

# Tlamati Sabiduría



## Inocuidad microbiológica en hortalizas

María Guadalupe Beltrán-Palacios<sup>1</sup>  
Atenas Cortés-Martell<sup>1</sup>  
Fernanda Donaji Memije-Soto<sup>1</sup>  
Daniel Alexander Cástulo-Arcos<sup>2</sup>  
Arturo Ramírez-Peralta<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Av. Lázaro Cárdenas s/n, Ciudad Universitaria Sur, 39070, Chilpancingo, Guerrero, México.

<sup>2</sup>Laboratorio de investigación en Patometabolismo Microbiano, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Av. Lázaro Cárdenas s/n, Ciudad Universitaria Sur, 39070, Chilpancingo, Guerrero, México.

\*Autor de correspondencia  
[ramirezperaltauagro@gmail.com](mailto:ramirezperaltauagro@gmail.com)

### Resumen

Las hortalizas forman parte fundamental en la dieta de consumo humano debido a las distintas características nutricionales que aportan. Sin embargo, están expuestas a diferentes tipos de contaminación que interfieren en la inocuidad de las hortalizas, ya sea durante el proceso en la cadena de producción (pre-cosecha, cosecha, almacenamiento y distribución), venta y disposición final, entre estos se incluyen una gran cantidad de microorganismos patógenos causantes de enfermedades, incluidas bacterias. Considerando lo anterior, se realizó una revisión bibliográfica con el fin de actualizar la información acerca de la cadena de producción e inocuidad microbiológica en las hortalizas, llevándose a cabo una exploración en distintos buscadores científicos. Se realizó una descripción detallada acerca de la composición de las hortalizas, el proceso en la cadena de producción hasta su disposición final, además de las principales bacterias que pueden formar parte de la microbiota o como contaminación y, por último, los métodos de desinfección. Además, se

### Información del Artículo

#### Cómo citar el artículo:

Beltrán-Palacios M.G., Cortés-Martell A., Memije-Soto F.D., Cástulo-Arcos, D.A., Ramírez-Peralta, A. (2023). Inocuidad microbiológica en hortalizas. *Tlamati Sabiduría*, 15, 28-45.

Editores Invitados: Dr. Carlos Ortuño-Pineda; Dra. Mayrut Osdely Urióstegui-Acosta

Recibido en la versión aceptada por los editores invitados: 19 de marzo 2023; Publicado: 05 de agosto 2023



incluyeron 12 estudios enfocados en la búsqueda de *Salmonella spp*, en diferentes tipos de hortalizas, realizados en distintos países, desde las áreas de cultivo hasta los puntos de venta. En su mayoría, estos mostraron evidencia acerca de la presencia de este microorganismo, siendo más frecuente en hortalizas de hoja verde. En esta revisión bibliográfica, queda de manifiesto la importancia de la inocuidad con la que se deben manejar las hortalizas, desde su precosecha hasta el punto final de la manipulación humana, principalmente por su mínima cocción al ser ingeridas, siendo de gran importancia aquellos procesos para su desinfección.

**Palabras clave:** hortalizas, contaminación, inocuidad, microorganismos, medidas aislamiento.

## Abstract

Vegetables are a fundamental part of the diet for human consumption due to their different nutritional characteristics. However, they are exposed to different types of contamination that interfere with the safety of vegetables during the production chain process (pre-harvest, harvest, storage, and distribution), sale, and final disposal, including a large number of disease-causing pathogenic microorganisms, including bacteria. A bibliographic review was carried out to update the information about the production chain and microbiological safety in vegetables, searching different scientific search engines. A detailed description was made about the composition of the vegetables, the process in the production chain until its final disposal, in addition of the main bacteria that can be part of the microbiota or as contamination, and finally, the disinfection methods. In addition, 12 studies focused on the search for *Salmonella spp* in different types of vegetables, carried out in other countries, from the cultivation areas to the points of sale, were included. Mostly, these showed evidence of the presence of this microorganism, being more frequent in green leafy vegetables. In this bibliographic review, the importance of the innocuousness with which vegetables should be handled is made clear, from their pre-harvest to the final point of human manipulation, mainly due to their minimal cooking when ingested, being of great importance those processes for their disinfection.

**Keywords:** vegetables, contamination, safety, microorganisms, isolation measures

## Introducción

El consumo de hortalizas ha tenido un aumento significativo a lo largo de los últimos años, su popularidad se debe a su composición nutricional, debido a su bajo contenido calórico, alto nivel de agua, fibra y vitaminas (Sierra *et al.*, 2007). Las hortalizas generalmente se consumen en crudo; debido a esto, el consumidor puede contraer alguna enfermedad transmitida por los alimentos (ETAs), por la falta de inocuidad en la cadena de producción de las hortalizas (Puig *et al.*, 2014). Existen distintos factores que pueden afectar la inocuidad de este alimento como: el uso de fertilizantes a base de estiércol, la actividad animal, la producción de las hortalizas en campos con presencia de patógenos, el uso de agua

contaminada, contaminación en el almacenamiento de los vegetales (Alegbeleye *et al.*, 2010). Sin embargo, los problemas de seguridad no solo se limitan a las prácticas en la granja, sino que también incluyen problemas en la etapa de post-cosecha relacionados con el traslado de los productos a los mercados, se pueden presentar condiciones que fomenten o inhiban el crecimiento, supervivencia y / o transmisión microbiana (FAO, 2003). Las bacterias más comunes en estos alimentos pertenecen a la familia de Enterobacterias, entre ellas podemos mencionar a *Salmonella*, uno de los principales agentes causales de enfermedades diarreicas a nivel mundial asociado con estos productos frescos (Fatica y Schneider, 2011; Kurtz *et al.*,

2017). Para satisfacer la demanda de los consumidores de manera eficiente, existe una tendencia a sembrar hortalizas en grandes zonas de cultivo o en invernaderos extensos, lo que podría aumentar la vulnerabilidad de la cadena de suministro y el impacto potencial de un evento de contaminación con patógenos al consumidor (Hashemi, 2017). Con lo antes expuesto se plantea con esta revisión bibliográfica actualizar la información acerca de la inocuidad de las hortalizas.

Las hortalizas son percibidas por los consumidores como alimentos que fomentan la salud y la nutrición (Fernández-Ruiz, 2017). Estas presentan un riesgo latente a contaminarse en alguna etapa de producción desde el cultivo donde generalmente se realizan malas prácticas agrícolas cuando se desconoce sobre las recomendaciones científicas (Berger *et al.*, 2010), además, están expuestas desde su cosecha, transporte, venta, e incluso en el hogar de quien las consume (ONU, 2002). Es por eso pertinente estudiar la cadena de producción de las hortalizas y recabar información acerca de la inocuidad de las mismas.

## Materiales y métodos

Esta revisión se inició con la búsqueda de artículos originales y de revisión en las bases de datos de PubMed ([PubMed \(nih.gov\)](http://pubmed.nih.gov)), Scielo ([SciELO.org](http://SciELO.org)) y Google scholar ([Google Académico](http://GoogleAcadémico)). También se consideraron publicaciones oficiales de organizaciones gubernamentales que regulan la inocuidad alimentaria. Las palabras claves utilizadas para dicha búsqueda fueron “vegetables”, “contamination”, “safety”, “microorganisms” con el operador booleano AND. Se consideró tanto artículos en el idioma inglés como en español y que fueran de acceso abierto. Se elaboraron tablas como estrategia de resumen e integración de información.

## Resultados

### Descripción

Las hortalizas son aquellas plantas herbáceas o semi-herbáceas utilizadas por el hombre para su

alimentación y que a su vez son consumidas en forma fresca o procesada. El término hortaliza incluye a las verduras y a las legumbres (Ferratto y Mondino, 2008). Estas son regularmente cultivadas en huertos o regadíos con fines de autoconsumo y comercialización (Cruz-Delgado *et al.*, 2013).

### Clasificación

Las hortalizas tienen tres formas de clasificación. La primera se relaciona con la parte de la planta que es comestible (OMS, 2005), en:

- Raíz comestible: zanahoria, rábano, nabo.
- Hoja comestible: apio, perejil, lechuga.
- Tallos y bulbos comestibles: cebolla, ajo, papa.
- Flor o coles comestibles: coliflor, brócoli, alcachofa.
- Fruto comestible: tomate, pepino, calabaza.
- Legumbres frescas o verdes: Guisantes, habas, judías verdes.

