

Efecto de un plasma no térmico sobre la sobrevivencia de *Salmonella* Typhimurium y *Escherichia coli* O157:H7 inoculadas en cilantro (*Coriandrum sativum* L.)

Alma Fabiola Araujo-Guzmán¹, Ana Tarin Gutiérrez-Ibáñez^{2*}, María Dolores Mariezcurrena-Berasain², Rosa Laura Ocaña-de Jesús², Antonio Laguna-Cerda² e Itzel Rojas-Puebla²

¹Programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario No. 100 Col. Centro, Toluca, Estado de México, C.P. 50000.

²Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario No. 100 Col. Centro, Toluca, Estado de México, C.P. 50000.

*Autor de correspondencia: atarini@uaemex.mx

Resumen

Palabras clave:

cilantro, *E. coli*, inactivación, plasma no térmico, *Salmonella*

Este estudio determinó el efecto de un plasma no térmico sobre la sobrevivencia de *Salmonella* Typhimurium y *Escherichia coli* O157:H7 en plantas de cilantro. Se establecieron bajo condiciones de invernadero tres tratamientos con 60 plantas cada uno: T1 (*E. coli*), T2 (*Salmonella*) y T3 (Testigo). Las plantas se inocularon con 100 mL de suspensión bacteriana (2.5×10^4 UFC/mL) a los 30 y 45 días posteriores a la siembra. A los 60 días después de la inoculación se obtuvieron muestras de la planta y se colocaron en tubos con 9 mL de agua peptonada para ser expuestos al plasma a 60, 120 y 180s, con una potencia de 15 watts y una frecuencia de 15 hertz. Una vez irradiadas las muestras, se realizó el análisis microbiológico donde *E. coli* mostró una disminución máxima del 60% y *Salmonella* del 30%. Cabe destacar que el uso de plasma no térmico reduce la carga microbiana aportando mayor seguridad alimentaria.

Enfoques Transdisciplinarios:
Ciencia y Sociedad, 2(2), 57-69.
ISSN. 3061-709X. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12763061>

Recibido: 10 abril 2024
Revisado: 22 de mayo 2024
Aceptado: 15 julio 2024
Publicado: 18 de julio 2024



Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia CC BY-NC-SA 4.0. Para ver una copia de esta licencia visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Introducción

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es nativo del sur de Europa y del oeste de la región Mediterránea (Wei *et al.*, 2019), siendo una especie ampliamente cultivada como hierba medicinal, aromática y de condimento de mayor consumo humano (Ordoñez, 2010)



y presenta actividad antioxidante, antiinflamatoria, entre otras cualidades (Laribi *et al.*, 2015). En México el cilantro se consume en fresco y de manera cruda, motivo por el cual este ha pasado a ser una fuente importante de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA). *Escherichia coli* y *Salmonella* Typhimurium son unas de las principales cepas reportadas como causantes de ETA, estos microorganismos han mostrado una gran capacidad de mantenerse por tiempo prolongado fuera de su nicho ecológico natural, adaptándose a condiciones adversas y tienen la capacidad de internalizarse en el producto, protegiéndose de los sanitizantes (FAO, 2020).

La contaminación de los productos hortícolas depende del manejo antes y después de la cosecha, puede ocurrir en cualquier etapa de la cadena de producción y distribución. Se reportan como principales fuentes el uso de agua de riego contaminada, los abonos a base de estiércol no tratados adecuadamente, el empleo de semillas contaminadas y los diferentes vectores como animales, insectos y seres humanos (Ocaña *et al.*, 2019). Se ha calculado que cada año se enferman en el mundo 600 millones de personas como consecuencia de enfermedades diarreicas, cuya causa puede atribuirse, en la mayoría de los casos, a la ingesta de agua o alimentos contaminados por microorganismos patógenos (OMS, 2020).

