



Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha
ISSN: 1665-0204
rbaez@ciad.mx
Asociación Iberoamericana de Tecnología
Postcosecha, S.C.
México

Bacterias patógenas de los alimentos agrícolas frescos y mínimamente procesados. Estado actual en el control del género *salmonella*

Cortés-Higareda, Mónica; Bautista-Baños, Silvia; Ventura-Aguilar, Rosa I.; Landa-Salgado, Patricia; Hernández-López, Mónica

Bacterias patógenas de los alimentos agrícolas frescos y mínimamente procesados. Estado actual en el control del género *salmonella*

Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 22, núm. 1, 2021

Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C., México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81367929003>

Bacterias patógenas de los alimentos agrícolas frescos y mínimamente procesados. Estado actual en el control del género *salmonella*

Pathogenic bacteria of fresh and minimally processed fruit and vegetables products. Current status on the control of *salmonella* genus

Mónica Cortés-Higareda ¹
Instituto Politécnico Nacional, México
mcortesh@yahoo.com

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81367929003>

Silvia Bautista-Baños ²
Instituto Politécnico Nacional, México
sbautis@ipn.mx

Rosa I. Ventura-Aguilar ³
Instituto Politécnico Nacional, México
iselaventura@yahoo.com.mx

Patricia Landa-Salgado ⁴
Universidad Autónoma Chapingo, México
patylanda@gmail.com

Mónica Hernández-López ⁵
Instituto Politécnico Nacional, México
monibrisa@hotmail.com

Recepción: 21 Abril 2021
Aprobación: 18 Junio 2021
Publicación: 30 Junio 2021

RESUMEN:

Las frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas son susceptibles a la contaminación por bacterias patógenas tales como, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella*, entre otras, las cuales causan severos daños a la salud humana y a la economía de los países en donde se detectan. Por ejemplo, anualmente, *Salmonella* es responsable del 30% de las muertes causadas por infecciones transmitidas por alimentos. No obstante, la problemática tiene mayor impacto, ya que, según la Organización Mundial de la Salud del 60 al 80% de los casos por salmonelosis no se reportan. En el caso particular de México, el problema es mayor ya que a pesar de que todos estos patógenos están ampliamente distribuidos en el territorio nacional no se tienen registros confiables de su incidencia. Al respecto, se ha reportado que las frutas y hortalizas frescas, son los principales hospederos de estas bacterias patógenas,

NOTAS DE AUTOR

- 1 Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI), Instituto Politécnico Nacional, Carretera Yautepec-Jojutla, km 6, calle CEPROBI, No. 8, San Isidro, Yautepec, Morelos, 6231, México.
- 2 CONACYT-Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional, Carretera Yautepec-Jojutla, km 6, calle CEPROBI, No. 8, San Isidro, Yautepec, Morelos, C.P 62731, México
- 3 CONACYT-Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional, Carretera Yautepec-Jojutla, km 6, calle CEPROBI, No. 8, San Isidro, Yautepec, Morelos, C.P 62731, México
- 4 Universidad Autónoma Chapingo, Carretera Federal México-Texcoco de Mora, Estado de México, 56230, México
- 5 Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI), Instituto Politécnico Nacional, Carretera Yautepec-Jojutla, km 6, calle CEPROBI, No. 8, San Isidro, Yautepec, Morelos, 6231, México

sin embargo, su detección oportuna aún no se ha implementado en la cadena de producción y durante el manejo postcosecha de los productos agrícolas. La mayoría de las bacterias pueden formar biopelículas en la superficie del hospedero lo que permite su sobrevivencia a pesar del método de control. En la actualidad, se utilizan métodos preventivos para el control de *Salmonella*, los cuales se basan en métodos químicos como los compuestos clorados y de oxígeno activo, métodos físicos como la irradiación ultravioleta y otros que aun se encuentran bajo investigación como son la aplicación del quitosano y aceites esenciales. El objetivo de esta revisión fue mostrar un visión general de la importancia de las bacterias patógenas en las frutas y hortaliza, sus mecanismos de sobrevivencia, la incidencia de *Salmonella*, así como, los diferentes métodos de control que a la fecha se utilizan en esta bacteria.

PALABRAS CLAVE: biopelícula, métodos de control, toxinas.

ABSTRACT:

Fresh and minimally processed fruit and vegetables are susceptible to contamination by pathogenic bacteria such as *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella*, which cause severe harm to human health and to the economy of the countries where they are detected. For example, Salmonella is responsible for 30% of deaths caused by foodborne infections each year. Additionally, the World Health Organization informed that from 60 to 80% of salmonellosis cases were not report. Specifically in Mexico, the problem is severe because all these pathogens are widely distributed into this country, there are no reliable records of their incidence. In this regard, it has been reported that fresh fruit and vegetables are the main hosts of these bacteria; however, their timely detection has not yet been implemented in the production chain and during the postharvest handling of the agricultural products. Most bacteria can form biofilms on the surface of the host, which allows their survival despite the control method used. Currently, preventive methods used for their control are chemical methods such as chlorinated compounds and active oxygen; physical methods such as ultraviolet irradiation, and others under investigation, such as the application of chitosan and essential oils. The objective of this review was to show an overview of the importance of pathogenic bacteria in fruit and vegetables, their survival mechanisms, the incidence of *Salmonella*, and the different control methods used to date.

KEYWORDS: biofilms, control methods, toxins.

1. INTRODUCCIÓN

Los productos frescos agrícolas contienen vitaminas, minerales, antioxidantes y otros nutrientes, que lo hacen atractivo para el consumo humano; sin embargo, también representan un sustrato importante para el crecimiento bacteriano (Iwu & Okoh, 2019). De acuerdo a diferentes agencias internacionales, el consumo de productos agrícolas contaminados por bacterias patógenas ocasionan severas pérdidas económicas, entre las que se incluyen, el pago de indemnizaciones a los consumidores por toxicidad bacteriana, pérdida total del producto y en el mercado internacional, el cierre de fronteras a la comercialización de estos productos. Por ejemplo, los Servicios de Investigación Económica (ERS, por sus siglas en inglés) y el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) reportaron que el pago de indemnizaciones por hospitalización en el año 2014 ascendió a 9,600 millones de dólares, debido al consumo de alimentos contaminados por bacterias patógenas como se aprecia en el Cuadro 1 (ERS, USDA, 2014).

CUADRO 1

Costos estimados por gastos de hospitalización causados por el consumo de alimentos contaminados por bacterias patógenas en los Estados Unidos en el año 2014

Bacteria patógena	Costos estimados en millones de dólares
<i>Salmonella</i> (no tifoidea)	3, 666
<i>Escherichia coli</i> 157	2, 834
<i>Campylobacter</i> spp.	1, 928
<i>Clostridium perfringens</i>	342
<i>Vibrio vulnificus</i>	319
<i>Listeria monocytogenes</i>	271
<i>Shigella</i> spp.	137
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	40
<i>E. coli</i> O157	27

A nivel mundial existen varias agencias reguladoras que se encargan de las políticas de inocuidad de frutas y hortalizas, entre las cuales se mencionan las siguientes: el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades en Estados Unidos (CDC, por sus siglas en inglés), el Centro Europeo para la Prevención y el Control de Enfermedades (ECDC, por sus siglas en inglés), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), la Administración de Medicamentos y Alimentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés), el Sistema para la Reducción de Riesgos de Contaminación (SRRC), el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), entre otras.