De igual forma, se pueden clasificar por el medio de conservación como: hortalizas frescas, congeladas, deshidratadas o liofilizadas (Dubey y Jalal, 2012). Por último, las hortalizas también se pueden clasificar de acuerdo con su color como se observa en la Tabla 1.

### Composición nutricional

Las hortalizas tienen un menor contenido calórico, pues más del 90% de su composición es agua, muchas de ellas alcanzan cantidades similares a las de las bebidas (Sierra *et al.*, 2007). Las hortalizas no poseen un sabor dulce debido a que su contenido en azúcares simples es muy bajo, los hidratos de carbono que contienen, es almidón (que es la reserva energética de las plantas), no contienen grasas y poseen muy poco sodio, son ricas en fibra y gran cantidad de vitamina A, B1, B2, C, E y K, ácido fólico (B9), además de contener minerales como calcio (Ca), hierro (Fe), Magnesio (Mg), Fosforo (P), potasio (K) (OMS, 2005; Dubey y Jalal, 2012; Cruz-Delgado *et al.*, 2013).

Hortalizas de hoja verde	Hortalizas amarillas/naranjas	Hortalizas de otros colores
 <p>Lechuga, escarola, achicoria, berro, acelga, espinaca.</p>	 <p>Tomate amarillo, pimientos, calabaza, las zanahorias.</p>	 <p>Berenjenas, nabo, jitomate, cebolla, ajo.</p>
<p>Aportan pocas calorías y tienen un gran valor alimenticio por su riqueza en vitaminas A, C, B, E y K. Su color se debe a la alta cantidad de clorofila (Ferratto y Mondino, 2008; Dubey y Jalal, 2012).</p>	<p>Son ricas en caroteno, el mismo que favorece la formación de Vitamina A (OMS, 2005).</p>	<p>Contienen poco caroteno, pero son ricas en vitamina C y en las vitaminas del complejo B (OMS, 2005; Ferratto y Mondino, 2008;).</p>

Tabla 1. Clasificación de las hortalizas de acuerdo a su color.

### Cultivo

El cultivo es el proceso del trabajo de la tierra y cuidado de las plantas para que den frutos y produzcan un beneficio. La mayoría de las hortalizas requieren una preparación fina y una nivelación de la tierra para un uso óptimo del agua (Sierra *et al.*, 2007; Alcazar, 2010).

**Abono.** El abono es una sustancia orgánica o inorgánica que pueden ser de características físicas, químicas o biológicas del suelo destinado a cultivos, la fertilización adecuada es importante para una producción óptima de hortalizas, manteniendo así los nutrimentos en cantidades suficientes para la planta. El suelo provee naturalmente algunos de ellos, pero si no los hay en la proporción adecuada, entonces deben agregarse. En todo caso, la fertilización es un problema local y cada productor debe determinar su propio programa. Hay nutrientes que juegan un rol muy importante durante todo el período de desarrollo de las plantas, estos reciben el nombre de macronutrientes primarios, como el nitrógeno,

fósforo y potasio (Alcazar, 2010; Dubey y Jalal, 2012).

**Siembra.** La siembra juega un papel importante en la agricultura, después de aflojar y arar la tierra, se seleccionan las semillas de buena calidad, se esparcen y se arrojan en la tierra previamente preparada (Alcazar, 2010). Las semillas, que dan altos rendimientos, generalmente se seleccionan y se siembran mediante los siguientes:

**Siembra directa.** Consiste en sembrar la semilla en el terreno definitivo una sola vez, al cabo de 7 días germinarán y emergerán las plantas creciendo en forma normal (Sierra *et al.*, 2007).

**Siembra indirecta.** Este tipo de siembra se realiza primero en recipientes especiales (almácigo) para su crecimiento, pasadas unas semanas o cuando tienen entre 3 a 4 hojas y un tamaño de planta de entre 10-12 centímetros, se sacan del almácigo para plantarlas en el terreno

definitivo (Sierra *et al.*, 2007; Krapovickas, 2011).

*Riego.* El riego es la aplicación artificial de agua al suelo a través de varios sistemas de tubos, bombas y aerosoles. El riego se usa generalmente en áreas donde las lluvias son irregulares o en épocas de sequía. Hay muchos tipos de sistemas de riego, en los que el agua se suministra a todo el campo de manera uniforme (Alcazar, 2010; Krapovickas, 2011).

El riego por goteo es un sistema de riego presurizado de baja descarga que lleva agua al sistema radicular de las plantas de forma continua, paulatina y lenta, en forma de gotas, lo que garantiza un suministro racional y un máximo aprovechamiento del recurso hídrico. Permite hacer entrega oportuna y continua de fertilizantes hidrosolubles cerca al sistema radicular lo que minimiza pérdidas, no causa humedecimiento de follaje, lo que evita la proliferación de enfermedades, reporta aumentos de producción y mejora en calidad de las cosechas, facilita y permite una mayor precisión en el manejo y control del agua para riego (Mercado, 2007; Cruz-Delgado *et al.*, 2013; Mohammed y Qoronfleh, 2020).

*Cosecha.* Es una intervención voluntaria por parte del hombre, realizada en el momento en que se han desarrollado todos los nutrientes y cuando las partes comestibles han alcanzado el grado de madurez adecuado a los tratamientos a seguir (Sierra *et al.*, 2007). Existen dos sistemas de cosecha:

Cosecha mecanizada. Tiene como ventaja la rapidez y un menor costo por tonelada recolectada, sólo puede ser utilizada en cultivos de maduración concentrada (Mercado, 2007).

Recolección manual. Es perfecta para cultivos con un largo período de cosecha. La principal ventaja del sistema manual se basa en la capacidad del ser humano de seleccionar el producto en su adecuado estado de madurez y de manipularlo con suavidad garantizando de esta manera una mayor calidad y menor daño. Esto es

particularmente importante en los cultivos delicados (Maña, 2004; Mercado, 2007).

#### *Almacenamiento*

La demanda de hortalizas es continuada a lo largo del año, por lo que el almacenamiento es el proceso normal para asegurar el aprovisionamiento de los mercados por el mayor tiempo posible. El almacenamiento también puede ser una estrategia para diferir la oferta del producto hasta que el mercado se encuentre desabastecido y de esta manera obtener mejores precios (Maña, 2004; Sierra *et al.*, 2007).

El tiempo por el cual un producto puede ser almacenado depende de sus características intrínsecas. De estas características propias, también dependen las condiciones en las que pueden ser almacenados. Por ejemplo, algunas especies soportan temperaturas cercanas a 0°C como las hortalizas de hoja y coles, mientras que otras no pueden ser expuestas a menos de 10°C, como la mayor parte de las frutas de origen tropical (Maña, 2004; Radilla y Gutiérrez, 2016).

Por lo general, las estructuras de almacenamiento están asociadas o forman parte de centros de acopio o depósitos de acondicionamiento y empaque, aunque es también muy frecuente la conservación al nivel de finca, ya sea al natural o en estructuras específicamente adaptadas para esta función (Izquierdo y Granado, 2011).

#### *Distribución*

Las hortalizas son productos perecederos, por lo cual su distribución adopta características propias, con una operativa logística adecuada, en ocasiones necesita asegurar una temperatura determinada constante, es decir, mantener la cadena de frío (ONU, 2002).

La distribución no es una actividad simple, toda vez que no solo consiste en el traslado de mercancías, sino que es un sistema para hacer llegar a los vegetales del agricultor al consumidor final; actúa como intermediario, se elige el canal más adecuado y los medios o vías capaces de proporcionar el mejor servicio; durante las exportaciones, los productos recorren caminos extensos hasta llegar a su destino, por ello es importante implementar las estrategias de higiene

adecuadas, donde sea correcto el almacenamiento y el transporte, en condiciones óptimas particularmente de temperatura, a fin de garantizar la calidad del producto en su entrega y venta (Izquierdo y Granado, 2011; Radilla y Gutiérrez, 2016).

