



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

Iniciamos con este artículo una serie que desarrollaremos durante el año sobre los principales problemas de aspecto, textura o flavor que pueden presentar los derivados cárnicos tratados por el calor durante el proceso de elaboración.

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

Introducción

Según el Real Decreto 474/2014, se entiende por derivados cárnicos tratados por el calor aquellos que, son elaborados con carne, a la que se le puede añadir sangre, grasa o menudencias, que se han sometido en su fabricación a un tratamiento térmico suficiente para alcanzar, en su parte interna, una coagulación parcial o total de sus proteínas. Adicionalmente, pueden ser sometidos a tratamientos de ahumado y maduración. Podrán pertenecer a este grupo aquellos productos elaborados mediante nuevas técnicas de tratamiento, surgidas de la

Enero-febrero 2023

Problemas sensoriales de los derivados cárnicos tratados por el calor

PARTE I (febrero)

Introducción

1. Aspecto

- 1.1. Problemas relacionados con la calidad de la carne
 - 1.1.1. Carnes PSE y desestructuradas
 - 1.1.2. Carnes DFD
 - 1.1.3. Carne tipo espagueti
 - 1.1.4. Estrías blancas
 - 1.1.5. Pechugas tipo madera
 - 1.1.6. Miopatía del pectoral profundo: músculo verde
 - 1.1.7. Capacidad reductora de la carne
 - 1.1.8. Decoloración de la médula ósea de los cortes (*bone marrow discoloration*)
 - 1.1.9. Quemadura de congelación
 - 1.1.10. Falta de cohesividad de la grasa subcutánea e intermuscular con el magro
 - 1.1.11. Petequias y equimosis

PARTE II (marzo)

- 1.2. Problemas de color relacionados con la adición de nitrificantes
 - 1.2.1. Zonas sin nitrificar en productos nitrificados
 - 1.2.2. Quemadura de nitrito
 - 1.2.3. Heterogeneidad del color en jamón cocido
 - 1.2.4. Oxidación del color en productos nitrificados
 - 1.2.4.1. Oxidación durante el tratamiento térmico
 - 1.2.4.2. Oxidación de productos loncheados envasados en atmósfera modificada (MAP)
 - 1.2.4.3. Oxidación del color del corte en piezas destinadas a lonchar
- 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
 - 1.3.1.2. Debido a crecimiento microbiano
 - 1.3.1.3. Debido a la presencia no deseada de nitrificantes
 - 1.3.2. Oscurecimiento prematuro al cocer
 - 1.3.3. Huesos de muslos de pollo marrones
 - 1.3.4. Oxigenación de la hemoglobina en embutidos de sangre cocidos
- 1.4. Manchas de sangre
- 1.5. Irisaciones
- 1.6. Pardeamiento
 - 1.6.1. Reacción de Maillard
 - 1.6.2. *Carnimonas nigrificans*

PARTE III (abril)

- 1.7. Precipitados
 - 1.7.1. Fosfatos
 - 1.7.2. Lactatos de magnesio y de calcio
 - 1.7.3. Tirosina
 - 1.7.4. Puntos blancos de grasa
- 1.8. Puntos blancos en productos tratados por alta presión
- 1.9. Desprendimiento de agua y gelatina
 - 1.9.1. Factores de materia prima e ingredientes
 - 1.9.2. Factores de proceso
 - 1.9.3. Envasado
- 1.10. Desprendimiento de grasa
 - 1.10.1. En el interior del producto
 - 1.10.2. En la periferia
 - 1.10.3. Pérdida de grasa durante el tratamiento térmico del producto reenvasado
 - 1.10.4. Mal ligado de los dados

PARTE IV (mayo)

- 1.11. Deformación
 - 1.11.1. Del producto
 - 1.11.1.1. *Cupping*
 - 1.11.1.2. Encogimiento de la tripa durante la cocción
 - 1.11.1.3. Estallido de la tripa al cocer
 - 1.11.1.4. Pelado de salchichas
 - 1.11.1.5. Incremento de altura (*doming*)
 - 1.11.1.6. Contracción lateral
 - 1.11.1.7. Grietas
 - 1.11.1.8. Agujeros/huecos
 - 1.11.1.9. Puntas secas
 - 1.11.1.10. Arrugado de la piel en loncheados
 - 1.11.1.11. Arrugado de salchichas
 - 1.11.1.12. Marcas de torsión, pelado y contacto en salchichas tipo frankfurt
 - 1.11.2. De los envases
 - 1.11.2.1. Arrugado del envase
 - 1.11.2.2. Colapso del envase
 - 1.11.2.3. Hinchazón del envase
 - 1.11.2.4. Rotura de soldaduras
- 1.12. Adhesión de la carne a la tripa/bolsa (*"cling"*)
- 1.13. Distribución heterogénea de los ingredientes
 - 1.13.1. Ingredientes disueltos/dispersados en agua
 - 1.13.2. Ingredientes sólidos
 - 1.13.3. Ingredientes líquidos

PARTE V (junio)

- 1.14. Coloraciones verde-gris marrón producidas por especias
- 1.15. Pelos y cabellos
- 1.16. Defectos de ahumado

1.17. Problemas tecnológicos diversos

- 1.17.1. Preparación de las salmueras
- 1.17.2. Proceso de inyección
- 1.17.3. Proceso de tenderización
- 1.17.4. Masaje
- 1.17.5. Cocción/enfriamiento
- 1.17.6. Envasado
- 1.18. Problemas de aspecto de origen microbiológico
 - 1.18.1. Limo, gas, decoloración gris-verde y acidificación
 - 1.18.2. Manchas azules
 - 1.18.3. Manchas rosadas
 - 1.18.4. Manchas amarillas
 - 1.18.5. Manchas negras
 - 1.18.6. Coloración rosa de las tripas saladas
 - 1.18.7. Remelo
 - 1.18.8. Crecimiento de moho

