

Higienización de alimentos listos para el consumo

J.A. ORDÓÑEZ^{1,2} Y M.C. CABEZA¹

¹Sección Departamental de Tecnología de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense. Ciudad Universitaria. 28040. Madrid.

²Real Academia de Ciencias Veterinarias de España. C/ Maestro Ripoll, 8, 28006. Madrid.

✉ ordonezpereda@hotmail.com | ccabeza@ucm.es



Figura 1. Vitrinas de productos RTE de los sectores cárnico, lácteo y vegetal

Introducción

En las últimas décadas se ha producido un profundo cambio en los hábitos alimentarios que han conducido, entre otras prácticas, a la preparación masiva de alimentos listos para el consumo (RTE)¹ a partir de productos procesados (p. ej., pastas, encurtidos, embutidos, fiambres, pescados ahumados, quesos) o frescos (p. ej., *carpaccio*, tartar, algunas frutas y hortalizas). La elaboración de estos alimentos implica una reducción de tamaño para transformarlos en lonchas, filetes, cortes, rodajas, porciones, etc. que se envasan en raciones individuales, familiares o para colectividades y se exponen en vitrinas, normalmente refrigeradas, para que el consumidor elija entre una ingente variedad de productos, conformaciones y precios (Figura 1).

Los alimentos RTE facilitan el consumo, ahorran tiempo a las personas, ofrecen una calidad sensorial estable, agilizan el trabajo en el hogar, contribuyen quizás a disminuir el gasto familiar, y probablemente aporten otras ventajas. Sin embargo, su elaboración ha creado problemas de diversa índole. Tal vez, el más destacado es el

de la seguridad microbiológica debido a la trascendencia que tiene en la salud de los consumidores. Todas las operaciones que se precisan para la preparación de productos RTE (troceado, loncheado, dosificación o envasado) incrementan los riesgos de contaminación por la microbiota procedente del entorno, equipos de loncheado y envasado, manipuladores, etc., y, potencialmente, en esta microbiota puede haber algún patógeno. De hecho, se ha observado que lonchas de derivados cárnicos (específicamente, jamón cocido o bacon) tenían una incidencia mayor de *Listeria monocytogenes* que esos mismos productos antes del loncheado, lo que indica que se había contaminado durante esta operación o la de envasado (Zhu y col., 2005). La salvaguarda de la salud del consumidor es una acción prioritaria en el suministro de alimentos y ante la posibilidad de que algún patógeno llegue al alimento, se hace imprescindible la higienización del mismo para garantizar su inocuidad.

Importancia de *Listeria monocytogenes* en los alimentos RTE

Entre los patógenos que pueden aleatoriamente contaminar el alimento durante

la preparación de productos RTE figuran diversos serovares de *Salmonella* (principalmente Enteritidis y Typhimurium), *Escherichia coli* (incluido el serotipo O157:H7), *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica*, *Staphylococcus aureus* y *L. monocytogenes*, entre otros. No obstante, *L. monocytogenes* es el que más preocupa por su carácter ubicuo y psicrotrofo, su resistencia en condiciones disgenéticas y a actividades de agua relativamente bajas y su capacidad de formar biofilms en los equipos de procesamiento, pudiendo persistir durante meses o años en plantas de procesamiento de alimentos (Lunden y col., 2003; Wulff y col., 2006). En consecuencia, su eliminación hasta niveles seguros constituye la diana para la higienización de estos alimentos.

En la elaboración de alimentos RTE no hay una fase bactericida intermedia durante su producción, por lo que no puede garantizarse que el producto final esté libre de patógenos. Así lo ha entendido la FDA que emitió un informe en 2001, manteniéndose la opinión en las actualizaciones de 2015 (Ordóñez y col., 2017), sobre el salmón ahumado en frío listo para el consumo. En él, decía: “Given the ubiquitous nature of *L. monocytogenes*, the lack of listericidal steps in the cold-smoking procedure, and the ability of the organism to become established in the processing environment and re-contaminated pro-

¹ RTE, del inglés, *ready-to-eat*

ducts, it is not possible to produce cold-smoked fish consistently free of *L. monocytogenes*. This is not unique to cold-smoked fish because this microorganism can be isolated from a wide range of ready-to-eat (RTE) foods". De hecho, en un estudio realizado en Australia sobre la incidencia de *L. monocytogenes* durante el periodo 2001 - 2010, se concluía "...that ready-to-eat foods are high-risk vehicles for transmitting listeriosis", siendo los productos cárnicos los más frecuentemente implicados (Popovic y col., 2014).

De las consideraciones anteriores, fácilmente se desprende la necesidad de higienizar los productos RTE, entendiendo por tal la consecución del objetivo de seguridad alimentaria (FSO, valor máximo admisible de la concentración y/o frecuencia de un peligro, en este caso microbiológico, en un alimento en el momento del consumo, que permite un nivel adecuado de protección del consumidor) respecto a *L. monocytogenes*. Si se logra el FSO para esta bacteria se asegura también para los otros patógenos mencionados anteriormente.