#### *Venta*

El precio de un alimento se refleja en el número de consumidores y proveedores, de acuerdo con el costo de producción, distribución, grado de aceptabilidad del alimento, considerando también su disponibilidad, calidad y demanda (Izquierdo y Granado, 2011).

### **Inocuidad en la cadena de producción de hortalizas**

La inocuidad alimentaria es un sistema de protección de los alimentos que garantiza la seguridad de su procesamiento, el cual se debe llevar a cabo donde quiera que se obtengan, fabriquen, preparen, almacenen o vendan los productos frescos como las hortalizas. La inocuidad de los alimentos es sumamente importante, debido a que impacta tanto la economía como la salud pública. La falta de inocuidad en la producción y manipulación de alimentos es uno de los factores que da origen a la proliferación de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA's), las cuales han ocasionado graves repercusiones en la salud e inclusive la muerte de una cantidad significativa de personas a nivel mundial (Puig *et al.*, 2013; Hussain y Gooneratne, 2017).

#### *Fuentes de contaminación de hortalizas*

Las fuentes de contaminación de alimentos son todo aquello que no es propio del alimento y que es capaz de provocar enfermedades a los consumidores. Por ello, hay distintos componentes que ponen en riesgo la inocuidad en los productos agrícolas.

En los años recientes, las verduras han ganado la atracción de los consumidores debido a su

reputación de ser saludables; el consumo de frutas y hortalizas frescas se ha convertido en elemento importante de una dieta sana y equilibrada. Sin embargo, dado que los productos frescos a menudo se comen crudos, se les reconoce cada vez más como fuentes importantes de transmisión de patógenos a humanos (Berger *et al.*, 2010; Fernández-Ruiz, 2017; Hölzel *et al.*, 2018).

Existen varios agentes, como productos químicos, físicos y biológicos, que pueden adulterar los alimentos en diferentes puntos del proceso de producción y preparación del alimento. Las rutas y las fuentes de contaminación de los productos agrícolas varían según la zona de producción, esto se debe a que cada sitio de cultivo tiene una combinación distinta de factores de riesgo ambiental, como la topografía, las interacciones del uso de la tierra y el clima. La combinación de estos factores de riesgo favorece en la frecuencia y transmisión del patógeno al alimento, interfiriendo en la inocuidad del producto (Berger *et al.*, 2010; Alegbeleye *et al.*, 2018).

#### *Contaminación microbiológica*

La contaminación microbiana es un problema complejo de resolver y la estrategia adecuada para garantizar calidad en el alimento es prevenir la contaminación a lo largo de toda la cadena de producción y distribución, en conjunto con buenas prácticas de higiene. Las distintas etapas que un producto debe pasar desde la precosecha (en el campo) hasta el consumo tanto fresco como procesado, proveen incontables oportunidades para incrementar el nivel de contaminación que naturalmente trae el campo (Figura. 1; FAO, 2003).

Los microorganismos se encuentran naturalmente en el medio ambiente, es decir, en el suelo, en el aire y en el agua, al igual que en las plantas, en los animales y en los humanos. Todos estos factores actúan como fuentes de microorganismos, mismos que contaminan los

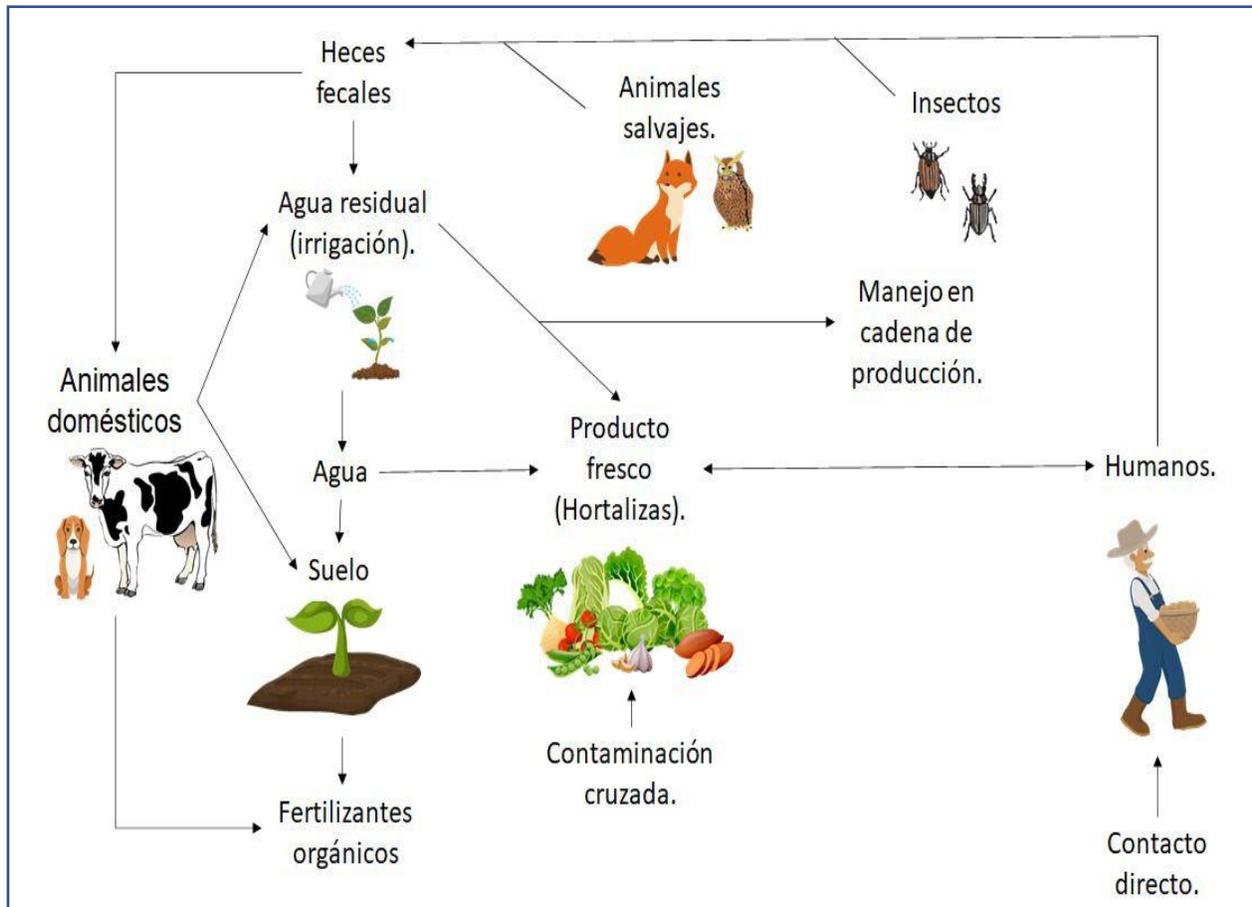


Figura 1. Ruta de contaminación de las hortalizas (Berger *et al.*, 2010).

alimentos y se desarrollan en ellos. Los peligros biológicos de origen alimentario se pueden determinar que existen cuatro tipos de microorganismos que pueden ser transportados por las frutas y hortalizas y que representan un peligro para la salud humana: virus (hepatitis A), bacterias (*Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Shigella* spp.), parásitos (*Giardia* spp.) y hongos; estos últimos no representan un peligro en sí mismos, sino a través de las micotoxinas que producen (FAO, 2003; Berger *et al.*, 2010).

**Microbiota residente.** Las hortalizas poseen en sus superficies una microbiota, algunos de estos microorganismos pasan naturalmente del ambiente donde los alimentos se procesan. Dentro del microbioma vegetal se han encontrado diversas comunidades bacterianas dominadas por

las *Actinobacterias*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes* y *Proteobacteria*, pero su composición varía de acuerdo con la especie vegetal (Hussain y Gooneratne, 2017). También existen algunos microorganismos que resultan benéficos para las hortalizas debido a que son capaces de segregar sustancias reguladoras del crecimiento vegetal. Dentro de este grupo se encuentran las rizobacterias estimuladoras del crecimiento vegetal como *Azospirillum* sp. Otros microorganismos con efectos positivos sobre las hortalizas, son los hongos formadores de micorrizas arbusculares, los cuales en su relación simbiótica actúan como mediadores del intercambio de nutrientes, permitiéndole a las plantas explotar mejor los recursos de su entorno (Maña, 2004; Hölzel *et al.*, 2018).