PARTE VI (junio)

2. Textura

- 2.1. Ligado
 - 2.1.1. Desligado del magro
 - 2.1.2. Desligado de la grasa
 - 2.1.3. Cohesión de la loncha: loncheabilidad
 - 2.1.4. Desgranado/desfibrado de la carne
- 2.2. Mordiente cárnico
- 2.3. Crujencia
- 2.4. Plasticidad/gomosidad
- 2.5. Acortezado
- 2.6. Textura reseca, estropajosa, falta de ternura
- 2.7. Untabilidad
- 2.8. Residuo de conectivo
- 2.9. Harinosidad
- 2.10. Presencia de huesos en carne MDM
- 2.11. Sensación astringente

PARTE VII (julio-agosto)

3. Flavor

- 3.1. Problemas de flavor/sabor producidos por ingredientes y procesos
 - 3.1.1. Olor y sabor ácidos
 - 3.1.2. Sabor salado
 - 3.1.3. Sabor amargo
 - 3.1.4. Recalentado (*warmed-over flavour*)
 - 3.1.5. Rancio
 - 3.1.6. Oxidación del aroma por falta de nitrito
 - 3.1.7. Olor a grasa cocida oxidada
 - 3.1.8. Orina de gato
 - 3.1.9. Olor a tripa
 - 3.1.10. Defectos de ahumado
 - 3.1.11. Olor a confinado
 - 3.1.12. Tostado
 - 3.1.13. Olor sexual
 - 3.1.14. Olor a cuadra de cerdos
 - 3.1.15. Falta de sabor/aroma
 - 3.1.16. Evolución del sabor/aroma
 - 3.1.17. Otros olores extraños

4. Conclusión

innovación tecnológica, que ofrezcan efectos científicamente demostrados equivalentes, al menos, a los tratamientos tradicionales de esterilización y pasterización, sin perjuicio de la normativa vigente. Según el tratamiento térmico utilizado en su elaboración, los derivados cárnicos tratados por el calor pueden ser: i) derivados cárnicos esterilizados, ii) derivados cárnicos pasteurizados o iii) derivados cárnicos con tratamiento térmico incompleto.

Uno de los objetivos fundamentales de la elaboración de los derivados cárnicos tratados por el calor es que tengan la máxima calidad sensorial. Sin embargo, esta no siempre se alcanza debido a distintas causas cuyo origen puede estar en las materias primas, en los ingredientes y aditivos utilizados, en los procesos de elaboración y en la comercialización del producto. Estas problemáticas disminuyen la calidad del derivado e incluso pueden hacerlo inaceptable.

A continuación, se detallan algunos de los problemas de aspecto, textura y flavor que se pueden encontrar en derivados cárnicos tratados por el calor durante el proceso de elaboración.

1. Aspecto

1.1 Problemas relacionados con la calidad de la carne

1.1.1 Carnes PSE y desestructuradas

Una de las causas más comunes de desestructuración de las zonas musculares en los derivados

cárnicos tratados por el calor, obtenidos a partir de piezas, son las carnes pálidas blandas y exudativas (PSE), del inglés (*pale*: pálida, *soft*: blanda, *exudative*: exudativa), (imágenes 1a, b). Dicha problemática puede darse en carne de cualquier especie animal, pero es más común en carne de cerdo. Los músculos más afectados son los músculos blancos como por ejemplo, el músculo semimembranoso, aunque el músculo aductor, con frecuencia también está afectado en su interior. Este problema se produce cuando tiene lugar una disminución rápida del pH mientras la temperatura de la canal/carne es aún elevada. La presencia de carnes PSE viene afectada por: i) la genética (incidencia más elevada en animales sensibles al estrés o con el gen del halotano), ii) el bienestar animal (incidencia más elevada cuando el animal se estresa en el período previo o durante el sacrificio, si aún tiene reservas de glucógeno importantes en los músculos), y iii) una temperatura elevada durante el proceso de transformación del músculo en carne. Si la caída del pH es muy rápida, dado que la glucólisis genera calor, se produce un incremento importante de temperatura. Así, por ejemplo, Briskey & Wismer-Pedersen (1961) observaron un incremento de temperatura de unos 2-3 °C en canales PSE respecto a canales normales poco tiempo después del sacrificio; y Stabursvik *et al.* (1984) encontraron, a los 15 minutos *post mortem*, en músculos en los que la glucólisis se produjo rápidamente, una temperatura media de 42,6 °C, frente a 40,3 °C de los músculos normales. La combinación de un pH bajo y una temperatu-

Especializados en la fabricación de agujas para la industria alimentaria y farmacéutica



PRODUCTO
DE CALIDAD



AL MEJOR
PRECIO



DISEÑO
PERSONALIZADO

III Agujas inyectora

Gracias a nuestra larga experiencia en el sector de la maquinaria alimentaria, ofrecemos las mejores soluciones y resultados a nuestros clientes.