Tecnologías disponibles para la higienización de alimentos RTE

Independientemente de la tecnología que se aplique, es necesario estimar, en términos de reducciones decimales, el grado de reducción de la carga microbiana para lograr el FSO (criterio de rendimiento, CR) teniendo en cuenta las normas microbiológicas que rigen para *L. monocytogenes*. En este artículo se considera el escenario más desfavorable: productos RTE que permiten el crecimiento de *L. monocytogenes* y el criterio de "tolerancia cero" (ausencia en 25 g o cm²).²

Las tecnologías convencionales que habitualmente se utilizan para eliminar los microorganismos patógenos, de forma especial el tratamiento térmico, no pueden aplicarse para la higienización de alimen-



Figura 2. Equipo de altas presiones; vasija de 55 litros. Fuente: hiperbaric.com (con permiso).



Figura 3. Acelerador de electrones Rhodotron TT200. Fuente: <http://almadeherrero.blogspot.com/2012/09/ionisos-iberica.html> (consultado 14/03/2022).

tos RTE porque, aparte de otras razones, el alimento está ya envasado y dispuesto para su distribución y venta. Por tanto, es necesario recurrir a otras estrategias. En principio, las únicas tecnologías factibles plenamente desarrolladas para la higienización de alimentos RTE son las altas presiones hidrostáticas (APH) (Figura 2) y las radiaciones ionizantes. Los datos recogidos en este artículo se refieren a la ionización con electrones acelerados (EA) (Figura 3)³. Se remite al lector a la obra de

Ordóñez y García de Fernando (2019) donde se describen ampliamente los fundamentos de ambas tecnologías así como la cinética de muerte microbiana y el efecto en los componentes de los alimentos.

Optimización del tratamiento higienizante

Para calcular las condiciones del proceso para higienizar los alimentos RTE se requiere, en primer lugar:

➤ Determinar la potencial contaminación del producto durante las operaciones que se realicen para preparar el alimento. Se suele aceptar el valor de 10 células/g ($\log_{10} = 1$) como número inicial de listerias ya que, de acuerdo con la ICMSF (2004), en frankfurters ese es el grado de contaminación post-proceso descrito en el peor de los casos.

² En algunos países, como Estados Unidos, Nueva Zelanda, Sudáfrica, etc. el criterio microbiológico para *L. monocytogenes* es de "tolerancia cero" pero la Unión Europea es más permisiva; de forma general es de 100 ufc/g o cm² aunque el de "tolerancia cero" se aplica en algún caso. Véase el Reglamento (CE) número 1441/2007 de la Comisión, de 05/12/2007 que modifica el 2073/2005.

³ De las tres modalidades de tecnologías ionizantes (radiación gamma, rayos X y electrones acelerados) se ha elegido en este trabajo la última por ser una tecnología "limpia" (no genera residuos de ninguna naturaleza), fácil de aplicar, barata, de resultados repetitivos, funciona en flujo continuo y no requiere operaciones preparativas ni post-proceso.

TABLA 1
CAPACIDAD HIGIENIZANTE DE ELECTRONES ACELERADOS Y ALTAS PRESIONES HIDROSTÁTICAS EN ALIMENTOS RTE ENVASADOS EN BOLSAS DE TAMAÑO FAMILIAR Y COMPARACIÓN DE AMBAS TECNOLOGÍAS EN RELACIÓN CON LOS ASPECTOS QUE SE INDICAN.

