. Decoloración en las zonas que no están en contacto con el film debido al efecto combinado de exposición a la luz y alto contenido de oxígeno.

Oxidación del color debida a bacterias formadoras de peróxidos

El uso de carnes contaminadas, conductos de inyectora no suficientemente limpios, bombos con elevados recuentos (e. g. zona de las palas, conductos de aspiración del vacío), temperaturas de cocción bajas o termógrafos que no indiquen bien la temperatura pueden facilitar el crecimiento de bacterias productoras de peróxidos que generen colores anómalos (ver 1.18).

1.2.4.2 Oxidación de productos loncheados envasados en atmósfera modificada (MAP)

Los productos loncheados envasados en atmósfera modificada son especialmente sensibles a la oxidación del color rojo típico del curado cuando incide la luz en presencia de oxígeno (**imágenes 15a, b**). También lo son los productos envasados al vacío cuando el material de la zona expuesta a la luz tiene una elevada permeabilidad al oxígeno (**imágenes 15c, d**).

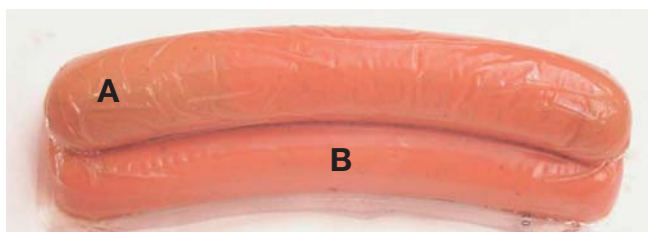


Imagen 15c. Decoloración superficial de salchichas debido a la entrada de oxígeno en la zona lateral. Zona iluminada (A), zona protegida por el embalaje (B).



Imagen 15d. Decoloración superficial de salchichas debido a la entrada de oxígeno en la zona lateral que sufrió mayor estiramiento en el termoformado y que estuvo expuesta a la luz.

Andersen y Skibsted (1992) describieron el mecanismo de fotooxidación en dos pasos:



En que se obtiene un estado electrónicamente excitado de la MbNO, mediante absorción de un fotón, que después reacciona con el oxígeno en estado normal ( $^3\text{O}_2$ ).



Así pues, durante la fotooxidación se consume oxígeno, mientras que en oscuridad no se produce consumo de oxígeno. Según estos autores, el efecto de la longitud de onda de la luz en la fotooxidación de la nitrosilmioglobina (MbNO) es menor que en el caso de la oximioglobina ( $\text{MbO}_2$ ), por lo que no se espera mejora importante en la estabilidad del color derivado del uso de filtros UV en los materiales de envasado.

La oxidación empieza a detectarse cuando el contenido de oxígeno del espacio de cabeza es

superior al 0,15 % (Larsen *et al.*, 2006), pero debe tenerse en cuenta también el volumen de este espacio para conocer el contenido total de oxígeno disponible para la oxidación, y el tipo de lámpara utilizado (Böhner *et al.*, 2014). Según Böhner *et al.* (2016) el deterioro del color depende de la transmisión del material de envasado, de la fuente de luz (distribución espectral), del tiempo de exposición y de la irradiancia (potencia incidente por unidad de superficie,  $\text{w/m}^2$ ). En dicho estudio se observó que longitudes de onda menores (azul, verde) y valores mayores de irradiancia provocan un aumento del consumo de oxígeno y un deterioro más rápido del color. Así pues, el uso de lámparas LEDs con espectros optimizados (zona del rojo) y/o materiales impermeables a las longitudes de onda críticas pueden ayudar a preservar el color. Alternativamente, se pueden utilizar films impresos barrera a la luz con bases transparentes.

En jamones loncheados envasados al vacío, Andersen *et al.* (1988) observaron resultados más satisfactorios en la estabilidad del color cuando éstos se almacenaron durante 4 días en oscuridad antes de exponerlos a la luz (probablemente debido al consumo del oxígeno absorbido por las lonchas por acción del óxido nítrico generado o por la actividad microbiana). Además de un buen nivel de vacío ( $< 5$  milibares) y almacenamiento en condiciones de oscuridad durante 4-5 días, para tener un ambiente anaerobio y una alta protección frente a la decoloración inducida por la luz, se precisa un material plástico con una velocidad de transmisión de oxígeno baja ( $\text{OTR} \leq 4 \text{cm}^3/\text{m}^2/24\text{h}/\text{atm}$ ). Sin embargo, Larsen *et al.* (2006) no observaron ningún efecto positivo en el color al almacenar en ausencia de luz jamones loncheados envasados en MAP con una relación gas/producto de 2,6 o 4,1, ya que no se observó una disminución del contenido de oxígeno hasta los 15 días de almacenamiento. Según Nannerup *et al.* (2004) el contenido de oxígeno disponible dentro del envase es el que determina la estabilidad del color cuando se ilumina, por lo que una elevada relación gas/producto se puede compensar con un bajo nivel de oxígeno residual.

Andersen *et al.* (1990), aplicando una ligera sobrepresión de  $\text{CO}_2$  disminuyeron el  $\text{O}_2$  residual, de forma que al exponer los envases de jamón cocido directamente a la luz no se produjo decoloración

(la disminución del pH puede facilitar la transformación del nitrito a óxido nítrico, pero para ser efectivo se precisaría que hubiese suficiente nitrito residual). En los envases en los que ya se ha producido cierta decoloración, cuando el contenido de oxígeno se sitúa a valores inferiores a 0,1 % se observa una mejoría del color, pero no se alcanza el color rojo inicial (Andersen *et al.*, 1988, 1990; Moller *et al.*, 2000). El uso de absorbedores de oxígeno puede contribuir de forma muy positiva a la estabilidad del color (Dey & Neogi, 2019). El más conocido está basado en la aplicación de absorbedores en base a hierro, pero tienen la desventaja de su baja aceptabilidad y de que precisan entre 10 h o varios días para absorber todo el oxígeno, y deben mantenerse en oscuridad para evitar el deterioro del color hasta que haya agotado todo el oxígeno. Hutter *et al.* (2016) al utilizar un film de PET/SiOx en que se depositó paladio,

según la tecnología propuesta por Yildirim *et al.* (2015), y envasando en una mezcla gaseosa que contenía un 5 % de hidrógeno lograron, en 2 minutos, disminuir el contenido de oxígeno de un 2 % a un 0,47 %, y en tan sólo 35 minutos, el oxígeno disminuyó a valores inferiores a 0,05 %, en los que se mantuvo durante 21 días.