Estas instituciones han señalado brotes infecciosos significativos, por ejemplo, el CDC reportó en 2006 un brote multi estatal de *Salmonella Typhimurium* en jitomate, que provocó pérdidas económicas de 250 millones de dólares (McGrath, 2009; Hussain et al., 2013). Por otro lado, el ECDC en 2018, reportó la contaminación con *Listeria monocytogenes* de maíz congelado, el cual se consideró como un problema sanitario en Austria, Dinamarca, Finlandia, Suecia y Reino Unido. En el mismo año en Estados Unidos, se informó de la comercialización de pepinos contaminados con *S. poona*, los cuales procedían de México (CDC, 2015)

En el Cuadro 2 se muestra la incidencia de diferentes géneros y especies de bacterias causante de enfermedades en los consumidores de productos agrícolas frescos y de mínimo proceso.

CUADRO 2
Principales bacterias patógenas asociadas con el consumo de alimentos agrícolas

Bacteria patógena	Producto hortofrutícola
<i>Aeromona hydrophila</i> , <i>A. sobria</i>	Germinados, lechuga, ensaladas verdes, perejil, zanahoria
<i>Bacillus cereus</i>	Germinados, especies
<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i>	Lechuga, ensaladas, setas, melón, papaya
<i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>E. coli</i> O121:H19, <i>E. coli</i> O145	Germinados de rábano, melón, zanahoria, espinaca, tomate, lechuga, cilantro, endivia, apio
<i>Enterobacter sakazakii</i> , <i>E. cloacae</i>	Cebollín
<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>L. innocua</i>	Col, hortalizas de hoja
<i>Salmonella serovar</i> , <i>S. enterica</i> ,	Melón, tomates, germinados de alfalfa, mango, almendras, hortalizas de hoja, albahaca, chile jalapeño y serrano, cilantro
<i>Shigella sonnei</i> , <i>S. flexneri</i> , <i>S. dysenteriae</i> , <i>S. boydii</i>	Cebollín, perejil, lechuga cortada, chalotes, melón, maíz enlatado
<i>Vibrio cholerae</i>	Hortalizas crudas, mezcla de ensaladas
<i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Y. pseudotuberculosis</i>	Hortalizas crudas, col, apio, zanahorias, germinados

Fuente: FAO (2008); Harris et al. (2003)

2. TOXICIDAD DE LAS BACTERIAS PATÓGENAS

Se les da el nombre de bacterias patógenas de los alimentos a aquellas que pueden causar enfermedades a los seres humanos. Estas se caracterizan por su capacidad de replicarse en su hospedero causando una enfermedad, no alteran la calidad sensorial de los productos agrícolas, pero si causan intoxicación alimentaria a través de sus toxinas que algunas de ellas producen dentro de huésped después de la ingestión del alimento contaminado (Bhunja, 2018a).

Las bacterias patógenas pueden secretar proteínas, que pueden ser muy tóxicas para los seres humanos; por ejemplo, la toxina Shiga producida por *Escherichia coli* principalmente por el serovar O157:H7, puede causar gastroenteritis y síndrome hemolítico-urémico el cual consta de insuficiencia renal aguda, anemia hemolítica y trombocitopenia, sintomatología que se describió por primera vez en niños en 1950 (Frank et al., 2011). Del mismo modo, la toxina listeriolisina O producida por *L. monocytogenes* se activa cuando se encuentra en un pH de 1-3. Esta toxina puede producir bacteriemia, afectación de sistema nervioso central e infección asociada al embarazo como meningoencefalitis en los neonatos (Fernández et al., 2018).

Las toxinas bacterianas pueden ser de dos tipos: endotoxinas o exotoxinas. Las endotoxinas son lipoproteínas de la membrana externa de las bacterias Gram negativas, son moderadamente tóxicas y termoestables. Por otro lado, las exotoxinas son proteínas secretadas por bacterias Gram positivas y Gram negativas siendo más potentes que las endotoxinas y más específicas ya que actúan a nivel enzimático (Martinović et al., 2016).

En el Cuadro 3 se muestran algunas de las toxinas producidas por diversas bacterias de los alimentos.

CUADRO 3
Principales bacterias patógenas de los alimentos y sus toxinas

Bacteria patógena	Toxina
<i>Bacillus anthracis</i>	Factor letal de ántrax
<i>Bacillus cereus</i>	Cereudila
<i>Bacillus subtilis</i>	Enterotoxina
<i>Campylobacter jejuni</i>	Toxina distensión del citoletal
<i>Clostridium difficile</i>	Toxinas A y B
<i>Clostridium perfringens</i>	Toxina Epsilon
<i>Clostridium botulinum</i>	Neurotoxina botulínica
<i>Escherichia coli</i>	Toxina Shiga
<i>Listeria monocytogenes</i>	Listeriolisina O

Fuente: Martinović et al. (2016).

3. ESTRATEGIAS DE SUPERVIVENCIA DE LAS BACTERIAS PATÓGENAS EN LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS

La supervivencia y el crecimiento de las bacterias patógenas dependerá de las características específicas del microorganismo, así como de los siguientes factores: a) físicos como el pH, temperatura, humedad, concentración de O₂ y CO₂, que afectan el crecimiento y algunas actividades metabólicas, b) químicos, los cuales incluyen la disponibilidad de nutrientes en los productos frescos agrícolas que pueden ser utilizados por los microorganismos como sustrato y c) biológicos, que incluyen la presencia de microbiotas competitivas e interacciones entre las bacterias y los productos frescos agrícolas (Sant'Ana et al., 2012; Bhunia, 2018a; Luna et al., 2019).

En ambientes hostiles, las bacterias patógenas pueden entrar en un estado viable no cultivable (VBNC, por sus siglas en inglés), como una estrategia para sobrevivir y persistir sobre su hospedero durante largos períodos de tiempo (Cuadro 4). Durante el estado VBNC, estos microorganismos pierden la capacidad de crecer en medios de cultivo estándar, como la técnica de recuento en placa, pero mantienen su membrana intacta la cual contiene información genética, igualmente, son metabólicamente activas y llevan a cabo los procesos de respiración y transcripción del ARN. (Li et al., 2014; Martínez et al., 2014). Al respecto, Zhao et al. (2017) reportaron 35 géneros de bacterias transmitidas por alimentos que pueden ingresar a un estado VBNC, dentro de las bacterias Gram negativas los autores señalan a los géneros: *Aeromonas*, *Brucella*, *Campylobacter*, *Citrobacter*, *Edwardsiella*, *Cronobacter*, *Escherichia*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, *Yersenia*, y de las Gram positivas, a los géneros *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterococcus*, *Listeria*, *Mycobacterium*, *Staphylococcus*. De acuerdo a Ramamurthy et al. (2014) estas bacterias patógenas y debido a su no detectabilidad por los métodos microbiológicos convencionales son una amenaza para la salud pública y la seguridad alimentaria, ya que, en este estado pueden estar presentes iniciando una infección no aparente y manifestarse semanas o meses después.

