

Bacterias endófitas de plantas y su posible repercusión en la salud humana

Daniel Rojas-Solis y Gustavo Santoyo Pizano

Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, UMSNH. Morelia, Michoacán, México.
 Contacto: daniel_rojas21@hotmail.com

Resumen: Las bacterias constituyen al grupo más representativo de los microorganismos unicelulares, y se encuentran presentes de forma natural en nuestro ambiente, incluyendo los alimentos. El siguiente artículo se enfoca en las bacterias patógenas para el hombre que viven dentro de las plantas y que para éstas no representan mayor riesgo (bacterias endófitas), que son capaces de trasladarse a los alimentos que consumimos día con día, a través de diversas fuentes, como son: el uso de estiércol como fertilizante, el riego de cultivos con agua contaminada, contacto con heces fecales, así como su propagación a través de insectos, plagas y hongos. La mayoría de las bacterias endófitas que llegan a nuestros alimentos y que ocasionan enfermedades están representadas por las bacterias entéricas (microorganismos que habitan generalmente el intestino de animales y personas), entre los que destacan los géneros *Salmonella*, *Listeria* y *Escherichia*, sin embargo, no son los únicos y la sintomatología que causan es muy diversa. Son necesarias diversas condiciones para que una bacteria endófitas pueda representar un riesgo serio para la salud humana.

Palabras clave: bacterias endófitas, alimentos, salud humana.

verdad, dentro de las plantas viven una infinidad de microorganismos, incluyendo bacterias de las especies más conocidas como patógenos oportunistas, incluyendo *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes*, *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas aeruginosa* o *Staphylococcus aureus*, los cuales potencialmente pueden causar diversas enfermedades en las personas.

Estas bacterias que viven dentro de las plantas, incluyendo los vegetales y frutas que consumimos, se les conocen como organismos endófitos. Una característica de ellos es que no causan enfermedades o daño a las plantas donde viven, aun cuando se encuentran habitando en los diferentes tejidos, como las raíces, tallos, hojas, flores y frutos (Akhtyamova, 2013). Pero ¿qué sucede si consumimos estos vegetales que contienen endófitos patógenos de humanos? ¿son realmente una amenaza para nuestra salud? A continuación revisaremos algunos datos interesantes que nos harán evaluar si de verdad es un riesgo consumir estos alimentos.

En su mayoría las bacterias que pueden causar enfermedades en humanos son consideradas como oportunistas (organismos que no suponen un problema en la salud del hombre hasta que el sistema

Introducción

Los alimentos que consumimos, incluyendo los vegetales, son reservorios comunes de patógenos potenciales que pueden causar diversas infecciones en los humanos, por lo que constituyen uno de los riesgos de salud pública más generalizados. Para combatir las

enfermedades causadas por la ingesta de alimentos, una de las recomendaciones es lavar y desinfectar bien las frutas y verduras. Sin embargo, la desinfección se realiza únicamente en la superficie de los vegetales, pero ¿sabías que aun así existen microorganismos patógenos que viven dentro de los tejidos de las plantas?, y que estos no son eliminados por la desinfección superficial. Pues es

Tabla 1. Bacterias patógenas oportunistas de humanos presentes en frutos y vegetales de consumo por el hombre.

Especie bacteriana	Enfermedades que causan al hombre	Frutos y vegetales hospederos	Referencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Endocarditis, neumonía, infecciones en vías urinarias, infecciones gastrointestinales y meningitis	Jitomate, zanahoria	Mahajan-Miklos et al., 1999
<i>Serratia spp.</i>	Conjuntivitis, queratitis, infecciones respiratorias, meningitis y endocarditis	Pepino	Kurz, 2003
<i>Staphylococcus aureus</i>	Infección de la piel, neumonía, septicemia	Zanahoria, cebolla y jitomate	Prithviraj, 2005
<i>Salmonella spp.</i> <i>Escherichia coli</i> 0157:H7	Gastroenteritis y salmonelosis	Jitomate, mango, espinaca, naranjas, lechuga	Deering, 2011
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Infecciones sanguíneas	Cebolla	Nithya y Badu 2017
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	Asociado con conjuntivitis, queratitis, escleritis, celulitis y endoftalmitis	Zanahoria, cebolla y jitomate	Islam et al., 2016
<i>Enterobacter aerogenes</i>	Infección del tracto urinario, endocarditis, artritis séptica, e infección de la piel	Zanahoria	Regli y Pages 2015
<i>Enterobacter hormaechei</i>	Se asocia con infección en el torrente sanguíneo	Zanahoria	Overbeek et al., 2014
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	Neumonía, meningitis y septicemia neonatal.	Jitomate, pepino y cebolla	Miron et al., 2007
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	Neumonía, meningitis y septicemia neonatal.	Jitomate, pepino y cebolla	Miron et al., 2007