Contacte con nosotros sin compromiso: www.agujasinyectora.com · info@agujasinyectora.com · +34 972 579 094

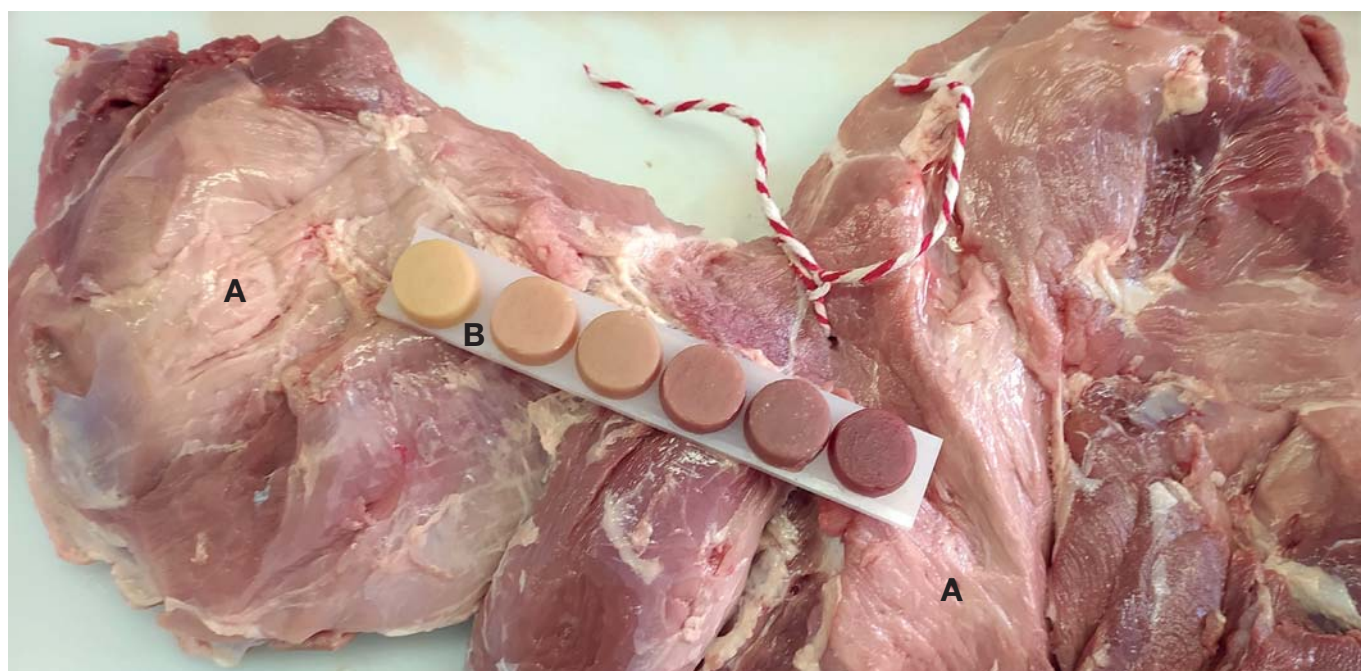


Imagen 1a. Jamón con características PSE en algunas zonas internas (A). Escala japonesa (B).



Imagen 1b. Carne de vacuno con características PSE en la zona interna, debido a una disminución lenta de la temperatura.

ra elevada genera una desnaturalización parcial de las proteínas sarcoplasmáticas y de la parte menos termoestable de la miosina (Stabursvik *et al.*, 1984; Offer, 1991) lo cual afecta negativamente a la estructura del producto cocido. Para facilitar la disminución de temperatura interna es muy efectivo abrir la maza (músculo semimembranoso) inmediatamente después de dividir la canal en dos partes (Voutila *et al.*, 2006), lo cual elimina prácticamente el problema de jamones cocidos desestructurados (Scheeder & Hugenschmidt, 2011). El despiece e

inyección de la carne en prerigor disminuye el problema de las carnes PSE (Serra *et al.*, 2019).

Según Minvielle *et al.* (2001) la incidencia de jamones desestructurados es mucho más elevada en jamones de $\text{pH} < 5,5$, se ve incrementada por la conformación y el peso al sacrificio, está afectada por el día de sacrificio y no está afectada por la edad del animal.

Los problemas derivados del uso de carnes PSE son menos importantes en derivados cárnicos tratados por el calor a los que se les añadan ingredientes (i.e. fosfatos, almidones, hidrocoloides, proteínas no cárnicas funcionales) que puedan compensar la pérdida de propiedades funcionales de la carne (Barbut, 2009; Petracci *et al.*, 2013). Sin embargo, la presencia de carnes PSE puede contribuir a aumentar el aspecto troceado del corte, que es debido a la presencia de piezas de carne que se han roto durante el proceso de elaboración.

En la elaboración de productos inyectados debe revisarse con frecuencia que las agujas de inyección no estén obturadas. Así pues, es importante no confundir las carnes PSE con las carnes ácidas mal inyectadas, especialmente en los procesos de corta duración, en donde existen zonas en que los ingredientes de la salmuera no están presentes al inicio de la cocción para ejercer su acción de mejora de la capacidad de retención de agua.

En los derivados cárnicos frescos, las carnes PSE exudan mucho en las bandejas durante la comercialización, y pierden más líquido al cocer, lo cual da lugar a una carne poco jugosa. El rebozado de la carne fresca compensa, en parte, las pérdidas de jugos en la cocción y mejora la calidad sensorial final.