Las metodologías hasta hoy empleadas para la desinfección de productos agrícolas mínimamente procesados o también conocidos como de consumo directo se han enfocado en utilizar agentes químicos, físicos y biológicos para reducir la presencia de bacterias enteropatógenas (Solenó, 2015). Las soluciones de hipoclorito son utilizadas para lavar productos cuyo consumo es en fresco y recién cortados; sin embargo, las concentraciones empleadas se encuentran dirigidas a prevenir la contaminación cruzada de productos con bacterias entéricas por medio del agua de lavado. Los niveles de hipoclorito empleados actualmente no son suficientes para matar el 100% de agentes patógenos, además que en dosis no controladas causan intoxicaciones y generan daños al ambiente (Behrsing *et al.*, 2000; Takeuchi *et al.*, 2001; Garmendia & Vero, 2006; Boyacioglu *et al.*, 2013; Arianzo *et al.*, 2023). Por otro lado, los métodos físicos como los procesos de irradiación no garantizan la reducción de microorganismos con la aplicación de Cobalto 60 (^{60}Co), resultan poco eficaces contra *E. coli* y esporas de *Clostridium botulinum* (Beattie, 2010). Por otra parte, los tratamientos térmicos han sido bien aceptados, aunque presentan ciertos inconvenientes al ser aplicados, tales como la pérdida de nutrientes y una considerable reducción de la calidad organoléptica de algunos alimentos. Por lo tanto, son necesarias técnicas respetuosas con el ambiente, novedosas y efectivas para reducir las poblaciones bacterianas entéricas en productos de consumo en fresco (Boyacioglu *et al.*, 2013).

Dentro de esas nuevas tecnologías se encuentran las tecnologías emergentes de conservación de los alimentos. Una de sus aplicaciones es inactivar los microor-



ganismos y enzimas presentes en los mismos sin ser alteradas sus características nutritivas, organolépticas y funcionales, como ejemplos de estas se encuentran las altas presiones hidrostáticas, los pulsos eléctricos de alto voltaje, los ultrasonidos, los pulsos de luz, los campos magnéticos oscilantes y más recientemente, el plasma atmosférico no térmico. Este último consiste en el empleo de gases ionizados con una gran capacidad de inactivación microbiana, además presenta otras ventajas como su bajo costo de aplicación, el empleo de tiempos de tratamientos cortos a bajas temperaturas, la posibilidad de tratar una amplia variedad de alimentos, tanto líquidos como sólidos, y ser una tecnología sostenible (Šimončicová, *et al.*, 2019). Dentro de los beneficios que puede llegar a aportar está el aumento de vida de anaquel de los alimentos tratados y la destrucción de células reproductivas de diversos grupos microbianos (bacterias, levaduras y hongos). El conjunto de todas estas atribuciones ha hecho que se considere como una tecnología sumamente prometedora para la conservación de los alimentos (Rossi *et al.*, 2009; Liao *et al.*, 2018). En esta investigación se comparó la efectividad de un plasma no térmico con diferentes tiempos de exposición: 60, 120 y 180s, sobre la sobrevivencia de *Salmonella* Typhimurium y *Escherichia coli* O157:H7 inoculadas en plantas de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) bajo condiciones de invernadero.

Materiales y métodos

Obtención de material vegetativo

El desarrollo del experimento se realizó en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Se utilizó semilla certificada de cilantro variedad Long Standing, obtenida en una comercializadora de Villa Guerrero Estado de México, la cual fue sembrada en una mezcla de sustrato (40% de peat moss, 40% de agrolita y 20% de lombricomposta) y esterilizada en autoclave mediante vapor húmedo a una temperatura de 121 °C por 15 min y 1 atm de presión, con la finalidad de garantizar que estuviera libre de patógenos y no afectara la inoculación. Posteriormente la mezcla fue depositada en bolsas de polietileno de 35 x 35 cm, se colocaron 50 semillas por bolsa. Las plántulas fueron conservadas en condiciones de invernadero durante todo el ciclo de producción. De manera manual se realizaron las labores culturales del cultivo como el control de maleza después de 15 a 20 días de brotar la semilla. El riego se suministró con agua de pozo con las cantidades necesarias según el desarrollo del cultivo. Antes de la inoculación de las bacterias se realizaron análisis microbiológicos de la mezcla del sustrato, de las plántulas y el agua de riego para descartar la presencia de organismos coliformes termotolerantes, bajo la Norma Oficial Mexicana 113 -SSA1-1994. Método para cuenta de microorganismos coliformes en placa en Agar de Bilis y Rojo Violeta (Bioxon®).



