



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

Continuamos con la serie de artículos que analizan los problemas sensoriales que se pueden producir durante la elaboración de derivados cárnicos tratados por el calor, finalizando en esta parte el análisis del aspecto de los productos en cuanto a la coloración producida por especias o a los problemas de origen microbiológico.

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

1.14 Coloraciones verde-gris marrón producidas por especias

La presencia de manchas verde-grisáceas en la superficie de embutidos cocidos (**imágenes 37b, c**) está asociada a la adición de especias naturales (e.g. pimienta, cilantro, clavo), se forman independientemente del tipo de tripa utilizada y su aparición no depende de la permeabilidad de las tripas al oxígeno. En todos los casos estudiados se ha descartado que sea debido a partículas metálicas o a un origen microbiológico. Los aceites esenciales de dichas especias no presentan este problema (Müller, 1999).



Imagen 37b. Coloración producida por especias.



Imagen 37c. Coloración producida por especias.

1.15 Pelos y cabellos

Los pelos y cabellos se consideran cuerpos extraños en los embutidos, son rechazables desde un punto de vista estético, y constituyen un posible vector de contaminación (e.g. *S. aureus*). Se calcula que una persona puede perder entre 50 y 100 cabellos por día (Brown & Holah, 2006).

Para reducir la presencia de cabellos o pelos, deben auditarse los proveedores y asegurar que disponen de un plan de reducción de presencia de cabellos/pelos humanos en la carne, cajas y otros materiales. Se debe cubrir totalmente el pelo, y hay que asegurar la aplicación del orden correcto en que se deben poner los componentes de protec-

ción: cabeza (un solo uso), ropa, calzado y guantes (tanto en la entrada, como en las pausas).

También debe evitarse la salida de pelos a través de las aberturas del uniforme. Para ello, se debe poner tejido elástico en la abertura de los puños o manguitos de un solo uso, en la zona del cuello debe colocarse una capucha que proteja los hombros, evitar escotes y utilizar camiseta de cuello redondo y de poca abertura.

En los vestuarios, se debe disponer de un espejo para que el operario pueda asegurar una buena colocación de los equipos de trabajo. Se debería disponer de rodillos adhesivos para limpiar la ropa o un sistema inclinado de soplado de aire a los operarios previo a la limpieza y otro previo a la entrada en planta, de esta forma se evita que entren cabellos y pelos a la planta de elaboración.

Otra medida a tener en cuenta es que debe evitarse el sacar y poner el gorro dentro de las salas de trabajo, y tomar medidas adicionales en la manipulación si hay contacto de las piezas con la ropa.

1.16 Defectos de ahumado

El ahumado afecta al color debido, entre otros, a la acción de los aldehídos (e.g. hidroxiacetaldehído) que reticular por reacción con las proteínas. Una temperatura elevada favorece la formación de un color más oscuro, y el color ahumado se estabiliza por un secado adecuado, pero si este es lento, se puede perder el color al producirse la migración de compuestos coloreados hacia el interior, dando lugar a un producto más pálido. Los ácidos del humo facilitan la reducción del nitrito a óxido nítrico y los fenoles actúan como antioxidantes estabilizando el color.

Si se efectúa un ahumado a HR elevada se pueden formar gotas sobre las salchichas que dan lugar a manchas de ahumado, y si se realiza a HR demasiado baja, el color es más oscuro. Si la temperatura del humo es elevada y la HR muy baja se produce desprendimiento de grasa que provoca un ahumado irregular. Una HR entre 70-80 % en la superficie del embutido durante la fase de ahumado evita dichos problemas. Una distribución irregular del humo y un secado irregular da lugar a un color de ahumado también irregular. Previo al ahumado líquido también se debe realizar un atemperado y secado superficial que acondicione la superficie del embutido, ya que el humo líquido forma con facili-

dad gotitas en las superficies húmedas, generando una coloración heterogénea (**imagen 33a**). Las salchichas deben colgarse de forma que no haya contacto entre ellas (**imagen 33b**).

En tripa natural o colágena, el secado que precede al ahumado es importante para obtener una superficie en la que el humo pueda adherirse más que penetrar, produciéndose el curtido de las tripas (que aumenta la resistencia a la rotura) y la formación de una segunda piel. Una HR elevada durante el ahumado hidrata el colágeno y puede facilitar la rotura de las zonas de separación entre salchichas.

La adición de ingredientes higroscópicos que modifiquen el contenido de agua en el equilibrio a una HR determinada puede afectar a la absorción de algunos componentes del humo. La aplicación de ingredientes o aditivos que a HR < 75% tienen una humedad de equilibrio superior al NaCl (e.g. lactatos sódico y potásico) (Arнау *et al.*, 2012) facilita que se puedan absorber con mayor facilidad determinados componentes del humo, mientras que la adición de sustancias como el KCl, que precipita cuando la $a_w > 0,877$ (a 5 °C) disminuye el contenido de agua en el equilibrio y puede frenar la absorción y favorecer el moteado debido a la exudación de grasa.

