

VALIDACIÓN DE IRRADIACIÓN PARA REDUCIR LA PRESENCIA DE *ESCHERICHIA COLI* PRODUCTOR DE TOXINA SHIGA EN CARNE PICADA FRESCA

Cap, M.¹; Lires, C.²; Cingolani, C.²; Soteris, T.¹; Gentiluomo, J.³; Principe F.⁵ y Vaudagna S.R.^{1,4}

¹Instituto Tecnología de Alimentos - Centro de Investigación de Agroindustria - INTA.

Buenos Aires, Argentina.

²Centro Atómico Ezeiza - Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Buenos Aires, Argentina.

³Stambouljan, Laboratorio de Alimentos. Argentina.

⁴Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina.

⁵Asesor Cooperativa Obrera Ltd. Argentina.

RESUMEN

Escherichia coli productor de toxina Shiga (STEC) es el agente causal de diarreas con o sin sangre y, en los casos más severos, del Síndrome Urémico Hemolítico. La carne picada ha sido descrita como uno de los principales vehículos de esa bacteria y, desde entonces, se han realizado numerosos estudios que buscan reducir la presencia de la misma en matrices cárnicas. El objetivo del presente proyecto fue evaluar y validar el proceso de irradiación como intervención para reducir cepas autóctonas de STEC inoculadas en carne picada fresca. Se realizaron dos ensayos. En el primer ensayo se estableció la dosis de irradiación mínima capaz de reducir 5 ciclos logarítmicos en la población de STEC y se comprobó que no alterara la calidad sensorial de la carne picada fresca aun considerando la posible distribución de la dosis recibida por el producto en condiciones comerciales (2,5 veces mayor que la dosis mínima). En el segundo, se validó la dosis de irradiación con muestras de carne picada inoculadas con una baja concentración de STEC. La muestra se definió como una bolsa con 25 g de carne picada fresca. Las cepas utilizadas correspondieron a aislamientos autóctonos de STEC O157 y no O157. Las cepas se inocularon en forma individual y en forma conjunta (coctel). La irradiación de las muestras se realizó en el Centro Atómico Ezeiza de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) en la Planta de Irradiación Gamma, cuya fuente es Cobalto 60 (820 kCi). Para definir la dosis mínima, las muestras se

Trabajo ganador del Premio Publitec en el Área Seguridad y Control durante el V Congreso Argentino de Microbiología de Alimentos -CAMA 2019- desarrollado en Buenos Aires del 25 al 27 de septiembre de 2019.

inoculaban con una alta concentración de bacterias y se expusieron a cinco dosis de irradiación (0,2 – 0,4 - 0,6 - 0,8 y 1,5 kGy). Los recuentos bacterianos obtenidos para cada dosis, más los recuentos obtenidos de la muestra control (sin irradiar) se utilizaron para construir curvas de inactivación y para estimar el valor D10 para cada cepa y para el coctel. Los D10 se encontraron dentro del rango de 0,15 a 0,20 kGy, por lo que se estimó que una dosis de 1 kGy sería suficiente para reducir 5 log UFC/g de STEC O157 y no O157 en carne picada fresca. Luego, se llevó a cabo un ensayo hedónico con hamburguesas elaboradas a partir de muestras control y tratadas con 2,5 kGy en donde se comprobó que la aceptabilidad (tanto general como por apariencia, textura y sabor) no presentó diferencias significativas entre muestras irradiadas y no irradiadas. A su vez, para validar la dosis, las muestras fueron inoculadas con una baja concentración de cepas STEC y expuestas al tratamiento de irradiación con 1 kGy. Para el análisis microbiológico las muestras fueron enriquecidas por 24 horas y analizadas por PCR en tiempo real para los genes *stx* y *eae*. La efectividad se determinó en función del porcentaje de muestras positivas para dichos genes. Los resultados evidenciaron que sólo un 0,04% de las muestras resultaron positivas para los genes analizados luego del tratamiento. Este trabajo demuestra la enorme potencialidad de la irradiación como estrategia para reducir STEC en carne picada.

INTRODUCCIÓN

Escherichia coli productor de toxina Shiga (STEC) es agente de enfermedades de transmisión alimentaria. El consumo de alimentos contaminados con STEC puede producir una diversidad de manifestaciones clínicas, desde diarreas acuosas hasta un cuadro de alta gravedad como el Síndrome Urémico Hemolítico (SUH)

(Karmali, Petric, Lim, Cheung, & Arbus, 1985). El serotipo más frecuentemente asociado a enfermedad es el O157:H7. Sin embargo, en los últimos años también se han identificado otros seis serogrupos: O26, O45, O103, O111, O121 y O145 (Gould *et al.*, 2013).

A lo largo de los años se han realizado numerosos estudios que buscan mitigar el efecto de STEC en la cadena cárnica bovina con resultados diversos (Sofos, 2008; Sohaib, Anjum, Arshad, & Rahman, 2016). Los tratamientos de descontaminación propuestos fueron químicos, físicos e incluso biológicos. Un ejemplo de tratamiento físico es la radiación ionizante.

