

Análisis bacteriológico de tuna comercial con y sin cáscara Bacteriological analysis of commercial prickly pear with and without shell

L. Valencia-Hernández ^a, I.A. Angeles-Zamora ^a, E. Rangel Vargas ^a, C.A. Gómez-Aldapa ^a, J. Castro-Rosas ^{a*}

^a Área Académica de Química, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

Resumen

La tuna es un fruto muy popular en México; no obstante, durante su cosecha y comercialización generalmente no se aplican buenas prácticas de higiene, favoreciendo su contaminación con microorganismos patógenos. Se determinó la calidad microbiológica de tunas comercializadas en Pachuca de Soto y Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. Se compraron muestras de tunas con cáscara y sin cáscara en mercados; posteriormente se transportaron al laboratorio. Se cuantificó la presencia de coliformes totales (CT), *Escherichia coli* genérica y la presencia de grupos patógenos de *E. coli* y *Salmonella spp.* por la metodología reportada en la literatura. La concentración de CT para la tuna con cáscara fue de 9.5×10^1 UFC/tuna, con frecuencia del 100%, mientras que para *Salmonella spp.* y *E. coli* genérica del 20%. Para la tuna sin cáscara, se obtuvieron las siguientes frecuencias: *Salmonella spp.* 20%, *E. coli* genérica 25% y coliformes totales 90%; con una concentración de CT de 4.5×10^2 UFC/tuna. Finalmente, se identificaron 4 grupos patógenos de *E. coli*. Es necesario reforzar las medidas de higiene durante la producción de la tuna desde el cultivo hasta su comercialización.

Palabras Clave: Tuna, *Opuntia ficus-indica*, *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, Coliformes.

Abstract

Tuna is a very popular fruit in Mexico; however, generally good hygienic practices are not applied during harvesting and marketing, favoring its contamination with pathogenic microorganisms. The microbiological quality of prickly pears with and without shell marketed in Pachuca de Soto and Mineral de la Reforma, Hidalgo, Mexico was determined. Samples of prickly pears were purchased in markets and later transported to the laboratory. The presence of total coliforms (TC) and generic *Escherichia coli* and the presence of *E. coli* pathotypes and *Salmonella spp.*, was also determined by the methodology reported in the literature. The concentration of TC for the shelled prickly pear was 9.5×10^1 CFU/prickly pear, with a frequency of 100%, while for *Salmonella spp.* and generic *E. coli* it was 20%, for the shelled prickly pear. The following frequencies were obtained, *Salmonella spp.* 20%, generic *E. coli* 25% and TC 90%, with a TC concentration of 4.5×10^2 CFU/prickly pear. Finally, 4 pathotypes *E. coli* were identified. It is necessary to reinforce hygiene measures during the production of prickly pear from cultivation to marketing.

Keywords: Prickly pear, *Opuntia ficus-indica*, *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, Coliforms.

1. Introducción

La tuna (*Opuntia ficus-indica*) es un fruto muy popular y representativo de México; cultivado en varios estados del país principalmente en Aguascalientes, Baja California Sur,

Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas. En México se cosechan diversas variedades, como la tuna blanca de Alfajayucan, la amarilla, la blanca burrón, la blanca

*Autor para la correspondencia: jcastro@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: lvh010507@gmail.com (Lorena Valencia-Hernández), itzelalhelil@gmail.com (Itzel Alheli Ángeles-Zamora), esmeralda_rangel10403@uaeh.edu.mx (Esmeralda Rangel-Vargas), cgoeza@uaeh.edu.mx (Carlos Alberto Gómez Aldapa), jcastro@uaeh.edu.mx (Javier Castro-Rosas)

cristalina, la criolla, la pico chulo y la roja (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023). En el estado de Hidalgo la principal variedad cultivada es la blanca de Alfajayucan, la cual es originaria de Alfajayucan Hidalgo.

La comercialización de la tuna es limitada por ser un fruto de temporada, así como por su elevado contenido de humedad, lo que la hace un producto altamente perecedero, resultando en una vida útil corta (Bugarin-Cardiel et al., 2016). Cabe señalar además que, los daños físicos y mecánicos ocasionados durante la cosecha y el manejo posterior, así como a los daños provocados por fitopatógenos contribuyen a la rápida descomposición de las tunas (Bugarin-Cardiel et al., 2016).