Sin embargo, los microorganismos patógenos son los principales que contaminan los productos durante la precosecha, debido a que algunos microorganismos peligrosos los encontramos formando parte de la flora natural del suelo o del ambiente (Berg *et al.*, 2014).

El tipo de producto también tiene influencia, debido a las características fisicoquímicas del alimento, favorecen la instalación de una microbiota específica en el mismo, por ejemplo, la microbiota fúngica tiende a colonizar a frutas, mientras que en hortalizas predominan las bacterias, siendo estas los contaminantes más comunes de estos alimentos. Son dichas características las que contribuyen al desarrollo de los microorganismos fecales, que gracias a su diversidad y pocas exigencias se adaptan a todo tipo de alimentos (Egbuta *et al.*, 2017).

*Bacterias patógenas.* Las bacterias son los microorganismos más comunes y los más importantes en los alimentos. Son organismos unicelulares que pueden crecer rápidamente a temperaturas y nutrientes favorables. Algunas descomponen los alimentos y otras proporcionan características deseadas, como es el caso de la fermentación láctica. Otras bacterias son agentes patógenos, causando enfermedades o intoxicaciones. Se encuentran en gran número en diferentes ambientes y pasan fácilmente a los alimentos (Moss, 2008; Castillo y Andino, 2010).

Por otro lado, como se ha mencionado antes, hay un sinnúmero de bacterias causantes de problemas en los alimentos y por consiguiente muchas de ellas causan enfermedades en los humanos. Las bacterias más comunes en los alimentos pertenecen a la familia de *Enterobacterias*, del género *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Salmonella*, *Shigella*, *Erwinia* y *Yersinia* (Maña, 2004; Moss, 2008). Tiene mayor importancia clínica *Salmonella spp*, siendo una de las bacterias patógenas con mayor frecuencia implicada en infecciones o intoxicaciones alimentarias asociadas a hortalizas (Lynch *et al.*, 2009; Castillo y Andino, 2010).

*Salmonella.* Los microorganismos que pertenecen al género de *Salmonella* pueden crecer

en presencia o ausencia de oxígeno, presentan flagelos y tienen forma de bastón. Este género está compuesto por dos especies; *Salmonella bongori* y *Salmonella enterica*.

*S. enterica* contiene más de 2,500 cepas distintas (denominadas serovares o serotipos). Siendo esta especie la causante de enfermedades más frecuente relacionado con el consumo de frutas y verduras. Las cepas de *S. enterica* pueden colonizar semillas, semillas germinadas, hojas y frutos de una gran variedad de especies de plantas (Berger *et al.*, 2010; Fatica y Schneider, 2011; Kurtz *et al.*, 2017). El tiempo transcurrido desde la ingestión del alimento contaminado y la aparición de los síntomas varía considerablemente, pero generalmente está comprendido entre 12 y 36 horas. La infección por *Salmonella* (salmonelosis) se basa en la capacidad de la bacteria para sobrevivir a las condiciones adversas del estómago y llegar al sitio de colonización causando vómitos, diarreas, calambres y fiebres en los individuos que la padecen. El sistema inmune ayuda a controlar la infección, pero puede encontrarse debilitado en muchos niños pequeños, en mujeres embarazadas (tanto ellas como el feto), ancianos, individuos que sufren enfermedades crónicas. Se consideran de gran riesgo a los inmunocomprometidos, tales como pacientes diabéticos, cancerosos, con VIH/sida y gente sometidas a antibióticos (Fatica y Schneider, 2011; Zheng *et al.*, 2013).

La OMS declara que mundialmente se generan 21 millones de casos con entre 1 y un 4% (200,000 a 600,000) de casos graves. Destacando que el 90% de los casos letales se producen en Asia y que India, Pakistán y Bangladesh acumulan el 85% de los casos mundiales (Zheng *et al.*, 2013).

De acuerdo con los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC), se estimaron brotes de *Salmonella* con base en productos agrícolas entre 2001 y 2009, se presentaron 38.4 millones de episodios de gastroenteritis transmitida por alimentos sólo en los Estados Unidos. Dentro de ellas, 17.8 millones fueron gastroenteritis aguda, y hubo al menos 473,832 hospitalizaciones en los EE. UU. cada año. Se estima que 5,072 personas mueren de gastroenteritis aguda cada año, de las cuales 1,498

muerter fueron causadas por los 24 patógenos conocidos transmitidos por los alimentos (Alegbeleye *et al.*, 2018; Berger *et al.*, 2010; Fatica y Schneider, 2011).

### **Medidas generales para la desinfección de hortalizas**

La demanda de productos mínimamente procesados, como es el caso de las hortalizas, es de importancia creciente en los mercados tanto nacionales como internacionales. Por consiguiente, el consumidor busca productos seguros e inocuos; para esto es necesario la desinfección y el uso de agentes desinfectantes (Aguayo *et al.*, 2017).

La desinfección es un proceso fundamental que se lleva a cabo para obtener la reducción o erradicación de la carga microbiana presente en los alimentos (Aguayo *et al.*, 2017), utilizando sustancias denominadas desinfectantes que tienen como objetivo desnaturalizar las moléculas constitutivas y en ocasiones interrumpir los procesos metabólicos de algún microorganismo. Los desinfectantes que son para uso alimentario deben destruir rápidamente los microorganismos (Caisahuana y Zavala, 2020; Robles *et al.*, 2018; Siddiqui, 2018).

#### *Clasificación de los métodos de desinfección para hortalizas*

Los desinfectantes cumplen una ardua labor en la inocuidad microbiológica de los alimentos. Los podemos diferenciar en tres familias: químicos, métodos no químicos (naturales) y físicos. Este tipo de desinfección está basada en las propiedades biocidas en algunos compuestos químicos como los halógenos, quats y compuestos alcalinos. Existen factores que influyen este tipo de desinfección como lo son: tensión superficial, pH, tiempo del contacto, temperatura en la que se lleva a cabo la desinfección, número y localización de los microorganismos implicados en la labor (Pérez *et al.*, 2017).

*Métodos químicos.* Este tipo de desinfección está basada en las propiedades biocidas en

algunos compuestos químicos como los halógenos, quats y compuestos alcalinos. Existen factores que influyen en este tipo de desinfección como lo son: tensión superficial, pH, tiempo del contacto, temperatura en la que se lleva a cabo la desinfección, número y localización de los microorganismos implicados en la labor (Pérez *et al.*, 2017) (Tabla 2).

*Métodos naturales.* Son aquellas sustancias de origen natural capaces de inhibir el crecimiento y desarrollo de microorganismos. El uso de los antimicrobianos naturales ha dado paso en la industria de alimentos el disminuir el uso de compuestos artificiales para asegurar la inocuidad de los alimentos (Cisternas, 2017) (Tabla 3).

*Métodos físicos.* Son aquellos que emplean variables físicas como la temperatura (calor), radiaciones UV y limpieza; como el lavado mecánico. Los desinfectantes deben seleccionarse considerando los microorganismos que se desea eliminar, el tipo de producto que se elabora y el material de las superficies que entran en contacto con el producto. La selección depende también del tipo de agua disponible y el método de limpieza empleado.

La desinfección por calor húmedo se realiza en autoclaves que generan presión y vapor saturado. Se trata de un método totalmente fiable por su potencial de penetración en las materias, puesto que los microorganismos son mucho menos resistentes a la destrucción por calor húmedo, en función del tiempo de exposición. Tiene ventajas como: accesibilidad, bajo costo y ningún residuo tóxico (Serkonten, 2021).

La desinfección por calor seco se realiza por medio de hornos que generan aire a altas temperaturas, y el proceso se maneja en tiempo de exposición, y temperatura.

Las radiaciones UV se realizan mediante radiaciones ionizantes que penetran profundamente, este tipo de desinfectantes debe limitarse a las superficies y aire (Serkonten, 2021).