Reactivación de cepas bacterianas

Las cepas utilizadas de *Salmonella* Typhimurium y *Escherichia coli* O157:H7 fueron donadas por el Laboratorio de Patogenicidad Bacteriana del Hospital Infantil de México Federico Gómez. Estas se almacenaron en una solución de agua-glicerol (50:50) a -20 °C para su posterior uso. Los análisis microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Calidad de los Productos Agropecuarios de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Las bacterias se reactivaron en Caldo Soya Tripticaseina (CST) (DIBICO ®) y se hicieron crecer en medios selectivos, Agar MacConkey (DIBICO ®), Agar Eosina Azul de Metileno (DIBICO ®), Agar *Salmonella Shigella* (BD BIOXON ®), Agar Cromogénico *E. coli* O157:H7 (DIBICO ®) y Agar Xilosa Lisina Desoxicolato (DIBICO ®) a una temperatura de 37 °C durante 24 h. Después de la reactivación se realizaron las pruebas bioquímicas de reactividad (IMViC): Indol, Movilidad, Voges-Proskauer, Sulfuro, complementadas con Rojo de Metilo, Citrato Simonns y descarboxilación de Ornitina (Koneman *et al.*, 2008). Asimismo, se realizaron pruebas de tinción de Gram.

Inoculación bacteriana y toma de muestra

El inóculo se preparó con Agua Peptonada Buferada (APB) al 0.1% a un pH de 7 con un volumen de 100 mL de suspensión bacteriana que contenía un promedio de 1×10^4 UFC/ mL para cada cepa. El inóculo fue colocado directamente al sustrato cerca de la raíz (Figura 1). A los tres días después de la inoculación se realizó un monitoreo microbiológico con la finalidad de verificar que ya se encontraban presentes en la planta de cilantro las bacterias inoculadas y realizar el primer conteo antes de la aplicación del plasma atmosférico no térmico.



Figura 1. Inoculación de las bacterias enteropatógenas



Por cada cepa bacteriana se utilizaron tres tratamientos y un grupo testigo, cada tratamiento consto de 60 macetas, dando un total de 180 muestras por grupo bacteriano. Las plantas se inocularon a los 30 y 45 días después de la siembra. Todo el material fue colectado y transportado de acuerdo con lo indicado por la Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994.

Aplicación del plasma atmosférico no térmico

La aplicación del plasma atmosférico no térmico se realizó a los 60 días del crecimiento del cultivo en la etapa de elongación del tallo y formación de inflorescencia. Las muestras fueron pesadas en condiciones asépticas, utilizando 10 g de muestra compuesta de la planta del cilantro (tallo, raíz y hojas) homogenizadas con 90 mL de agua peptonada buferada (APB). De esta solución se transfirieron 10 mL a tubos de ensayo para ser expuestos a un plasma generado a una potencia de 15 watts por una fuente pulsada a una frecuencia de 10 kHz y un voltaje entre electrodos de 1.0 kV (Figura 2). Los tiempos de exposición fueron 60, 120, y 180s, realizándose tres repeticiones a los distintos tiempos de interacción, contándose con un grupo testigo. A todas las muestras se les determinó pH y temperatura con un medidor multiparamétrico (Thermoscientific™ Stard) antes y después de la aplicación del tratamiento con el plasma. Las muestras fueron llevadas al laboratorio en donde se realizaron los análisis microbiológicos. Todo el material se colectó y transportó según lo indicado por la Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994.