CUADRO 4
Ejemplos de bacterias Gram negativas que pueden evolucionar a un estado viable no cultivable VBNC debido a la exposición en ambientes hostiles

Bacterias Gram negativas	Exposición a ambientes hostiles	Referencia
<i>Salmonella</i> spp. <i>L. monocytogenes</i>	Condiciones asociadas a la cadena de producción de alimentos	Dreux et al. (2007)
<i>L. monocytogenes</i>	Hojas de perejil en condiciones secas	Dreux et al. (2007)
<i>E. coli</i> O157:H7	Lechuga a bajas temperaturas	Dinu y Bach. (2011)

Otro mecanismo por el que se pueden establecer las bacterias en los productos agrícolas es a través de heridas, estomas o daños mecánicos causados por hongos, bacterias o durante la manipulación del producto. Al respecto, Wade y Beuchat (2003) reportaron que los hongos fitopatógenos *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* y *Geotrichum candidum* aumentaron el pH de los tejidos del pericarpio en jitomates crudos mejorando las condiciones para el crecimiento de bacterias entéricas como *Salmonella* spp. y *E. coli* O157:H7. Igualmente, en el caso de las bacterias fitopatógenas, Brandl (2008) reportó un aumento de la población de *E. coli* O157: H7 27 veces mayor en hojas de lechuga jóvenes afectadas por la podredumbre blanda causada por *Erwinia chrysanthemi*. Por su parte, Goudeau et al. (2013) mencionaron que algunas bacterias fitopatógenas como *Pectobacterium carotovorum* (anteriormente *E. carotovora*) aumentaron la proliferación de las bacterias *E. coli* O157: H7, *S. enterica* y *L. monocytogenes* en el tejido de frutas infectadas, neutralizando el pH en las lesiones y permitiendo de esta manera el crecimiento bacteriano.

Las bacterias pueden adherirse firmemente a la superficie de los productos frescos formando agregados polimicrobianos, ya sea en forma de esferas, flóculos y biopelículas, entre otros. Particularmente, las biopelículas se producen por la unión celular de la bacteria a una superficie y posteriormente ocurre una encapsulación de las bacterias por sustancias poliméricas extracelulares a una matriz formando un andamio. Estas estructuras, además de dar protección a las bacterias contra tensiones físicas y mecánicas como la desecación, presencia de antibióticos, biocidas, cationes metálicos, radiación ultravioleta, brindan protección, contra agentes antagonistas como los bacteriófagos y las amebas. Dependiendo del género de la bacteria, estas biopelículas pueden estar compuestas por proteínas, polisacáridos lípidos y/o ADN extracelular. Presentan huecos intersticiales los cuales permiten la difusión de nutrientes, gases y la eliminación de productos tóxicos (Okshevsky et al., 2015; Ximenes et al., 2017). Sakarikou et al. (2020) señalaron que los principales polímeros extracelulares en las biopelículas de *Salmonella* son las fimbrias de curli, las cápsulas del antígeno O, el ácido colánico, el antígeno Vi y la celulosa, siendo el componente proteico principal las fibras de curli las cuales son importantes en la formación de las biopelículas además de jugar un papel muy importante en la virulencia de *Salmonella* (González et al., 2019).

4. GENERALIDADES DE SALMONELLA

Salmonella es el género de bacterias patógenas con la mayor incidencia en frutas y hortalizas. Pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*, son bacterias Gram negativas, no forman esporas y tienen forma de bastoncillos, presentan un diámetro de 0.7 a 1.5 μm y una longitud de 2 a 5 μm , son microorganismos anaerobios facultativos y tienen motilidad (Fabrega y Vila, 2013). El género se divide en 2 especies: *S. entérica* y *S. bongori*. *Salmonella entérica* tiene más de 2500 serovares y se divide en 6 subespecies designadas por números romanos: I (*entérica*), II (*salamae*), IIIa (*arizonae*), IIIb (*diarizonae*), IV (*houtenae*) y VI (*indica*) (Agbaje, 2011; Bhunia, 2018a).

De manera general, los serovares de ambas especies de *Salmonella* se clasifican por sus características antigénicas. La primera clasificación de ellas es la aglutinación que presentan y esta puede observarse en un portaobjetos al adicionar un antígeno flagelar H (de la proteína flagelina, termolábil, base para la clasificación de especies). En la segunda, la aglutinación ocurre adicionando el antígeno somático O (del lipopolisacárido de la pared celular, termoestable, base para la clasificación de subgrupos). Finalmente, la tercera clasificación describe una aglutinación ocasional con el antígeno cápsula V1 (termolábil, responsable de la virulencia de varias especies patogénicas). Ambas especies de *Salmonella* se clasifican como bacilos Gram negativo, no forman esporas y son móviles. Esta bacteria crece entre los 5 y 45°C, con temperaturas óptimas entre 35 y 37°C (Lamas et al., 2018). Adicionalmente, se ha reportado que formando biopelículas estas crecen en un pH de 4.5 a 7.4 y cuando se encuentran en estado planctónico crecen a un pH de 3 (Steenackers et al., 2012).

El género de bacterias *Salmonella* puede producir una enterotoxina termolábil y una citoxina que inhibe la síntesis de proteína las cuales desempeñan un papel importante en los síntomas diarreicos de la salmonelosis. Pueden sobrevivir varias semanas en el agua, varios años en el suelo y en condiciones favorables de humedad, pH y temperatura puede permanecer dentro de diferentes tejidos vegetales incluyendo algunas semillas dentro de las frutas. Además, se ha demostrado que este género de bacterias puede moverse dentro de las plantas usando sus flagelos y logran colonizarlas a través de los estomas en presencia de la luz (Wiedemann et al., 2015). Das et al. (2018) reportaron que dentro de los factores de virulencia principales de *Salmonella* en el inicio de una infección son los flagelos. Estos se definen como apéndices giratorios helicoidales largos que se encuentran en la superficie de la bacteria, los cuales permiten que la bacteria se pueda mover a través de medios líquidos y pulularse sobre las superficies sólidas. Estos se componen por un cuerpo basal (el cual le permite anclarse a la membrana celular de su huésped), un gancho (el cual conecta al cuerpo basal con el filamento rígido) y un filamento helicoidal (el cual impulsa el movimiento).