1.1.2 Carnes DFD

La carne DFD (imágenes 2a, b, c), del inglés (*dark*: oscura, *firm*: firme, *dry*: seca) se presenta cuando se agota el glucógeno muscular por un estrés prolongado antes del sacrificio del animal, o por un ayuno muy prolongado, lo cual da lugar a un pH_{24} elevado, que es más frecuente en los músculos rojos que en los blancos (algunos autores consideran que la carne de cerdo es DFD cuando el $pH > 6,0$ y otros cuando el $pH > 6,2$). Un valor elevado de pH en músculos blancos como el semimembranoso (tapa) o el *longissimus dorsi* (lomo) suele traducirse en características DFD en casi todos los músculos de la canal. La carne DFD y los productos que se elaboran con ella se alteran antes que los procedentes de carne normal debido a que las bacterias deteriorantes crecen más rápidamente a $pH > 6,0$, pero esta explicación es sólo parcialmente correcta. Una vez que cesa la glucólisis, el músculo normal posee una cierta cantidad de glucógeno residual, pero es muy baja o está ausente en el músculo DFD. Además, las pequeñas cantidades de glucosa e intermedios glucolíticos, generalmente presentes en el músculo, están ausentes o a bajas concentraciones en la condición DFD. La mayoría de bacterias que se desarrollan en la carne usan glucosa para su crecimiento; cuando esta se agota, atacan a los aminoácidos, y aparecen olores pútridos, lo cual puede evitarse añadiendo glucosa (Newton y Gill, 1981) u otros azúcares a la carne DFD. El problema de las carnes DFD es más importante en vacuno y ovino que en porcino, y las causas que lo originan han sido ampliamente estudiadas (Ponnampalam *et al.*, 2017). Estas carnes tienen una elevada capacidad de retención de agua; la textura de la carne es más pegajosa al tacto, al cortar y amasar; también es más tierna debido a la mayor actividad de las calpaínas (enzimas proteolíticas responsables, en gran medida, de la tenderización de la carne), pero después de cocerla su sabor es pobre debido a la falta de sustancias intermedias glucolíticas implicadas en la reacción de Maillard. El color de la carne DFD se ve afectado en los productos no nitrificados



Imagen 2a. Aspecto externo de un jamón DFD (A) y un jamón PSE (B).



Imagen 2b. Pechuga de pollo DFD (A).



Imagen 2c. Carne de vacuno DFD (A) y normal (B).



Imagen 3a. Carne tipo espagueti.



Imagen 3b. Carne tipo espagueti (intensidad moderada).

por la mayor estabilidad de la mioglobina a la cocción, y en los productos nitrificados por la generación más lenta de óxido nítrico fruto de la reducción del nitrito por la carne durante la maduración y cocción, que genera defectos de color (ver 1.2 y 1.3).

1.1.3 Carne tipo espagueti

Esta anomalía de la carne se caracteriza porque el músculo, si se presiona ligeramente, pierde su integridad y se deshace en tiras de aspecto similar al de los espaguetis (**imágenes 3a, b**). La carne tipo espagueti se produce sobre todo en pollos y en menor medida en pavos (Zampiga *et al.*, 2020), más en hembras que en machos (Pascual *et al.*, 2020) y

afecta al músculo pectoral mayor de animales de crecimiento rápido, especialmente en la parte ventro-craneal. Recientemente se ha encontrado también carne de cerdo con estructura tipo espagueti (Gudrun, 2019). En la carne tipo espagueti las capas del tejido conjuntivo son débiles y no permiten una buena cohesión entre los haces de fibras, por lo que el uso de sistemas de desplumado agresivos pueden empeorar el problema y provocar que las fibras se separen más fácilmente durante el manejo y fileteado (Baldi *et al.*, 2021). Este tipo de carne da lugar a más pérdidas por goteo y por cocción (Pascual *et al.*, 2021) y una textura del producto cocido más desfibrable, especialmente, si no se añaden ingredientes funcionales.

1.1.4 Estrías blancas

La formación de estrías blancas (*white striping*) es un problema de aspecto que se encuentra con frecuencia en la carne de pollo (**imágenes 4a, b**) y de pavo (**imagen 4c**), y es más común en músculos blancos que en músculos rojos (Kuttappan *et al.*, 2016). Dichas estrías van paralelas a las fibras musculares especialmente en la parte craneal de la pechuga. Se observa una mayor incidencia en animales machos, cuando tiene lugar un buen rendimiento, crecimiento rápido, sacrificio a pesos elevados, nutrición con alimentos ricos en energía y en animales con pechugas grandes y de elevado espesor. En las piezas con mucha afectación de estrías blancas el contenido de grasa y la relación colágeno/proteína son superiores, el contenido de proteína es inferior y el pH ligeramente superior. Dicho efecto en la composición, así como las implicaciones negativas en las propiedades tecnológicas de la carne (e.g. absorción de salmuera, rendimiento de cocción, ligado...) es mayor en pollos que en pavos (Mudalal, 2019; Petracci *et al.*, 2013; Soglia *et al.*, 2018). Según Zaid *et al.* (2020) la espectroscopía visible/infrarrojo cercano permite diferenciar los filetes normales de los que tienen una elevada afectación de estrías blancas, lo cual podría ser útil en la selección en línea. Vanderhout *et al.* (2022) estudiaron la heredabilidad del problema de estrías blancas, indicando la necesidad de incluir los parámetros de calidad de la carne en los esquemas de selección. Por otra parte, la aplicación de una alimentación restringida, en lugar de una alimentación *ad libitum*, parece disminuir los problemas de estrías blancas



Imagen 4a. Estrías blancas (*white stripping*) en carne de pollo.



Imagen 5a. Pechugas tipo madera.



Imagen 4b. Estrías blancas en carne de pollo.



Imagen 5b. Pechugas tipo madera.



Imagen 4c. Estrías blancas en carne de pavo.

sin que se vea afectada la velocidad de crecimiento ni la eficiencia de conversión (Ayansola *et al.*, 2022).

1.1.5 Pechugas tipo madera

Los músculos tipo “madera” (imágenes 5a, b) constituyen una miopatía que afecta al músculo pectoral mayor (*pectoralis major*) en las líneas de pollos de engorde comerciales de crecimiento rápido. La pechuga tipo madera se puede detectar mediante palpación en vivo de la zona del pecho, ya que aquellas que están afectadas tienen un músculo pectoral mayor muy duro con valor comercial menor. Un rasgo histológico distintivo de la pechuga de madera es la reticulación del colágeno y la fibrosis (Soglia *et al.*, 2016; Velleman, 2020), dando lugar a una pérdida de propiedades funcionales, especialmente capacidad



Imagen 6a. Problema del músculo verde que afecta al pectoral menor.