Una forma indirecta y fácil de medir la exposición al humo es colgar tripas de celulosa llenas de agua junto al producto durante el ahumado. Después del ahumado, se evalúa la acidez en el agua. Dado que el humo contiene ácidos, la acidez del agua será proporcional a la exposición al humo. Este método per-

mite comparar la exposición al humo entre diferentes productos y procesos independientemente del tipo de horno o generador de humo (Hanson, 2014).

1.17 Problemas tecnológicos diversos

1.17.1 Preparación de las salmueras

En la preparación de salmueras se pueden encontrar problemas de i) formación de grumos duros de color blanco debidos a fosfatos no disueltos, ii) formación de espumas, especialmente cuando se usan agitadores, que generan problemas de dosificación al inyectar. Para reducir dicho problema se recomienda la adición de antiespumantes, iii) reacción de nitrito con ácidos que genere pérdidas de gases NO_x , y iv) precipitación de féculas. La agitación y la adición de algunos hidrocoloides que aumenten la viscosidad reduce este problema.

1.17.2 Proceso de inyección

Es importante que la cantidad de salmuera inyectada se acerque al objetivo deseado. Una vez finalizada la inyección se controla el peso y se ajusta mediante la adición de la salmuera requerida, que debe ser la mínima posible (< 2 %) para evitar que los jamones estén excesivamente bañados por salmuera y se perjudique el proceso de masaje. Cuanta más salmuera sobrenadante se añade, más tiempo se precisa para absorberla y mayor es la cantidad de pasta visible entre los trozos de carne. El control de las primeras piezas sirve para el ajuste de la inyectora, no para el control de inyección total. Una distribución irregular de la salmuera genera

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

 **Agujas Inyectora**

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

un exceso o una falta de algunos ingredientes que pueden dar lugar a pérdidas de cocción y heterogeneidad en el color, ligado y sabor. Es importante filtrar la salmuera adecuadamente para evitar obturación de las agujas, limpiar y revisar los filtros y agujas y colocar las piezas adecuadamente en la cinta, la cual siempre debe estar llena de producto, ya que el funcionamiento sin carne genera espuma que afectaría a la cantidad de salmuera inyectada. La viscosidad de la salmuera afecta a su distribución en el producto final, pudiéndose generar estrías en el producto debido a una distribución poco homogénea (**imagen 36c**), que pueden afectar negativamente al color del producto en función del color que algunos ingredientes transmitan a la salmuera (**imagen 36f**). Cuanto menor sea la desviación estándar se obtendrán menos piezas insuficientemente inyectadas que pueden presentar problemas sensoriales y una menor CRA y se obtendrán menos piezas sobreinyectadas que pueden presentar problemas sensoriales y de adecuación a la legislación aplicable.

1.17.3 Proceso de tenderización

El proceso de tenderización es muy útil para ablandar el músculo, romper bolsas de salmuera y mejorar su distribución, acelerar la exudación de proteína, reducir tiempos de proceso, y mejorar la cohesión y el rendimiento de loncheado. Sin embargo, una tenderización agresiva empeora el aspecto del corte. Por tanto, la tenderización por sables o rodillos de púas es lo más adecuado en productos en los que se desee mantener el aspecto natural del músculo (**imagen 36g**), mientras que los rodillos de cuchillas son más adecuados para loncheados en que el aspecto no es tan importante. En general cuanto mayor sea el rendimiento que se desee mayor será la intensidad de tenderización requerida.

1.17.4 Masaje

Durante el masaje se puede producir un aumento de temperatura debido a la acción mecánica, que puede facilitar el crecimiento de microorganismos si el tiempo es suficientemente largo y ocasionar una desnaturalización proteica. El mantenimiento del vacío durante los períodos de pausas en el masaje dificulta el enfriamiento, pero el uso de bombos apropiados con camisa refrigerada previene dicho problema.

La aparición de una coloración blanca en la superficie de las piezas durante el masaje es debida a la formación de espuma por incorporación de aire a la solución proteica superficial durante la acción mecánica. La espuma dificulta el ligado muscular debido a la formación de burbujas entre músculos. La acción del vacío evita la incorporación de aire favoreciendo la solubilización proteica y el desarrollo y estabilización del color.

El tiempo de maduración es variable en función del tipo de producto a elaborar y depende de que haya suficiente extracción proteica y un desarrollo del color adecuado. Los productos de alta inyección y muy tenderizados son los que precisan un menor tiempo de maduración.

En los productos con tiempos de maduración muy cortos la doble tenderización puede ayudar a acortar el tiempo de masaje, especialmente si se trata de productos con un elevado porcentaje de inyección y están poco pulidos.

El tipo de masaje debe adaptarse al tipo de productos que se desea elaborar. Así, el masaje debe ser más agresivo cuando el porcentaje de inyección sea medio-alto, se trate de carne con textura muy dura (e.g. vacas viejas) o vaya destinado a la elaboración de loncheados; pero debe ser suave en productos con inyecciones bajas, carne de textura blanda o se destine a la elaboración de piezas enteras en la que se quiere respetar la anatomía. En productos con poca inyección es conveniente hacer un masaje final que ayude a flexibilizar las piezas antes de su enmoldado/embutado.