Para evitar problemas de oxidación del color se recomienda: i) incorporar agentes antioxidantes adecuados (en el pienso o en el producto), ii) maximizar el nitrito residual, iii) reducir la absorción de oxígeno en el período previo al loncheado (evitar condensaciones y quemaduras de congelación), iv) aumentar el nivel de vacío (depende de la consigna de vacío, tiempo, temperatura del producto, colocación del producto dentro de la bandeja (ya que la colocación desordenada dificulta el movimiento del aire) y situación de la bandeja en la campana de vacío (las bandejas centrales suelen presentar resi-



C/ Baró de Coubertin, 6 - 17800 OLOT (Girona) Spain - P.O. Box 209 - T\_ +34 972 27 10 09 - F\_ +34 972 27 01 18 \_ info@olotinox.com \_ www.olotinox.com

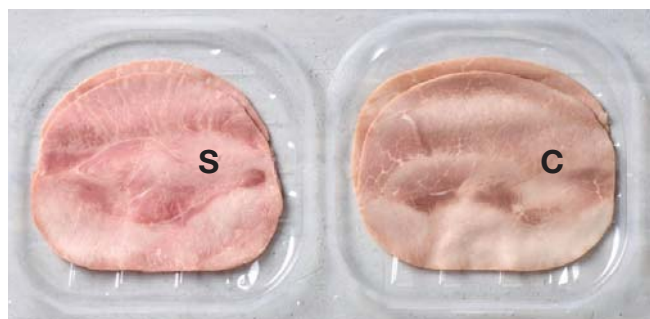


Imagen 15e. Mejora de la estabilidad del color por adición de cultivos iniciadores (C: control, S: con cultivo).

duales superiores a las laterales), v) reducir el espacio de cabeza (disminuir la relación gas:producto), vi) utilizar absorbedores de oxígeno o cultivos que consuman el oxígeno residual (**imagen 15e**), vii) realizar un sellado adecuado, viii) utilizar materiales de envase alta barrera al oxígeno y que no sean transparentes a la luz en las zonas críticas del espectro, ix) almacenar en oscuridad hasta que se haya agotado el oxígeno del espacio de cabeza y x) utilizar un tipo de iluminación adecuado. Así pues, un aspecto clave es facilitar el agotamiento del oxígeno (debido a la combinación de la acción bacteriana, temperatura y reacciones químicas) antes de la exposición a la luz. El tiempo necesario para alcanzar una concentración de oxígeno que no genere problemas dependerá del contenido inicial de oxígeno del espacio de cabeza, la relación gas/producto, la superficie de producto en contacto con el gas y la velocidad de consumo de oxígeno, lo cual debe determinarse mediante equipos medidores del contenido de oxígeno. En mezclas  $N_2/CO_2$  el residual de oxígeno puede aumentar ligeramente durante el primer día debido a la solubilización del  $CO_2$  que produce una disminución del volumen en el espacio de cabeza. Por otro lado, en determinados productos, el aumento de la concentración de ascorbato/isoascorbato puede ayudar a mejorar la estabilidad del color (si hay un elevado residual de nitrito, e.g. productos con pH elevado), pero podría disminuir la estabilidad si el residual de nitrito es bajo, e.g. materias primas de pH bajo y con poco nitrito añadido.

En algunos casos se observa la presencia de un elevado contenido de oxígeno debido a la existencia de fugas que facilitan el deterioro rápido del color. Estas pueden deberse a:

- Soldadura deficiente: producida por la presencia de suciedad o producto en la zona de soldadura



Imagen 16. Decoloración de la superficie de una pieza en lineal iluminado.

(**imagen 38a**), contacto efectuado por operarios, arrugas, temperatura de soldado no adecuada, problemas de mantenimiento de las bandas de soldadura y tipo de tintes utilizados en las zonas de soldadura.

- Presencia de elementos punzantes en el producto o en la línea de envasado.
- Velocidad de la línea elevada y cantidad de gas inyectada (a menor contenido de gas es más difícil que los equipos detecten las fugas).

### 1.2.4.3 Oxidación del color del corte en piezas destinadas a lonchear

La oxidación del color en piezas destinadas a lonchear en los mostradores de las tiendas es común cuando el producto permanece cierto tiempo en contacto con el aire y la luz (**imagen 16**). El deterioro microbiológico del color es más común en establecimientos o en productos con poco consumo, por lo que la pieza puede estar abierta varios días.

Martin *et al.* (2010) observaron que una velocidad de aumento de la temperatura de  $0,2\text{ }^{\circ}C/min$  durante la cocción hasta  $66-70\text{ }^{\circ}C$ , cuando se producen las reacciones químicas de desarrollo del color, proporcionó un color más estable que con una velocidad de  $0,3\text{ }^{\circ}C/min$ . Estos autores también observaron un color más estable al cabo de una semana de cocción que al día siguiente de realizar la cocción.

### 1.3 Problemas de color en productos no nitrificados

#### 1.3.1 Color rojo en productos no nitrificados

##### 1.3.1.1 Debido a la estabilidad de los pigmentos no nitrificados

En los productos no nitrificados, al cocer la carne se produce la desnaturalización de la globina, con lo cual el grupo hemo pasa a estar más expuesto a factores ambientales y es más susceptible a la oxidación que el hemo y la globina en estado original, dando lugar a un pigmento de color marrón que se denomina ferrihemocromo. Sin embargo, el color final a veces es rojizo (*"pinking"*), especialmente en carnes con poca Mb (e.g. pollo, pavo), dando la impresión de que la carne está insuficientemente cocida a pesar de que la temperatura alcanzada indica que lo está (**imagen 17a**). Es un problema que puede tener diversos orígenes, y en cada caso debe hacerse un análisis exhaustivo para determinar la causa más probable.