Imagen 6b. Diferentes intensidades de problema del músculo verde (aspecto externo).



Imagen 6c. Diferentes intensidades de problema del músculo verde (aspecto interno).

de retención de salmuera y pérdidas durante la cocción (Tijare *et al.*, 2016). La suplementación con ácido guanidinoacético, en un estudio realizado por Khalil *et al.* (2011), redujo el problema de pechuga de madera.

1.1.6 Miopatía del pectoral profundo: músculo verde

El músculo verde o miopatía del pectoral profunda (**imágenes 6a, b, c**) afecta a los músculos pectorales menores en el pollo y pavo de engorde. Lo desencadena una actividad muscular elevada (e.g. aleteo intenso) que genera un estrangulamiento de los vasos sanguíneos en los músculos profundos de la pechuga. El bloqueo de los vasos genera una deficiencia de oxígeno y posterior muerte celular. La actividad repentina y extrema, en combinación con el aumento de temperatura en estos músculos no entrenados da lugar a daños y hemorragias. Comienza con una necrosis del músculo pectoral profundo debido a un suministro insuficiente de sangre. En la fase aguda, se produce necrosis hemorrágica del músculo pectoral profundo, volviéndose verde y encogiéndose en una etapa posterior. Al ocurrir la necrosis, el organismo trata de reemplazar el tejido, produciéndose una sustitución del tejido muscular por tejido adiposo y fibrinoso. En aquellas aves que presenten el problema mucho antes del sacrificio, los pectorales profundos se verán de un color verde intenso a pálido con menos hemorragias en comparación a lo que se observaría si hubiese sido próximo al sacrificio, en que se observarían hemorragias e inflamación aguda. La información del aspecto que se observa en el despiece referido al problema de músculo verde puede relacionarse con el manejo para indicar mejoras potenciales (Bilgili & Hess, 2008). Es un problema que depende de la edad, peso al sacrificio, condiciones de cría, movilidad de las aves, raza y genotipo. Los animales jóvenes tienen mayor incidencia que los mayores y aumenta con la velocidad de crecimiento. Según Bilgili & Hess (2008) el punto clave para la disminución de la miopatía del músculo verde consiste en la aplicación de diversas directrices de manejo que proponen para la minimización del aleteo. La sección afectada se debe eliminar en el fileteado, si se detecta, pudiéndose aprovechar el resto de la pechuga, pero el problema es más complejo en las canales enteras (Nawaz *et al.*, 2021) ya que no existen métodos que permitan una detección precisa después del sacrificio.

1.1.7 Capacidad reductora de la carne

La homeostasis redox es esencial para la salud y la supervivencia de las células musculares y proporciona una buena calidad de la carne debido a que confiere una buena estabilidad del color y capacidad de retención de agua y protección frente a la oxidación de los lípidos y proteínas (Estévez *et al.*, 2020). Después del sacrificio dicha homeostasis se ve dañada, produciéndose reacciones de oxidación que afectan negativamente al color, aroma, textura, CRA y valor nutricional. Los mecanismos que afectan al potencial redox son complejos y en ellos intervienen numerosas sustancias (e.g. NADH, glutatión...). Uno de los sistemas que ha sido objeto de estudio por sus implicaciones en la estabilidad del color de la carne es la capacidad reductora de la metamioglobina (MRA) (Bekhit & Faustman, 2005; Ledward, 1972; Hunt *et al.*, 2012). Dicha capacidad reductora se va perdiendo con el tiempo, especialmente cuando el contenido de oxígeno es bajo. El oxígeno va difundiendo hacia el interior de la carne de forma proporcional a la raíz cuadrada de $(D_e \cdot C/A)$ siendo D_e la difusividad efectiva, C la concentración de oxígeno de la atmósfera y A el consumo de oxígeno, por lo que la concentración de oxígeno disminuirá paulatinamente al alejarse de la superficie. Cuando la concentración de oxígeno disminuye por debajo del 3%, se produce la oxidación de la oximioglobina (OxiMb) a metamioglobina (MetaMb) (valor máximo a $7,5 \pm 3$ mm Hg de O_2 a $7^\circ C$ (Ledward, 1970)). En los primeros días *post mortem* la MetaMb se transforma a deoximioglobina (DMb) por acción de la MRA, pero cuando esta capacidad disminuye o se agota a cierta profundidad, se puede detectar una línea de color pardo de MetaMb bajo la capa de OxiMb (**imágenes 7a, b**) que indica que la MRA está agotándose y a la carne le queda poco tiempo de vida útil con un color aceptable. Para reducir los problemas de oxidación y degradación del aroma, es conveniente procesar la carne para la elaboración de productos cocidos no nitrificados antes de que se agote la MRA. A contenidos de oxígeno muy bajos, la capa de MetaMb se va diluyendo y aparece la capa de DMb. Para tener DMb en la carne envasada se precisa un contenido de oxígeno muy bajo ($< 1,4$ mm Hg) tanto en el interior del envase como en el interior de la carne; de ahí surge la necesidad de realizar un buen vacío, utilizar envases alta barrera al oxígeno y evitar la presencia de oxígeno en las salmueras de

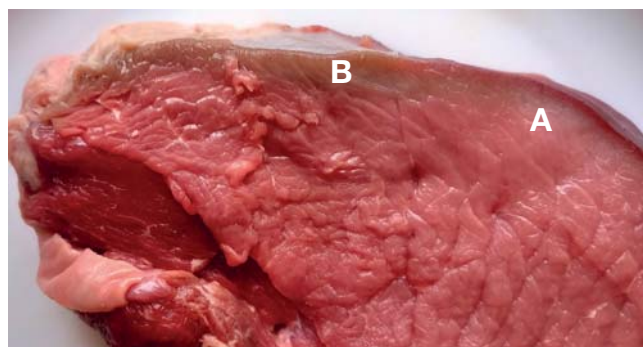


Imagen 7a. Capa de metamioglobina (color marrón) bajo la capa de oximioglobina en zona muscular oxigenada (A). Zona marrón que alcanza la superficie en la zona cubierta de conjuntivo (B).