1.17.5 Cocción/enfriamiento

El tratamiento térmico de los alimentos pretende garantizar la seguridad alimentaria, es decir, eliminar microorganismos patógenos, inactivar toxinas termosensibles e incrementar la durabilidad (eliminar/reducir los recuentos de microorganismos alterantes e inactivar determinados enzimas), mejorar la digestibilidad y desarrollar las características sensoriales propias minimizando las pérdidas de nutrientes. Para ello es conveniente determinar experimentalmente la distribución de temperaturas del producto/envase, así como su repetividad, para identificar el punto más frío dentro del equipo, con el objetivo de establecer el tratamiento térmico programado seguro. Para ello se precisan sensores calibrados y verificados.

Un factor a tener en cuenta es la velocidad a la cual se produce el aumento de la temperatura durante la cocción, ya que velocidades lentas pueden dar lugar al desarrollo de bacterias termo-resistentes. Por lo tanto, se debe intentar limitar o reducir el tiempo de permanencia del producto a temperaturas favorables a la termotolerancia, y evitar una cocción excesiva que conduzca a una degradación de las características sensoriales.

El tratamiento térmico puede que no elimine la totalidad de los microorganismos, por lo cual se precisa una refrigeración rápida para evitar la germinación de esporas o crecimiento de microorganismos resistentes^{1, 2, 3} para tener una vida útil adecuada⁴. Durante el enfriamiento Gaze *et al.* (1998) distinguen tres rangos de temperatura: i) desde final de tratamiento hasta alcanzar una temperatura de 50 °C en el punto más caliente del producto se recomienda, como buena práctica, un tiempo de 1,25 h para

productos con nitrificantes y 1 h para aquellos sin nitrificantes. En el primer caso se recomienda no superar nunca las 3,25 h y en el segundo las 2,5 h, ii) desde 50 °C a 12 °C se recomienda hacerlo en un máximo de 7,5 h en productos con nitrificantes y en un máximo de 6 h para los sin nitrificantes, y finalmente iii) para pasar de 12 °C a valores inferiores a 5 °C se recomienda un máximo de 1,75 h en producto con nitrificantes y 1,5 h para los productos sin nitrificantes. Estos valores ponen un límite al tamaño de los productos cárnicos para un trata-

¹ <https://inspection.canada.ca/food-safety-for-industry/archived-food-guidance/meat-and-poultry-products/manual-of-procedures/chapter-4/eng/1367622697439/1367622787568?chap=7#s10c7>

² <https://www.foodstandards.gov.au/publications/documents/Appendi2.pdf>

³ Guidance Note: Cook-chill Systems in the Food Service sector (revision I)". Food Safety Authority of Ireland (2006)

⁴ <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2020.6306>



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.



El sistema automático para carnes Gourmet



PONEMOS A TU DISPOSICIÓN NUESTRA PLANTA PILOTO

pujolas.com



Imagen 38a. Contacto de lonchas del producto con zona de soldadura del material de envasado.



Imagen 38c. Manchas del material de envasado producidas por exudado cárnico presente entre el envase y el molde antes de cocción.



Imagen 38b. Arrugado del envase.

miento térmico y enfriamiento adecuados sin que se produzcan problemas de seguridad alimentaria. La fase de cocción y enfriamiento se puede realizar en el mismo recipiente si está preparado adecuadamente. Aparte de la intensidad y variabilidad del tratamiento térmico, se deben tener en cuenta otros factores clave adicionales: características físico-químicas del producto, riesgo de contaminación post-tratamiento, temperatura de conservación del producto tratado, vida útil y uso previsto (e.g. listo para el consumo, necesidad de recalentamiento, tipo de mercado: interior vs exportación).

Existen otros métodos de cocción (infrarrojo, microondas, radiofrecuencias, calentamiento óhmico) con los que se puede conseguir una transmisión del calor más rápida, sin necesidad de un calentamiento

previo del medio de cocción. El uso industrial es limitado para este tipo de productos, debido a la falta de uniformidad y a la dificultad de controlar de manera efectiva la temperatura en el producto. De forma análoga el enfriado en vacío podría suponer un sistema de refrigeración mucho más rápido que los sistemas tradicionales; sin embargo, las aplicaciones son limitadas (McDonald & Sun, 2000; Zhu *et al.*, 2019).

1.17.6 Envasado

En general se desea que los envases tengan buena adhesión a la carne durante la cocción, elevada fuerza de las soldaduras, resistencia mecánica, buena óptica, que no se deslaminen y sean de apertura fácil.

La soldadura de los materiales plásticos se ve afectada por la composición de los materiales y por las condiciones del proceso de sellado (i.e. temperatura, tiempo, presión y superficie de sellado). Para obtener un buen sellado, la zona de soldadura debe estar limpia, para lo cual debe evitarse que el material a envasar (**imagen 38a**) o la persona que realiza el envasado contacten con la zona de soldadura y el film no presente arrugas (**imagen 38b**). El uso de materiales de alta soldabilidad (e.g. Surlyn™) o la ampliación de la banda de soldadura ayuda a reducir dicho problema.