La ingesta de productos agrícolas contaminados con *Salmonella* spp. puede presentar en los seres humanos sintomatología abdominal por haber ingeridos alimentos contaminados, estos episodios pueden ir acompañados por diarrea, náuseas, vómito, dolor abdominal y/o fiebre. Siendo los serovares *Typhi* (fiebre tifoidea), *Paratyphi* (paratifoidea), *Typhimurium* (gastroenteritis) y *Enteritidis* (gastroenteritis), patógenos específicos de los humanos. Por ejemplo, hasta un 7% de los casos por *S. Typhimurium* y *S. Enteritidis* puede presentar bacteriemia o infecciones extraintestinales principalmente en niños, ancianos, pacientes inmunocomprometidos o con enfermedades crónicas (Bhunia, 2018b; Toresano et al., 2018). Majowicz et al. (2010) reportaron una estimación de 938 millones de casos de gastroenteritis no tifoídica a nivel mundial de los cuales fallecieron 155,000 en un año debido a *Salmonella*. Un ejemplo de estas gastroenteritis no tifoídicas son los brotes epidemiológicos que se reportaron en 2019 para *S. Typhimurium* en Nueva Zelanda y en Suecia, por el consumo de chicharos y jitomate, respectivamente (Lange, 2019; Whitworth, 2019). Un suceso más reciente se reportó el pasado 27 de agosto del 2020, el cual se trata de un brote epidemiológico multi estatal en Estados Unidos debido a la ingesta de duraznos frescos de la marca Wawona, los cuales se dictaminaron como infectados por *Salmonella Enteritidis* provocando un daño a 78 personas de las cuales 23 fueron hospitalizadas (CDC, 2020). De Giust et al. (2010) hacen énfasis en los

peligros microbiológicos asociados a brotes epidemiológicos en Europa por el consumo frutas y hortalizas contaminadas principalmente por *Salmonella*.

5. CONTROL DE SALMONELLA EN LOS ALIMENTOS AGRÍCOLAS

La seguridad alimentaria comprende varios aspectos que se integran en la prevención, minimización y eliminación de riesgos por bacterias patógenas a lo largo de la cadena postcosecha de los diferentes productos agrícolas donde el proceso de limpieza y desinfección de frutas y hortalizas son el objetivo más importante, ya que la unión de las bacterias patógenas a la superficie de estos productos agrícolas es un proceso rápido (Schirone et al., 2017). Por ejemplo, de acuerdo al modelo de crecimiento de *Salmonella* spp. que se reporta en la base de datos Com Base (Recurso para la Microbiología Cuantitativa y Predictiva de Alimentos), la velocidad máxima de crecimiento de esta bacteria es de 0.257 Log conc./h por lo cual puede duplicar su concentración después de 17 h (Com Base, 2020).

La efectividad de la desinfección va a depender entre otros, del tipo de desinfectante (antimicrobiano), la temperatura de aplicación, el tiempo de exposición, la concentración, el pH, la resistencia de la bacteria y la naturaleza de la superficie en la que se fijó la bacteria (por ejemplo: acero inoxidable, plástico etc.) (Van Houdt y Michiels, 2010). En el caso de la *Salmonella*, Lapidot y Yaron (2009) demostraron la capacidad de *S. Typhimurium* para transferirse del agua de riego a la parte comestible de las plantas penetrando hasta 32 μm (medido usando imágenes microscópicas de escaneo láser confocal) de la superficie de la hoja. Por otro lado, Kroupitski et al. (2009) reportaron la difícil tarea que representa la eliminación de *Salmonella* en productos frescos o recién cortados debido a la formación de biopelículas para adherirse y colonizar frutos y vegetales de hoja verde principalmente. Los autores evidenciaron que *Salmonella* se adhirió con mayor facilidad en las hojas de lechuga 'Romana' que quedaron más expuestas al medio ambiente después del corte después de 2 h a 25°C.

En el caso de los antimicrobianos estos deben estar presentes en concentraciones que garanticen su eficiencia, ya que la materia orgánica presente reduce la disponibilidad de la forma activa de estas sustancias, siendo los agentes químicos como el cloro (hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio) el más utilizado, además del ozono, ácido peracético, dióxido de cloro, peróxido de hidrógeno y ácidos orgánicos. Existe también otro método físico a base de luz ultravioleta (Kader, 2011). Actualmente, están bajo experimentación otros métodos como son los aceites esenciales (EO) y el quitosano como alternativas de control de origen natural.

Según Gombas et al. (2017) las características de los antimicrobianos incluyen efectividad, aprobación regulatoria, estabilidad antimicrobiana, mantenimiento de la calidad sensorial del producto tratado y seguridad del trabajador, equipo y medioambiente.

En el Cuadro 5 se resumen diversas investigaciones sobre compuestos químicos y naturales usados para reducir y/o eliminar el crecimiento del género *Salmonella* en distintas frutas y hortalizas.

CUADRO 5

Compuestos y métodos químicos y naturales con acción bactericida y bacteriostática sobre el género *Salmonella* utilizados en la cadena postcosecha de diferentes productos hortofrutícolas

Compuestos y métodos químicos y naturales	Fruta /hortaliza	Bacteria	Reducción del patógeno	Referencia
Cloro	Lechuga iceberg	<i>S. Typhimurium</i>	0.0 Log kov/mL	Gündüz et al. (2010)
EO de orégano			0.0 Log kov/mL	
Radiación ultravioleta	Jitomate 'Roma'	<i>Salmonella</i> spp.	3.08 kJ/m ²	Sommers y Musgrove (2010)
	Chile jalapeño		3.02 kJ/m ²	
Carvacrol	Jitomate	<i>Salmonella</i> spp.	6 Log UFC/mL	Mattson et al. (2011)
<i>trans</i> -cinamaldehído			6 Log UFC/mL	
Eugenol			>6 Log UFC/mL	
Ácido β-resorcílico			6 Log UFC/mL	
Ozono y empaque	Jitomate	<i>S. Typhimurium</i>	2 – 3 Log UFC/g	Fan et al. (2012)
Carcacrol, <i>trans</i> -cinnamaldehyde, eugenol, ácido β-resorcylico	Tomate ciruela	<i>Salmonella</i> spp.	6 Log UFC	Bajpai et al. (2012)
Ozono y empaque	Jitomate	<i>S. Typhimurium</i>	2 – 3 Log UFC/g	Fan et al. (2012)
Quitosano + isotiocianato de ajo	Melón	Coctel <i>Salmonella</i>	5 Log UFC ₁₀ /cm ²	Chen et al. (2012)
Quitosano+isotiocianato de ajo + nisina			4.8 Log UFC ₁₀ /cm ²	
Radiación ultravioleta	Lechuga	<i>S. Enteritidis</i>	1.39 Log UFC/g	Birmpa et al. (2013)
Radiación ultravioleta	Lechuga	<i>S. Typhimurium</i>	2.28 Log UFC/g	Ge et al. (2013)
Cloro	Germinado de frijol mungo	<i>Salmonella</i> spp.	2.1 -Log	Neo et al. (2013)
Ozono	Orégano	Coctel (<i>S. Typhimurium</i> , <i>S. Newport</i> y <i>S. Montevideo</i>)	2,8 y 3,7 log UFC/g	Torlak et al. (2013)
Radiación ultravioleta	Albaricoque	<i>Salmonella</i> spp.	2.5 Log UFC/m ²	Yun et al. (2013)
Hipoclorito de sodio	Nuez con cáscara	<i>S. Enteritidis</i>	2.4 – 2.6 Log UFC/nuez	Blessington et al. (2013)

CUADRO 5 (CONT.)

Compuestos y métodos químicos y naturales con acción bactericida y bacteriostática sobre el género *Salmonella* utilizados en la cadena postcosecha de diferentes productos hortofrutícolas.