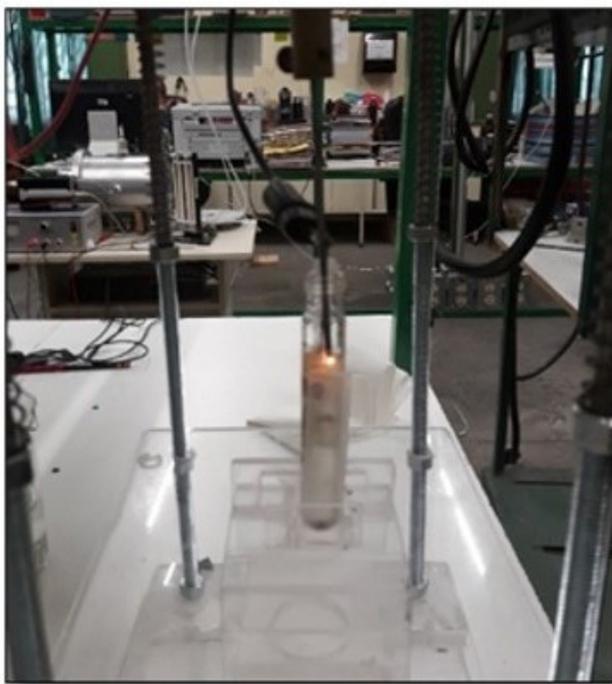


Figura 2. Aplicación del plasma no térmico



Análisis microbiológicos realizados después de la aplicación del plasma

La preparación de las muestras se realizó mediante el método microbiológico indicado por la Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994. Se empleó un método destructivo utilizando un mortero para homogenizar la muestra y de la suspensión obtenida se prepararon diluciones decimales seriadas ($10^0 - 10^4$).

Para la cuantificación de *E. coli* a partir de las diluciones se tomó 1 mL para hacer siembra directa por duplicado en placas con agar bilis rojo violeta (Bioxon®), las cuales se incubaron a una temperatura de 45 °C. Después de 24 h de incubación se realizó el recuento de colonias lactosa positivas y se estriaron en agar cromogénico O157:H7 (DIBICO) para verificar que sí correspondía a las colonias inoculadas. Estas placas se incubaron a 35 °C por 24h. Para confirmar la presencia de *E. coli* se tomó como referencia el crecimiento característico indicado en la Norma Oficial NOM 113-SSA1-1994.

La detección de *Salmonella* Typhimurium se realizó de acuerdo con la Norma Oficial NOM-114-SSA1-1994. El esquema general marca las siguientes etapas: pre-enriquecimiento en Agua Peptonada (APA) 0.1% para restaurar las células de *Salmonella* a una condición fisiológica estable; posteriormente un enriquecimiento selectivo con el propósito de incrementar las poblaciones de *Salmonella* e inhibir otros organismos presentes en la muestra y finalmente selección y cuantificación en medio sólido-selectivo Agar *Salmonella Shigella* (BD BIOXON) que restringe el crecimiento de otros géneros diferentes a *Salmonella* y permite el reconocimiento visual de las colonias.

Las colonias recuperadas se expresaron como \log_{10} UFC/mL y la reducción bacteriana de cada cepa empleada se calculó a partir de la recuperación de células después de los tratamientos aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Reducción} = (\text{Log}10 \frac{\text{UFC}}{\text{mL}}_{at} - \text{Log}10 \frac{\text{UFC}}{\text{mL}}_{dt}) \quad (1)$$

*at=antes del tratamiento

*dt= después del tratamiento

Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño experimental completamente al azar, se establecieron tres tratamientos con 60 plantas cada uno: T1 (*E. coli* O157:H7), T2(*Salmonella* Typhimurium) y T3 (Testigo). Se comparó la efectividad del plasma a los 60, 120, y 180 s. Los resultados fueron evaluados por un ANDEVA bifactorial ($p \leq 0.05$) para identificar el mejor tiempo de exposición y conocer el efecto del plasma en cada cepa. Frente al hallazgo de diferencias significativas se aplicó una prueba de Tukey al 5% para



identificar la cepa, tiempo de exposición e interacción que llevaron a los menores recuentos. Para ello se empleó el programa estadístico SAS (SAS, 2002).

Resultados y Discusión

Los resultados de los análisis microbiológicos realizados al sustrato, al agua de riego y a las semillas de cilantro fueron negativos, lo cual indicó que el material se encontraba libre de bacterias enteropatógenas que pudieran intervenir en el estudio.

En los medios selectivos se observó el crecimiento de colonias transparentes sobre fondo rojo, de coloración rosada, verdosas con brillo metálico, verde azuladas correspondientes a *E. coli* y colonias incoloras con centro negro, así como colonias rojas con centro de color negro para *Salmonella*.

Los resultados de la confirmación bioquímica surgen de la comparación con la matriz en damero simplificada para la identificación de las bacterias enteropatógenas del diagnóstico microbiológico Koneman *et al.* (2008). Dichas pruebas fueron positivas de acuerdo con el grupo que correspondían confirmando la identidad de ambos grupos microbianos (Tabla 1).