En la Argentina el tratamiento de alimentos con radiación ionizante está aprobado en el Código Alimentario Argentino (CAA) desde 1988. En el mismo se establecían los productos que podían irradiarse, entre ellos; ajo, papa, cebolla, frutillas, espárragos, champiñones frescos, especias, frutas secas y desecadas, y vegetales deshidratados. A partir del 4 de octubre de 2017 se aprobó la irradiación de alimentos según su categoría. Actualmente, se permite aplicar esta técnica a ocho grupos de alimentos, incluyendo productos cárnicos como la carne bovina, porcina, pollo, pescados y mariscos, entre otros (CAA, Capítulo III, Art 174). Esta modificación en la legislación generó un fuerte impulso de dicha tecnología, para ampliar el conocimiento y la aplicación de la misma por parte de la industria alimentaria argentina.

Objetivo. El objetivo general del proyecto fue evaluar y validar la aplicación del tratamiento de irradiación sobre carne bovina picada refrigerada y su eficacia para eliminar la contaminación con células de *Escherichia coli* productor de toxina Shiga. Para ello fue necesario realizar dos ensayos:

- Ensayo 1. Establecimiento de la dosis de irradiación mínima que logre la reducción de 5 ciclos logarítmicos en la población de STEC sin afectar la calidad sensorial del producto tratado.

- Ensayo 2. Validación del proceso de irradiación como intervención para reducir la presencia de STEC en carne picada refrigerada.

MATERIALES Y MÉTODOS

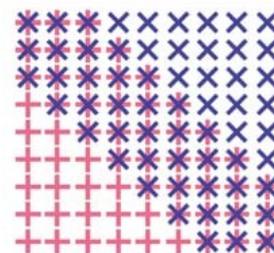
ENSAYO 1. Establecimiento de la dosis de irradiación mínima que logre la reducción de 5 ciclos logarítmicos en la población de STEC sin afectar la calidad sensorial del producto tratado.

Muestra. La materia prima fue un bolsón de 20 Kg de carne picada, la cual se irradió congelada con 19 kGy para eliminar la biocarga saprófita. Luego, se descongeló a temperatura controlada (4 ± 1 °C) y se fraccionó en bolsas de stomacher (Nasco, Whirl-Pak, EE.UU.) con 25 g de muestra. La muestra se definió como una bolsa con 25 g de carne picada refrigerada.

Cepas e inoculación de las muestras. Se utilizaron cepas STEC aisladas en la Argentina en diferentes etapas de la cadena de producción de carne bovina. Las cepas utilizadas fueron: O26 (*stx1/ee*) y O157 (*stx2/ee*) aisladas de productos cárnicos, O145 (*stx2/ee*) aislada a partir de un paciente con SUH y O103 (*stx1/ee*) y O111 (*stx2/ee*), ambas aisladas de pacientes con diarrea. Las cepas se inocularon en forma individual y en forma conjunta (coctel). Para la inoculación se agregaron 50 µl del cultivo y se mezcló manualmente durante 2 min presionando la bolsa externamente. La inoculación se realizó en una cabina de bioseguridad tipo 2 (Uniflow UVUB 1200). La concentración del inóculo fue de 10^{10} UFC/ml de manera tal que en el producto final fuera de 10^7 UFC/g.



- Somos una empresa, dedicada a la fabricación, comercialización y asesoramiento de productos para la industria alimentaria.
- Ofrecemos una gama de productos para la industria frigorífica, tales como aditivos, integrales, sabores y tripas.
- Con más de 30 años de experiencia en el mercado, certifican la calidad y continuidad de nuestros productos, teniendo el compromiso de llevar adelante los desafíos de nuestros clientes, a través del trabajo en conjunto.



Arturo Capdevilla Km 8 1/2 (Cno a Santa Rosa) Villa Esquiú - Córdoba
Tel.: (54) 0351-4999211 / belmaco@belmacosrl.com.ar / http://www.belmacosrl.com.ar/

BELMACO
S.R.L.

FIGURA 1. Preparación de hamburguesas con carne picada irradiada y no irradiada.



Irradiación. La irradiación de las muestras se realizó en el Centro Atómico Ezeiza de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) en la Planta de Irradiación Gamma, cuya fuente es de Cobalto 60 (820 kCi). Las muestras se colocaron en cajas de telgopor con un refrigerante congelado, para mantener una temperatura interna de 4 °C. La dosimetría se realizó con dosímetros de alanina, determinando puntos de dosis máxima y de mínima absorbida.

Diseño experimental. Las dosis aplicadas fueron: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 y 1,2 kGy. Las muestras se inocularon con cada una de las cepas seleccionadas y con la mezcla de todas, es decir, en coctel. Para cada dosis y cepa se trataron nueve réplicas.

Análisis microbiológicos. Se realizaron por recuento en placa en agar Trypticase Soja (TSA, Biokar Diagnostics, Francia). Con los resultados obtenidos se construyeron curvas de inactivación para cada cepa y para el coctel.

Verificación de la calidad sensorial. Para el análisis sensorial se irradió la carne picada con una dosis que garantizara al menos 5 reducciones logarítmicas y que contemplara la posible dispersión que puede haber en un tratamiento de irradiación de rutina, 2-2,5 veces más.