Compuesto químico	Características y función desinfectante	Ejemplo
Compuestos halogenados	Son moléculas relacionadas con los átomos del grupo 17 en la tabla periódica. (Koseki <i>et al.</i> , 2004). Tienen un marcado efecto oxidante, gracias a esto tienden a modificar los grupos funcionales tanto de proteínas como de ácidos nucleicos. Generalmente son eficientes contra las bacterias, esporas bacterianas y hongos (Robles <i>et al.</i> , 2018).	El cloro es el halógeno más utilizado en la industria alimentaria. Se utiliza para el tratamiento del agua potable, de procesamiento y lavado, equipos y otras superficies (Koseki <i>et al.</i> , 2004). El yodo es una sustancia que por su reacción con el almidón es empleado exclusivamente en hortalizas que no tienen este carbohidrato (Robles <i>et al.</i> , 2018).
Compuestos amónicos cuaternarios (Quats)	Son derivados de los compuestos amónicos, a diferencia de los demás derivados, los Quats presentan una carga permanente (Pérez <i>et al.</i> , 2017). Las sales de estos compuestos perjudican la integridad de la membrana, interfiriendo con sus respectivas funciones, esto las hace ideales para el tratamiento con hongos y bacterias (Robles <i>et al.</i> , 2018).	Son compuestos con actividad detergente, sin embargo, presentan características desinfectantes, lo que les permite ser utilizados en la esterilización del alimento (Pérez <i>et al.</i> , 2017).
Compuestos alcalinos	La viabilidad celular e integridad de membrana de cualquier microorganismo se ve afectada estando en presencia de algún medio alcalino, provocando muerte celular (Garmendia y Vero, 2006).	La combinación de algunos compuestos como el peróxido de hidrógeno (sustancia básica) y el ácido láctico a temperaturas altas han dado buenos resultados en la desinfección de los alimentos (Koseki <i>et al.</i> , 2004).
Detergentes	La actividad detergente funge como emulsificante y solubilizante de los ácidos grasos de cadena larga. Esta propiedad permite utilizar los detergentes como agentes antimicrobianos (Fuentes, 2019).	El uso de detergentes facilita los procesos de lavado de los productos de origen vegetal. Se debe incluir una o varias fases de enjuagado posteriores con agua potable, que garanticen la eliminación de los detergentes y de los desinfectantes del agua de lavado (Fuentes, 2019; Koseki <i>et al.</i> , 2004).
Plata coloidal	Es una solución coloidal en la que se ven implicadas nanopartículas de plata (entre 1- 10 nm de diámetro). Puede desactivar la actividad del ADN, enzimática y de la membrana celular; esto afecta tanto la división celular como la respiración. En concentraciones bajas puede desactivar bacterias (San Lucas, 2017).	Este compuesto presenta un efecto oligodinámico, lo que le permite tener una liberación lenta y constante (San Lucas, 2017).

Tabla 2. Métodos químicos para hortalizas.

Sustancia	Composición y/o características	Microorganismos que desactiva
Concentrado de semilla de toronja	Es un líquido muy ácido y amargo. Está compuesto por bioflavonoides, aminoácidos, ácidos grasos, oligosacáridos, compuestos polifenólicos, tocoferoles, ácido ascórbico y ácido dihidroascórbico (Macías, 2014).	Bacterias Hongos Virus Parásitos (Macías, 2014).
Vinagre blanco	Conocido como ácido etanoico, tiene propiedades importantes al desactivar enzimas indispensables para la supervivencia del microorganismo. Se ha demostrado que esta sustancia tiene mayor respuesta cuando se encuentra en un grado de concentración y temperatura alta (Aldaz y Álvarez, 2020).	Bacterias (Aldaz y Álvarez, 2020).

Jugo de limón	El ácido cítrico presente en el jugo de limón es considerado un ácido orgánico. Tiene efectos desinfectantes, su acción se basa en la acidificación del citoplasma impidiendo el glicólisis, transporte activo o la señal de transición en el microorganismo (Cisternas, 2017).	Bacterias (Cisternas, 2017).
---------------	---	------------------------------

Tabla 3. Métodos naturales de desinfección para hortalizas.

#### Agentes físicos para la limpieza de hortalizas.

El proceso para eliminar la suciedad se puede realizar de forma manual o mecánica con la ayuda de utensilios como esponjas, estropajos, cepillos, escobillones generalmente junto con un desinfectante químico para la remoción completa de contaminantes. Es importante conocer bien las herramientas que se emplean en la limpieza, pues su uso indebido puede llevar a un deterioro excesivamente rápido de las superficies (Romaña, 2017).

La *acción mecánica* es la operación de eliminar la suciedad como tal. Puede realizarse de forma manual o mecánica con la ayuda de equipos. El lavado puede ser realizado por varios métodos, dependiendo de la naturaleza del producto a tratar. En el diseño de los sistemas de enjuagado es importante asegurar la agitación del agua de lavado, debido a que esto permitirá, por una parte, el correcto contacto superficial entre el agua de lavado y las frutas o verduras a lavar. El desinfectante más común para este tipo de sistemas de lavado es el cloro, generalmente adicionado en forma de hipoclorito. Este proceso viene seguido de un segundo paso en el que se produce el escurrido o centrifugado para eliminar la mayor parte posible del agua presente en la superficie y, de este modo, minimizar la posibilidad de reproducción de cualquier agente patógeno o alterante que permanezca en la superficie. Para este paso se utilizan diversos sistemas mecánicos como centrifugadoras, mesas vibratorias, túneles de secado (Macías, 2014; Romaña, 2017).

El *lavado de esponja* es un método físico que sigue formando parte de la acción mecánica, es la acción de limpieza realizada con las manos. Sirve para eliminar los residuos sólidos de

equipos y materiales. El polvo y la suciedad se acumularán en cualquier superficie expuesta. La contaminación puede incluir insectos muertos y desechos de plagas, los cuales presentan un peligro microbiano y de cuerpo extraño. Por ello los utensilios como cepillos y esponjas ayudan a eliminar los residuos de contaminación superficial de los productos, al igual como limpiar y desinfectar las herramientas que auxilian en la desinfección (Aldaz y Álvarez, 2020; Serkonten, 2021).

#### *Medidas preventivas y estrategias de intervención*

Actualmente, el control, reducción o eliminación de peligros físicos, químicos o microbianos es fundamental en el sector hortícola, garantizando así productos de alta calidad sanitaria. Para ello se han planteado diversas medidas de prevención y estrategias útiles que aseguren la inocuidad de las hortalizas, evitando su contaminación en sus etapas de producción, procesamiento, distribución y hasta el momento de su consumo (Gil *et al.*, 2015; Lee, 2019).

En las diferentes etapas de la producción hortícola es recomendable:

- Identificar fuentes puntuales, difusas o lineales que representen un riesgo de contaminación para los cultivos, por otro lado, si los cultivos ya establecidos se encuentran ubicados en zonas de alto riesgo será necesario la construcción de zanjas y áreas de amortiguamiento para reducir en lo posible los peligros microbianos (Murray *et al.*, 2017).
- Restringir el acceso de animales domésticos o silvestres colocando barreras físicas alrededor

de los cultivos para mantener su integridad (Lee, 2019).

- El personal debe ser o estar capacitado sobre las prácticas de higiene necesarias para el contacto y manipulación de las hortalizas, en caso de padecer una enfermedad se deberá informar inmediatamente a la gerencia para determinar las alternativas correspondientes (Gil *et al.*, 2015; Zheng *et al.*, 2013).
- El tratamiento de aguas utilizadas en los sistemas de riego se puede realizar de forma química, térmica, mediante ultrasonido o radiaciones, pero el método más económico es el tratamiento químico con cloro y sus derivados, cuyo propósito es destruir a las bacterias y hongos presentes en el agua, así como las transportadas sobre la superficie del fruto (Lee, 2019).
- Los cultivadores y recolectores siempre deben seguir las especificaciones técnicas por los fabricantes de equipos para su correcto uso y mantenimiento. El establecimiento de políticas y opciones de diseño sanitario que faciliten la limpieza, desinfección frecuente y exhaustiva de las superficies en contacto, se recomiendan detergentes en espuma de base ácida y alcalina, el vapor y agua caliente para descontaminar las superficies del equipo (Castillo y Andino, 2010; Norris y Congreves, 2018).
- Se debe evitar la proximidad al apilamiento de estiércol en la granja. Si se identifica el potencial de contaminación de la tierra contigua, se deben implementar estrategias de intervención, controlar la escorrentía o la lixiviación asegurando las áreas donde se almacena el estiércol. También debe minimizarse la proximidad de fuentes de contaminación dispersas por el viento o en aerosol (Cruz-Delgado *et al.*, 2013; Zheng *et al.*, 2013).
- Los sistemas de producción de cada establecimiento deben evaluarse individualmente para identificar los requisitos de higiene específicos para cada producto.