El color final del derivado cárnico cocido depende, fundamentalmente, del tipo de pigmento mayoritario presente en la carne fresca (metamioglobina (MetaMb), oximioglobina (OxiMb), deoximioglobina (DMb), carboximioglobina (COMb), nitrosilmioglobina (NOMb)), del tratamiento térmico al que se ha sometido, de la especie, del pH y de la presencia de prooxidantes y antioxidantes. Así, por ejemplo, la sensibilidad a la desnaturalización por calor de la MetaMb es superior a la de la OxiMb, y la de éstos muy superior a la de la DMb (Ver 1.3.2) (**imágenes 17a, b**). Por otra parte, la COMb es ligeramente más estable que la DMb. En el caso de la DMb, un pH elevado la protege frente a la desnaturalización por calor y aumenta el aspecto rojizo de la carne cocida, mientras que cuando el pH es bajo (e.g. pH < 5,5) el color es menos estable a la temperatura de cocción. Así pues, debe tenerse en cuenta que parte del color final se debe a pigmentos no desnaturalizados (e.g. DMb, hemoglobina (Hb) y citocromo c), los cuales pueden generar colores rojizos cuando interactúan con ciertos ligandos (O<sub>2</sub>, CO, NO).

Si el hierro se mantiene en estado ferroso se pueden observar varios hemocromos de color rosado en carne cocida. Así, por ejemplo, la desnaturalización de la globina en la DMb da lugar al ferrihemocromo de color rosado, que se oxida fácilmente a ferrihemocromo de color marrón. La desnaturalización de la COMb da lugar al pigmento rosado



Imagen 17a. Aspecto interno, después de la cocción, de hamburguesa envasada en aire (A) y vacío (B).

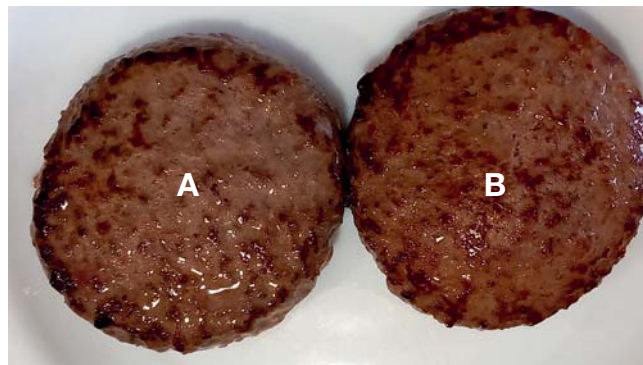


Imagen 17b. Aspecto externo, después de la cocción, de hamburguesa envasada en aire (A) y vacío (B).

CO-hemocromo. Así pues, la carne que contenga mayoritariamente DMb o COMb tendrá un color interno más rojo que una que tenga MetaMb u OxiMb (Suman *et al.*, 2016).

La estructura primaria de la DMb afecta a la estabilidad térmica. Así, por ejemplo, la mayor estabilidad térmica de la carne de pavo respecto a la de vacuno parece ser debida a la mayor longitud de la estructura proteica de la cadena primaria del pavo (350 dalton mayor que el vacuno) (Joseph *et al.*, 2010; Joseph *et al.*, 2011).

La incorporación de lactato (Mancini *et al.*, 2009; Suman *et al.*, 2009), succinato (Mancini *et al.*, 2011) y antioxidantes como el eritorbato (Phillips *et al.*, 2001; Sepe *et al.*, 2005, Suman *et al.*, 2005), aumenta la predominancia de las formas de mioglobina reducidas, lo cual le da mayor estabilidad a la carne al cocer. Suman *et al.* (2016) citan diversos estudios sobre ingredientes que previenen el *pinking* en carnes de aves (e.g. leche en polvo desgrasada, concentrado de proteínas de suero, caseinato, citrato y tripolifosfato). Sin embargo, los resultados a veces difieren entre productos procedentes de carne picada y de músculo entero. Así, por ejemplo, se vio que el citrato inhibía el *pinking* en carne picada y no en músculo entero. Sammel *et al.* (2006) sugirió

que el citrato sódico parece requerir la presencia de oxígeno y puede participar en el proceso oxidativo, ya que la adición simultánea de citrato sódico y eritorbato eliminaba el efecto antipinking del citrato.

En los productos irradiados se genera CO, procedente de aminoácidos y fosfolípidos, que forma COMb. Por lo que la presencia de COMb en carne envasada sin adición de CO (e.g. vacío) puede ser un indicio de que ha sido irradiada (Brewer, 2004).

Se ha observado que se pueden formar hemocromos mediante la interacción con ligandos nitrogenados (e.g. aminoácidos, proteínas y nicotinamida). El alto contenido de nicotinamida en carne de pavo (0,083 mg/g, Richardson *et al.*, 1980) comparado con otras especies (0,049 mg/g en vacuno y 0,039 mg/g en cerdo) favorece la formación de nicotinamida-hemocromos y puede ser una de las causas del *pinking* en carne de pavo. Según Claus & Jeong (2018) el reposo de la carne de pavo presalada lo aumenta, ya que favorece la formación del hemocromo con la nicotinamida.

En el estudio de Claus *et al.* (1994) el *pinking* aumentó con el tiempo en carne de pavo cocida refrigerada y si la temperatura después de cocción disminuía de forma lenta. Según estos autores, en condiciones anaerobias y en el centro de las piezas la MetaMb se puede reducir, lo cual favorece la formación de hemocromos con aminoácidos y nicotinamida.