La presencia de manchas en el exterior de las bolsas, que son visibles después de la cocción, puede deberse al uso de moldes o envases sucios (**imagen 38c**).



Imagen 39a. Decoloración producida por crecimiento de microorganismos.



Imagen 39b. Exudado lechoso producido por crecimiento de bacterias lácticas en paté.

1.18 Problemas de aspecto de origen microbiológico

1.18.1 Limo, gas, decoloración gris-verde y acidificación

Durante el almacenamiento en refrigeración de productos cárnicos tratados por el calor envasados al vacío o en atmósfera protectora se puede producir un crecimiento importante de bacterias lácticas que deterioren el producto debido a una acidificación indeseada, olores desagradables, decoloración gris-verdosa (**imagen 39a**), formación de limo (**imágenes 39b-e**) y de gas (**imagen 39e**) (Kitchell & Shaw, 1975; Reuter, 1975). Dichos cambios tienen lugar a recuentos de bacterias lácticas de 10^7 ufc/g o superiores (Comi & Iacumin, 2012). Durante el masaje y maceración previos a la cocción se produce



Imagen 39c. Limo en producto loncheado.



Imagen 39d. Colonias de crecimiento microbiano en mortadela envasada en MAP.



Imagen 39e. Formación de gas y exudado lechoso en salchichas de Frankfurt envasadas al vacío.

una sustitución de la microbiota gram-negativa de la carne fresca por otra gram-positiva con presencia de bacterias lácticas. La presencia de sales de curado y la aplicación de vacío durante el masaje y maceración frena el crecimiento de *Pseudomonas* pero no el de la microbiota microaerófila tolerante a la sal y al nitrito.

Después del masaje de los jamones destinados a cocer, la carga bacteriana suele estar alrededor de 10^5 ufc/g (Dušková *et al.*, 2016; Samelis *et al.*, 1998; Vasilopoulos *et al.*, 2010). El proceso de cocción a temperatura alrededor de unos 70 °C generalmente reduce la carga bacteriana a valores muy bajos (Dušková *et al.*, 2016; Vasilopoulos *et al.*, 2010). Sin embargo, algunos estudios muestran que determinadas cepas termodúricas pueden resistir la cocción (Comi & Iacumin, 2012). Al finalizar la cocción, la carga microbiana detectada en jamones suele ser inferior a 10^2 ufc/g (Dušková *et al.*, 2016; Vasilopoulos *et al.*, 2010). En función de su poder de recuperación, algunas cepas se desarrollarán más adelante. Otros estudios indican que la presencia, por ejemplo, de *Leuconostoc mesenteroides* y *L. carnosum* es debida a la manipulación durante el desmoldeado, loncheado, envasado y al propio aire (Björkroth & Korkeala, 1997; Dušková *et al.*, 2016; Mol *et al.*, 1971; Samelis *et al.*, 1998).

Se ha observado que el proceso de loncheado tiene un impacto mucho mayor que la materia prima en la microbiota final de los productos cocidos (Zagdoun *et al.*, 2020). Además, cada línea de loncheado podría tener unas características propias, estables en el tiempo, que podrían ser debidas entre otras a la contaminación de la línea debido a la existencia de un reservorio de microorganismos inaccesibles a la desinfección. La comparación de la microbiota de diferentes zonas de la línea y de diferentes líneas de un mismo sistema de loncheado podría aportar información útil, por ejemplo, para estimar el impacto en la vida útil de la reducción de sal o nitrito. Es recomendable que las líneas de curados no se utilicen para lonchar productos cocidos.

En jamón cocido, mientras que después del loncheado y envasado los recuentos de bacterias lácticas pueden situarse en valores de 10^3 ufc/g, estos valores se sitúan en 10^7 - 10^9 ufc/g a las pocas semanas después del envasado. Se ha observado que después del envasado, en función del tipo de

envase, composición de la atmósfera y del producto, condiciones higiénicas de manejo y temperatura durante la distribución y almacenamiento en la nevera del consumidor final se produce una reducción de la diversidad microbiana que favorece la microbiota psicrótrofa anaerobia, que es la responsable del deterioro del producto final (Chaillou *et al.*, 2015; Kreyenschmidt *et al.*, 2010; Samelis *et al.*, 1998; Vasilopoulos *et al.*, 2008).

El tratamiento por alta presión permite mejorar considerablemente la vida útil y la seguridad alimentaria de los productos loncheados envasados al vacío o en atmósfera protectora con envase flexible. Así, por ejemplo, Garriga *et al.* (2004) observaron recuentos de 10^8 ufc/g a los 30 días en muestras de jamón cocido no tratado, mientras que en las tratadas a 600 MPa durante 6 min a 31 °C se mantuvo la frescura del producto almacenado a 4 °C hasta los 60 días, y a los 90 aún no se alcanzaron valores de 10^7 ufc/g. Por otro lado, Carpi *et al.* (1999) obtuvieron un aumento de vida útil en jamón cocido loncheado y tratado a 600 MPa durante 5 min hasta 75 días manteniéndolo a 4 °C. Hygrieva & Pandey (2016) revisaron distintos estudios combinando distintas barreras para mejorar la efectividad de la HPP. La combinación de antimicrobianos naturales (compuestos bioactivos de origen vegetal y bacteriocinas) y antioxidantes (compuestos fenólicos de origen vegetal) como barreras adicionales durante el tratamiento de HPP puede ser un método efectivo para mejorar la seguridad alimentaria y facilitar el desarrollo de productos cocidos con un contenido reducido en sal.