Las estrategias de intervención dirigidas a inactivar o eliminar patógenos con el fin de reducirlos a niveles aceptables son el uso de Manejo Integrado de Plagas (MIP) y medidas de biocontrol para el control de plagas y enfermedades (Hashemi, 2017; Krapovickas, 2011).

- Pesaje y envasado, la combinación correcta de material de empaque, peso del producto y composición del gas dentro de un paquete son componentes críticos que deben determinarse para que cada producto pueda mantener la calidad y seguridad, y así extender su vida útil, por ejemplo, el diseño y los materiales del empaque deben brindar la protección adecuada para minimizar la contaminación de los productos y prevenir daños (Alegbeleye *et al.*, 2018; Castillo y Andino, 2010).
- Mantener un control adecuado de la temperatura durante el almacenamiento y transporte evitará o retrasará el crecimiento de la mayoría de los microorganismos. Durante el almacenamiento, la temperatura debe controlarse mediante un dispositivo de registro continuo de tiempo-temperatura o también se sugieren controles periódicos con un termómetro calibrado. Las medidas preventivas para garantizar la seguridad del producto incluyen buenas prácticas de higiene y limpieza durante el almacenamiento o transporte (Gil *et al.*, 2015; Norris y Congreves, 2018).

Los consumidores son un grupo objetivo importante para la información y la educación sobre cómo manipular los productos frescos y recién cortados de manera segura, y deben comprender sus funciones y responsabilidades para proteger estos productos de la contaminación. El papel del minorista debe extenderse más allá de la tienda. La seguridad alimentaria no debe detenerse una vez que la comida entra en el carrito de la compra. El minorista debe ser la mejor fuente de información sobre seguridad alimentaria para el consumidor. Además, es una ventaja para el

minorista educar a los clientes sobre los productos y la seguridad alimentaria. Educar a un cliente sobre la seguridad alimentaria puede retenerlo, puesto que compra con total confianza (Cruz-Delgado *et al.*, 2013; Fatica y Schneider, 2011; Krapovickas, 2011).

## Discusión

En la presente revisión se analizaron diversos estudios sobre la calidad microbiológica de hortalizas que son para consumo humano en todo el mundo. Los estudios identificados se concentraron en un bajo número de países de la región, además, se logró el aislamiento de

diversos microorganismos como *Salmonella spp* con y sin resistencia a antibióticos, microorganismo causante de una de las enfermedades bacterianas más reconocidas a nivel mundial por sus numerosos casos de diarrea en humanos (Quansah y Chen, 2021) (Tabla 4). Estos autores analizaron vegetales de hoja verde exóticos donde reportó el aislamiento de 33 cepas de *Salmonella* recuperados de muestras de vegetales recolectados de 50 granjas en 12 áreas agrícolas, lo cual está relacionado a una contaminación durante la postcosecha o cosecha con aguas en condiciones insalubres.

País	Hortaliza	Hallazgo	Referencia
Ghana	Vegetales de hoja verde exóticas	33 cepas <i>Salmonella enterica</i> , recolectadas en 50 granjas de vegetales y 12 áreas agrícolas.	Quansah y Chen (2021)
Estados Unidos	Melón	Un aislamiento de <i>Salmonella spp.</i>	Tango <i>et al.</i> (2014)
Estados Unidos	Cilantro	Un aislamiento de <i>Salmonella spp</i>	Korir <i>et al.</i> (2016)
España	Hortalizas frescas	Cuatro muestras resultaron positivas para <i>Salmonella spp.</i>	Abadias <i>et al.</i> (2008)
Países bajos	Lechuga iceberg, pepino.	<i>Salmonella spp</i> se halló 0,53% en la lechuga iceberg y el 5,1% en el pepino.	Wijnands <i>et al.</i> (2014)
Holanda	Hortalizas para ensaladas mixtas.	Un aislamiento <i>Salmonella typhimurium</i> DT104	Pielaat <i>et al.</i> (2014)
Estados Unidos	Lechuga orgánica y un pimiento verde orgánico	2 cepas de <i>Salmonella spp.</i>	Bohaychuk <i>et al.</i> (2009)
	Lechuga, espinaca, tomate, zanahoria, cebolla verde y fresa	No se aisló a <i>Salmonella</i>	Mukherjee <i>et al.</i> (2004)
España	Lechuga fresca	No se aisló a <i>Salmonella</i>	Oliveira <i>et al.</i> (2010)
Estados Unidos	Hojas verdes, hierbas, melones	No se aisló a <i>Salmonella</i>	Johnston <i>et al.</i> (2006)
Corea	Espinaca, lechuga romana y hojas de sésamo verde	No se aisló a <i>Salmonella</i>	Johnston <i>et al.</i> (2005)
Canadá	Vegetales verdes frescos	No se aisló a <i>Salmonella</i>	Allen <i>et al.</i> (2013)

Tabla 4. Artículos analizados sobre la inocuidad microbiológica en hortalizas.

Johnston *et al.* (2005) recolectaron un total de 398 muestras entre verduras, hierbas y melones en lo cual *Salmonella* estaba presente en 0.7 % de muestras de melones. Este estudio demuestra que cada paso desde la producción hasta el consumo puede afectar la carga microbiana de los productos y refuerza las recomendaciones del gobierno para garantizar un producto de alta calidad (Tango *et al.*, 2014).

Korir *et al.* (2016) colectaron 414 muestras de albahaca, cilantro, cebollín, espinaca y perejil; obtenidos de tres tiendas minoristas. Estos autores reportaron que una muestra de perejil y una de cilantro fueron positivas para *Salmonella*, lo cual demuestra que dichos establecimientos no llevan un buen control de condiciones higiénicas.

Abadias *et al.* (2008) analizaron 300 muestras de frutas y hortalizas frescas, mínimamente procesadas de varios establecimientos minoristas de la zona Lleida (Cataluña, España), para determinar si la contaminación microbiana, y en particular las bacterias potencialmente patógenas, estaban presentes en estos productos básicos. Ahí mostraron que, de las muestras analizadas, cuatro (1.3%) resultaron positivas para *Salmonella*. Dichos resultados ponen en evidencia que se necesita mejorar el control microbiológico de los productos frescos obtenidos de tiendas minoristas.

Wijnands *et al.* (2014) analizaron lechuga roble, lechuga iceberg y pepino, encontrando una prevalencia de *Salmonella* desde el 0.53% en la lechuga iceberg hasta el 5.1% en el pepino. El aislamiento de este microorganismo representa un riesgo para la salud de los consumidores de estas ensaladas mixtas, debido a esto es importante aplicar métodos de desinfección como el lavado mecánico.

Pielaat *et al.* (2014) determinaron la presencia de *Salmonella* en la cadena de producción holandesa de ensaladas mixtas. Las principales fuentes de incertidumbre son la falta de descontaminación, es decir, el lavado de productos durante el procesamiento.

Mukherjee *et al.* (2004) examinaron distintos tipos de hortalizas de granjas orgánicas y convencionales, donde se encontró a *Salmonella* de una lechuga orgánica y un pimiento verde orgánico. Los productos hortícolas que tienen un

mayor porcentaje de incidencia de los microorganismos son los provenientes de granjas orgánicas, lo cual está relacionado con el uso de excrementos de animales como abono en la precosecha del producto (Bohaychuk *et al.*, 2009).