Compuestos y métodos químicos y naturales	Fruta /hortaliza	Bacteria	Reducción del patógeno	Referencia
Ozono	Pimientos	<i>S. Typhimurium</i>	2.56 Log UFC/g	Alwi y Ali (2014)
Quitosano	Espárragos	<i>Salmonella</i> sp.	1.5 log UFC g ⁻¹	Poubol et al. (2014)
EO de orégano	Lechuga fresca	<i>S. Typhimurium</i>	3.35 LogUFC/g	Bhargava et al. (2015)
Dióxido de cloro	Espinaca	<i>S. Typhimurium</i>	3.3 Log UFC/g	Park y Kang (2015)
Carvacrol/eugenol	Espinaca	<i>S. entérica</i>	4.5 Log UFC/g	Ruengvisesh et al. (2015)
Dióxido de cloro	Jitomate uva	<i>S. Typhimurium</i>	3.95-7.37 Log UFC/fruta	Netramai et al. (2016)
Hipoclorito de sodio	Jitomate cherry	<i>S. entérica</i>	Limite por debajo de detección	Becerra (2018)
Quitosano (cubierta)	Jitomate uva	<i>S. entérica</i>	2.7 Log UFC/g	Mukhopadhyay et al. (2018)
Dióxido de cloro	Zanahoria	<i>Salmonella</i> spp.	4.8 Log UFC/g	Bridges et al. (2018)
	Arándanos		1.6 Log UFC/g	
	Jitomate		5.0 Log UFC/g	
Ozono	Zanahoria		0.5 Log UFC/g	
	Jitomate		1.1 Log UFC/g	
Nanopartículas de quitosano	Vegetales	<i>S. Typhimurium</i>	2.83 Log UFC/mL	Paomephan et al. (2018)
Ácido peracético-etanol	Semillas de chía y linaza	<i>Salmonella</i> (coctel)	>4 Log UFC/g >5 Log UFC/g	Hylton et al. (2019)
Ozono	Espinaca cortada	Bacterias Gram – negativas <i>Enterobacteriaceae</i>	2.5 Log UFC/g f.w 3 Log UFC/g f.w	Papachristodoulou et al. (2018)
Ozono	Jitomate uva	<i>S. Typhimurium</i>	2 log UFC/fruta	Wang et al. (2019)
Peróxido de hidrógeno	Limón	<i>S. Typhimurium</i>	5 Log UFC/limón	Hasani et al. (2019)
Hipoclorito de sodio	Lechuga iceberg mínimamente procesada	<i>Salmonella</i>	2.5 Log CFU/g	Cuggino et al. (2020)
Ácido peroxiacético	Calabaza	<i>Salmonella</i>	2.5 Log UFC	Li et al. (2020)
Peróxido de hidrógeno	Fresas	<i>S. entérica</i>	2 Log UFC/g	Ortiz et al. (2020)
Peróxido de hidrógeno	Manzana y Jitomate	<i>S. Typhimurium</i>	0.7 Log UFC/pieza 3 Log UFC/pieza	Song et al. (2020)
	Cascara de melón		1 Log UFC/pieza	
	Jitomate			

6. CONCLUSIONES

En las últimas décadas, la población a nivel mundial se ha concientizado sobre la importancia del consumo de frutas y hortalizas en la dieta, por lo que su demanda ha aumentado, lo cual a la par ha traído la atención sobre el tema de la inocuidad de los productos agrícolas. En general, se sabe que la contaminación bacteriana en los alimentos, entre ellas, las bacterias del género *Salmonella* pueden ocasionar severos impactos negativo en la salud pública, el comercio y la economía, por lo que, es importante garantizar alimentos que no sólo aporten nutrientes y compuestos activos, sino que estén libres de microorganismos patógenos. El logro de esto conlleva la realización de buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de manufactura para prevenir la infección, incidencia y difusión de estos microorganismos. El control de esta bacterias igualmente tendrá que alinearse con las nuevas políticas del uso de agentes no tóxicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Agbaje, M., Begum, R. H., Oyekunle, M. A., Ojo, O. E., & Adenubi, O. T. (2011). Evolution of *Salmonella* Nomenclature: a Critical Note. *Folia Microbiologica*, 56(6), 497-503. <https://doi.org/10.1007/s12223-011-0075-4>
- Alwi, N. A., & Ali, A. (2014). Reduction of *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* sv. *Typhimurium* Populations on fresh-cut bell pepper using gaseous ozone. *Food Control*, 46, 304-311. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.05.037>
- Baia, G. M., Freitas-Silva, O., & Junior, M. F. (2020). Understanding the role of chlorine and ozone to control postharvest diseases in fruit and vegetables: a review. *Current Nutrition & Food Science*, 16(4), 455-461. <https://doi.org/10.2174/1573401315666190212161209>
- Bajpai, V. K., Baek, K. H., & Kang, S. C. (2012). Control of *Salmonella* in Foods by using essential oils: a review. *Food Research International*, 45(2), 722-734. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.052>
- Becerra, L. M. M. (2018). Determinación de *Salmonella enterica* viable no cultivable internalizada en tomate cherry higienizado con hipoclorito de sodio. *Avances de Investigación en Inocuidad de Alimentos*, 1(1). <http://148.202.248.167/ojs/index.php/trabajosinocuidad/article/view/245>
- Bhargava, K., Conti, D. S., da Rocha, S. R., & Zhang, Y. (2015). Application of an oregano oil nanoemulsion to the control of foodborne bacteria on fresh lettuce. *Food Microbiology*, 47, 69-73. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.11.007>
- Bhunja, A. K. (2018a). Foodborne microbial pathogens: mechanisms and pathogenesis. Indiana, USA. Springer. p 1-19. <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4939-7349-1>
- Bhunja, A. K. (2018b). *Salmonella enterica* in foodborne microbial pathogens: mechanisms and pathogenesis. Indiana, USA. Springer. p 202-203. <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4939-7349-1>
- Birmpa, A., Sfika, V., & Vantarakis, A. (2013). Ultraviolet light and ultrasound as non-thermal treatments for the inactivation of microorganisms in fresh ready-to-eat foods. *International Journal of Food Microbiology*, 167(1), 96-102. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.06.005>
- Blessington, T., Theofel, C. G., Mitcham, E. J., & Harris, L. J. (2013). Survival of foodborne pathogens on inshell walnuts. *International Journal of Food Microbiology*, 166(3), 341-348. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.07.016>
- Brandl, M. T. (2008). Plant lesions promote the rapid multiplication of *Escherichia coli* O157: H7 on postharvest lettuce. *Applied Environmental Microbiology*, 74(17), 5285-5289. DOI: 10.1128/AEM.01073-08
- Bridges, D. F., Rane, B., & Wu, V. C. (2018). The effectiveness of closed-circulation gaseous chlorine dioxide or ozone treatment against bacterial pathogens on produce. *Food Control*, 91, 261-267. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.04.004>