| Parámetros comunes a ambas tecnologías | | | | | | |
|--|-------------------------------|---------|---------|--------------------------------------|---------|---------|
| Objetivo de seguridad alimentaria de "tolerancia cero" (FSO) | | | | Ausencia /25 g | | |
| Contaminación asumida durante el procesado: | | | | $H_0 = 10$ células/g | | |
| Almacenamiento: 5 °C durante (días): | | | | 10 | 20 | 30 |
| Criterio de rendimiento (Nº reducciones decimales) | | | | 3,44 | 4,49 | 5,54 |
| Parámetros particulares de ambas tecnologías y comparación de los atributos que se indican | | | | | | |
| Concepto | Electrones acelerados | | | Altas presiones hidrostáticas | | |
| Almacenamiento (5 °C) | 10 días | 20 días | 30 días | 10 días | 20 días | 30 días |
| Consecución FSO (kGy) | 1,68 | 2,2 | 2,7 | - | - | - |
| Consecución FSO 600 MPa | - | - | - | Sí | Sí | No |
| Vida útil a 5 °C (días) | >30 | >30 | >30 | >30 | >30 | - |
| Atributo | Electrones acelerados | | | Altas presiones hidrostáticas | | |
| Tipo de proceso | No térmico | | | No térmico | | |
| Microorganismos diana | Formas vegetativas | | | Formas vegetativas | | |
| Letalidad sobre patógenos | Muy alta | | | Alta | | |
| Cinética de muerte | Primer orden | | | Compleja (varios modelos) | | |
| Gráficas supervivencia | Log-lineal | | | Diversas formas | | |
| Dosis para higienización | 1 (3 D) - 2,5 kGy (5D) | | | 600 MPa (~ 4 D) | | |
| Eficacia del proceso | Predecible | | | Fallos ocasionales "colas" | | |
| Consecución FSO | Sí | | | Sí, si almacenamiento < 30 días | | |
| Detección ausencia 25 g | No | | | A veces (si hay "colas") | | |
| Efecto propiedades sensoriales | No a menos 2-3 kGy | | | Gelificación algunas proteínas | | |
| Tejidos más sensibles | Carne picada fresca | | | Carne picada, tejidos blandos | | |
| Limitación color en carne fresca | Adquiere una tonalidad oscura | | | Color rojo se pierde | | |
| Limitación textura | No a menos de 3 kGy | | | Gelificación (p. ej. salmón ahumado) | | |
| Oxidación grasa | Posible aceleración >2kGy | | | Cristalizaciones reversibles | | |
| Efectos en nutrientes | Mínimos | | | Mínimos | | |
| Funcionamiento proceso | Flujo continuo | | | Discontinuo | | |
| Capacidad del proceso | ~ 7.000 bolsas (200 g)/h | | | 1.000-5.000 bolsas (200 g)/h* | | |
| Operaciones pre-proceso | Ninguna | | | Ninguna | | |
| Operaciones post-proceso | Ninguna | | | Limpieza externa envases | | |
| Residuos | Ninguno | | | Ninguno, solo utiliza agua corriente | | |
| Precio (bolsas 200 g) | ~ 0,08 € | | | 0,10-0,20 € | | |
| Efecto en medio ambiente | Respetuosa | | | Respetuosa | | |
| Acogida consumidores | Dudosa | | | Positiva | | |
| Aspectos legislativos (UE) | Requiere autorización | | | Sin problemas | | |
| Comercio terceros países | Solicitud autorización | | | Sin problemas | | |

*Dependiendo del modelo.

Fuente: Adaptada de datos procedentes de Ordóñez y García de Fernando (2019).

➤ Estimar el aumento de listerias durante la vida comercial del producto bajo refrigeración. Se considerará un incremento del número de células de $0,105 \log_{10}$ ufc/día a 5 °C, deducido de un informe de

la FDA (2003) donde se tabulan muchos valores de diversos autores acerca del crecimiento de *L. monocytogenes* en diversos alimentos refrigerados (Ordóñez y García de Fernando, 2019).

A partir de estos datos, se calcula el CR de acuerdo con la ecuación $H_0 - CR + \Delta x = FSO$ (ICMSF, 2004), donde H_0 es la contaminación inicial, Δx es el incremento del número de microorganismos en x días y

el FSO, para el criterio de “tolerancia 0”, es ausencia en 25g (4 ufc/100 g; $\log_{10} = -1,39$). EL CR es de 5,54 reducciones decimales para, por ejemplo, un periodo de almacén de 30 días.⁴

Finalmente, hay que determinar las condiciones del tratamiento (criterio del proceso, CP) para lograr el FSO con ambas tecnologías. Para ello, se requiere conocer la sensibilidad de *L. monocytogenes* frente a los EA y las APH. En el primer caso, no presenta dificultad alguna porque repetidas veces se ha demostrado que la cinética de muerte por EA se ajusta a las reacciones de primer orden (véase, por ejemplo, Cambero y col., 2012). Los valores D (dosis de reducción decimal) más habituales para *L. monocytogenes* se sitúan entre 0,42 - 0,56 kGy con un valor medio 0,49 kGy (Ordoñez y García de Fernando, 2019). La muerte bacteriana por APH no se ajusta, en cambio, a una cinética de primer orden y la forma más práctica para conocer el efecto bactericida de las APH es mediante el recuento de los microorganismos supervivientes en las condiciones experimentales que se utilicen. El Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria (AESA) emitió en 2005 una opinión sobre la aplicación de APH en la carne y productos cárnicos, en la que se incluía una revisión acerca de la manorresistencia de diversas bacterias patógenas, concluyendo que el FSO para alimentos RTE se consigue con un tratamiento a 300 - 400 MPa en matrices alimentarias para *E. coli* O157:H7 (reducción de 2,4 D) y con 550 MPa para *L. monocytogenes* (reducción de 4 D) teniendo en cuenta el crecimiento durante el almacenamiento (Ordoñez y García de Fernando, 2019). Las investigaciones realizadas al respecto permiten deducir que las condiciones más aconsejables son del orden de 600 MPa durante 3-8 minutos, lográndose una reducción media de 3-5 unidades logarítmicas (Ordoñez y García de Fernando, 2019).