Preparación y cocción de hamburguesas. Se prepararon hamburguesas con carne picada irradiada y con carne picada no irradiada. La fórmula utilizada fue: 90% carne y grasa; 1,5% NaCl; 0,25% Tripolifosfato de sodio y 8,25% de agua. Para la cocción, se utilizó una plancha eléctrica de doble contacto portátil (marca Spectrum

Brands, modelo George Foreman, EE.UU.). Las hamburguesas se cocinaron congeladas y envueltas en papel aluminio hasta una temperatura interna de 71°C, siguiendo la metodología de AMSA (Belk *et al.*, 2015). Las posiciones para la cocción en la plancha fueron aleatorizadas (Figura 1).

Prueba de aceptabilidad. La prueba de aceptabilidad se realizó con 108 consumidores. Cada evaluador recibió dos porciones de cada muestra inmediatamente luego de su cocción, en recipientes térmicos

codificados. A cada participante se le solicitó evaluar de cada muestra la aceptabilidad global y la aceptabilidad en relación a los atributos apariencia, textura y sabor sobre una escala hedónica de 9 puntos, siendo las categorías definidas como: 9= me gusta muchísimo; 8= me gusta mucho; 7= me gusta; 6= me gusta un poco; 5= ni me gusta ni me disgusta; 4= me disgusta un poco; 3= me disgusta; 2= me disgusta mucho; 1= me disgusta muchísimo (Figura 2) .

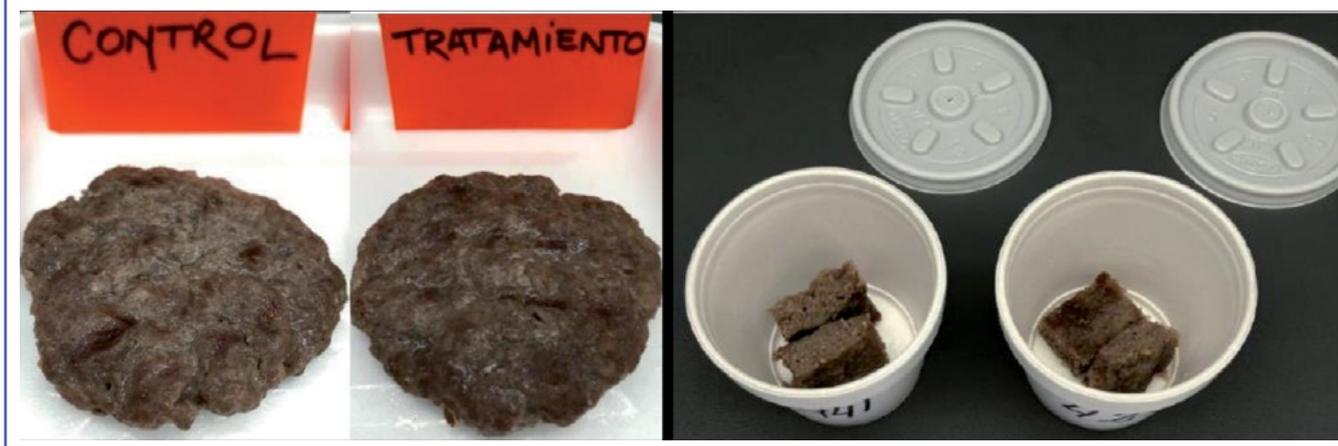
Análisis estadístico. Para evaluar el efecto de la dosis sobre los recuentos de bacterias se empleó ANOVA de una vía. Para el análisis de regresión y el cálculo de D10 se utilizó la metodología de regresión lineal disponible en MS Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA). Los datos del análisis sensorial se analizaron mediante un análisis de varianza de dos vías considerando como factores: consumidor y muestra (Kilcast, 2010). Se utilizó el software Infostat versión 2018.

ENSAYO 2. Validación del proceso de irradiación como intervención para reducir la presencia de STEC en carne picada refrigerada.

Muestra. Ídem al Ensayo 1.

Cepas e inoculación. Ídem al ensayo 1. Las mismas se inocularon en forma conjunta (coctel) así como en forma individual para la cepa que resultó más resistente en el ensayo 1. La dosis de inoculación fue de 10^3 UFC/ml de manera tal que en el producto final quede una concentración de 10^1 UFC/g. La baja concentración de bacterias en la muestra permite evaluar el efecto de la irradiación cuando la población bacteriana es escasa, lo cual representa el verdadero escenario de la contami-

FIGURA 2. Izq: hamburguesa control y hamburguesa tratada luego de la cocción. Der: muestras recibidas por el consumidor en recipientes codificados



nación por STEC. Si el tratamiento de irradiación es efectivo, la concentración de STEC nunca superará el límite de detección de la técnica y se informará un resultado negativo. En caso contrario, las bacterias sobrevivientes serán capaces de reproducirse y aumentar la concentración lo suficiente para tornarse detectables.

Irradiación. Ídem al ensayo 1.

Diseño experimental. Se realizaron tres repeticiones del ensayo. En cada repetición se analizaron 80 muestras de las cuales 60 estaban irradiadas (30 inoculadas con la cepa más resistente y 30 con el coctel de cepas STEC) y 20 sin irradiar (10 inoculadas con la cepa más resistente) y 10 con el coctel de cepas STEC).