inmunológico falla) y estas deben cumplir con ciertos criterios para caer dentro de esta categoría, como son: ser cultivables, antagonizar a otros organismos, ser altamente competitivos, presentar versatilidad en su nutrición, tener capacidad de formar biofilm (biopelículas formadas por microorganismos compuestas de exopolisacáridos), además de mostrar resistencia contra diversos antibióticos y toxinas (Berg et al., 2014), aunque estos patógenos usualmente no causan enfermedades en personas sanas, si representan un gran riesgo en personas inmunocomprometidas (condición en la cual la capacidad de un organismo para combatir infecciones se encuentra reducida) y esto podría resultar alarmante si consideramos que el número de individuos inmunocomprometidos se eleva continuamente en todo el mundo, de acuerdo con el Sistema de Vigilancia de Infecciones de los Estados Unidos de América, en 2002 el número de infecciones causadas a pacientes inmunocomprometidos por bacterias oportunistas fue de 1.7 millones (Klevens et al., 2007).

En la tabla 1 se enlistan algunas de las bacterias patógenas oportunistas de humanos que pueden hospedar algunas plantas de consumo por el hombre.

Aunque como mencionamos la mayoría de las bacterias que afectan la salud del hombre son en su mayoría oportunistas, existen algunas excepciones tal es el caso de *Bacillus anthracis* que es un patógeno obligado causante del ántrax y que puede colonizar cultivos de cebolla y jitomate (Ganz et al., 2014).

Dentro de las bacterias oportunistas, el grupo más representativo es el correspondiente a bacterias entéricas (microorganismos que habitan generalmente el intestino de animales y personas) entre las que causan mayor repercusión en la salud del hombre

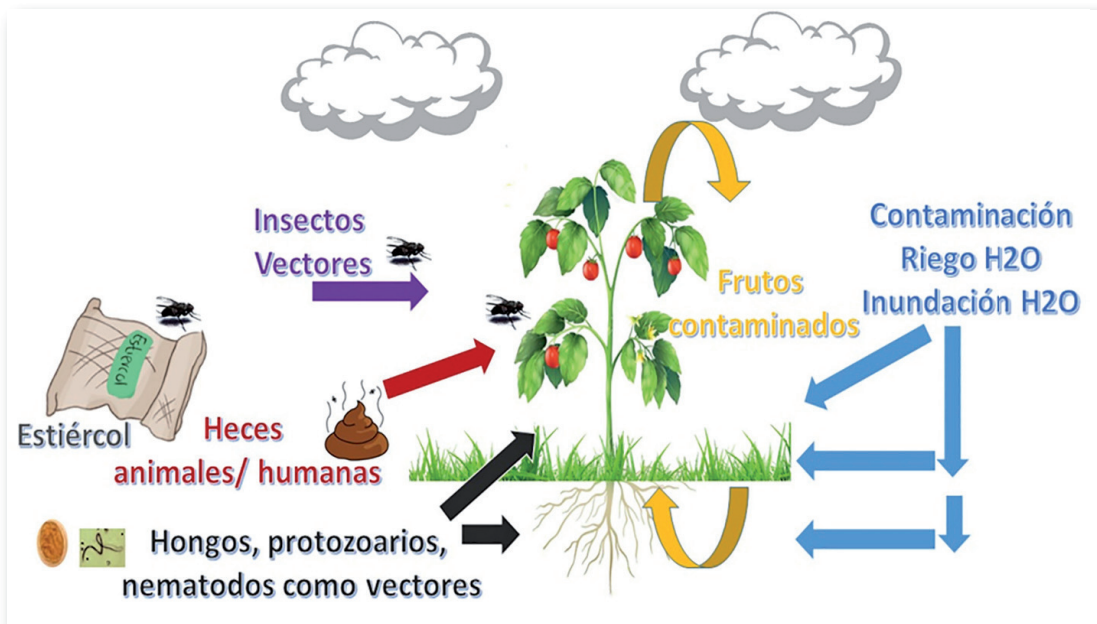


Figura 1. Factores que contribuyen a la contaminación de frutos y vegetales con bacterias patógenas de humanos (Modificado de Brandl, 2006).

podemos destacar a *Salmonella enterica* que es capaz de colonizar cultivos de alfalfa, jitomate y cebada e infectar un gran número de alimentos, responsable de causar Salmonelosis una enfermedad de preocupación mundial que se manifiesta con la aparición de fiebre, diarrea, cólicos abdominales, dolor de cabeza, náuseas y vómito y que en países como Estados Unidos de América y México es la enfermedad más común transmitida por alimentos (García et al., 2014).