La tuna se suele comercializar principalmente entera, con cáscara y sin espinas, en diversos puntos de venta como centros comerciales, mercados públicos y en la vía pública. Además, en menor medida, también se comercializa sin cáscara y en bolsas de plástico, tanto en mercados públicos como en la vía pública, a temperatura ambiente lo que provoca que la posibilidad de que la tuna vendida en la ciudad de Pachuca pueda contener bacterias patógenas, lo que podría afectar su calidad microbiológica e inocuidad. (Granillo et al., 2019). Debido a la forma en como la tuna se manipula durante la pre- y postcosecha, así como durante la comercialización (Granillo et al., 2019), es posible que la tuna que se comercializa en la ciudad de Pachuca contenga bacterias patógenas que afecten la calidad microbiológica e inocuidad del producto.

No existen reportes sobre la calidad microbiológica de la tuna que se produce y se comercializa en México y en particular, en el estado de Hidalgo. Esto resalta la necesidad de llevar a cabo estudios bacteriológicos detallados para evaluar la calidad e inocuidad de este fruto. El análisis bacteriológico de las tunas permitiría evaluar su calidad microbiológica, identificando la presencia de microorganismos como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*, los cuales son indicativos de falta de higiene en los alimentos (Fernández, 1981; Molina, 2012). *E. coli*, una bacteria fecal presente naturalmente en los intestinos de animales y humanos, actúa como indicador de contaminación fecal reciente. Aunque generalmente no es patógena, existen grupos de *E. coli* que pueden causar gastroenteritis en humanos y animales (Cruz-Cansino et al., 2016). Por otro lado, *Salmonella spp.* un género de bacterias patógenas, se encuentra frecuentemente en frutas y hortalizas debido a la contaminación con materia fecal. Esta bacteria puede sobrevivir varias semanas en el agua y, en condiciones favorables, permanecer dentro de diferentes tejidos vegetales, causando gastroenteritis e incluso la muerte en casos severos (Cortés-Higareda et al., 2021).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad microbiológica de muestras de tuna, tanto con cáscara como sin cáscara, comercializadas en los municipios de Pachuca de Soto y Mineral de la Reforma del estado de Hidalgo, México.

Esto se llevará a cabo mediante la identificación y cuantificación de coliformes totales, *E. coli* y *Salmonella spp.*, utilizando métodos microbiológicos estandarizados, con la finalidad de proponer estrategias de intervención destinadas a mejorar las prácticas de higiene en la producción y comercialización de la tuna en la región, con el fin de reducir el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos entre los consumidores.

2. Materiales y métodos

2.1. Obtención y pretratamiento de las tunas

Se obtuvieron tunas de algunos mercados de los municipios de Pachuca de Soto y Mineral de la Reforma, en el estado de Hidalgo México, los mercados fueron los siguientes: Benito Juárez, Primero de Mayo, Francisco I. Madero y 21 de Marzo, las tunas se adquirieron entre los meses de junio a agosto del 2022.

Cada muestra estuvo compuesta por 5 tunas. Para las muestras de tuna con cáscara se seleccionaron tunas que no tuvieran daños mecánicos visibles, además las tunas seleccionadas tenían un peso entre 100 g a 150 g, mientras que para la selección de las muestras de tuna sin cáscara se tomó en cuenta, su color verde característico y que no tuvieran daños mecánicos visibles. Cada muestra fue de 5 tunas porque así es como se vendían en los mercados, en bolsas con ese número de unidades. Las muestras de tuna con cáscara tuvieron un peso aproximado de 500 g y las tunas sin cáscara de 400 g. Las muestras fueron transportadas al laboratorio en su empaque de venta, bajo condiciones higiénicas, en neveras de poliestireno (temperatura aproximada de 10 °C), y analizadas dentro de las primeras 2 horas posteriores a su compra. Las piezas de tuna que se analizaron no presentaban ningún daño mecánico visible y ningún tratamiento previo.

Se analizaron 20 muestras de tuna con cáscara y 20 muestras sin cáscara, cada muestra estaba conformada por 5 piezas de tuna. Cada muestra fue depositada en una bolsa de plástico estéril a la cual se adicionó 250 mL de caldo lactosado (CL) y se homogeneizaron por agitación manual frotando cada tuna durante 40 s a temperatura ambiente. Posteriormente, fueron retiradas de cada bolsa (Gómez-Aldapa et al., 2013b; 2016; 2017).