Análisis microbiológicos. Se utilizaron los protocolos de enriquecimiento y detección recomendados en el Art 255 del CAA (Código Alimentario Argentino, 2017). El mismo incluye un enriquecimiento en caldo Tripticasa Soja Modificado durante 24 h a 42°C. Luego, una extracción de ADN y la detección de los genes *stx1*, *stx2* y *eae* por PCR en tiempo real (Pall Gene Disc). Los resultados se interpretaron como porcentaje de muestras positivas para los genes analizados luego del tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para describir las cinéticas de inactivación bacteriana por efecto de los tratamientos con irradiación gamma se utilizaron modelos cinéticos lineales o de primer orden. Luego, se determinó el parámetro cinético correspondiente a la dosis de irradiación que reduce un

FIGURA 3. Curva de inactivación de STEC O26 inoculada en carne picada fresca

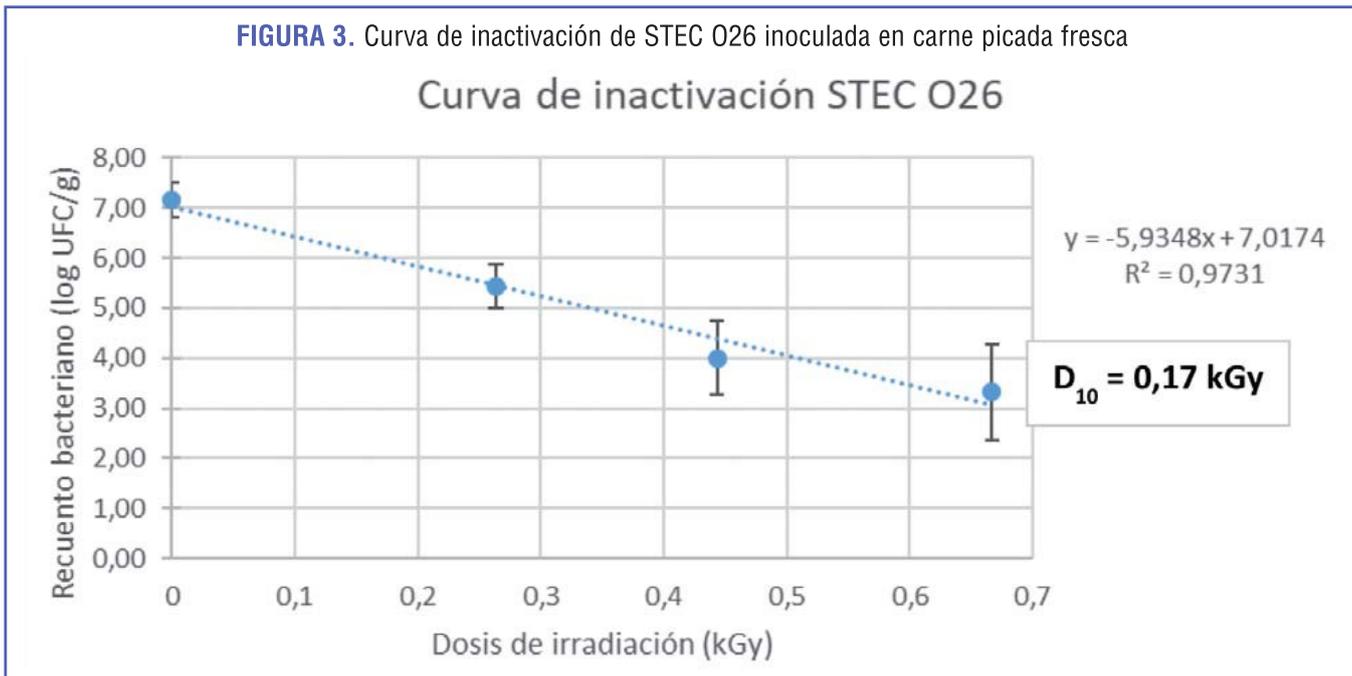
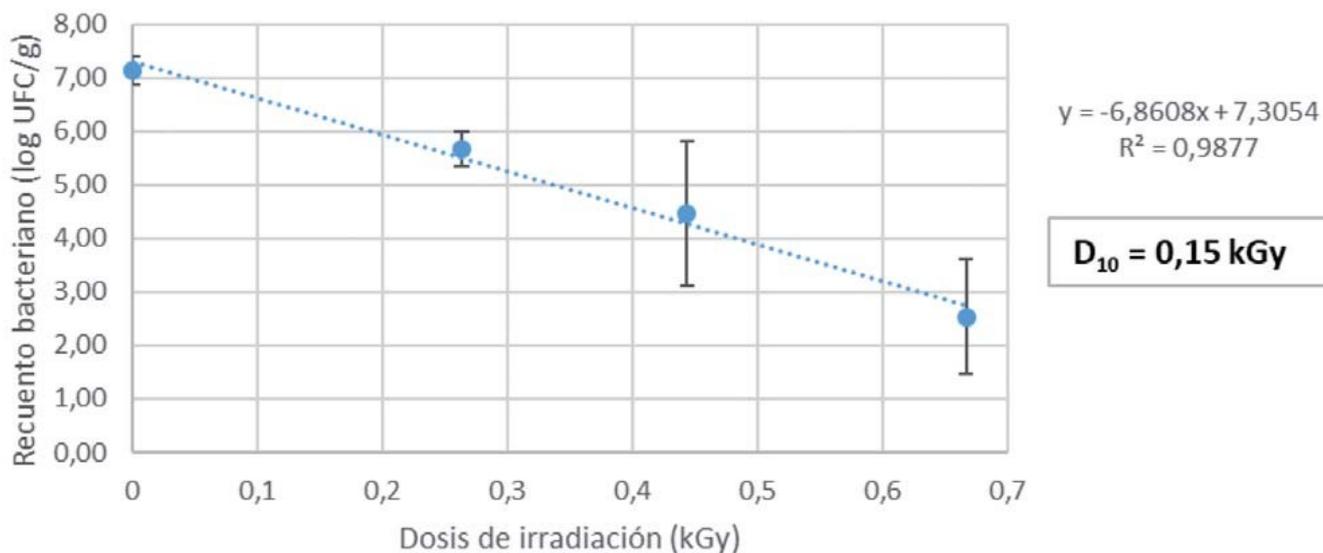