Tabla 1. Pruebas bioquímicas IMViC para la identificación de *Escherichia coli* y *Salmonella Typhimurium*

	Prueba de catalasa	Tinción de Gram	Indol	Motilidad	Ornitina	Voges proskauer	Rojo de metilo	Citrato Simons	Urea	Triple Azúcar Hierro	H ₂ SO ₃	<i>Salmonella</i>	<i>E. coli</i>
<i>Escherichia coli</i>	+	-	+	+	+	-	+	-	-	A/A	-	-	+
<i>Salmonella Typhimurium</i>	+	-	-	+	+	-	+	+	+	A/A	+	+	-

Positivo (+), Negativo (-), A/A: Pico de flauta ácido/profundidad ácida; Al/Ac: Pico de flauta Alcalino/profundidad ácida (negra) (Koneman, 2018).

En las Figura 3 y 4 se observan los valores obtenidos del pH y la temperatura de las muestras tratadas con el plasma, que se midieron antes e inmediatamente después de la exposición al tratamiento en todos los tiempos de interacción 0, 60, 120 y 180s para ambas bacterias. Los resultados obtenidos de pH no presentaron cambios de acuerdo con el tiempo empleado de exposición al plasma, mientras que los rangos de temperatura incrementaron de manera paulatina conforme se incrementa el tiempo de exposición al plasma. En el tiempo 0 muestra un pH inicial de 6.14 a una temperatura de 24.4 °C y a los 180s el pH fue de 6.07 a temperatura de 23.9 °C. Se tuvo un rango de variación de 1.14% para el pH; para el comportamiento observado que se produce después del tratamiento al tiempo 0, un pH de 5.98 a temperatura de 24.3 °C y 6.08 al tiempo de 180s y temperatura de 31.5 °C, lo que representa una variación de 1.6% para pH y 25.23% correspondiente a la temperatura.

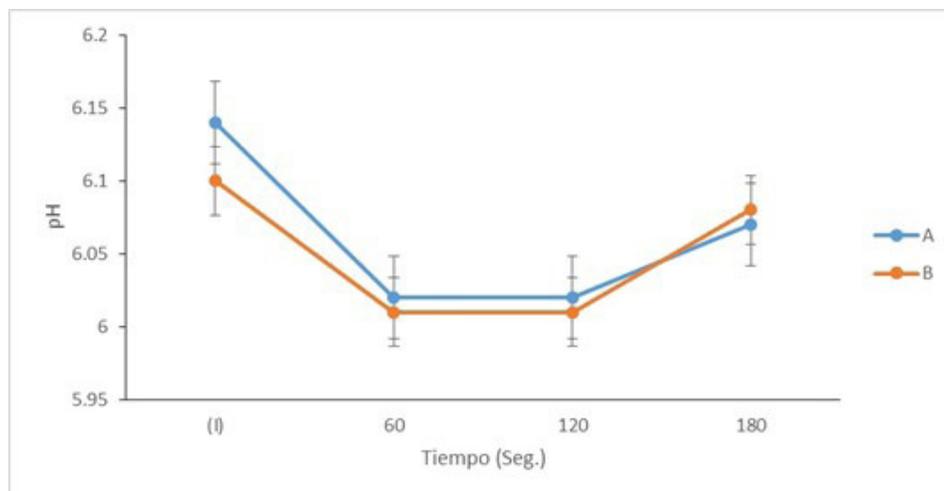


Figura 3. Variaciones de pH por interacción de un plasma no térmico en cilantro
A: Sin exposición al plasma; B: Con exposición al plasma; I: Tiempo inicial.