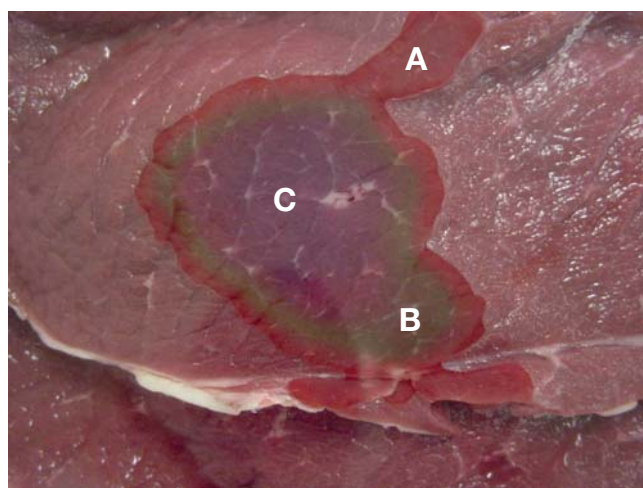


Imagen 7b. Zona de contacto de la carne con el film de envasado en que se observan diferentes pigmentos (OxiMb (A), MetaMb (B), DMb (C)) en función del contenido de oxígeno.

inyección. La capa de MetaMb va acercándose a la superficie de forma gradual a medida que la capa de OxiMb pierde su capacidad de mantener la MetaMb reducida (**imagen 7a**). Por otra parte, hay que tener en cuenta que la presión parcial de oxígeno en el músculo del animal vivo es de 2-3 mm Hg y la de la sangre de 15-20 mm Hg, por lo que es importante realizar un sangrado rápido para mejorar la estabilidad del color, ya que la mioglobina tiene más afinidad por el oxígeno que la hemoglobina, especialmente al disminuir el pH y aumentar el contenido de CO_2 (efecto Bohr).

La estabilidad de la OxiMb está favorecida a altos contenidos de oxígeno, pero al mismo tiempo se facilita la oxidación lipídica. Se ha sugerido que el consumo de oxígeno debido a la oxidación lipídica puede acelerar la oxidación de la OxiMb mediante la disminución de la presión parcial de oxígeno, lo cual sugiere que la oxidación lipídica precedería a

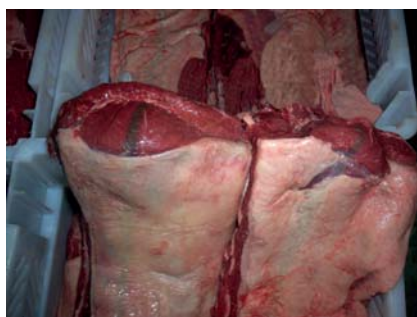


Imagen 7c. Banda de MetaMb debido a un contenido bajo de oxígeno producida por contacto de una cuerda.



Imagen 7d. Banda de MetaMb debido a un contenido bajo de oxígeno en una zona que previamente correspondía a una soldadura.



Imagen 7e. Carne recién inyectada con salmuera oxigenada. Se observa un enrojecimiento de las zonas inyectadas, que posteriormente pasará a marrón.



Imagen 7f. Aspecto de carne inyectada con salmuera rica en oxígeno tras 24 h de reposo. Las zonas inyectadas sufrieron una oxidación del color.



Imagen 7g. Carne inyectada con salmuera oxigenada tras 24 h de reposo. Se observa MetaMb en toda la superficie de corte excepto en la zona superficial oxigenada.



Imagen 7h. Cambio irreversible del color en la zona del muslo de pavo en contacto con el envase (a partir de los 5 días) debido a cierta presencia de oxígeno en la zona de contacto.

la oxidación de la OxiMb si ambos procesos estuviesen conectados.

El valor Q_{10} , que representa el factor de incremento de velocidad por cada 10 °C, tiene valores cercanos a 5 para la oxidación de la OxiMb, lo cual indica la gran importancia que tiene la temperatura en la formación de la MetaMb (Brown & Mevins, 1969). Además, un aumento de temperatura genera un aumento del consumo de oxígeno, mayor crecimiento microbiano y oxidación lipídica, de manera que el conjunto contribuye a la decoloración de la carne.

Al envasar carne muy oxigenada al vacío, mover magros oxigenados apilados, inyectar salmuera con oxígeno disuelto, permitir contacto de la carne oxigenada con el film y al aumentar la temperatura se produce una pérdida de la MRA. La pérdida de la MRA genera un cambio de color rojo a marrón (imágenes 7a-h) y una mayor susceptibilidad a la oxidación, tanto en los derivados frescos como en los cocidos, especialmente cuando no se utilizan nitrificantes. La transformación de la OxiMb a DMB es un proceso en dos pasos. En el primer paso (i.e. transformación de la OxiMb a MetaMb) se generan sustancias capaces de producir oxidaciones de

ácidos grasos (Faustman *et al.*, 2010) y de la OxiMb que pueden afectar negativamente al aroma, y en el segundo paso la MetaMb es reducida a DMB consumiendo potencial reductor de la carne. Si la MRA está agotada la carne tendrá color marrón y tendrá consecuencias negativas en el aroma y en la calidad del producto transformado.