Por otro lado, diversos artículos consultados de diferentes autores, quienes también analizaron distintas muestras de hortalizas no encontraron presencia de *Salmonella* en los productos frescos. Sin embargo, sí encontraron contaminación por otro tipo de microorganismos como Bohaychuk *et al.* (2009), quienes examinaron muestras de distintas hortalizas provenientes de mercados públicos, grandes y pequeños y Oliveira *et al.* (2010) en lechuga convencional. Johnston *et al.* (2006) analizaron 466 muestras de frotis. Tango *et al.* (2014) realizaron una investigación donde examinaron de manera comparativa la calidad microbiológica de los productos cultivados en forma de producción convencional y los sistemas de producción orgánica, mientras que Allen *et al.* (2013) examinaron la calidad microbiológica de los productos importados disponibles al por menor en todo Canadá. Estos estudios antes mencionados demuestran la baja aplicación de controles de calidad de los productos frescos comercializados, siendo un factor de riesgo muy grave que permite la diseminación de patógenos con características especiales.

De acuerdo con los artículos analizados, se demuestra que la prevalencia de *Salmonella* es más frecuente en estos productos frescos y esto es el resultado de una combinación de factores relacionados con el desarrollo de la industria alimentaria y malas prácticas de manipulación, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos. Estos factores han provocado problemas en la higiene de los alimentos al permitir la fácil diseminación de *Salmonella* y otros patógenos (Fatica y Schneider, 2011; Kurtz *et al.*, 2017). La actividad agrícola en el mundo a menudo carece de dinero de inversión, instalaciones (refrigeración, atmósferas controladas y modificadas y cámaras con control de humedad) y personal calificado para un adecuado control de calidad, y la desinfección durante la cosecha, almacenamiento y

distribución no recibe la atención adecuada (Maña, 2004). Los sistemas y mecanismos de transporte y distribución de alimentos también son deficientes.

Los resultados de este trabajo serán útiles para los productores, consumidores y autoridades sanitarias para poder concientizar sobre la importancia de mantener la inocuidad alimentaria en hortalizas.

## Conclusiones

Se encontró evidencia científica que demuestra que existen diversos factores que ponen en riesgo la seguridad alimentaria; haciéndose notar que los productos frescos, como lo son hortalizas no están exentos de sufrir una contaminación por bacterias patógenas y que pueden transmitir enfermedades con graves efectos a la salud humana mediante su consumo. Debido a la popularidad creciente por consumir hortalizas por su gran aporte nutricional, es responsabilidad constante mantenerse y asegurar la inocuidad del producto desde la precosecha hasta el consumidor final, siguiendo las estrategias adecuadas de higiene y desinfección, a lo largo de toda la cadena de producción, para reducir y controlar cualquier riesgo de contaminación con patógenos en los productos frescos como bacterias del género *Salmonella*.

## Agradecimientos

Al QBP. Joel Reyes Roldan por la actualización de referencias y del formato del envío para publicación.

## Referencias

- Abadias, M., Usall, J., Anguera, M., Solsona, C., Viñas, I. (2008). Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. *International Journal of Food Microbiology*, 12, 1-9.
- Aguayo, E., Gómez, P., Artés-Hernández, F., Artés, F. (2017). Tratamientos químicos desinfectantes de hortalizas de IV gama: ozono, agua electrolizada y ácido peracético. *Agrociencia Uruguay*, 21, 7-14.
- Alcazar, J. (2010). Manual Básico “Producción de Hortalizas”. 1-30.  
<https://studylib.es/doc/5468343/manual-basico-“produccion-de-hortalizas”>
- Aldaz, J., Álvarez, G. (2020). Estudio comparativo del ácido peracético y ácido acético en microorganismo patógenos presentes en *Lactuca sativa*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil, 124p.  
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/50870>
- Alegbeleye, O.O., Singleton, I., Sant'Ana, A.S. (2018). Sources and contamination routes of microbial pathogens to fresh produce during field cultivation: A review. *Food microbiology*, 73, 177-208.
- Allen, K.J., Kovacevic, J., Cancarevic, A., Wood, J., Xu, J., Gill, B., Allen, J.K., Mesak, L.R. (2013). Microbiological survey of imported produce available at retail across Canada. *International Journal of Food Microbiology*, 162, 135-142.
- Berg, G., Erlacher, A., Smalla, K., Krause, R. (2014). Vegetable microbiomes: is there a connection among opportunistic infections, human health and our ‘gut feeling’. *Microbial biotechnology*, 7, 487-495.
- Berger, C.N., Sodha, S.V., Shaw, R.K., Griffin, P.M., Pink, D., Hand, P., Frankel, G. (2010). Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens: Fresh produce as vehicles for transmission of human pathogens. *Environmental Microbiology*, 12, 2385-2397.
- Bohaychuk, V.M., Bradbury, R.W., Dimock, R., Fehr, M., Gensler, G.E., King, R.K., Rieve, R., Romero, B.P. (2009) A microbiological survey of selected Alberta-grown fresh produce from farmers' markets in Alberta, Canada. *Journal of Food Protection*, 72, 415-20.
- Caisahuana, V.L., Zavala, G.I. (2020). Eficacia de la desinfección sobre la contaminación microbiana en superficies Hospitalarias. Huancayo 2019. Tesis de Licenciatura de Químico Farmacéutico, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Peruana los Andes, 78p.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12848/1669>

- Castillo, Y., Andino F. (2010). Un enfoque práctico para la inocuidad alimentaria. Microbiología de los alimentos. 1-63. <https://avdiaz.files.wordpress.com/2010/02/documento-microbiologia.pdf>
- Cisternas, L. (2017). Efecto de métodos combinados sobre la inactivación de *Escherichia coli* en jugo de zanahoria. Tesis de Magister en Ciencias Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, 71p. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/151061>
- Cruz-Delgado, D., Leos-Rodríguez, J.A., Altamirano-Cárdenas, J. (2013). México: factores explicativos de la producción de frutas y hortalizas ante la apertura comercial. Revista Chapingo serie horticultura. 19, 267-278.
- Dubey, S.R., Jalal, A.S (2012). Robust Approach for Fruit and Vegetable Classification. Procedia Engineering. 38, 3449-3453.
- Egbuta, M.A., Mwanza, M., Babalola, O.O. (2017). Health Risks Associated with Exposure to Filamentous Fungi. International journal of environmental research and public health, 719.
- FAO (2003). Departamento de Agricultura y Protección al consumidor. Capítulo 4: Aspectos higiénicos y sanitarios. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas: Del campo al mercado. <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4893S/y4893s07.htm#bm07>
- Fatica, M., Schneider, K. (2011). Salmonella and produce: Survival in the plant environment and implications in food safety. Virulence, 2, 573-579.
- Fernández-Ruiz, I. (2017). The healthy diet-fruits, vegetables, legumes, and fats. Nature Reviews Cardiology, 14, 631.
- Ferratto, J., Mondino, M.C. (2008). Producción, consumo y comercialización de hortalizas en el mundo. Universidad Nacional de Rosario. 1-3. <http://hdl.handle.net/2133/1250>
- Fuentes, L. (2019) Actividad in-vitro de microorganismos autóctonos (*Bacillus subtilis* y *Lactobacillus brevis*) para reducir la colonización de *Salmonella entérica*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. 1-65.
- <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1149>
- Garmendia, G., Vero, S. (2006). Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas. Horticultura, 197, 1-10.
- Gil, M.I., Selma, M.V., Suslow, T., Jacxsens, L., Uyttendaele, M., Allende, A. (2015). Pre- and Postharvest Preventive Measures and Intervention Strategies to Control Microbial Food Safety Hazards of Fresh Leafy Vegetables. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 55, 453-468.
- Hashemi, H. (2017). Comparison of the Effect of Perchlorine, Sodium Hypochlorite, and Electrochemical Method on Disinfection of Vegetables. Journal of Environmental Health and Sustainable Development, 2, 326-332.
- Hölzel, C., Tetens, J., Schwaiger, K. (2018). Unraveling the Role of Vegetables in Spreading Antimicrobial-Resistant Bacteria: A Need for Quantitative Risk Assessment. Foodborne pathogens and disease, 15, 671-688.
- Hussain, M., Gooneratne, R. (2017). Understanding the fresh produce safety challenges. Foods. 6, 23.
- Izquierdo, J., Granado, S. (2011). Manual técnico: Producción Artesanal de Semillas de Hortalizas para la Huerta Familiar. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1, 100.
- Johnston, L.M., Jaykus L-A., Moll, D., Anciso, J., Mora, B., Moe, C.L. (2006). A field study of the microbiological quality of fresh produce of domestic and Mexican origin. International Journal of Food Microbiology, 112, 83-95.
- Johnston, L.M., Jaykus, L-A., Moll, D., Martinez, M.C., Anciso, J., Mora, B., Moe, C.L. (2005). A field study of the microbiological quality of fresh produce. Journal of Food Protection, 68, 1840-1847.
- Korir, R.C., Parveen, S., Hashem, F., Bowers, J. (2016). Microbiological quality of fresh produce obtained from retail stores on the Eastern Shore of Maryland, United States of America. Food Microbiology, 56, 29-34.
- Koseki, S., Yoshida, K., Kamitani, Y., Isobe, S., Itoh, K. (2004). Effect of mild heat pre-treatment with alkaline electrolyzed water on the efficacy of acidic electrolyzed water against

- Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* on Lettuce. *Food Microbiology*, 21, 559–566.
- Krapovickas, A. (2011). Sembrar, plantar, cultivar, domesticar. *Bonplandia*, 20, 419.
- Kurtz, J.R., Goggins, J.A, McLachlan, J.B. (2017). *Salmonella* infection: Interplay between the bacteria and host immune system. *Immunology letters*, 190, 42-50.
- Lee, M. (2019). Clasificación de productos vegetales por la Comisión del Codex Alimentarius. *Revista de higiene y seguridad de los alimentos*. 34(1). 87-93.
- Lynch, M., Tauxe, R., Hedberg, C. (2009). The growing burden of foodborne outbreaks due to contaminated fresh produce: risks and opportunities. *Epidemiology and infection*, 137, 307-315.
- Macías, S.W.G. (2014). Proceso de obtención de extracto a partir de la semilla de la toronja (*citrus paradisi*) y su aplicación en desinfección de vegetales o frutas y superficies planas. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil, 106p.  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7195/1/MACIAS.pdf>
- Maña, B. (2004). Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas frescas: un enfoque práctico. págs: 57, 65, 66, 67; México. Consultado en marzo de 2021:  
[http://www.fao.org/ag/agn/CDfruits\\_es/others/docs/manual\\_completo.pdf](http://www.fao.org/ag/agn/CDfruits_es/others/docs/manual_completo.pdf)
- Mercado, C. (2007). Los ámbitos normativos, la gestión de la calidad y la inocuidad alimentaria: una visión integral. *Agroalimentaria*, 12, 119-131.
- Mohammed, S., Qoronfleh, M. (2020). Vegetables. In M. M. Essa & M. W. Qoronfleh (Eds.), *Personalized Food Intervention and Therapy for Autism Spectrum Disorder Management* (Vol. 24, pp. 225-277). Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-30402-7\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30402-7_9).
- Moss, M. (2008). Fungi, quality and safety issues in fresh fruits and vegetables. *Journal of Applied Microbiology*, 104, 1239-1243.
- Mukherjee, A., Speh, D., Dyck, E., Diez-Gonzalez, F. (2004). Preharvest evaluation of coliforms, *Escherichia coli*, *Salmonella*, and *Escherichia coli* O157:H7 in organic and conventional produce grown by Minnesota farmers. *Journal of Food Protection*, 67, 894-900.
- Murray, K., Wu, F., Shi, J., Jun Xue, S., Warriner, K. (2017). Challenges in the microbiological food safety of fresh produce: Limitations of post-harvest washing and the need for alternative interventions, *Food Quality and Safety*, 1, 289-301.
- Norris, C.E., Congreves, K.A. (2018). Alternative management practices improve soil health indices in intensive vegetable cropping systems: a review. *Frontiers in Environmental Science*. 6, 50.
- Oliveira, M., Usall, J., Viñas, I., Anguera, M., Gatiús, F., Abadias, M. (2010). Microbiological quality of fresh lettuce from organic and conventional production. *Food Microbiology*, 27, 679-84.
- OMS (2005). Frutas y hortalizas para la salud: informe de la FAO conjunta.  
<https://www.fao.org/3/cb2395es/online/src/html/frutas-y-verduras.html>
- ONU (2002). Manual de capacitación sobre higiene de los alimentos y sobre el sistema de análisis de peligro y puntos críticos de control (APPCC); Grupo Editorial Dirección de Información de la FAO, capítulo 3, págs. 12,13,14,15,16,17 y 18, Roma. Consultado en abril del 2021.  
<https://www.fao.org/documents/card/en/c/f8e50d77-9f59-5a77-925a->
- Pérez, E.E., Barrera, P.C., Castelló, G.M.L (2017). Métodos para la desinfección en la industria alimentaria. Universitat Politècnica de València, 8p.
- Pielaat, A., van Leusden, F.M, Wijnands L.M. (2014). Microbiological risk from minimally processed packaged salads in the Dutch food chain. *Journal of Food Protection*, 77, 395-403.
- Puig, Y., Leyva, V., Rodríguez, A., Carrera, J., Morejón, P., Pérez, Y., Dueñas, O. (2013). Calidad microbiológica de las hortalizas y factores asociados a la contaminación en áreas de cultivo en La Habana. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 13, 11-119.
- Quansah, J.K, Chen, J. (2021). Antibiotic Resistance Profile of *Salmonella enterica*

- Isolated from Exotic and Indigenous Leafy Green Vegetables in Accra, Ghana. *Journal of Food Protection*, 84, 1040-1046.
- Radilla, C., Gutiérrez, R. (2016) Manual de Inocuidad. Págs: 33,34, 35; México, 2016. Consultado en marzo del 2021.  
[Manual Inocuidad PDF | PDF | Almidón | Glucosa \(scribd.com\)](#)
- Robles, M.D.M., Villegas, E., Mota-Cortez, O., Gómez-Castellanos, I.E., Martín-Plascencia, P.C., Anaya-Esparza, L.M. (2018). Evaluación de la eficiencia de desinfectantes comerciales para uso alimentario en el control de crecimiento *Escherichia coli*. *Avances de Investigación en Inocuidad de Alimentos*.  
[Evaluación de la eficiencia de desinfectantes comerciales para uso alimentario en el control de crecimiento Escherichia coli | Semantic Scholar](#)
- Romaña, P.E. (2017). Implementación de una estrategia didáctica para la enseñanza de las propiedades fisicoquímicas de los halógenos y su correlación con las propiedades de algunas familias de sustancias derivadas, para estudiantes del grado décimo de la IE Gabriela Gómez Carvajal del Municipio de Medellín. Tesis de Magister en Ciencias Exactas y Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, 55p.  
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76988/11803452.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- San Lucas, C.S.M. (2017). Determinación de la actividad bactericida del agua de plata sobre ensaladas listas para el consumo humano en restaurantes cercanos a una institución de educación superior. Tesis de la Carrera de Laboratorio Clínico, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica de Ambato, 105p.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26439/2/tesis%20terminado%20final.pdf>
- Serkonten, P. (2021). Métodos de Desinfección comunes. Los 3 procedimientos más importantes.  
<https://phsserkonten.com/metodos-de-desinfeccion/>
- Siddiqui, M.W. (2018). Postharvest disinfection of fruits and vegetables. Academic Press, 302p., ISBN: 0128126981
- Sierra, A., Simonne, E., Treadwell, D. (2007). Principios y prácticas para el manejo de nutrientes en la producción de hortalizas. Universidad de la Florida, 1-14.  
[HS1102/HS356: Principios y prácticas para el manejo de nutrientes en la producción de hortalizas \(ufl.edu\)](#)
- Tango, C.N., Choi, N-J., Chung, M-S., Oh, D.H. (2014). Bacteriological quality of vegetables from organic and conventional production in different areas of Korea. *Journal of Food Protection*, 77, 1411-1417.
- Wijnands, L.M., Delfgou-van, A.E.H.M., Beerepoot-Mensink, M.E., Van der Meij-Florijn, A., Fitz-James, I., Van Leusden, F.M., Pielaat, A. (2014). Prevalence and concentration of bacterial pathogens in raw produce and minimally processed packaged salads produced in and for the Netherlands. *Journal of Food Protection*, 77, 388-394.
- Zheng, J., Allard, S., Reynolds, S., Millner, P., Arce, G., Blodgett, R.J., Brown, E.W. (2013). Colonization and internalization of *Salmonella enterica* in tomato plants. *Applied and environmental microbiology*. 79. 2494-2502.