FIGURA 4. Curva de inactivación de STEC O103 inoculada en carne picada fresca



ciclo logarítmico (denominado valor D10) en la fracción de supervivientes. Numéricamente, el valor D10 se determinó como la inversa de la pendiente de la curva de inactivación. Para evaluar el ajuste al modelo lineal se estimó el valor de R², definido como el porcentaje de variación en la respuesta que es explicada por el modelo. Los valores de R² fueron: 97; 99; 99; 98 y 99% para O26, O103, O111, O145 y O157, respectivamente. El valor de R² para la curva de inactivación del coctel de cepas STEC fue del 99%. Los D10 de las cinco cepas analizadas fueron 0,15 kGy para O103 y O145; 0,17 kGy para O26 y O111 y 0,19 kGy para O157. Al analizar las muestras de carne picada inoculadas con todas las cepas juntas, es decir en coctel, el D10 fue de 0,20 kGy (Figuras 3 a la 8). Otros autores también estimaron los valores de D10 de cepas STEC con diferentes características genómicas y con diferentes condiciones de procesamiento. Sommers

et al. (2015) evaluaron la resistencia de 40 cepas STEC inoculadas en carne picada magra e informaron un rango que fue desde 0,16 a 0,48 kGy. Asimismo, los autores clasificaron las cepas analizadas según su caracterización genómica y encontraron que las cepas con presencia del gen *eae* presentaron un valor promedio de D10 inferior (0,27 kGy) a las cepas que no presentaban el gen *eae* (0,37 kGy). Clavero, Monk, Beuchat, Doyle & Brackett (1994) evaluaron la resistencia de cepas *E. coli* O157:H7 inoculadas en hamburguesas de carne vacuna con dos concentraciones de grasa e informaron un rango de D10 de 0,24 a 0,31 kGy, sin diferencias significativas con respecto a la cantidad de grasa presente en la hamburguesa. Thayer & Boyd (1993) aplicaron un modelo de superficie de respuesta para evaluar el efecto combinado de dosis de irradiación, temperatura y vacío sobre la inactivación de cepas

FIGURA 5. Curva de inactivación de STEC O111 inoculada en carne picada fresca

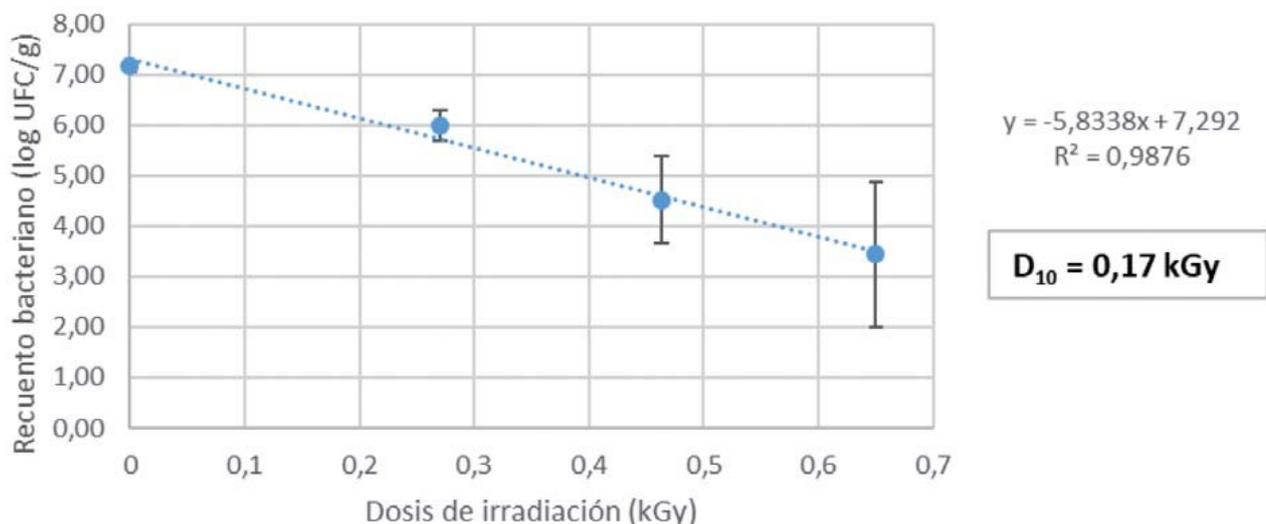
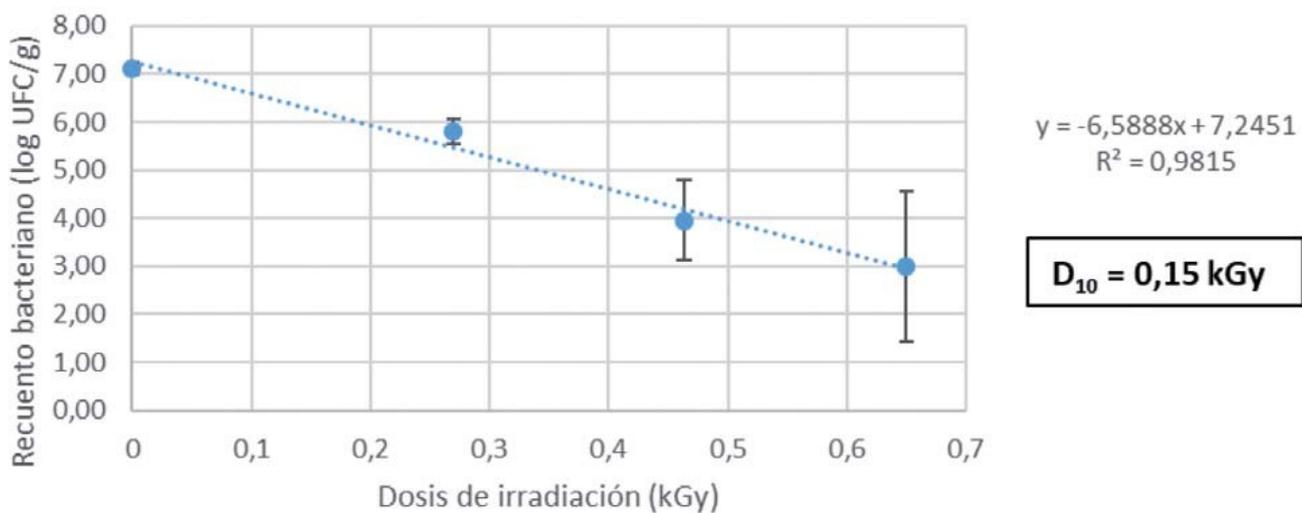