1.1.8 Decoloración de la médula ósea de los cortes (*bone marrow discoloration*)

El envasado en atmósfera modificada con alto contenido en oxígeno facilita la decoloración de la médula ósea de los cortes, lo cual disminuye la vida útil de la carne fresca que se comercializa con hueso. La fase soluble en agua de la médula ósea es la principal responsable de esta decoloración, mientras que la porción lipídica no tiene un papel importante en la estabilidad del color. Dentro de esa fase soluble en agua, el estado oxidoreductor de la hemoglobina es el principal determinante del color de la médula ósea (Mancini *et al.*, 2004, 2005).

El estabilizar el estado ferroso de la hemoglobina mediante aplicación de agentes reductores solubles en agua, como el ácido ascórbico, eritorbato

de sodio (Mancini *et al.*, 2007) y ascorbato de sodio (imagen 8), o la exclusión del oxígeno de la atmósfera modificada son las medidas más efectivas para aumentar la estabilidad del color de la médula ósea. El aumento de la estabilidad de los lípidos (con palmitato de ascorbilo) o la adición de quelantes de metales (EDTA, ácido cítrico) no tiene efecto positivo en la estabilidad oxidativa de la hemoglobina y en el color de la médula ósea. Por otra parte, se ha observado que los envases sin oxígeno, los de muy bajo contenido en oxígeno y los que contienen un 0,4% de monóxido de carbono mantienen a la hemoglobina en su estado ferroso y mejoran la estabilidad del color de la médula ósea (Van Rooyen *et al.*, 2017).

1.1.9 Quemadura de congelación

La quemadura por congelación está causada por la deshidratación superficial de la carne o piel, que tiene lugar como consecuencia de la sublimación de los cristales de hielo de la superficie debido a que la presión de vapor del hielo en la superficie del alimento es superior a la presión de vapor del aire, y



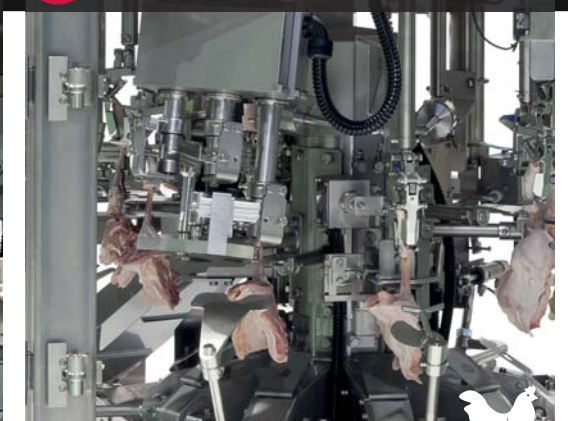
Imagen 8. Decoloración de la médula ósea (A) y efecto de la adición de una solución de ascorbato (B).

al mismo tiempo el vapor de agua del aire condensa como hielo en la superficie más fría del sistema de refrigeración (Schmidt & Lee, 2009). La quemadura de congelación se produce especialmente en la carne que se congela durante mucho tiempo, sin la protección de films plásticos impermeables al agua que mantengan un contacto perfecto con el producto y si hay oscilaciones importantes de temperatura en el congelador, lo cual confiere a la superficie de la carne y/o piel un aspecto poroso, blanquecino y decolorado producido por la sublimación del hielo superficial de la pieza durante el almacenamiento (imágenes 9a, b). El glaseado, la disminución de la temperatura de almacenamiento, el uso de contenedores o envases impermeables al agua y el envasado al vacío reducen las quemaduras de congelación (Dalvi-Isfahan *et al.*, 2019).

Robótica

DAS

para el deshuesado automático de pollo, pavo y jamones y paletas de cerdo



MAYEKAWA

MYCOM

Mayekawa S.L.
www.mayekawa.es



WANDAS



Imagen 9a. Quemadura de congelación.



Imagen 9b. Quemadura de congelación (aspecto del corte).



Imagen 10a. Falta de cohesión de la grasa subcutánea (lomo).



Imagen 10b. Falta de cohesión de la grasa subcutánea (jamón).

Según Kaess & Weidemann (1969) los daños por quemaduras de congelación fueron menores durante el almacenamiento cuando la velocidad de congelación disminuyó, siendo esta disminución más importante en los casos en que se permitió una pérdida de peso que en los que no se permitió, y bajo condiciones que eviten la evaporación, y fue mayor en zonas en que el corte era perpendicular a la dirección de las fibras. En la zona en que se presenta quemadura por congelación se produce una pérdida de propiedades funcionales de las proteínas e inicio de procesos oxidativos tanto de los lípidos como de las proteínas.

La quemadura de congelación se considera reversible si es ligera, pero pasa a irreversible en estadios más avanzados. En los estudios realizados por Ashby *et al.* (1973, 1974) se observó que las pancetas sufrieron menos quemaduras que los jamones, y que, en las pancetas, a los 4 meses de almacenamiento en congelación, las quemaduras

fueron muy ligeras, mientras que se observó un aumento significativo entre los 4 y los 6 meses.

Finalmente, debe tenerse en cuenta que el almacenamiento de la carne congelada genera una cierta desnaturalización de las proteínas cárnicas. Según Zhang *et al.* (2021) la congelación a una temperatura inferior a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ induce la cristalización de más del 90% del agua, lo cual, en teoría puede aumentar en más de 10 veces la fuerza iónica y la concentración de protones en la fase acuosa no congelada, lo cual puede generar cierta desnaturalización proteica.