La formación de gas (CO_2) puede producirse por la actividad metabólica de bacterias heterofermentativas, las cuales suelen provenir, si el tratamiento térmico es adecuado, de recontaminación por manipulación del producto cocido previo al envasado. En las bolsas de productos envasados al vacío es fácil detectar la producción de gas, que a veces va acompañada de un exudado de color blanco y olor ácido que se percibe al abrir la bolsa. Sin embargo, en los productos envasados en MAP es más difícil detectar la formación de gas. En estos casos puede ser útil el análisis de la composición del gas del espacio de cabeza. El problema de formación de gas es menos importante en productos ahumados.

La cantidad de exudado suele aumentar con el tiempo de almacenamiento. La microbiota lácti-

ca cambia el color del exudado de transparente a blanco/gris (Korkeala *et al.*, 1997). La presencia de exudado limoso, que forma hilos adherentes al separar lonchas de productos envasados en MAP o vacío (“ropy slime”) se considera que es un problema de contaminación por bacterias lácticas psicrótrofas capaces de producir polisacáridos de alto peso molecular. La producción de limo se produce a menudo antes de que disminuya el pH (Korkeala *et al.*, 1997), y se ha relacionado, entre otros, con las condiciones de producción, formación de biofilms y el uso de sacarosa (Aymerich *et al.*, 2002; Lulietto *et al.*, 2015; Clavero, 2010). Algunos cultivos bacteriocinogénicos (Aymerich *et al.*, 2002), el tratamiento por alta presión (Han *et al.*, 2011) y un proceso de pasteurización adecuado después de envasado (Mäkelä *et al.*, 1992) previenen la formación de exudado limoso. El proceso de pasteurización después de envasado debe ser uniforme, evitando que las

bolsas estén apiladas, ya que en este caso el tratamiento no sería homogéneo y algunas bolsas no tendrían el tratamiento térmico adecuado.

La formación de coloraciones verdes en productos cárnicos cocidos nitrificados puede tener un origen químico (e.g. falta de nitrito, oxidación durante la cocción...), pero si tiene lugar durante la vida útil suele ser un problema microbiano producido por oxidación del nitrosilhemocromo mediante peróxidos (H_2O_2) generados por microorganismos (imagen 39a), que dan lugar a colemioglobina u otras porfirinas oxidadas de color verde (Grant *et al.*, 1986; Grant *et al.*, 1988; Borch *et al.*, 1996). Dicha microbiota gram-positiva catalasa-negativa en contacto con oxígeno produce H_2O_2 (Borch *et al.*, 1996). Grant *et al.* (1986) no observaron ningún efecto de la adición de nitrito desde 25 hasta 500 ppm en la decoloración, y no detectaron decoloración cuando no se añadió nitrito, probable-

 **Hiperbaric**
HIGH PRESSURE PROCESSING

LÍDER GLOBAL EN
PROCESADO POR ALTA PRESIÓN



**Etiqueta limpia y
calidad premium**



**Extensión de
la vida útil**



**Sin riesgo por
contaminación cruzada**



**HPP
INNOVATION
WEEK 2023** 

REVOLUCIONANDO LA TECNOLOGÍA ALIMENTARIA CON HPP
TENDENCIAS, I+D Y SOSTENIBILIDAD

**35 SESIONES
ONLINE**

CONTENIDO GRATUITO YA DISPONIBLE

www.hiperbaric.com

mente debido a que el contraste de color entre el nitrosilhemocromo y la colemioglobina facilita la detección de la decoloración. La adición de un 3 % de lactato sódico y/o un 0,3 % de diacetato sódico retrasa el crecimiento de algunos de los microorganismos causantes de la decoloración (Peirson *et al.*, 2003). El aumento del contenido de ascorbato/eritorbato contribuye a retrasar este tipo de oxidación.

El tratamiento por alta presión permite mejorar considerablemente la vida útil y la seguridad alimentaria de los productos loncheados envasados al vacío o en atmósfera protectora con envase flexible

Mientras que las decoloraciones superficiales suelen estar causadas por una contaminación después de la cocción, las decoloraciones de la zona central del producto pueden provenir de microorganismos termoresistentes (e.g. *Weissella viridescens* (antes *Lactobacillus viridescens*) *Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*). Las bacterias lácticas responsables de las decoloraciones verdosas superficiales se ven más afectadas por la temperatura de cocción que aquellas que producen decoloraciones en el centro del producto, que se vuelven más termoresistentes (Niven *et al.*, 1954; Milbourne, 1983). Así pues, la adición de producto reprocesado puede generar una microbiota generadora de decoloraciones verdes que sea más tolerante a temperaturas de cocción más elevadas, por lo que su uso debe minimizarse (Clavero, 2010) y mantenerse previamente en congelación para reducir su crecimiento. Debe tenerse en cuenta que *Weissella viridescens* resiste presiones de 400 hasta 600 MPa a 22 °C durante 10 min (Dušková *et al.*, 2013).