- Carstens, C., Salazar, J. K., & Darkoh, C. (2019). Multistate outbreaks of foodborne illness in the United States associated with fresh produce from 2010-2017. *Frontiers in Microbiology*, *10*, 2667. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02667>
- Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (2006). *Multistate outbreak of Salmonella Typhimurium infections*. Linked to tomatoes, 2006 Recuperado de <https://www.cdc.gov/salmonella/2006/tomatoes-11-2006.html>
- Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (2015). *Multistate outbreak of Shiga Toxin-producing Escherichia coli O157:H7 infections linked to Costco rotisserie chicken salad* Recuperado de <https://www.cdc.gov/ecoli/2015/o157h7-11-15/index.html>
- Centro de Control y la Prevención de Enfermedades (2020) Outbreak of *Salmonella* Enteritidis infections linked to peaches recuperado de <https://www.cdc.gov/salmonella/enteritidis-08-20/index.html>
- Centro Europeo para la Prevención y el Control de Enfermedades (2018). Rapid risk assessment: multy-country outbreak of *Listeria monocytogenes* serogroup IVb, multi-locus sequence Type 6, infections linked to frozen corn and possibly to other frozen vegetables-fist update, 2018. https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/2018_ECDC-EFSA_ROA_Update1_UI-444_Listeria.pdf
- Chen, W., Jin, T. Z., Gurtler, J. B., Geveke, D. J., & Fan, X. (2012). Inactivation of *Salmonella* on whole cantaloupe by application of an antimicrobial coating containing chitosan and allyl isothiocyanate. *International Journal of Food Microbiology*, *155*(3), 165-170. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.02.001>
- Combase (2020) Resorce for quantitative and predictive food microbiology. <https://www.combase.cc/index.php/en/>
- Cuggino, S. G., Bascón-Villegas, I., Rincón, F., Pérez, M. A., Posada-Izquierdo, G., Marugán, J., Pablos, C. & Pérez-Rodríguez, F. (2020). Modelling the combined effect of chlorine, benzyl isothiocyanate, exposure time and cut size on the reduction of *Salmonella* in fresh-cut lettuce during washing process. *Food Microbiology*, *86*, 103346. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103346>
- Das, C., Mokashi, C., Mande, S. S., & Saini, S. (2018). Dynamics and Control of Flagella Assembly in *Salmonella Typhimurium*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, *8*, 36. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2018.00036>
- De Corato, U. (2020). Improving the shelf-life and quality of fresh and minimally-processed fruits and vegetables for a modern food industry: A comprehensive critical review from the traditional technologies into the most promising advancements. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *60*(6), 940-975. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1553025>
- De Giusti, M., Aurigemma, C., Marinelli, L., Tufi, D., De Medici, D., Di Pasquale, S., De Vito, C. & Boccia, A. (2010). The Evaluation of the microbial safety of fresh ready - to - eat vegetables produced by different technologies in Italy. *Journal of Applied Microbiology*, *109*(3), 996-1006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2010.04727.x>
- Dinu, L. D., & Bach, S. (2011). Induction of viable but nonculturable *Escherichia coli* O157: H7 in the phyllosphere of lettuce: a food safety risk factor. *Applied and Environmental Microbiology*, *77*(23), 8295-8302. DOI: 10.1128/AEM.05020-11
- Dreux, N., Albagnac, C., Federighi, M., Carlin, F., Morris, C. E., & Nguyen - The, C. (2007). Viable but non - culturable *Listeria monocytogenes* on parsley leaves and absence of recovery to a culturable state. *Journal of Applied Microbiology*, *103*(4), 1272-1281. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03351.x>
- Economic Research, U.S; (USDA) Department of Agriculture. Cost estimates of foodborne illnesses. Ultima actualización Julio del 2014. <https://www.ers.usda.gov/data-products/cost-estimates-of-foodborne-illnesses.aspx>
- Fàbrega, A., & Vila, J. (2013). *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium* skills to succeed in the host: virulence and regulation. *Clinical Microbiology Reviews*, *26* (2), 308-341. DOI: 10.1128/CMR.00066-12
- Fan, X., Sokorai, K. J., Engemann, J., Gurtler, J. B., & Liu, Y. (2012). Inactivation of *Listeria innocua*, *Salmonella Typhimurium*, and *Escherichia coli* O157: H7 on surface and stem scar areas of tomatoes using in-package ozonation. *Journal of Food Protection*, *75*(9), 1611-1618. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-103>

- FAO, 2008. Microbiological risk assessment series Microbiological hazards in fresh leafy vegetables and herbs. Meeting report. Microbiological risk assessments. Series 14. p. 154. Recuperado de: <http://www.who.int/foodsafety>
- Feliziani, E., Lichter, A., Smilanick, J. L., & Ippolito, A. (2016). Disinfecting agents for controlling fruit and vegetable diseases after harvest. *Postharvest Biology and Technology*, 122, 53-69. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.04.016>
- Fernández-Alonso, M., Reina, G., Rubio, M., & Leiva, J. (2018). Infecciones por *Corynebacterium* spp., *Bacillus* spp. y *Listeria* spp. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 12(49), 2901-2909. <https://doi.org/10.1016/j.med.2018.02.004>
- Frank, C., Werber, D., Cramer, J. P., Askar, M., Faber, M., an der Heiden, M., Bernard, H., Fruth, A., Prager, R., Spode, A., & Wadl, M. (2011). Epidemic profile of Shiga-Toxin-producing *Escherichia coli* O104: H4 outbreak in Germany. *New England Journal of Medicine*, 365(19), 1771-1780. DOI: 10.1056/NEJMoa1106483
- Garmendia, G., & Vero, S. (2006). Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas. *Horticultura*, 197, 18-27.
- Ge, C., Bohrerova, Z., & Lee, J. (2013). Inactivation of internalized *Salmonella Typhimurium* in lettuce and green onion using ultraviolet C irradiation and chemical sanitizers. *Journal of Applied Microbiology*, 114(5), 1415-1424. <https://doi.org/10.1111/jam.12154>
- Gombas, D., Luo, Y., Brennan, J., Shergill, G., Petran, R., Walsh, R., Hau, H., Khurana, K., Zomorodi, B., Rosen, J., Deng, K., & Varley, R. (2017). Guidelines to validate control of cross-contamination during washing of fresh-cut leafy vegetables. *Journal of Food Protection*, 80(2), 312-330. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-16-258>
- González, J. F., Tucker, L., Fitch, J., Wetzell, A., White, P., & Gunn, J. S. (2019). Human bile-mediated regulation of *Salmonella* curli Fimbriae. *Journal of Bacteriology*, 201(18), e00055-19. DOI: 10.1128/JB.00055-19
- Goodburn, C., & Wallace, C. A. (2013). The microbiological efficacy of decontamination methodologies for fresh produce: a review. *Food Control*, 32(2), 418-427. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.12.012>
- Goudeau, D. M., Parker, C. T., Zhou, Y., Sela, S., Kroupitski, Y., & Brandl, M. T. (2013). The *Salmonella* Transcriptome in lettuce and cilantro soft rot reveals a niche overlap with The animal host intestine. *Appl. Environ. Microbiol.*, 79(1), 250-262. DOI. 10.1128/AEM.02290-12
- Gündüz, G. T., Gönül, Ş. A., & Karapınar, M. (2010). Efficacy of oregano oil in the inactivation of *Salmonella Typhimurium* on lettuce. *Food Control*, 21(4), 513-517. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.07.016>
- Harris, L. J., Farber, J. N., Beuchat, L. R., Parish, M. E., Suslow, T. V., Garrett, E. H., & Busta, F. F. (2003). Outbreaks associated with fresh produce: incidence, growth, and survival of pathogens in fresh and fresh - cut produce. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety*, 2, 78-141.
- Hasani, M., Chudyk, J., Murray, K., Lim, L. T., Lubitz, D., & Warriner, K. (2019). Inactivation of *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Aspergillus* and *Penicillium* on lemons using advanced oxidation process optimized through response surface methodology. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 54, 182-191. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.04.010>
- Hussain, M. A., & Dawson, C. O. (2013). Economic Impact of Food Safety Outbreaks on Food Businesses. *Foods*, 2(4), 585-589. <https://doi.org/10.3390/foods2040585>
- Hylton, R. K., Sanchez-Maldonado, A. F., Peyvandi, P., Rahmany, F., Dagher, F., Leon-Velarde, C. G., Warriner, K., & Hamidi, A. M. (2019). Decontamination of chia and flax seed inoculated with *Salmonella* and *Surrogate, Enterococcus faecium* NRRL B-2354, using a peracetic acid sanitizing solution: antimicrobial efficacy and impact on seed functionality. *Journal of Food Protection*, 82(3), 486-493. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108789>
- Iwu, C. D., & Okoh, A. I. (2019). Preharvest transmission routes of fresh produce associated bacterial pathogens with outbreak. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224407>
- Kader, A. A. (Ed.). (2011). *Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. UCANR Publications.p.342
- Karaca, H., & Velioglu, Y. S. (2020). Effects of ozone and chlorine washes and subsequent cold storage on microbiological quality and shelf life of fresh parsley leaves. *LWT*, 109421. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.09.003>