2.2. Cuantificación de organismos coliformes totales

La cuantificación de coliformes totales (CT) se realizó mediante la técnica de vertido en placa utilizando agar de bilis y rojo violeta e incubando las cajas a 35° C por 24-48 h (BAM, 2000; Bautista-De León et al., 2013; Gómez-Aldapa et al., 2013b; Torres-Vitela et al., 2013). Se reportó el número de Unidades Formadoras de Colonias por tuna (UFC/tuna) (Gómez-Aldapa et al., 2013).

2.3. Frecuencia de *Escherichia coli*

La investigación de *E. coli* se realizó por la técnica reportada previamente (BAM, 2020; Bautista-De León et al., 2013; Gómez-Aldapa et al., 2013a; 2013b; 2016; 2017; Torres-Vitela et al., 2013). Brevemente, para el pre-enriquecimiento se utilizaron tubos que contenían 9 mL de CL con campana de Durham, y se incubaron a 35° C /24 h. Los tubos que presentaron turbidez y gas se transfirieron (100 µL) a tubos que contenían 3 mL de caldo bilis verde brillante al 2%, con campanas Durham y se incubaron a 45 °C durante 24 - 48 h. Los tubos que presentaron desarrollo y gas se sembraron en agar eosina y azul de metileno (EMB) y se incubó a 35° C / 24 h. Se seleccionaron de 2 a 3 colonias

presuntivas de *E. coli* que se desarrollaron en el EMB y se les realizó la prueba de indol, rojo de metilo, Voges-Proskauer y citrato (IMViC) (BAM, 2020; Bautista-De León et al., 2013; Gómez-Aldapa et al., 2013a; 2013b; 2016; 2017; Torres-Vitela et al., 2013).

2.4. Identificación de grupos patógenos de *Escherichia coli*

Todas las cepas de *E. coli* aisladas y confirmadas mediante pruebas bioquímicas se analizaron mediante dos PCR múltiple (Reacción en Cadena de la Polimerasa) para identificar varias secuencias genéticas asociadas con grupos patógenos de *E. coli*, como se describió anteriormente (Gómez-Aldapa et al., 2013b; 2016; 2017). Brevemente, la primera PCR múltiple identificó las siguientes secuencias genéticas: región para la síntesis de enterotoxinas termoestables y termolábiles (genes *st* y *lt*) para *E. coli* enterotoxigénica; gen *bfp* y de intimina (gen *eaeA*) para *E. coli* enteropatógena; región para la síntesis de toxinas *Shiga* 1 y 2 (genes *stx1*, *stx2*) e intimina (gen *eaeA*) para *E. coli* productora de toxina *Shiga*; y región asociada a invasión (gen *ial*) para *E. coli* enteroinvasiva. La segunda PCR múltiple identificó tres genes de virulencia transmitidos por plásmidos de *E. coli* enteroagregativa incluido el regulón maestro (gen *aggR*), la dispersina (gen *aap*) y el autotransportador Tol C (gen *ataA*).

2.5. Determinación de *Salmonella spp.*

La investigación de *Salmonella spp.* se realizó exactamente como se ha reportado previamente (Gómez-Aldapa et al., 2017). Brevemente, las bolsas que contenían el CL con cada una de las muestras homogeneizadas, se incubaron a 35 °C durante 24 h; posteriormente se transfirió 1 mL de cada bolsa a tubos de ensayo que contenían 9 mL de caldo Tetratiónato o caldo Rappaport-Vassiliadis y se incubaron a 35 °C durante 24 h. Para el aislamiento selectivo se utilizaron cajas de Petri con agar verde brillante, agar MacConkey y agar sulfito de bismuto. Se incubó a 35 °C por 48 h. Se seleccionaron entre 2 a 3 colonias con morfología típica de *Salmonella spp.* de cada medio de cultivo y se sometieron a pruebas bioquímicas empleando agar de hierro y triple azúcar (TSI) y agar de hierro y lisina (LIA). Finalmente, las colonias presuntivas fueron confirmadas como *Salmonella spp.* con anticuerpo polivalente anti-*Salmonella*.

3. Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestran los valores de CT en las tunas con y sin cáscara, respectivamente. Se reportan los valores mínimos, máximos, medianas. En la Tabla 2 se reporta la frecuencia de cada grupo microbiano analizado para las tunas con y sin cáscara, respectivamente.