Por otra parte, el citocromo c también puede formar ferrohemocromos con histidina, nicotinamida, metionina y cisteína (Ahn & Maurer, 1990). En las carnes de aves la relación Mb/citocromo c es más baja que en las carnes rojas, por lo que en ellas el citocromo c puede contribuir de una forma más importante al color y al *pinking*. Fleming *et al.* (1991) observaron un mayor contenido de citocromo c en carne de pollo refrigerada en aire que en la que lo fue en un baño de agua/hielo. Cornish & Froning (1974) señalan que el citocromo c tiene una temperatura de desnaturalización muy superior a la de la DMb, por lo que esto unido a su capacidad de regeneración provoca que pueda contribuir de forma importante al "*pinking*". Girard *et al.* (1989, 1990) encontraron un mayor contenido de citocromo c en pechugas de pavos de 12 semanas que en las de los pavos de 18 semanas, por lo que concluyó que el contenido de citocromo c es inversamente proporcional a la edad. También encontraron que, tras un almacenamiento en refrige-

ración de 4 días, el citocromo c se iba oxidando y el *pinking* disminuía. Ahn & Maurer (1989b) observaron que la adición de sal disminuía la estabilidad al calor de la DMb, pero aumentaba la del citocromo c. Según Holownia *et al.* 2003, la reducción de la mioglobina es una de las posibles causas del *pinking* en carne cocida no nitrificada debido a que el citocromo c no desnaturalizado que queda en la carne después de cocer está aún activo para la transferencia de electrones, lo cual justificaría la menor velocidad de autooxidación de la mioglobina en presencia de citocromo c.

Dado que el *pinking* aumenta en condiciones reductoras (Ahn and Maurer 1990), algunos autores (Cornforth *et al.*, 1986; Dobson & Cornforth 1992) han sugerido mantener unas condiciones ligeramente oxidantes para prevenirlo (e.g. oxigenación de la carne, ligera absorción de oxígeno en la salmuera, sal iodada, uso de ingredientes secados...). Cornforth *et al.* (1986) vieron que el *pinking* se inhibía al añadir iodato potásico a la carne de pavo. Sin embargo, dichas condiciones oxidantes deben aplicarse de una forma muy estandarizada, ya que podrían tener un impacto negativo en el aroma del producto. Así, por ejemplo, en productos inyectados es frecuente la inyección de cierta cantidad de oxígeno que da lugar a un color rosado al producto después de su inyección (**imagen 7e**) debido a la formación de OxiMb que pasa a MetaMb antes de 24h (**imágenes 7f, g**) y confiere un color marrón al cocer.

### 1.3.1.2 Debido a crecimiento microbiano

Ghorpade *et al.* (1992), al estudiar la decoloración roja que a veces se observa en la superficie de salchichas tipo bratwurst (sin nitrificar) durante la vida útil, vieron que dicha coloración era debida a la presencia de mioglobina producida por la reducción de la metaMb debido al crecimiento microbiano. En este caso, todos aquellos factores que retrasen el crecimiento microbiano frenan el enrojecimiento (e.g. tratamiento térmico del producto envasado, adición de lactato y baja temperatura de almacenamiento). Al aumentar el pH del producto aumenta el contenido de mioglobina no desnaturalizada y, por tanto, la coloración rojiza.

También debe tenerse en cuenta la posible formación de zinc-protoporfirina (Zn-PP) de color rojo. La Zn-PP se forma en dos pasos, el primero por desmetalización del hierro por acción del enzima ferroquelatasa (más activa a pH bajo), y el segundo por

integración del Zn en el grupo hemo. Así, por ejemplo, se ha observado la presencia de pequeñas cantidades de Zn-PP, atribuida a determinados microorganismos, en carne de cerdo (Durek *et al.*, 2012).

### 1.3.1.3 Debido a la presencia no deseada de nitrificantes

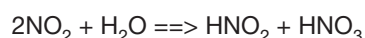
#### Nitrificación de la zona externa

Se puede producir nitrificación de la zona externa, en productos no nitrificados intencionadamente, por compartir líneas de trabajo o contenedores con productos nitrificados. Si bien la limpieza y aclarado de la maquinaria, superficies y contenedores disminuye el problema, es mejor separar las líneas y utilizar contenedores específicos para cada tipo de producto. Si la contaminación por nitrificantes procede de la inyectora, se observan bandas coloreadas en la zona de inyección, si es debido al bombo, se colorea la parte externa del producto, y

si sólo se observa en el producto embutido en tripas permeables pero no en embutido en tripas impermeables, se debe a contaminación del producto una vez embutido.

Según Cornforth *et al.* (1991) el anillo rosado es un atributo tradicional y deseable en los asados tipo "Texas BBQ".

Según Cornforth *et al.* (1998) la coloración rosada de la periferia de la carne cocinada en hornos con quemadores de gas es debida a la presencia de NO<sub>2</sub> que tiene mucha mayor reactividad que el NO y el CO en la superficie húmeda de la carne. El NO es poco soluble en agua, mientras que el NO<sub>2</sub> reacciona con el agua produciendo ácido nitroso y ácido nítrico.



El ácido nítrico no es de esperar que contribuya al color rojo, pero el ácido nitroso puede difundirse y por acción de reductores de la carne como la mio-



## El sistema automático para carnes Gourmet



LAPEG 1000 HYBRID

### Producto orientado, sin moldes y versátil

Embuchadora de músculo entero que permite posicionar y orientar la carne para la elaboración de productos homogéneos y de calidad gourmet.



PONEMOS A TU DISPOSICIÓN NUESTRA PLANTA PILOTO

[pujolas.com](http://pujolas.com)



Imagen 18a. Nitrificación periférica de un *bratwurst* por presencia de humo en horno de cocción.

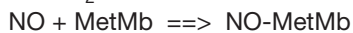


Imagen 18b. Nitrificación externa por presencia de nitrito en el agua de cocción.