- Kroupitski, Y., Pinto, R., Brandl, M. T., Belausov, E., & Sela, S. (2009). Interactions of *Salmonella enterica* with lettuce leaves. *Journal of Applied Microbiology*, 106(6), 1876-1885.
- Lange, J. (12 Mayo 2019). Sprouts cause *Salmonella* Outbreak in New Zeland. *Outbreaks News Today* Recuperado de <http://outbreaknewstoday.com/sprouts-cause-salmonella-outbreak-new-zealand-88364/>
- Lamas, A., Miranda, J. M., Regal, P., Vázquez, B., Franco, C. M., & Cepeda, A. (2018). A comprehensive review of non-enterica subspecies of *Salmonella enterica*. *Microbiological Research*, 206, 60-73. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.09.010>
- Lapidot, A., & Yaron, S. (2009). Transfer of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium from contaminated irrigation water to parsley is dependent on curli and cellulose, the biofilm matrix components. *Journal of Food Protection*, 72(3), 618-623. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.3.618>
- Li, L., Mendis, N., Trigui, H., Oliver, J. D., & Faucher, S. P. (2014). The Importance of the viable but non-culturable state in human bacterial pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 5, 258. <https://dx.doi.org/10.3389%2Ffmich.2014.00258>
- Li, K., Etienne, X., Chiu, Y. C., Jones, L., Khouryieh, H., Jiang, W., & Shen, C. (2020). Validation of triple-wash procedure with a H.O.-peroxyacetic acid mixer to improve microbial safety and quality of butternut squashes and economic feasibility analysis. *Food Control*, 112, 107146. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107146>
- Luna, J. J., Arenas, M. M. P., Martínez de la Peña, C., Silva, J. L., & Luna, M. L. (2019). The role of pathogenic *E. coli* in fresh vegetables: behavior, contamination factors, and preventive measures. *International Journal of Microbiology*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/2894328>
- McGrath, J. (2009). Howstuffworks: “10 costly food recalls”Marzo 12, 2009. *Howstuffworks* a Ivisión of InfoSpace Holdings, LLC. Recuperado de: <https://money.howstuffworks.com/10-food-recalls10.htm> (Acceso 2 Marzo 2020)
- Majowicz, S. E., Musto, J., Scallan, E., Angulo, F. J., Kirk, M., 'O'Brien, S. J., Jones, T.F., Fazil, A., Hoeskstra, R.M., & International collaboration on enteric disease “Burden of Illness” studies. (2010). The global burden of nontyphoidal *Salmonella* gastroenteritis. *Clinical Infectious Diseases*, 50(6), 882-889. <https://doi.org/10.1086/650733>
- Martinović, T., Andjelković, U., Gajdošik, M. Š., Rešetar, D., & Josić, D. (2016). Foodborne pathogens and their toxins. *Journal of Proteomics*, 147, 226-235. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2016.04.029>
- Martínez-Vaz, B. M., Fink, R. C., Diez-Gonzalez, F., & Sadowsky, M. J. (2014). Enteric pathogen-plant interactions: molecular connections leading to colonization and growth and implications for food safety. *Microbes and Environments*, ME13139. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME13139>
- Mattson, T. E., Johny, A. K., Amalaradjou, M. A. R., More, K., Schreiber, D. T., Patel, J., & Venkitanarayanan, K. (2011). Inactivation of *Salmonella* spp. on tomatoes by plant molecules. *International Journal of Food Microbiology*, 144(3), 464-468. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.10.035>
- Mishra, V., Abrol, G. S., & Dubey, N. (2018). Sodium and calcium hypochlorite as postharvest disinfectants for fruits and vegetables. In *Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables* (pp. 253-272). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812698-1.00014-5>
- Mohammed, A. N. (2019). Resistance of bacterial pathogens to calcium hypochlorite disinfectant and evaluation of the usability of treated filter paper impregnated with nanosilver composite for drinking water purification. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 16, 28-35. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2018.09.002>
- Mukhopadhyay, S., Sokorai, K., Ukuku, D. O., Jin, T., Fan, X., Olanya, M., & Juneja, V. (2018). Inactivation of *Salmonella* in grape tomato stem scars by organic acid wash and chitosan-allyl isothiocyanate coating. *International Journal of Food Microbiology*, 266, 234-240. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.12.018>
- Neo, S. Y., Lim, P. Y., Phua, L. K., Khoo, G. H., Kim, S. J., Lee, S. C., & Yuk, H. G. (2013). Efficacy of chlorine and peroxyacetic acid on reduction of natural microflora, *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp. on mung bean sprouts. *Food Microbiology*, 36(2), 475-480. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.05.001>