Otro ejemplo lo tenemos en *Listeria monocytogenes* que ha sido vinculada a enfermedades potencialmente graves transmitidas por los alimentos como meningitis cuyos síntomas son la aparición de fiebre súbita, dolor de cabeza, rigidez en el cuello, náuseas y vomito o complicaciones como septicemia que es una infección en la sangre resulta potencialmente mortal (Farber y Peterkin, 1991), esta bacteria es capaz de colonizar inicialmente la rizósfera (porción del suelo que se encuentra influenciada por la raíz) de plantas de cebada para posteriormente colonizar los tejidos internos, ocupando apoplastos (espacios extracelulares por el que fluyen agua y otras moléculas) y la corteza interna de la planta (Kutter et al., 2005), hay evidencia además de que

la invasión de las raíces por bacterias patógenas de humanos podría conducir a la propagación sistémica y contaminación de semillas y frutos (Guo et al., 2001).

Muchos de los patógenos potencialmente oportunistas presentan una etapa de vida endofítica y algunas de éstos tienen la capacidad de promover el crecimiento de plantas como consecuencia de mecanismos directos e indirectos; la promoción directa se presenta cuando la bacteria facilita la adquisición de nutrientes esenciales o modula el nivel de fitohormonas (moléculas producidas dentro de la célula vegetal que regulan diversos procesos en las plantas), mientras que la promoción indirecta engloba a las bacterias que disminuyen el daño a las plantas después de la infección de un patógeno (Santoyo et al., 2016).

Un ejemplo de esto lo encontramos en *Stenotrophomonas maltophilia* CR71 y *Pseudomonas stutzeri* E25 dos patógenos oportunistas de humanos, que son capaces de promover el crecimiento de plantas de jitomate al ser inoculadas en la raíz además de inhibir el crecimiento de *Botrytis cinerea* un hongo patógeno de este cultivo (Rojas et al. 2018).

Esta dualidad que presentan las bacterias a ser potenciales patógenos en un organismo (humano) y por el contrario promover el crecimiento de otro (plantas) resulta de más interesante.

¿Pero cómo es que llegan estos patógenos de humanos a las plantas?

Se pueden destacar las siguientes formas en que las bacterias patógenas colonizan las plantas (Figura 1):

- El estiércol es comúnmente aplicado a los campos de cultivo empleándolo como fertilizante, además de las heces humanas y animales lo que les permite a las bacterias patógenas sobrevivir por periodos prolongados de tiempo pudiendo colonizar las plantas.

- Riegos de cultivos y aplicaciones de pesticidas con agua contaminada, que llegan a los cultivos favoreciendo su contaminación.

- Transmisión de bacterias patógenas a los cultivos por medio de insectos, hongos, protozoarios y nematodos como vectores actuando como un factor de contaminación antes de la cosecha (Brandl, 2006).

Pese a este panorama no debemos alarmarnos por la presencia de bacterias patógenas en nuestros alimentos, debido a que siempre han estado presentes, incluso la comida enlatada según la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos) presenta partes de insectos, áfidos y huevecillos y tienen valores máximos permisibles de acuerdo a las diversas normas establecidas, y lo mismo ocurre con las bacterias patógenas que mientras no rebasen un umbral (cantidad de unidades formadoras de colonias), no representan mayor daño su consumo, incluso para pacientes inmunocomprometidos, aunque por otra parte siempre es bueno tomar todas las medidas de higiene al momento de ingerir nuestros alimentos.

Conclusiones y perspectivas

La aparición de brotes de enfermedades transmitidas por alimentos asociados con frutas y

verduras ha recibido gran interés entre las agencias de salud pública, provocando una nueva ola de investigaciones en cuanto a la seguridad alimentaria y su relación con la contaminación microbiana de frutos y vegetales.

Para disminuir estos brotes es necesaria una mejora en las prácticas agrícolas y de consumo para disminuir el potencial de contaminación del producto, poniendo especial atención en las plantas, frutos y vegetales que son de mayor consumo por el hombre.

Referencias

Akhtyamova, N. (2013). Human Pathogens on or Within the Plant and Useful Endophytes. *Cell and Developmental Biology*. 2:e119.

Berg, G., Erlacher, A., Samalla, K., Krause, R. (2014). Vegetable microbiomes: is there a connection among opportunistic infections, human health and our "gut feeling"? *Microbial Biotechnology*. 7-6:487-495.