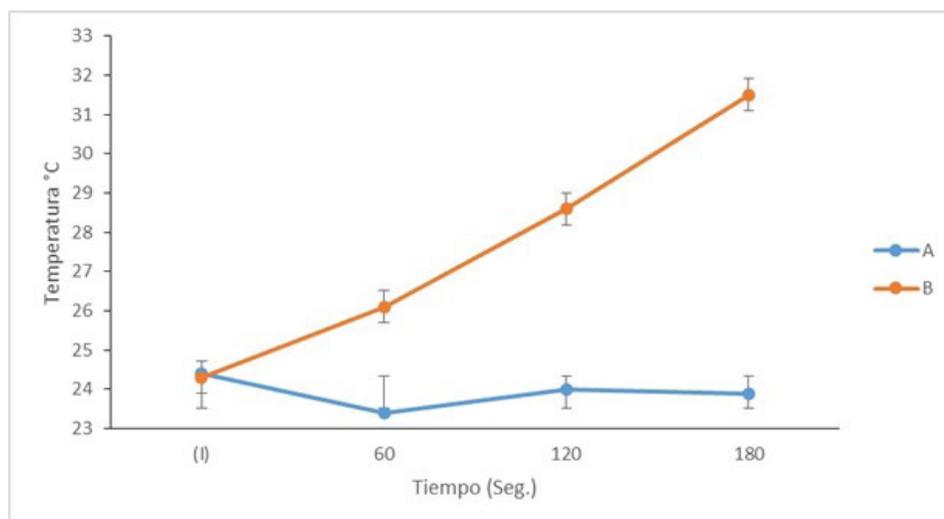


Figura 4. Variaciones de Temperatura por interacción de un plasma no térmico en cilantro
A: Sin exposición al plasma; B: Con exposición al plasma; I: Tiempo inicial.

Los resultados obtenidos no interfieren con la sobrevivencia de las bacterias en estudio ya que las condiciones de crecimiento reportadas se encuentran en pH de 4.0 a 9.0 con un óptimo que va de 6.5 a 7.5 (Alfaro, 2018). En este sentido, Spector y Kenyon (2012) resaltan la capacidad de *Salmonella* para adaptarse a cambios en el ambiente donde se encuentre. Para el caso de la temperatura, a pesar de presentar un incremento, no es un factor que influya en la muerte bacteriana, ya que *Salmonella* puede crecer en un rango que va de 2 a 54 °C y su crecimiento se ve reducido a menos de 15 °C. Los factores que podrían relacionarse con una respuesta es el serovar y el medio donde se desarrolla (Brown *et al.*, 2021) para poder sobrevivir en diversos ambientes como suelos, aguas, sedimentos, frutas y verduras.



La disminución de la concentración viable de *Salmonella* Typhimurium y *Escherichia coli* O157:H7 se comparó logarítmicamente contra el tiempo, presentando diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). Los resultados indican la eficacia del plasma no térmico sobre la sobrevivencia de las células de *Salmonella* Typhimurium y *Escherichia coli* O157:H7 inoculadas en plantas de cilantro en condiciones de invernadero, a medida que se incrementa el tiempo de exposición se observa una reducción bacteriana con una inactivación de 1 a 21 a 2 Log_{10} UFC/mL.

En los datos mostrados en la Tabla 2, para *E. coli* se puede observar una disminución en el conteo de las colonias bacterianas de 12, 41 y 60% a los 60, 120 y 180s, respectivamente. Asimismo, para *Salmonella* Typhimurium se muestra un decremento de 9, 24 y 30% a los 60, 120 y 180s. Dichos resultados coinciden con lo reportado por Hu *et al.* (2008), quienes mencionan que al utilizar un plasma con fuente pulsada a una potencia de 80 watts en un tiempo menor a un minuto se logra la inactivación de *Escherichia coli* O157:H7, esto debido al estrés químico al que es sometido el microorganismo, además de que estas tecnologías pueden ser utilizadas como herramienta para la disminución de patógenos y contribuir a resolver problemas de salud pública. Otros reportes como el de Youn *et al.* (2013) indican que la sobrevivencia de la masa bacteriana de *Escherichia coli* O157:H7 se redujo en un 50% después de la exposición al plasma durante 30 min con una potencia de 30 watts, ya que el plasma tiene efectos tóxicos sobre las bacterias. Otro estudio como el de Critzer *et al.* (2007), en donde aplicaron un plasma de descarga luminiscente, observaron que las poblaciones de *Escherichia coli* O157:H7 se redujeron en 1 log_{10} y 2 log_{10} a un tiempo de exposición de 30 s y de 2 min. Respectivamente, mientras que la carga de *Salmonella* se redujo hasta en 2 log_{10} después de 1 min de exposición. Diversos estudios señalan que los plasmas tienen efecto bactericida al presentar especies reactivas de oxígeno y nitrógeno (Ahlfeld *et al.*, 2015). Sea propuesto que estas especies reactivas causan el rompimiento de la envoltura celular produciendo daños al ADN, a los lípidos celulares y a las proteínas de la membrana celular, relacionando estos efectos con la duración del tratamiento (Man *et al.*, 2020), resultados que concuerdan con la presente investigación.