FIGURA 6. Curva de inactivación de STEC O145 inoculada en carne picada fresca



E. coli O157:H7 inoculadas en carne de pollo y carne de vaca. Los autores describieron un efecto significativo de la temperatura sobre la resistencia de las cepas, observándose un D10 promedio de 0,27 kGy con temperaturas de refrigeración (5°C) y de 0,44 kGy con temperaturas de congelación (-5°C). Asimismo, identificaron diferencias según el momento de la curva de crecimiento en la que se encontraban las cepas, si estaban en fase de crecimiento exponencial el D10 era de 0,16 kGy, mientras que si se encontraban en fase estacionaria el D10 era de 0,27 kGy. Los autores también describieron que los valores de D10 no diferían significativamente por efecto del vacío. Por todo lo antedicho, se puede concluir que las cepas STEC analizadas en el presente ensayo se identificaron dentro del rango inferior de D10 informado por otros autores, posiblemente asociado con la presencia del gen *eae*, con la temperatura en el trata-

miento de irradiación (refrigeración), así como con el grado de resistencia intrínseca de las cepas.

Para estimar la dosis de irradiación mínima que logre la reducción de 5 ciclos logarítmicos en la población de STEC, se multiplicó por 5 el mayor valor de D10 informado en el experimento precedente, es decir, 0,20 kGy (correspondió al coctel de cepas STEC) por lo que la dosis mínima sería $D_{10} \times 5 = 0,20 \times 5 = 1$ kGy. Para la verificación de la calidad sensorial se contempló, además, la posible dispersión que puede haber en un tratamiento de irradiación de rutina (2-2,5 veces más), es decir la dosis de irradiación aplicada para tratar las muestras para el análisis sensorial fue de 2,5 kGy.

Tras la realización de la prueba de aceptabilidad, no se halló evidencia que permita establecer diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,01$) entre los promedios de aceptabilidad general y por atributos de las muestras tratadas y las muestras control. Los pro-