Para mejorar la vida útil de productos cárnicos cocidos reenvasados se debe:

a) Reducir la contaminación microbiana, para lo cual se debe mejorar la higiene en general, lo cual incluye el diseño del ambiente de producción, como por ejemplo el flujo de aire y material, equipos, procedimientos de limpieza y desinfección e higiene de los operarios. Las zonas

de procesado de los productos ya cocidos deben estar separadas de las de materias primas antes de cocer y de los productos curado-madurados. El flujo de material y de personal debe diseñarse de forma que se evite la dispersión de la contaminación de las zonas sucias a las limpias. Debe haber una presión de aire positiva en las zonas limpias. Los productos deben manejarse sólo lo imprescindible para reducir riesgos de contaminación (Korkeala & Björkroth, 1997). El sistema de cocción debe asegurar que todos los puntos del producto sufran un tratamiento térmico suficiente para eliminar la microbiota contaminante y la refrigeración debe ser tan rápida como sea posible, primero con duchas y después con un baño de agua fría para prevenir el crecimiento microbiano, especialmente en las piezas de tamaño grande. Algunos autores (Samelis *et al.*, 1998) sugieren como método alternativo, para mejorar la vida útil comercial de los derivados cárnicos cocidos envasados al vacío, la implantación de una microbiota láctica que no forme gas, limo ni olores extraños, ligeramente acidificante y que produzca bacteriocinas que puedan actuar frente a microorganismos patógenos (e.g. *L. monocytogenes* (Stiles, 1996)).

En la sala blanca deben realizarse acciones para:

- i) Reducir la entrada de microorganismos del exterior:
 - Tener la sala con aire presurizado y filtrado, con buen mantenimiento de los filtros.
 - Evitar la entrada de aire de salas adjuntas. Utilizar aire comprimido de calidad adecuada¹.
 - Higienizar los productos envasados antes de entrar en la sala blanca (desinfectante, túnel de calor).
 - Evitar tanto introducir utensilios externos a la sala blanca como sacar de ella aquellos equipos de uso en sala blanca. Los equipos y material de la sala blanca deben ser de uso exclusivo dentro de ella.
 - Proteger los materiales de envasado hasta su uso dentro de la sala blanca.

¹. https://www.parker.com/literature/dornick%20hunter%20Industrial%20Division/Literature%20%20Documents/174004425_ES_FOOD_GRADE_COMPRESSED_AIR_MSB.PDF
https://www.beko-technologies.com/fileadmin/beko-technologies.com/ES/whitepapers/Libro_Blanco_del_aire_comprimido_en_alimentacion-BEKO_TECHNOLOGIES_2021.pdf.

- Evitar condensaciones de agua sobre el producto o sobre la parte interna del film antes de envasar.
 - Evitar contaminaciones cruzadas entre productos curados y cocidos (mejor que estén en salas independientes) e interacciones entre personal de curados y cocidos sin que haya cambio de indumentaria.
 - Establecer controles para detectar productos con el envase inicial dañado (lo cual implicaría una contaminación adicional de dicha pieza).
 - Seguir un orden de loncheado de menos a más carga bacteriana.
 - El personal debe utilizar ropa y calzado específico y estar formado en manipulación higiénica y procedimientos de limpieza y desinfección. No tocar los guantes con la mano, excepto la parte correspondiente a la muñeca. No tocarse la cara con los guantes. No coger cosas del interior de los vestidos mientras se está en sala blanca. Cambiar ropa sucia y desgastada. Potenciar los hábitos higiénicos personales.
- ii) Frenar el crecimiento de microorganismos dentro de las salas blancas
- Establecer procedimientos adecuados de limpieza/desinfección/secado, monitorización y mantenimiento.
- iii) Reducir los aportes de microorganismos al producto en la manipulación en sala blanca.
- Minimizar los contactos del producto antes y después de lonchear y del material del interior del envase con otras superficies (e.g. poner producto sobre mesas, apilar bandejas...).
 - Gestión adecuada de los flujos de materiales, personas y desechos.
 - Minimizar la formación de aerosoles y partículas en suspensión (e.g. uso de aire comprimido).
 - Consolidar hábitos de higiene personal dentro y fuera de la sala blanca y de manipulación del producto.
- b) Inhibir el crecimiento microbiano en el producto cocido.
- Para ello, la disminución de la temperatura es una medida muy efectiva. Sin embargo, Korkeala *et al.* (1990) observaron que todas las cepas de *L. Sake* productoras de limo eran capaces de



ESPECIALISTAS EN MAQUINARIA
DE ALTAS PRESIONES DESDE 1998



HPP

MAYOR SEGURIDAD,
CALIDAD Y VIDA ÚTIL



www.idushpp.com



Imagen 40a. Coloración azul en carne fresca producida por *Pseudomonas libanensis*.