Tabla 2. Reducción bacteriana de *Escherichia coli* O157:H7 y *Salmonella* Typhimurium a diferentes tiempos de exposición al plasma no térmico

Tratamiento	<i>E. coli</i> $\bar{X} \pm DS$	<i>Salmonella</i> $\bar{X} \pm DS$
(Inicial)	3.36 \pm 0.15a	3.58 \pm 0.32a
60 s	2.96 \pm 0.10b	3.26 \pm 0.19b
120 s	1.99 \pm 0.31c	2.72 \pm 0.12c
180 s	1.36 \pm 0.16d	2.52 \pm 0.15d

Medias seguidas de las mismas letras señalan ausencia de diferencias significativas por test de Tukey ($p \leq 0.05$).



Conclusiones

El presente trabajo resalta la efectividad del plasma no térmico para reducir las cargas microbianas y la supervivencia de *Salmonella* Typhimurium y *E. coli* O157:H7., con una relación directa entre los tiempos de exposición. A mayor tiempo existe una mayor reducción de carga bacteriana, lo que indica la factibilidad de emplearlo como método alternativo para la desinfección en frutas y hortalizas por contaminación de bacterias peligrosas para el ser humano o de importancia clínica.

Recomendaciones

Es importante realizar estudios a nivel celular para poder identificar el efecto del plasma sobre la estructura celular de las bacterias estudiadas e identificar el porqué de la resistencia de *Salmonella* Typhimurium al mismo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un potencial conflicto de interés.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca otorgada a la alumna de doctorado y a la Universidad Autónoma del Estado de México por el apoyo brindado para esta investigación.

Referencias

- Ahlfeld, B., Li, Y., Boulaaba, A., Binder, A., Schotte, U., Zimmermann, J. L., Morfill, G., & Klein, G. (2015). Inactivation of a foodborne norovirus outbreak strain with nonthermal atmospheric pressure plasma. *mBio*, 6(1), e02300-14. <https://doi.org/10.1128/mbio.02300-14>
- Alfaro, M. R. (2018). Aspectos relevantes sobre *Salmonella* sp en humanos. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 34(3), 110-122. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=89065>
- Arienzo A., Gallo V., Tomassetti F., Antonini G. (2023). Implicación del hipoclorito de sodio como desinfectante en el procesamiento de ensaladas listas para comer y ventajas del uso de métodos alternativos de detección rápida de bacterias. *Alimentos*, 12(16), 3021. <https://doi.org/10.3390/foods12163021>
- Beattie, S. (2010). Riesgos de la irradiación de alimentos. *Investigación y Ciencia*, 40, 5-12.



- Behrsing, J., Winkler, S., Franz, P., & Premier, R. (2000). Efficacy of chlorine for inactivation of *Escherichia coli* on vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 19(2), 187 – 92. 10.1016/S0925-5214(00)00092-2
- Boyacioglu, O., Sharma, M., Sulakvelidze, A., & Goktepe, I. (2013). Biocontrol de *Escherichia coli* O157 on fresh-cut leafy greens. *Bacteriophage*, 3(1), e24620-7. <https://doi.org/10.4161/bact.24620>
- Brown, E.W., Bell, R., Zhang, G., Timme, R., Zheng, J., Hammack, T.S., & Allard, M.W. (2021). Salmonella Genomics in Public Health and Food Safety. *American Society for Microbiology*, 9(2), eESP-0008-2020. <https://doi.org/10.1128/ecosalplus.ESP-0008-2020>
- Critzer, F. J., Wintenberg, K. K., South, S.L., & Golden, D.A. (2007). Atmospheric Plasma Inactivation of Foodborne Pathogens on Fresh Produce Surfaces. *Journal of Food Protection*, 70(10), 2290-2296. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-70.10.2290>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s.f.). *Inocuidad y calidad de los alimentos. Preventing E. coli in Food*. Consultado el 14 de abril de 2020. <http://www.fao.org/food/food-safety-quality/a-z-index/e-coli0/es/>.
- Garmendia, G., & Vero, S. (2006). Métodos para desinfección de frutas y hortalizas. *Horticultura*, 197, 18-27. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2153512>
- Hu, M., Chen, J., & Chen, C. (2008). Inactivation of *Escherichia coli* Using Remote Low Temperature Glow Discharge Plasma. *Plasma Science and Technology*, 10(5), 619-622. DOI 10.1088/1009-0630/10/5/18
- Koneman, E. W., Washington, C. W., Stephen, D. A., William M. J, Gary, W. P., Paul, C. S., & Gail L. (2008). *Diagnóstico microbiológico-texto y atlas en color 6ª Edición*. Editorial Médica Panamericana.
- Laribi, B., Kouki, K., M'Hamdi, M., & Bettaieba, T. (2015). Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents. *Fitoterapia*, 103, 9-26. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2015.03.012>
- Liao, X., Li, J., Muhammad, A., Suo, Y., Chen, S., Ye, X., Liu, D., & Ding T. (2018). Application of a dielectric barrier discharge atmospheric cold plasma (Dbd-Acp) for *Escherichia coli* inactivation in apple juice. *Journal Food Science*, 83(2), 401–8. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14045>.
- Man, C., Jeon, Eun, J., Ji, K., Eun, C., Jun, L., Jinsung, C., & Shin, P. (2020). Impact of non-thermal dielectric barrier discharge plasma on *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* and quality of dried blackmouth angler (*Lophiomus setigerus*). *Journal of Food Engineering*, 278, 109952. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109952>.