Brandl, M. T. (2006). Fitness of human enteric pathogens on plants and implications for food safety. *Annual Review Phytopathology*. 44: 367-392.

Dacic, I., Morrison, D., Vukovic, D., Savic, B., Shittu, A., Jezek, P., Hauschild, S. (2005). Isolation and molecular characterization of *Staphylococcus sciuri* in the hospital environment. *Journal of Clinical Microbiology*. 43:2782-5.

Deering, J. A., Mauer, J. L., Pruitt, E. R. (2012). Internalization of *E.coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. In plants: A Review. *Food Research International*. 45:567-575.

Farber, J. M and Peterkin, P. I. (1991) *Listeria monocytogenes*, a foodborne pathogen. *Microbiology Review*. 55: 476-511.

Ganz, H. H., Turner, W. C., Brodie, E. L., Kusters, M., Shi, Y., Sibanda, H., Torok, T., Getz, W. M (2014). Interactions between *Bacillus anthracis* and plants may promote anthrax transmission. *PLoS Neglect Tropical Diseases*. 8:2903.

Garcia, A V., Charrier, A., Schilcora, A., Bigeard, J., Pateyron, S., Moreau, M. L., Evrard, A., Mithofer, A., Magniette, M. L.,

Payant, I. V., Hirt, H. (2014). *Salmonella enterica* flagellin is recognized via FLS2 and activities PAMP-triggered immunity in *Arabidopsis thaliana*. *Molecular Plant*. 7:657-74.

Guo, X., Chen, J., Brackett, R. E., Beuchat, L. R. (2001). Survival of *Salmonellae* on and in tomato plants from the time of inoculation at flowering and early stages of fruit development through fruit ripening. *Applied Environmental Microbiology*. 67: 4760-4764.

Islam, S., Akanda, A. K., Prova, A., Islam, M. T., Hossain, M.M.(2016). Isolation and identification of plant growth promoting rhizobacteria from cucumber rhizosphere and their effect on plant growth promotion and disease suppression. *Frontiers in Microbiology*. 6:1-12.

Klevens, M. R., Edwards, J. R., Richards, C. L., Horan, T. C., Gaynes, R. P., Pollock, D. A., Cardo, D. M. (2007). Estimating health care-associated infections and deaths in U.S. hospitals. *Public Health Repots*. 122: 160-166.

Kurz, C. L., Chauvet, S., Andre's. (2003). Virulence factors of the human opportunistic pathogen *Serratia marcescens* identified by *in vivo* screening. *EMBO Journal*. 22: 1451-1460.

Kutter, S., Hartmann, A., Schmid, M. (2006). Colonization of barley (*Hordeum vulgare*) with *Salmonella enterica* and *Listeria* spp. *FEMS Microbiology Ecology*. 56: 262-271.

Mahajan-Miklos, S., Tan, M. W., Rahme, L. G. y Ausubel, F. M. (1999). Molecular mechanisms of bacterial virulence elucidated using a *Pseudomonas aeruginosa*-*Caenorhabditis elegans* pathogenesis model. *Cell*. 96: 47-56.

Miron, D., Keness, Y., Bor, N., Spiegel, R., Horowitz, Y. (2007). *Pseudomonas stutzeri* knee arthritis in a child: case report and review. 16:419-21.

Nithya, A. and Badu, S. (2017). Prevalence of plant beneficial and human pathogenic bacteria isolated from salad vegetables in India. *BMC Microbiology*. 17:64.

Overbeek, L. S., Doom, J. V., Wichers, J. H., Amerongen, A. V., Roermund, H. J., Willemsen, P. T. (2014). The arable ecosystem as bottle ground for emergence of new human pathogens. *Frontiers in Microbiology*.5:1-17.

Prithviraj, B., Weir, T., Bais, H. P., Schweizer, H. P., Vivanco, J. M. (2005). Plant models for animal pathogenesis. *Cell Microbiology*. 7: 315-324.

Regli, A y Pages J. M. (2015). *Enterobacter aerogenes* and *Enterobacter cloacae*; versatile bacterial pathogens confronting antibiotic treatment. *Frontiers in Microbiology*. 6:1-10.

Rojas, D., Zetter, E., Contreras, M., Rocha, M. C., Macias, L., Santoyo, G. (2018). *Pseudomonas stutzeri* E25 and *Stenotrophomonas maltophilia* CR71 endophytes produce antifungal volatile organic compounds and exhibit additive plant growth-promoting effects. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 13:46-52.

Santoyo, G., Moreno-Hagelsieb, G., Orozco-Mosqueda, Ma. Glick, B. (2016). Plant growth-promoting bacterial endophytes. *Microbiological Research*. 183: 92-99.