Imagen 18c. Coloración rosada de un producto adobado debido a crecimiento microbiano en las zonas inyectadas y transformación del nitrato a nitrito.

globina (Mb) puede reducirse a NO. El NO se liga a la metamioglobina (MetaMb) seguida de una rápida autoreducción a nitrosilmioglobina (NOMb) (Killday *et al.*, 1988), que por acción del calor genera el nitrosilhemocromo (NOhemocromo) de color rosado.



Además, puede producirse nitrificación de la periferia por contacto del producto con nitrito procedente del agua de cocción, contacto con humo que contenga óxido nítrico/dióxido de nitrógeno (**imagen 18a**) y cocción junto a productos nitrificados (**imagen 18b**).

Nitrificación de toda la superficie de corte

El color rojizo “*pinking*” en toda la superficie de corte en productos que no contienen nitrificantes añadidos de forma intencionada, puede provenir de la presencia de nitrificantes en la dieta (ingesta de nitrito), en el agua de duchado de las canales, en los ingredientes, en los materiales de envasado o en el sistema de cocción, o por el transporte previo al sacrificio y manejo (estrés, humos de tubo de escape) (Froning & Hartung, 1967; Froning *et al.*, 1969a; Wu *et al.*, 1994; Froning *et al.*, 1978; Froning *et al.*, 1969b; Young *et al.*, 1996; Nash *et al.*, 1985; Heath and Owens, 1992; Maga, 1994; Cornforth *et al.*, 1998; Smith and Northcutt, 2004). Además, los productos que se forman durante la cocción por la combustión incompleta, como el CO, el óxido nítrico y el dióxido de nitrógeno, así como un elevado contenido de nitrito en el agua contribuyen a darle un color rosado a las carnes cocidas sin nitrificantes añadidos (Cornforth *et al.*, 1991; 1998).

La carne de pollo es más susceptible al *pinking* que la de vacuno a bajas dosis de nitrito. Se puede detectar la presencia de bajos niveles de nitrito antes de cocer debido a la oxidación superficial de la Mb a MetaMb. Por ejemplo, en carne de pavo reposada durante una noche a 2 °C a la que se le añadió entre 0 y 1 ppm de nitrito el color era rojo, pero cuando se le añadieron 2 ppm o más el color pasó a ser marrón antes de cocer. En el caso de la carne de vacuno, contenidos de nitrito <13 ppm dieron un color rojo fresco antes de cocer, mientras que cuando fueron superiores a 14 ppm el color fue marrón. Según Heaton *et al.* (2000) la dosis de nitrito mínima para tener *pinking* es de 14, 4, 2 y 1 ppm para ternera, paleta de cerdo, pechuga de pavo y pechuga de pollo, respectivamente. Según Fox (1987), con sólo 4 ± 6 ppm de nitrito son suficientes para el desarrollo del color nitrificado en salchichas tipo frankfurt, pero se necesitan 10 veces más para tener un color estable. Ahn & Maurer (1989), con tan sólo 1 ppm de nitrito detectaron *pinking* en pechugas de pavo. En los productos inyectados en que

haya presencia de nitrito en la salmuera, la adición de ácido ascórbico o eritórbito a la salmuera puede reducir el nitrito a óxido nítrico que se eliminaría de la salmuera mediante agitación, lo cual ayudaría a reducir el *pinking*.

### Nitrificación parcial del interior del producto

En los productos adobados mediante inyección, las especias constituyen un aporte de nitratos, y durante la vida útil se produce un crecimiento microbiano que puede facilitar su transformación a nitritos. En las zonas inyectadas existe una microbiota más abundante y un mayor contenido de agua y de nutrientes, por lo que es más fácil que en ellas se inicie el proceso de nitrificación, dando lugar a productos que tras la cocción presentan un color rosado no homogéneo (**imagen 18c**). En estos casos es útil disminuir la temperatura de almacenamiento del preparado de carne, y conviene disminuir la vida útil para reducir dicha problemática.

### 1.3.2 Oscurecimiento prematuro al cocer

A diferencia del apartado 1.3.1.1, en ocasiones se observa un oscurecimiento prematuro de la carne sin nitrificar (*“premature browning”*), cuando es cocida a temperatura inferior a 71 °C (Hague *et al.*, 1994; King & Whyte, 2006)), dando lugar a un producto de aspecto cocido sin que se haya alcanzado una temperatura adecuada para que pueda considerarse seguro (**imágenes 17a, b**). Las carnes exudativas, las envasadas en atmósfera modificada rica en oxígeno, las descongeladas por largos períodos y las picadas finamente o tratadas con sal son más sensibles al oscurecimiento prematuro. En la carne envasada al vacío, aumenta la proporción de Mb y en la envasada en MAP con monóxido de carbono aumenta la proporción de COMb. En ambos casos al cocer se obtiene un color más rojizo y, por tanto, disminuye la problemática del oscurecimiento prematuro. Este tipo de carne permite obtener filetes poco hechos sin problemas, pero para tener una carne de aspecto muy

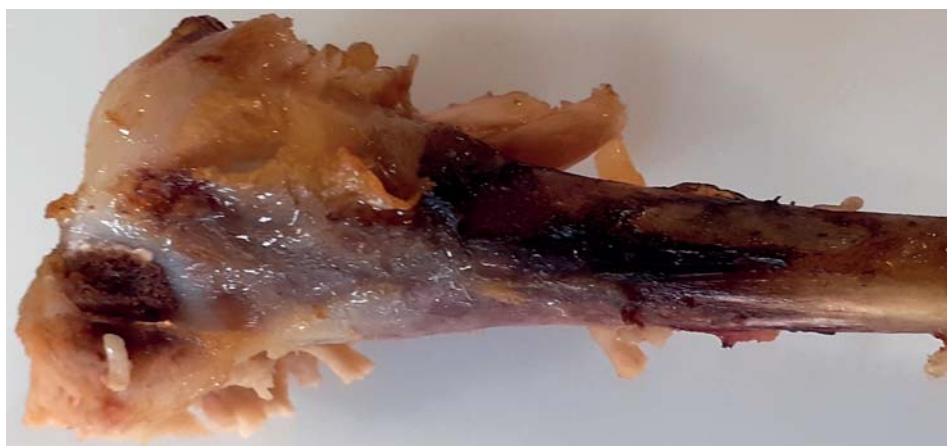


Imagen 19. Hueso de muslo de pollo con aspecto marrón oscuro (síndrome del hueso negro).