	Coliformes Totales	
	UFC/tuna	
	Tuna con cáscara	Tuna sin cáscara
Mínimo	2.4×10 ¹	0
Mediana	9.5×10 ¹	4.5×10 ²
Máximo	3.6×10 ⁴	7.9×10 ⁵

Tabla 1. Valores mínimos, máximos y mediana de CT en tuna con y sin cáscara

	CT	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> Patógena	<i>Salmonella</i> <i>spp</i>
Tuna con cáscara	100	20	2	20
Tuna sin cáscara	100	25	5	20

Tabla 2. Frecuencia (%) de CT, *E. coli* genérica, grupos patógenos de *E. coli* y *Salmonella spp* en tuna con y sin cáscara

En la tuna con cáscara, la mediana de la concentración de CT fue de 9.5×10¹ UFC/tuna; mientras que, para la tuna sin cáscara, la mediana fue de 4.5×10² UFC/tuna (Tabla 1).

Respecto a la frecuencia, para el caso de tuna con cáscara, se tuvo un 100, 20, 2 y 20%, para CT, *E. coli* genérica, *E. coli* patógena y *Salmonella spp.*, respectivamente (Tabla 2). Para el caso de la tuna sin cáscara, en general se obtuvieron los mismos resultados que en la tuna con cáscara, solo hubo una ligera diferencia en la frecuencia de *E. coli* genérica (Tabla 2).

Por otro lado, se logró identificar a *E. coli* enteropatógena, *E. coli* enterotoxigénica, *E. coli* productora de toxina *Shiga* y *E. coli* enteroinvasiva (Tabla 3). En la Figura 1 se muestra un ejemplo de la electroforesis en gel de agarosa que se obtuvo y en el que se confirmó a las cepas de *E. coli* patógenas.

De los grupos patógenos identificados el más peligroso fue *E. coli* enteroinvasiva, ya que invade y se multiplica dentro de las células del colon, destruyéndolas, provocando diarrea acuosa o sanguinolenta, acompañada en la mayoría de los casos de fiebre, mientras que los otros tres grupos patógenos de *E. coli*, solo suelen manifestarse por medio de diarrea moderada (Vila & Zboromyrska, 2012). Plevri et al. (2017), señalaron que la tuna con cáscara está altamente expuesta a contaminarse a través del contacto con el suelo, el polvo, el agua y por la manipulación durante la cosecha.

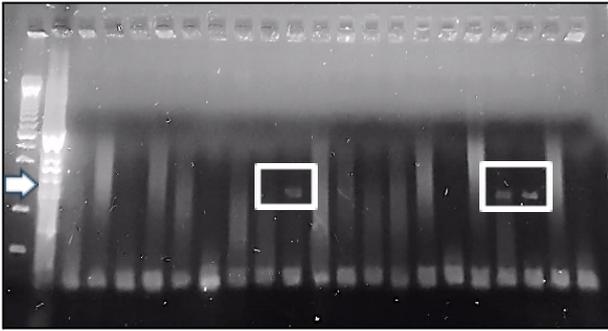


Figura 1. Electroferograma con bandas que identifican el gen *stx2* característico de *E. coli* productora de toxina *Shiga*. Carril 1: Marcador de peso molecular (100 pares de base). Carril 2: Control positivo (señalando por flecha banda de *stx2* con 255 pares de bases). Carriles 11, 19 y 20: muestras 209, 217 y 218, respectivamente, con bandas positivas para gen *stx2* (dentro de recuadro).

Por otra parte, Ángeles-Núñez *et al.* (2014), mencionaron que la manipulación de frutas y hortalizas precortadas, como es el caso de la tuna, puede favorecer la contaminación microbiológica. Así mismo, Plevri *et al.* 2017, mencionaron que *E. coli* se encuentra esporádicamente en frutas, como es el caso de la tuna en niveles muy bajos junto con niveles altos de organismos competidores. No obstante, cabe señalar que la presencia de *E. coli* en la tuna indica exposición a materia fecal, la cual se puede relacionar con el agua de riego, el uso de compostas a base de estiércol y/o las malas prácticas de higiene por parte de los trabajadores (Angeles-Núñez *et al.*, 2014).

Las cepas patógenas de *E. coli* identificadas son capaces de provocar fiebre y diarrea acuosa, ya sea moderada o prolongada (Vila & Zboromyrska, 2012).