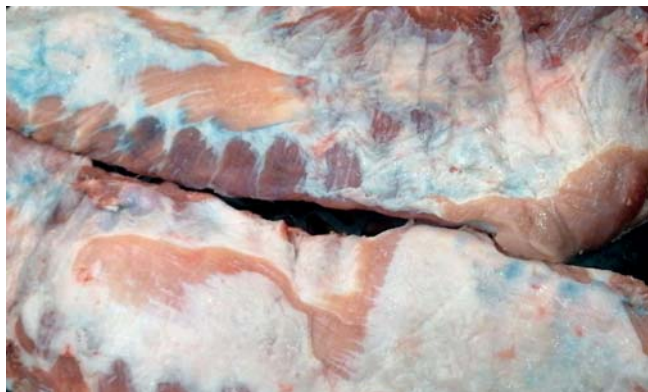


Imagen 40b. Coloración azul en carne fresca producida por *Pseudomonas libanensis*.



Imagen 40c. Coloración azul en carne fresca producida por *Pseudomonas libanensis*.

crecer en agar MRS a temperaturas por debajo de 0 °C. La concentración de sal y nitrito no es suficiente para inhibir el crecimiento de las bacterias lácticas deteriorantes. La adición de un 2 % de lactato sódico inhibe de forma importante el crecimiento de las lácticas en paté (Debevere,

1989) y bologna (Brewer *et al.*, 1992), y la combinación con otras sales de ácidos orgánicos como el acetato, diacetato y sorbato es útil para alargar la vida útil (Drosinos *et al.*, 2006; Mellefont & Ross, 2007). El etil lauroil arginato (E-243) también se ha sugerido como un posible candidato para frenar el crecimiento de microorganismos (Ma *et al.*, 2020; Shen & Taylor, 2020). El uso de cultivos también es una alternativa a considerar para mejorar la conservación de algunos productos cocidos (Korkeala & Björkroth, 1997).

La teoría de obstáculos (“*hurdle effect*”) (Leistner & Rahman, 2020a, b) es útil para establecer barreras y buscar efectos sinérgicos de los procesos combinados que frenen el crecimiento de los microorganismos. Leistner *et al.* (1979) establecieron el concepto de productos autoestables y desarrollaron ocho gamas de productos con características de productos frescos, que podían guardarse a temperatura ambiente (6 días a 30 °C), de los cuales cinco de ellos eran productos cárnicos cocidos (Hechelmann *et al.*, 1991). Así, por ejemplo, en embutidos cocidos a temperaturas inferiores a 100 °C si bien no se eliminan las esporas de *Clostridium* y *Bacillus* durante el tratamiento térmico, una ligera reducción de la a_w permite que germinen las esporas, pero no permite que crezcan las células vegetativas, que van muriendo. Con lo cual los recuentos de esporas disminuyen especialmente si se mantienen en un ambiente no refrigerado, debido a un agotamiento metabólico que finalmente produce una autoesterilización. En estos casos, el uso de sistemas de envasado en los que haya cierto espacio de cabeza, de forma que se puedan producir condensaciones durante la refrigeración, podría dar lugar a incrementos locales de a_w que facilitasen el crecimiento de esporulados, por lo que se recomienda usar tripas plásticas y hacer un buen vacío al embutir (Leistner & Rahman, 2020).

c) Tratamiento del producto envasado (descontaminación).

Las bacterias lácticas deteriorantes pueden crecer con facilidad en los productos cocidos reenvasados, ya que dichas bacterias son psicrotrofas, microaerófilas y resistentes al nitrito, la sal y el humo. Sin embargo, su inactivación se puede conseguir mediante el tratamiento térmico del producto envasado, con lo cual se alarga la

vida útil (Franz, 1996; von Holy *et al.*, 1991). Así, por ejemplo, von Holy *et al.* (1991) incrementaron cuatro veces la vida útil al tratar salchichas tipo frankfurt envasadas al vacío al sumergir los envases a 80 °C durante 20 minutos, aunque hay que tener en cuenta que las esporas de *Bacillus* y *Clostridium* pueden sobrevivir a tratamientos de 70 °C (Nielsen & Zeuthen, 1984; Kokubo *et al.*, 1986). Franz & von Holy, (1996) observaron, en los productos no pasteurizados, claros síntomas de deterioro sólo cuando se alcanzaron recuentos de 10⁸ ufc/g (e.g. menor adherencia del envase al producto, olores desagradables y exudado de aspecto lechoso), pero en los productos pasteurizados, a recuentos equivalentes, los síntomas de deterioro fueron menores, lo cual podría indicar un cambio en la microbiota láctica deteriorante.

Al disminuir la temperatura de almacenamiento de los productos cocidos se produce una mejora en la vida útil, especialmente cuando esta es inferior a 0 °C y se acerca al punto de congelación del producto. La disminución del punto de congelación se logra gracias al descenso crioscópico producido por los solutos incorporados¹.

Conociendo la vida útil a una temperatura determinada, Sinell (2004) propuso una ecuación, i.e. $D = D_0 \times 10^{(T_0 - T)/20}$ que permite conocer con bastante precisión la vida útil a otra temperatura. En la ecuación D_0 es la vida útil a una temperatura determinada T_0 .