FIGURA 7. Curva de inactivación de STEC O157 inoculada en carne picada fresca

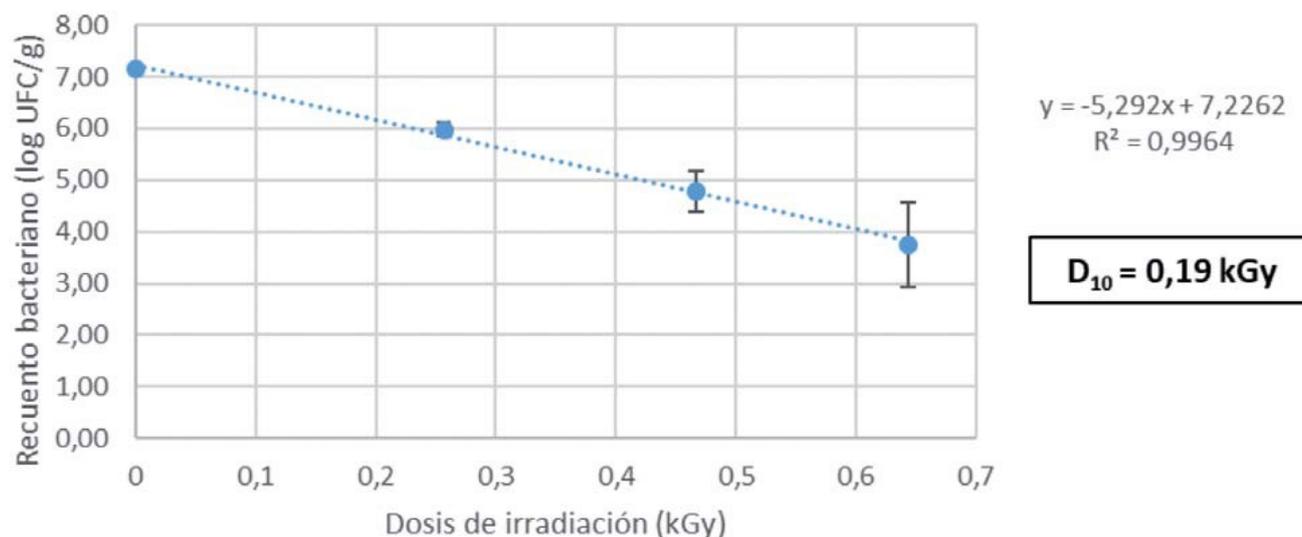
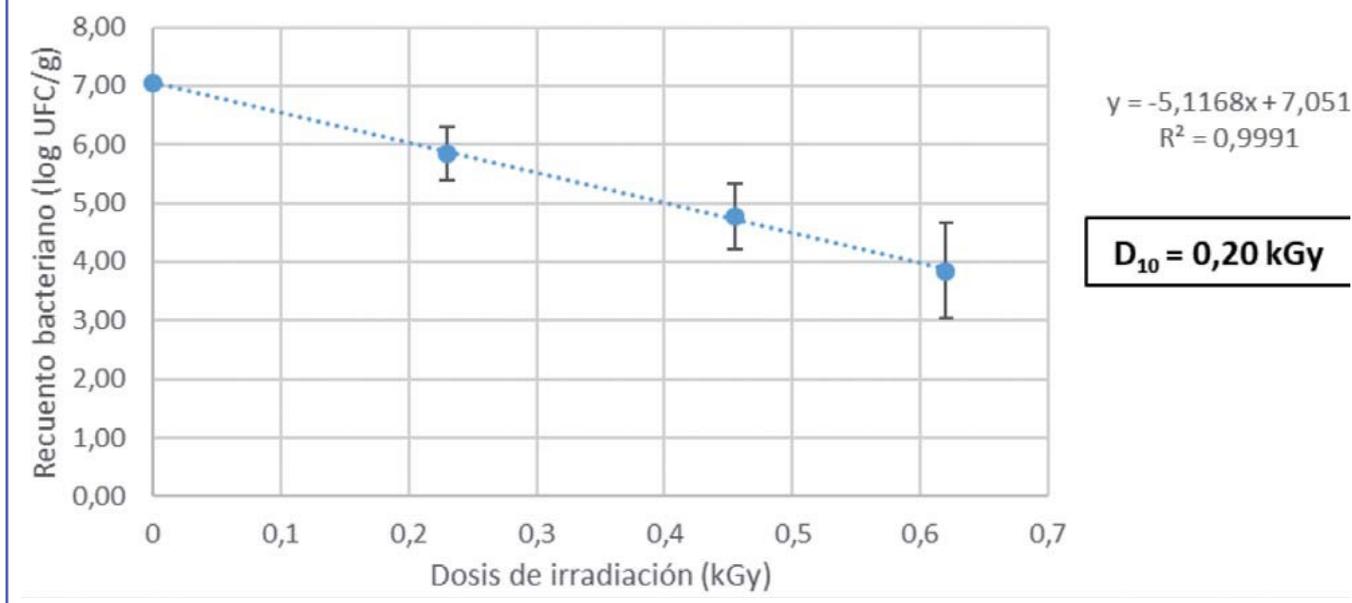


FIGURA 8. Curva de inactivación del coctel de cepas STEC inoculado en carne picada fresca



medios de aceptabilidad obtenidos (ubicados entre “me gusta un poco” y “me gusta”) para todos los atributos evaluados fueron similares a los obtenidos en hamburguesas de carne vacuna irradiada por Schilling *et al.* (2009) y por Vickers & Wang (2002), con dosis de irradiación de 2 kGy y 1,5 kGy, respectivamente. Asimismo, estos autores no hallaron diferencias significativas entre muestras irradiadas y muestras no irradiadas. En el trabajo realizado por Vickers y Wang, la aceptabilidad de las hamburguesas irradiadas se incrementó al proporcionar información previa acerca de los beneficios de la irradiación mediante un volante informativo confeccionado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (“Las diez preguntas más frecuentes acerca de alimentos irradiados”).