1.1.10 Falta de cohesividad de la grasa subcutánea e intermuscular con el magro

El problema de falta de consistencia de la grasa subcutánea (**imágenes 10a, b**) y la facilidad de separación de las capas de grasa, por ejemplo, en

pancetas (**imagen 10c**) genera problemas de manejo, procesado y sensoriales, separación de grasa en productos envasados y reduce el rendimiento en la producción de bacon.

Los antecedentes bibliográficos (Schinckel *et al.*, (2002); Soladoye *et al.*, (2015); Soladoye, (2017); Whitney *et al.*, (2006); Wood *et al.*, (2008)) indican que la composición de la grasa subcutánea e intermuscular (alto contenido de triglicéridos con ácidos grasos poliinsaturados, y un alto contenido de agua) y el espesor de grasa subcutánea (menor espesor menor cohesividad) son los parámetros objetivos que determinan en mayor medida la falta de consistencia. Según Sather *et al.* (1995) las estrategias genéticas, de alimentación y manejo dirigidas a aumentar el contenido de magro, así como la inmadurez del tejido graso (Santoro, 1984), pueden ser las responsables de la textura blanda de las pancetas.



Imagen 10c. Falta de cohesión entre la grasa y el magro en panceta.

Dicho problema es superior en las pancetas procedentes de cerdos machos enteros que en las pancetas procedentes de hembras. Dentro de cada sexo, se ha observado también que el problema presenta una correlación positiva con el porcentaje de magro que presenta el cerdo.



Damos forma a tu negocio

Escoge tu formato



STAND 4E52

6-8 MARZO 2023



Prensa formadora en tres dimensiones totalmente automatizada

PF 3DRV

Rendimiento y velocidad

PONEMOS A TU DISPOSICIÓN
NUESTRA PLANTA PILOTO



pujolas.com

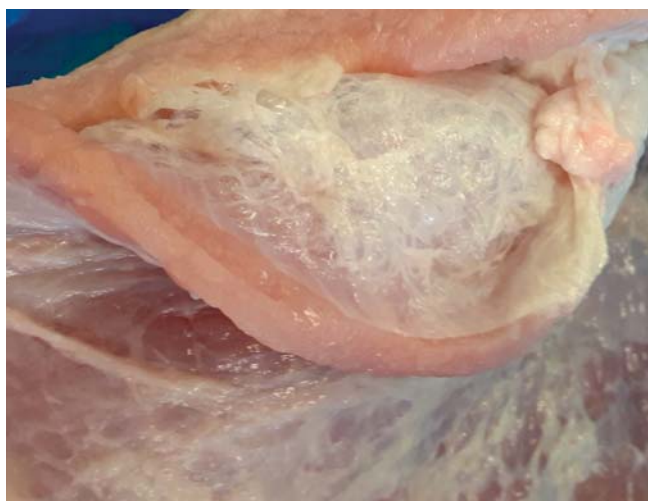


Imagen 10d. Presencia de aire en la grasa intermuscular de la panceta.



Imagen 10e. Petequias.

Al aumentar el tiempo de reposo de las canales de 18 h a 36 h se reduce de forma importante la incidencia del problema. La mejora de la consistencia con el tiempo, si bien ha sido poco estudiada, se podría explicar por la formación paulatina de los polimorfismos más estables de los triglicéridos, es decir las formas β , frente a las β' y α que se forman más rápido (debido a su mayor velocidad de nucleación) y son menos estables.

El efecto de las acciones mecánicas que sufre la canal en el matadero (e.g. peladora, extracción de la grasa que cubre la panceta,...) y en sala de despiece (e.g. descortezadora...) en la cohesividad de la grasa, debería ser estudiado, ya que pueden facilitar la separación de las distintas capas de gra-

sa/magro especialmente cuando la carne y la grasa están aún calientes.

El uso de aire comprimido en el despiece de canales de cerdo debe evitarse, ya que si no se produce entrada de aire en las capas de tejido conjuntivo (e.g. panceta) que facilita la separación de capas y disminuye la vida útil de los productos envasados (**imagen 10d**).

1.1.11 Petequias y equimosis

Las petequias son manchas de sangre pequeñas y puntiformes (**imagen 10e**), de tamaño inferior a 3 mm de diámetro, que se encuentran en la superficie del tejido subcutáneo y en el conectivo insertado en la fascia muscular (perimysio). Histológicamente, las petequias están formadas por fibrina, trombos plaquetarios y eritrocitos extravasados a la periferia. Las equimosis son manchas de sangre con un diámetro que no suele ser superior a 20 mm, situadas en el tejido muscular y subcutáneo, debidas, entre otros, al incremento de la presión sanguínea y a la actividad muscular durante el aturdimiento eléctrico (Velarde *et al.*, 2000), y que no precisan de golpes/contusiones para aparecer. Las principales causas de las petequias son:

- La utilización del sistema de aturdimiento eléctrico cabeza-cuerpo que provoca un aumento muy importante de la presión venosa que puede causar petequias en el tejido subcutáneo (Petersen *et al.*, 1986).
- Supercontracciones musculares durante la fase convulsiva que sigue al aturdimiento eléctrico. Es deseable un periodo de tiempo corto (< 10 s) entre la aplicación de este sistema de aturdimiento y el sangrado. En cuanto se seccionan los vasos sanguíneos se disminuye el riesgo de producción de petequias. El aturdimiento eléctrico con fibrilación cardíaca aumenta el riesgo.

El degollado debería realizarse antes de finalizar la fase tónica (dura unos 10 segundos). Si el tiempo entre aturdimiento y degollado es superior a 15 segundos, o el degollado es deficiente, la posibilidad de recuperación de la consciencia del animal aumenta, teniendo un efecto negativo tanto desde el punto de vista de bienestar animal, como de la calidad de la canal y de la carne que se obtendrá. **e**

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