El tratamiento por altas presiones (e.g. 600 MPa durante 6 min) es una tecnología alternativa al tratamiento térmico, que la hace especialmente útil para evitar problemas de origen microbiológico en los productos loncheados, cuya calidad se ve afectada negativamente por el tratamiento térmico (Balamurugan *et al.*, 2018; Garriga *et al.*, 2004).



Imagen 40d. Colonias de color amarillo en jamón cocido.



Imagen 40e. Coloraciones amarillas producidas por microorganismos.

1.18.2 Manchas azules

La presencia de manchas de color azul en la superficie de la carne fresca de cerdo (**imágenes 40a-c**), pollo y conejo puede relacionarse con el crecimiento de *Pseudomonas libanensis* (en carne) y de *Pseudomonas fluorescens* (en mozzarella y carne) (Cantoni *et al.*, 2001; Andreani *et al.*, 2015; Caputo *et al.*, 2015; Kumar *et al.*, 2019; Cantoni & Chiappa, 2011), pero no se han encontrado referencias de que dichos microorganismos crezcan en productos cocidos envasados al vacío o en MAP sin oxígeno. Debe revisarse el programa de limpieza y desinfección y asegurarse de que se realizan correctamente, evitando la formación de biofilms, el goteo debido a condensaciones, y secar las superficies. Debe analizarse el agua utilizada, ya que Daboussi *et al.*, (1999) detectaron *Pseudomonas* en

¹. Según la Ley de Blagden, la depresión del punto de congelación (ΔT_F) de soluciones diluidas es proporcional a la cantidad de sales disueltas.

$$\Delta T_F = K_F \cdot b \cdot i$$

donde:

K_F es la constante crioscópica, que depende de propiedades del solvente (para el agua, $K_F = 1,853 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$. “b” es la molalidad (moles de soluto por kilogramo de agua). “i” es el factor van’t Hoff (número de partículas iónicas por molécula de soluto, $i=2$ en el caso de NaCl). Por ejemplo, en una masa que contuviese un 50 % de agua y se añadiesen 26 g/kg de sal, se produciría un descenso de su punto de congelación de 3,3 °C. Teniendo en cuenta que el de la carne se sitúa entre -0,8 y -1,2 °C el de la masa se situaría entre -4,1 y -4,5 °C.



Imagen 40f. Coloración rosácea producida por bacterias halófilas.

agua de manantial, y Cantoni & Chiappa, (2011) lo atribuyeron a su presencia en el agua de pozo o en el agua de red utilizada, probablemente ligado a un periodo de precipitaciones copiosas, ya que es un microorganismo presente en el ambiente vegetal. En ocasiones se da sólo en una de las líneas de trabajo, por lo que debe inspeccionarse a fondo cuáles son las diferencias respecto a las otras líneas que provocan una mayor incidencia. Generalmente, se suele ver una incidencia mayor en el tejido conjuntivo y en la grasa que en el magro, quizás porque el pH de éste suele ser inferior.

1.18.3 Manchas rosadas

En condiciones de elevada temperatura y humedad relativa y en ausencia de microbiota competitiva, en salchichas con elevado contenido de almidones puede producirse el crecimiento de *Serratia marcescens* que produce un pigmento denominado prodigiosina (Sutherland *et al.*, 1987) que provoca la aparición de manchas rosadas.

1.18.4 Manchas amarillas

Las manchas de color amarillo de las **imágenes 40d-e** tienen un origen microbiano. En la muestra de la **imagen 40d** se determinó que la microbiota predominante era *Leuconostoc*.

1.18.5 Manchas negras

Tal como se ha visto en el apartado 1.6.2, (**imágenes 23e-h**) una de las causas de formación de manchas negras es el crecimiento de *Carnimonas nigrificans*. Se han descrito decoloraciones negro-azuladas en jamón ibérico y quesos produci-



Imagen 40g. Crecimiento de mohos en un embutido cocido durante el proceso de secado.

das por *Pseudomonas fluorescens* (Andrade *et al.*, 2012) y en carne de vacuno por *Pseudomonas carnis* (Lick *et al.*, 2020).

1.18.6 Coloración rosa de las tripas saladas

En las tripas saladas, cuando se mantienen a temperaturas superiores a 7 °C, se puede producir un crecimiento de bacterias halófilas que generan una coloración rosácea de la tripa (**imagen 40f**).

1.18.7 Remelo

Se entiende por remelo la formación de un limo superficial, especialmente en productos embutidos en tripas naturales, cuando la velocidad de deshidratación es muy baja, lo cual afecta negativamente al aroma del producto final. Para evitarlo se debe mantener el embutido en condiciones de baja HR y temperatura y con buena circulación de aire a su alrededor. Por otra parte, el uso de sustancias conservadoras en la masa o en la superficie del embutido contribuye a retrasar el problema.

1.18.8 Crecimiento de moho

En los embutidos cocidos secados se produce crecimiento de moho cuando el secado tiene lugar en condiciones húmedas (**imagen 40g**). Para evitarlo es conveniente secar rápidamente la superficie del embutido los dos primeros días. **e**

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