- Netramai, S., Kijchavengkul, T., Sakulchuthathip, V., & Rubino, M. (2016). Antimicrobial efficacy of gaseous chlorine dioxide against *Salmonella enterica Typhimurium* on grape tomato (*Lycopersicon esculentum*). *International Journal of Food Science & Technology*, 51(10), 2225-2232. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13209>
- Okshevsky, M., & Meyer, R. L. (2015). The role of extracellular DNA in the establishment, maintenance and perpetuation of bacterial biofilms. *Critical reviews in Microbiology*, 41(3), 341-352. <https://doi.org/10.3109/1040841X.2013.841639>
- Ortiz-Solà, J., Abadias, M., Colás-Medà, P., Sánchez, G., Bobo, G., & Viñas, I. (2020). Evaluation of a sanitizing washing step with different chemical disinfectants for the strawberry processing industry. *International Journal of Food Microbiology*, 108810. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108810>
- Paomephan, P., Assavanig, A., Chaturongakul, S., Cady, N. C., Bergkvist, M., & Niamsiri, N. (2018). Insight into the antibacterial property of chitosan nanoparticles against *Escherichia coli* and *Salmonella Typhimurium* and their application as vegetable wash disinfectant. *Food Control*, 86, 294-301. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.09.021>
- Papachristodoulou, M., Koukounaras, A., Siomos, A. S., Liakou, A., & Gerasopoulos, D. (2018). The effects of ozonated water on the microbial counts and the shelf life attributes of fresh - cut spinach. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1), e13404. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13404>
- Park, S. H., & Kang, D. H. (2015). Combination treatment of chlorine dioxide gas and aerosolized sanitizer for inactivating foodborne pathogens on spinach leaves and tomatoes. *International Journal of Food Microbiology*, 207, 103-108. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.04.044>
- Poubol, J., Phiriyangkul, P., & Boonyaritthongchai, P. (2014, December). Antimicrobial activity of chitosan coating on asparagus spears against *Escherichia coli* and *Salmonella* sp. In *III Asia Pacific Symposium on Postharvest Research, Education and Extension: APS2014 1213* (pp. 511-516). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1213.76>
- Praeger, U., Herppich, W. B., & Hassenberg, K. (2018). Aqueous chlorine dioxide treatment of horticultural produce: Effects on microbial safety and produce quality—A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(2), 318-333. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1169157>
- Ramamurthy, T., Ghosh, A., Pazhani, G. P., & Shinoda, S. (2014). Current perspectives on viable but non-culturable (VBNC) pathogenic bacteria. *Frontiers in Public Health*, 2, 103. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00103>
- Ruengvisesh, S., Loquercio, A., Castell - Perez, E., & Taylor, T. M. (2015). Inhibition of bacterial pathogens in medium and on spinach leaf surfaces using plant - derived antimicrobials loaded in surfactant micelles. *Journal of Food Science*, 80(11), M2522-M2529. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13085>
- Sakarikou, C., Kostoglou, D., Simões, M., & Giaouris, E. (2020). Exploitation of Plant Extracts and Phytochemicals Against Resistant *Salmonella* spp. in Biofilms. *Food Research International*, 128, 108806. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108806>
- Sant'Ana, A. S., Barbosa, M. S., Destro, M. T., Landgraf, M., & Franco, B. D. (2012). Growth potential of *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* in nine types of ready-to-eat vegetables stored at variable temperature conditions during shelf-life. *International Journal of Microbiology*, 157(1), 52-58. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.04.011>
- Scallan, E., Hoekstra, R. M., Angulo, F. J., Tauxe, R. V., Widdowson, M., Roy, S. L., Jones, J.L., Griffin, P. M. (2011). Foodborne illness acquired in the United States—Major pathogens. *Emerging Infectious Diseases*, 17(1), 7-15. <https://dx.doi.org/10.3201/eid1701.p11101>.
- Schirone, M., Visciano, P., Tofalo, R., & Suzzi, G. (2017). Biological hazards in food. *Frontiers in Microbiology*, 7, 2154. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02154>
- Sethi, S., Nayak, S. L., Joshi, A., & Sharma, R. R. (2020). Sanitizers for fresh-cut fruits and vegetables. In *Fresh-Cut Fruits and Vegetables* (pp. 99-119). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816184-5.00005-7>
- Sommers, C. H., Sites, J. E., & Musgrove, M. (2010). Ultraviolet light (254 nm) inactivation of pathogens on foods and stainless steel surfaces. *Journal of Food Safety*, 30(2), 470-479. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2010.00220.x>

- Song, Y., Annous, B. A., & Fan, X. (2020). Cold plasma-activated hydrogen peroxide aerosol on populations of *Salmonella Typhimurium* and *Listeria innocua* and quality changes of apple, tomato and cantaloupe during storage-a pilot scale study. *Food Control*, 107358. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107358>
- Steenackers, H., Hermans, K., Vanderleyden, J., & De Keersmaecker, S. C. (2012). *Salmonella* biofilms: an overview on occurrence, structure, regulation and eradication. *Food Research International*, 45(2), 502-531. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.038>
- Toresano-López, D., Arnáiz-García, A. M., & Arnáiz-García, M. E. (2018). Gastric wall and splenic abscess in the background of an invasive salmonellosis caused by *Salmonella enteritidis*. *Medicina Clinica*, 150(10), e31-e32. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2017.10.003>
- Torlak, E., Sert, D., & Ulca, P. (2013). Efficacy of gaseous ozone against *Salmonella* and microbial population on dried oregano. *International Journal of Food Microbiology*, 165(3), 276-280. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.05.030>
- Trinetta, V., Morgan, M., & Linton, R. (2012). Chlorine dioxide for microbial decontamination of food in *Microbial Decontamination in the Food Industry: Novel Methods and Applications*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology. p 533-562. <https://doi.org/10.1533/9780857095756.3.533>
- Ximenes, E., Hoagland, L., Ku, S., Li, X., & Ladisch, M. (2017). Human pathogens in plant biofilms: formation, physiology, and detection. *Biotechnology and Bioengineering*, 114(7), 1403-1418. <https://doi.org/10.1002/bit.26247>
- Van Houdt, R., & Michiels, C. W. (2010). Biofilm formation and the food industry, a focus on the bacterial outer surface. *Journal of Applied Microbiology*, 109(4), 1117-1131. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2010.04756.x>
- Wade, W. N., & Beuchat, L. R. (2003). Proteolytic fungi isolated from decayed and damaged raw tomatoes and implications associated with changes in pericarp pH favorable for survival and growth of foodborne pathogens. *Journal of Food Protection*, 66(6), 911-917. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-66.6.911>
- Wang, L., Fan, X., Sokorai, K., & Sites, J. (2019). Quality deterioration of grape tomato fruit during storage after treatments with gaseous ozone at conditions that significantly reduced populations of *Salmonella* on stem scar and smooth surface. *Food Control*, 103, 9-20. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.03.026>
- Whitworth, J. (10 Octubre 2019). Tomatoes Linked to Salmonella Outbreak in Sweden 71 Infected. Food Safety News Recuperado de <https://www.foodsafetynews.com/2019/10/tomatoes-linked-to-salmonella-outbreak-in-sweden-71-infected/>
- Wiedemann, A., Virlogeux-Payant, I., Chaussé, A. M., Schikora, A., & Velge, P. (2015). Interactions of *Salmonella* with animals and plants. *Frontiers in Microbiology*, 5, 791. <https://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2014.00791>
- Yun, J., Yan, R., Fan, X., Gurtler, J., & Phillips, J. (2013). Fate of *E. coli* O157: H7, *Salmonella* spp. and potential surrogate bacteria on apricot fruit, following exposure to UV-C light. *International Journal of Food Microbiology*, 166(3), 356-363. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.07.021>
- Zhao, X., Zhong, J., Wei, C., Lin, C. W., & Ding, T. (2017). Current perspectives on viable but non-culturable state in foodborne pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 8, 580. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00580>