En referencia al ensayo 2, las muestras se inocularon en forma conjunta (coctel) así como en forma individual para la cepa que resultó más resistente en el ensayo 1, es decir, STEC O157. La dosis de irradiación fue de 1 kGy. Tras el análisis de los resultados, se observó que en la primera repetición ninguna de las muestras tratadas resultó positiva para *stx* y *eae*. En la repetición 2, cuatro de las 30 muestras inoculadas con STEC O157 resultaron positivas para los genes *stx* y *eae*, mientras que ninguna de las muestras inoculadas con el coctel de cepas STEC resultaron positivas. En la repetición 3, tres de las 30 muestras inoculadas con el coctel de cepas STEC resultaron positivas para los genes *stx* y *eae*, mientras que ninguna de las muestras inoculadas STEC O157 resultaron positivas. Al considerar las tres repeticiones, cuatro (4,4%) de las 90 muestras inoculadas con STEC O157 e irradiadas con 1 kGy resultaron positivas para los genes *stx* y *eae*, mientras que tres (3,3%) de las 90 muestras inoculadas con el coctel de cepas

STEC e irradiadas resultaron positivas. Con respecto a las muestras control, el 100% de las muestras resultaron positivas para *stx* y *eae* luego del enriquecimiento.

Si bien se esperaba que ninguna muestra irradiada fuera positiva para los genes analizados, es probable que la etapa de enriquecimiento haya permitido la recuperación de bacterias injuriadas y con ello la capacidad para multiplicar y tornarse detectable por PCR en tiempo real.

CONCLUSIONES

El tratamiento de irradiación con 1 kGy produjo una letalidad de 5 ciclos logarítmicos y redujo un 96% el porcentaje de muestras positivas para *stx* y *eae*. Asimismo, se demostró que la irradiación es una tecnología que no afecta la calidad sensorial del producto al aplicar una dosis de 2,5 kGy en carne picada fresca. Por ende, se concluye que la irradiación es una tecnología con alta potencialidad para reducir la presencia de cepas de STEC O157:H7 y no-O157 circulantes en la Argentina en carne picada fresca. Resta evaluar los costos asociados a la implementación de la tecnología de irradiación en carne molida, como así también los requerimientos logísticos para su adopción.

BIBLIOGRAFÍA

Belk, K. E., Dikeman, M. E., Calkins, C. R., Andy King, D., Shackelford, S. D., Hale, D., & Laird, H. (2015). Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat. American Meat Science Association Educational Foundation.

Clavero, M. R. S., Monk, J. D., Beuchat, L. R., Doyle, M. P., & Brackett, R. E. (1994). Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, salmonellae, and *Campylobacter jejuni* in raw ground beef by gamma irradiation. *Applied and Environmental Microbiology*, 60(6), 2069–2075.

Código Alimentario Argentino. (2017). Alimentos cárneos y afines. Retrieved from http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigo/Capitulo_VI_2017.pdf

Gould, L. H., Mody, R. K., Ong, K. L., Clogher, P., Cronquist, A. B., Garman, K. N., ... Griffin, P. M. (2013). Increased recognition of non-O157 Shiga toxin-producing *Escherichia coli* infections in the United States during 2000-2010: epidemiologic features and comparison with *E. coli* O157 infections. *Foodborne Pathogens and Disease*, 10(5), 453–460. <https://doi.org/10.1089/fpd.2012.1401>

Karmali, M. A., Petric, M., Lim, C., Cheung, R., & Arbus, G. S. (1985). Sensitive method for detecting low numbers of Verotoxin-producing *Escherichia coli* in mixed cultures by use of colony sweeps and polymyxin extraction of Verotoxin. *Journal of Clinical Microbiology*.

Kilcast, D. (2010). *Sensory Analysis for Food and Beverage Quality Control: A Practical Guide*. (David Kilcast, Ed.). Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition 191.

Schilling, M. W., Yoon, Y., Tokarsky, O., Pham, A. J., Williams, R. C., & Marshall, D. L. (2009). Effects of ionizing irradiation and hydrostatic pressure on *Escherichia coli* O157:H7 inactivation, chemical composition, and sensory acceptability of ground beef

patties. *Meat Science*. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.10.023>

Sofos, J. N. (2008). Challenges to meat safety in the 21st century. *Meat Science*, 78(1–2), 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.027>

Sohaib, M., Anjum, F. M., Arshad, M. S., & Rahman, U. U. (2016). Postharvest intervention technologies for safety enhancement of meat and meat based products; a critical review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 19–30. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1985-y>

Sommers, C., Rajkowski, K. T., Scullen, O. J., Cassidy, J., Fratamico, P., & Sheen, S. (2015). Inactivation of Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* in lean ground beef by gamma irradiation. *Food Microbiology*, 49, 231–234. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.02.013>

Thayer, D. W., & Boyd, G. (1993). Elimination of *Escherichia coli* O157:H7 in meats by gamma irradiation. *Applied and Environmental Microbiology*, 59(4), 1030–1034.

Vickers, Z. M., & Wang, J. (2002). Liking of ground beef patties is not affected by irradiation. *Journal of Food Science*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb11414.x>

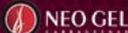


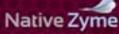
INSUMOSPATAGONIA
FOOD INGREDIENTS



PROTEINAS
CARRAGENINAS
FOSFATOS
CONSERVANTES
SISTEMAS FUNCIONALES
MARINADOS

















IP INSUMOS PATAGONIA | Tel.: +54 11 2104-8523 / 2104-3055 / 2105-6473 / 2105-9812 / 4686-5299
Av. Argentina 6625 (C1439HRG) C.A.B.A. | info@insumospatagonia.com.ar | www.insumospatagonia.com.ar