- Secretaría de Salud. (26 de mayo 1994). *NOM-109-SSA1-1994 Proyecto De Norma Oficial Mexicana, Bienes Y Servicios. Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico*. Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881801&fecha=21/09/1995#gsc.tab=0
- Secretaria de Salud. (16 de octubre 1995). *NORMA Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico*. Diario Oficial de la Federación. <https://sidof.segob.gob.mx/notas/4883170>
- Secretaria de Salud. (24 de mayo 1995). *Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la Cuenta de microorganismos Coliformes Totales en placa*. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4874375&fecha=24/05/1995#gsc.tab=0
- Secretaría de Salud. (22 de septiembre 1995). *Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la determinación de Salmonella en alimentos*. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4881851&fecha=22/09/1995&cod_diario=209334
- Ocaña, R., Gutiérrez, A., Sánchez, J., Mariezcurrena, M., Laguna, A., Hernández, U., & Rojas, I. (2019). Motility and survival of *Salmonella* Enterica subspecies enterica serovar enteritidis in tomato plants (*Solanum lycopersicum* L). *International Microbiology*, 22, 363-368. <https://doi.org/10.1007/s10123-019-00059-3>.
- Ordoñez, N. (2010). Cilantro o Coriandro *Coriandrum sativum* L. *TecnoAgro*. <https://tecnoagro.com.mx/no.-60/cilantro-o-coriandro-coriandrum-sativum-l>.
- Organización Mundial de la Salud. (2020). *Inocuidad de los alimentos*. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs399/es/>.
- Rossi, L., Watson, D., Escandarani, S., Miranda, A., & Troncoso, A. (2009). La radiación a la mesa. *Revista chilena de infectología*, 26(4), 318-330. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182009000500003>.
- Šimončicová, J., Kryštofová, S., Medvecká, V., Ďurišová, K., & Kaliňáková, B. (2019). Technical applications of plasma treatments: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 5117-5129. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09877-x>
- Soleno, W. R. (2015). Tecnologías no térmicas en el procesado y conservación de alimentos vegetales. Una revisión. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 2(1), 73 – 83. <http://dx.doi.org/10.23850/24220582.172>
- Spector, M.P., & Kenyon, W.J. (2012). Resistance and survival strategies of *Salmonella* enterica to environmental stresses. *Food Research International*, 45(2), 455–481. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.06.056>



- Takeuchi, K., Hassan, A.N., & Frank, J.F. (2001). Penetration of *Escherichia coli* O157:H7 into lettuce as influenced by modified atmosphere and temperature. *Journal of Food Protection*, 64(11), 1820-1823. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-64.11.1820>.
- Youn, K.B., Hee, K.Y., Hyo, R.Y., Seon, K.H., Park, G., Han, S.H., Choi, E.H. (2013). Feeding-gas effects of plasma jets on *Escherichia coli* in physiological solutions. *Plasma Processes and Polymers*, 10(3), 235-242. <https://doi.org/10.1002/ppap.201200076>.
- Wei, J.N., Liu, Z.H., Zhao, Y.P., Zhao, L.L., Xue, T.K., & Lan, Q.K. (2019). Phytochemical and bioactive profile of *Coriandrum sativum* L. *Food Chemistry*, 286, 260-267. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.171>.