A modo de resumen se ha preparado la tabla 1 en la que se comparan los valores aproximados de varios parámetros relacionados con la eficacia de ambas tecnologías con tiempos de almacén de 10, 20 y 30 días y, adicionalmente, se ofrecen

también los efectos de los tratamientos en diversos atributos.

Conclusiones

A la luz de los conocimientos actuales, las dos tecnologías plenamente desarrolladas que pueden ser útiles para la higienización de productos RTE (y otros productos mínimamente procesados) son las basadas en la ionización y las altas presiones hidrostáticas.

El tratamiento con electrones acelerados no modifica de forma significativa las propiedades nutritivas y sensoriales de una gran mayoría de productos RTE a la intensidad de tratamiento optimizada para alcanzar el FSO y la dosis necesaria para ello es del orden de un 70% más baja que la establecida por la FAO/IAEA/OMS⁵. Sin embargo, su aplicación en algunos productos tiene efectos no deseables que pueden conducir al rechazo del alimento por el consumidor. Tal es el caso de los productos cárnicos frescos que deben mantener la mioglobina en estado reducido u oxigenado (hamburguesas, tartar, carpaccio, etc.), ya que el tratamiento potencia la oxidación del pigmento dando lugar a metamioglobina que confiere un color pardo cuestionable. En cuanto a la aplicación comercial de los electrones acelerados, debe cumplir las directivas europeas y estar autorizada por las autoridades donde se efectúe el tratamiento y por las del país receptor de la mercancía.

Las APH es una tecnología aceptada sin problema alguno por los consumidores y está autorizada prácticamente en todos los países; no modifica las propiedades nutritivas ni sensoriales de los productos, salvo algunos, como hamburguesas (se pierde el color rojo) y ciertos pescados ahumados (se producen gelificaciones). Opera de forma discontinua, lo que puede ser una característica algo problemática en las grandes industrias procesadoras y quizás sea cara para su instalación en las pequeñas industrias pero tienen al alcance el servicio de maquila.

⁵ En 1980, un comité de expertos de la FAO/IAEA/OMS declaró que “la irradiación de cualquier artículo alimentario hasta una dosis global media de 10 kGy no provoca peligros tóxicos; por lo tanto, no se requiere el ensayo toxicológico del alimento”.

Bibliografía

- Cambero M.I., Cabeza M.C., Escudero R., Manzano S., García-Márquez I., Velasco R., Ordóñez J.A. 2012. Sanitation of selected ready-to-eat intermediate-moisture foods of animal origin by E-beam irradiation. *Foodborne Pathogens Disease*, 9, 594-599.
- FDA (Food and Drug Administration). 2003. Quantitative assessment of the relative risk to public health for foodborne *Listeria monocytogenes* among selected categories of ready-to-eat foods. Docket No 1999N-1168.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specification for Foods). 2004. *Listeria monocytogenes* en salchichas cocidas (frankfurters), En “Microorganismos de los Alimentos 7”, págs. 289-316. Acribia. Zaragoza.
- Lunden J. M., Autio T.J., Sjoberg A.M, Korkeala H.J. 2003. Persistent and nonpersistent *Listeria monocytogenes* contamination in meat and poultry processing plants. *Journal of Food Protection*, 66, 2062-2069.
- Ordóñez, J.A., Velasco, R. y Cabeza, M.C. 2017. El tratamiento con electrones acelerados permite asegurar la inocuidad de los alimentos listos para el consumo. Sociedad Iberoamericana de Información Científica (SIIC). doi: <http://dx.doi.org/10.21840/siic/154618>. 1ª ed. 13/09/2017; 2ª ed. 07/06/2021.
- Ordóñez, J.A. y García de Fernando, G. (eds). 2019. Tecnología Alimentarias. Vol. 2. Procesos de Conservación. Págs. 467-484. Síntesis. Madrid.
- Popovic, I., Heron, B. y Covacin, C. 2014. Listeria: an Australian perspective (2001-2010). *Foodborne Pathogens and Disease*, 11, 425- 432.
- Wulff G., Gram L., Ahrens P., Vogel, B. F. 2006. One group of genetically similar *Listeria monocytogenes* strains frequently dominates and persists in several fish slaughter-and smokehouses. *Applied and Environmental Microbiology*, 72, 4313-4322.
- Zhu, M.J., Du, M., Cordray, J. and Ahn, D.U. 2005. Control of *Listeria monocytogenes* contamination in ready-to-eat meat products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 4, 34-42.

⁴ Hay que advertir que en estos cálculos no se considera la fase de latencia, que siempre existe y puede ser de días, lo que se traduce en una sobreprotección.