hecha se requiere prolongar la cocción, lo cual endurece la carne. Por otra parte, la carne envasada en aire o en alto contenido de oxígeno da lugar a OxiMb que es menos estable a la cocción y facilita el oscurecimiento prematuro al cocer (Hunt *et al.*, 1999). Estos autores encontraron que las carnes en las que el pigmento mayoritario era OxiMb o MetaMb, el color pasaba a marrón al calentar a 55 °C, por lo que dichas carnes son apropiadas para obtener filetes de aspecto muy hecho sin necesidad de cocer a alta temperatura, especialmente si son de espesor fino, lo que facilita que el interior esté también oxigenado. Por tanto, la modificación del color sólo es un buen criterio de seguridad microbiológica cuando el pigmento mayoritario es la Mb.

### 1.3.3 Huesos de muslos de pollo marrones

Los huesos de los muslos de pollo cocidos, a veces presentan un aspecto marrón oscuro o rojizo, denominado “síndrome del hueso negro” (*black bone syndrome*), que afecta también al tejido muscular adyacente (**imagen 19**) y es debido a la migración de pigmentos de la médula ósea a través de los huesos porosos y no totalmente calcificados de pollos jóvenes, lo cual se ve favorecido si previamente han sido congelados. La congelación aumenta la porosidad de los huesos y produce hemólisis de los eritrocitos que liberan hemoglobina. Se ha observado que: i) la congelación antes de cocer genera un problema mayor de huesos marrones que la congelación después de cocer (Lyon & Lyon, 1986); ii) la extracción del fémur antes de congelar disminuye el aspecto rojizo de los muslos; iii) el tiempo de alma-



Imagen 20a. Oxigenación de la hemoglobina en el exterior del embutido(A), y en la superficie de corte después de un período en contacto con el aire (B).



Imagen 20b. Oxigenación de hemoglobina en embutido de sangre ligeramente seco.



Imagen 20c. Embutido de sangre tratado a temperatura de cocción decreciente. Aspecto exterior cocido e interior insuficientemente cocido.

cenamiento en congelación no afecta al grado de oscurecimiento de los muslos (Spencer *et al.*, 1961) (Streeter & Spencer, 1973; Hatch & Stadelman, 1972); iv) la reducción del tiempo de descongelación y un calentamiento rápido (e.g. sin descongelación) reduce el problema, ya que una parte muy importante de la decoloración tiene lugar durante la descongelación (Hatch & Stadelman, 1972); v) la congelación a  $-127\text{ }^{\circ}\text{C}$  en túnel de nitrógeno apenas produjo oscurecimiento, mientras que a  $-28,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  y a  $-13,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  este fue muy elevado (Cunningham, 1975; Cunningham & Lohmeyer, 1972); y vi) las hembras tienen una menor incidencia de huesos negros que los machos (Yu, 2011).

El aspecto rojizo de la carne adyacente al hueso, que le confiere un aspecto de carne insuficientemente cocida, disminuye al aumentar la temperatura y el tiempo de cocción, pero puede verse incrementado por un pH elevado de la carne.

La solución a largo plazo al problema de huesos negros puede requerir evaluar la estructura ósea en los programas de selección de reproductores. Sin embargo, a corto plazo, es posible aliviar el problema prestando atención a los factores nutricionales (e.g. adición de vitamina D) que puedan maximizar la calidad ósea (Whitehead, 2010; Mota 2012; Artega *et al.*, 2009).

### 1.3.4 Oxigenación de la hemoglobina en embutidos de sangre cocidos

Durante la cocción de los productos a los que se les añade sangre (e.g. morcillas, bull negro, botifarra negra...) se produce la desnaturalización de la hemoglobina y la oxidación del Fe (II) a Fe (III). Si durante la cocción la hemoglobina no se oxida, puede oxigenarse y dar lugar a una coloración roja en la periferia del embutido. En el centro del producto, el color, si bien no es rojo al cortar, pasa a rojo al cabo de un cierto tiempo una vez se ha oxigenado (**imágenes 20a, 20b**). Este problema es más común en embutidos de calibre grande que en los de calibre menor. En los embutidos de sangre tradicionales con cocciones cercanas a la ebullición del agua ( $90\text{-}100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y posteriormente secados, no se observa dicho problema, que es más común en embutidos sometidos a temperaturas de cocción moderadas o bajas ( $<85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y que se venden sin secar. Según Innun (2015) al aumentar la temperatura de cocción disminuye el color rojo. Por otra



Imagen 21. Manchas de sangre.

parte, de forma análoga a como ocurre con la mioglobina, es de esperar que un aumento de pH de la mezcla haga más estable el pigmento a la cocción, por lo que un aumento del contenido de sangre en el embutido, al aumentar el pH de la mezcla, provocaría que la masa fuera más robusta a los cambios de color durante la cocción. Por otro lado, la presencia de pigmento oxigenado en la sangre fresca favorecería la oxidación a Fe (III), mientras que la presencia del pigmento sin oxigenar lo haría más robusto al cambio de color. Así pues, el batido de la sangre que facilite la incorporación de oxígeno o un amasado prolongado sin vacío favorecería la oxigenación y la posterior oxidación del pigmento a Fe (III) durante la cocción.

La cocción a temperatura elevada al inicio y su posterior disminución (cocción a temperatura decreciente) puede dar un producto con aspecto cocido en el exterior y crudo en el interior (**imagen 20c**).

### 1.4 Manchas de sangre

La presencia de manchas de sangre (**imagen 21**) constituye un problema especialmente en piezas enteras de carnes blancas y de baja inyección, que puede ser debido a la presencia de petequias y equimosis (ver 1.1.11) o a un mal desangrado. Para disminuir el problema de manchas de sangre se debe: i) aturdir y degollar adecuadamente para prevenir la formación de petequias ii) realizar acciones para facilitar el desangrado a nivel de matadero (López, 2017) que incluyan medidas de bienestar



Imagen 22. Irisaciones.

animal, un buen corte de los vasos para facilitar el drenaje de la sangre, suficiente tiempo de desangrado antes de escaldado, acciones mecánicas que faciliten el drenaje de la sangre, y posterior enfriamiento en agua; iii) realizar un buen pulido de los vasos sanguíneos que presentan mayor incidencia; iv) aumentar el porcentaje y la uniformidad de inyección de salmuera; v) tenderizar; y vi) realizar un

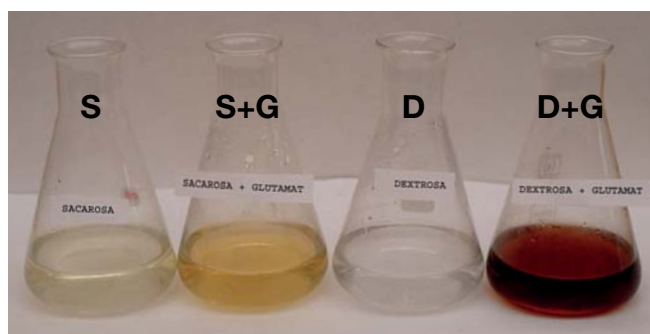


Imagen 23a. Efecto en el color de la adición simultánea de glutamato (G) y sacarosa (S) o glutamato (G) y dextrosa (D) en el pardeamiento no enzimático durante el tratamiento térmico de una solución acuosa.



Imagen 23b. Pardeamiento superficial producido por reacción de Maillard en zona de contacto con el molde durante la cocción.



Imagen 23c. Pardeamiento superficial producido por reacción de Maillard en la zona de contacto con el fondo de la caldera durante la cocción.

buen vacío durante la maceración y aumentar el tiempo de maceración para facilitar la difusión de la salmuera y de la sangre antes de la cocción.

El enfriado de las canales de aves por inmersión en agua reduce este problema, y un lavado y escurrido posterior de las piezas también ayudaría a reducir el problema.

### 1.5 Irisaciones

Son coloraciones verde-amarillo-anaranjadas que suelen ser debidas a fenómenos ópticos de dispersión, interferencia y difracción microestructural (color estructural), que se presentan no sólo en carne cruda o cocida (**imagen 22**), sino también en escamas de pescado, plumas de pavo real, perlas, burbujas de jabón... (Kinoshita *et al.*, 2008; Mancini 2007), y cuyo mecanismo, puramente físico, difiere del mecanismo de desarrollo del color que se produce a través de pigmentos, colorantes y metales, en los que se consume energía de la luz. En los derivados cárnicos está relacionado con la microestructura del músculo entero, fresco, curado-madurado o cocido, ya que en los productos picados no se presentan irisaciones (Wang, 1991). La máxima irisación se observa si el ángulo de corte con relación a la dirección de las fibras es de 90 grados y desaparece si es inferior a 40 grados. Las diferencias entre músculos están asociadas en parte a la dirección de las fibras musculares durante el loncheado (Lawrence *et al.*, 2002). La uniformidad estructural dentro del músculo favorece la difracción de la luz que conduce a la formación de irisaciones (Wang, 1991). Según Obuz & Kropf (2002) la tenderización de la carne reduce las irisaciones una vez cocida. La incidencia aumenta si se hace un corte limpio del producto o se disminuye la rugosidad superficial (Fulladosa *et al.*, 2009), y disminuye con el contenido de grasa intramuscular, si se usan cuchillas poco afiladas, si la superficie de la loncheadora no es lisa, sino que es áspera o se realiza un loncheado ultrafino. El diámetro de las fibras musculares y la longitud de los sarcómeros no afecta a la incidencia de irisaciones (Ruedt *et al.*, 2021).

Según Swatland (1984) la estructura superficial del músculo es el factor que afecta de forma más importante a la incidencia de irisaciones. Así pues, los pigmentos de la carne no parecen contribuir a la formación de irisaciones, sino que producen un color de fondo que puede mezclarse con el producido por las irisaciones. Oliver *et al.* (2006) obser-



Imagen 23d. Pardeamiento en el interior del producto de origen desconocido.

varon mayor incidencia de irisaciones en jamones PSE (con y sin pigmentos hémicos añadidos) que en jamones de carne normal. Según Wang (1991) la carne de vacuno precocida y decolorada con agua oxigenada sigue presentando fenómenos de iridiscencia, por lo que de ello se deriva que es un fenómeno físico no relacionado con el estado de oxidación de los pigmentos.

### 1.6 Pardeamiento

#### 1.6.1 Reacción de Maillard

La reacción de Maillard consiste en la reacción de un aldehído (e.g. azúcar reductor) con un grupo amino, sin la participación de ningún enzima, para formar las bases de Schiff, que se degradan posteriormente en diferentes reacciones, que en sus etapas finales dan lugar al pardeamiento no enzimático del producto (**imágenes 23a, b, c**) y formación de compuestos que tienen un impacto en el aroma.

La reacción de Maillard depende de las condiciones de temperatura a las que se somete el producto,

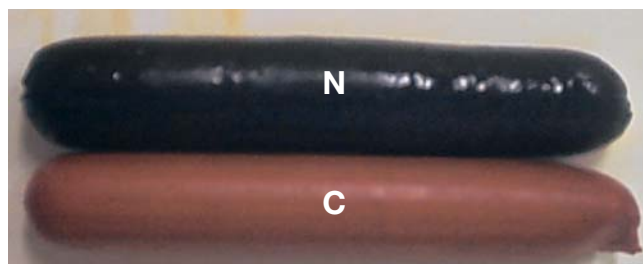


Imagen 23e. Oscurecimiento del exterior de una salchicha de Frankfurt producido durante la comercialización a granel producido por *Carnimonas nigrificans* (N). Control (C).

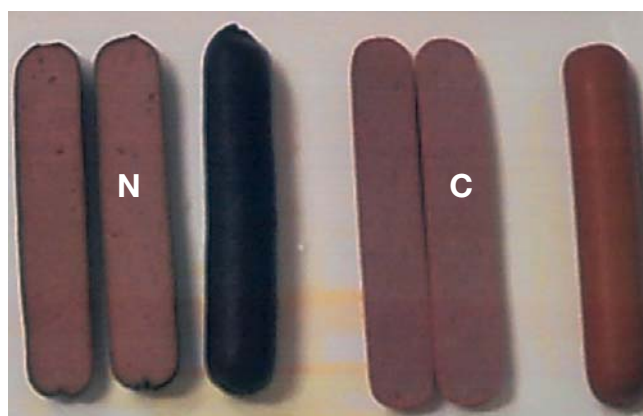


Imagen 23f. Aspecto al corte de salchichas de Frankfurt oscurecidas durante la comercialización a granel producido por *Carnimonas nigrificans* (N). Control (C).

del pH y de la actividad de agua ( $a_w$ ) y de los sustratos presentes. La reactividad aumenta con la temperatura, con el pH y la presencia de metales como el hierro y es óptima a  $a_w$  entre 0,6 y 0,9 (Li *et al.*, 2021). Dentro de los azúcares reductores, las pentosas son más reactivas que las hexosas, y éstas que los disacáridos reductores. Los aminoácidos libres son más reactivos que los péptidos, y éstos que las proteínas. Dentro de los aminoácidos, los que tienen más de un grupo amino (lisina, arginina) son más reactivos. La reacción de Maillard puede aumentar cuando se produce una proteólisis importante, así, por ejemplo, en el caso de los hígados es recomendable que sean frescos y que se refrigeren muy rápidamente y se procesen tan pronto como sea posible para disminuir la formación de péptidos y aminoácidos libres. En los productos esterilizados, la reacción de Maillard se da de forma más importante en la zona en contacto con la superficie de la lata, por lo que se precisa un tiempo de almacenamiento después de la cocción para que el sabor se uniformice.

Para disminuir la reacción de Maillard, se recomienda evitar la adición de azúcares reductores,



Imagen 23g. Manchas marrones producidas por *Carnimonas nigrificans* que rápidamente pasan a negras.



Imagen 23h. Manchas negras y limo de color blanco producidos por *Carnimonas nigrificans*.

glutamato e hidrolizados proteicos y fosfatos alcalinos, y ajustar las condiciones de cocción a las necesidades reales de conservación.

Esporádicamente se observan coloraciones en el interior del producto (**imagen 23d**), que pueden recordar al pardeamiento no enzimático, pero cuyo origen no ha sido establecido.

### 1.6.2 *Carnimonas nigrificans*

El problema microbiológico de manchas negras es común en embutidos curado-madurados y en menor medida en jamón curado. En productos cocidos se ha observado tan sólo cuando la comercialización se hace en atmósfera rica en oxígeno (e.g. a granel) (**imágenes 23e, f**).

Hugas & Arnau (1987) describieron una problemática de manchas marrones que forman un limo blanco en condiciones aerobias de HR elevada y pasan a negro con el tiempo (**imágenes 23g, h**). Arnau & Garriga (1993) demostraron que dichas

manchas negras se producían por acción de un microorganismo cuando crecía en un derivado cárnico, a temperatura inferior a 40 °C (óptimo 30-35 °C), conteniendo alguno de los siguientes azúcares: glucosa, maltosa, jarabes de glucosa o dextrinas. Con otros azúcares no se forma la pigmentación marrón/negra, pero puede ser un foco de contaminación. La adición de glicina, L-arginina, L-glutamina y L-glutamato monosódico aumentan el pardeamiento. En el intervalo del 3 % al 11 % de sal, el crecimiento y pardeamiento observados son máximos cuando el contenido de sal es del 4 %. Por otra parte, los ácidos, el sulfito, el nitrito sódico, la N-acetil-L-cisteína y la cisteína inhiben la reacción de pardeamiento. Este microorganismo fue clasificado como una especie y género nuevos denominado *Carnimonas nigrificans* (Garriga *et al.*, 1998). Es importante señalar que no presentó patogenicidad en ratones infectados. *Carnimonas nigrificans* incluso es capaz de producir la reacción de pardeamiento cuando se añade en agua que tan sólo contiene glucosa y glutamato (Arnau & Garriga, 2000). El pardeamiento producido por *Carnimonas nigrificans* con algunos azúcares y aminoácidos, y las propiedades inhibitorias de algunas sustancias muestra similitudes con la reacción de Maillard. Sin embargo, existen diferencias importantes en el comportamiento frente a la temperatura, el oxígeno y azúcares implicados que pueden estar relacionados con su metabolismo.

Para eliminar esta problemática, se debe localizar el origen de la contaminación, que con frecuencia puede ser detectado por la situación y la forma de las manchas. El proceso de cocción elimina dichos microorganismos, por lo que la contaminación se produce después de la cocción. Se deben incrementar las medidas higiénicas y utilizar desinfectantes de amplio espectro. Los amonios cuaternarios deben evitarse, ya que pueden favorecer este problema al eliminar microbiota competitiva de *Carnimonas nigrificans*. Los productos elaborados pueden constituir un foco de contaminación, mientras la superficie esté húmeda, especialmente cuando la coloración tiene una tonalidad marrón o se observa un limo blanco superficial, pero dejan de serlo en estadios más avanzados cuando la superficie está seca. **e**

(Continúa en el próximo número de **eurocarne**).