Tuna con cáscara	Tuna sin cáscara
<i>E. coli</i> enteropatógena	<i>E. coli</i> enteropatógena
<i>E. coli</i> enterotoxigénica	<i>E. coli</i> enterotoxigénica
<i>E. coli</i> productora de toxina Shiga	
<i>E. coli</i> enteroinvasiva	

Tabla 3. Grupos patógenos de *E. coli* identificados en tuna con y sin cáscara

Los procedimientos de limpieza y desinfección de la tuna, así como la remoción de la cáscara y cortado, son necesarios para que la tuna pueda ser empacada y puesta a la venta. No obstante, si no se realizan bajo adecuadas condiciones de higiene, pueden favorecer la contaminación del producto con microorganismos patógenos como *Salmonella spp.* o grupos patógenos de *E. coli* (Bugarin-Cardiel *et al.*, 2016; Quevedo-Preciado *et al.*, 2005). Cruz-Cansino *et al.* (2016), mencionaron que la refrigeración favorece la sobrevivencia de *E. coli*, por lo tanto, si no se aplican prácticas de higiene durante la obtención de la tuna sin cáscara, es altamente probable que *E. coli* permanezca por más tiempo en las tunas que son refrigeradas durante su almacenamiento.

En general, la tuna sin cáscara presentó mayor carga microbiana (Tablas 1 y 2). Esto sugiere que no se aplicaron correctamente las prácticas de higiene durante la obtención del producto sin cáscara. Además, es posible que las

bacterias se hayan multiplicado sobre la tuna sin cáscara, ya que la tuna es rica en minerales como fósforo, potasio y calcio, también contiene vitaminas A, K, C, B2 y B6, además su comercialización se lleva a cabo a temperatura ambiente, lo cual favorece la multiplicación de los microorganismos (Cruz - Cansino *et al.*, 2016). Ángeles-Núñez *et al.* (2014), mencionaron que el procesamiento de la tuna puede incrementar significativamente la carga microbiana si no se aplican de manera correcta las prácticas de higiene o bien si no se tiene control de la temperatura de almacenamiento del producto procesado. Para mejorar la inocuidad de la tuna y prevenir enfermedades bacterianas en los consumidores, se deben implementar prácticas de higiene rigurosas durante la cosecha y procesamiento, capacitando a los trabajadores y desinfectando adecuadamente la fruta. Es crucial controlar la temperatura durante la comercialización mediante cadena de frío y refrigeradores en los puntos de venta. Además, se deben aplicar Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), controlar la humedad y asegurar un almacenamiento adecuado. Son esenciales las inspecciones regulares y certificaciones de calidad, así como la educación del consumidor sobre prácticas seguras de manipulación. Finalmente, fomentar la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías contribuirá a asegurar la inocuidad de la tuna y de productos similares.

4. Conclusión

Los resultados del estudio destacan la necesidad crítica de mejorar las prácticas de higiene en la producción y comercialización de tunas, tanto con cáscara como sin cáscara.

Los resultados indican que las deficiencias en las prácticas higiénicas están contribuyendo a la presencia de patógenos peligrosos como *Salmonella spp.* y *E. coli* en las tunas comercializadas en Pachuca de Soto y Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. Estas deficiencias aumentan significativamente el riesgo de enfermedades gastrointestinales entre los consumidores. Por lo tanto, es fundamental que los productores, comerciantes y consumidores adopten y refuercen las Buenas Prácticas de Higiene (BPH) para reducir la incidencia de enfermedades transmitidas por alimentos. Esto incluye garantizar una adecuada manipulación y almacenamiento de las tunas a temperaturas controladas, así como la implementación de estrictas medidas de limpieza y desinfección durante todo el proceso de manejo del producto. Al hacerlo, se puede minimizar la contaminación microbiana y proteger la salud pública.

Es recomendable: 1) implementar BPH rigurosamente en todas las etapas de producción y comercialización; 2) capacitar al personal involucrado en el manejo de tunas sobre prácticas higiénicas; 3) monitorear y controlar la temperatura durante el almacenamiento y transporte de las tunas y 4) realizar inspecciones regulares para asegurar el cumplimiento de las normas sanitarias.

Referencias

Angeles-Núñez, J. G., Anaya-López, J. L., Arévalo-Galarza, M. de L., Leyva-Ruelas, G., Anaya Rosales, S., & Martínez-Martínez, T. O. (2014). Análisis de la calidad sanitaria de nopal verdura en Otumba,

- Estado de México. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 5(1). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000100011
- Bautista-De León, H., Gómez-Aldapa, C. A., Rangel-Vargas, E., Vázquez-Barrios, E., & Castro-Rosas, J. (2013). Frequency of indicator bacteria, *Salmonella* and diarrhoeagenic *Escherichia coli* pathotypes on ready-to-eat cooked vegetable salads from Mexican restaurants. *Letters in applied microbiology*, 56(6), 414-420.
- Boucher, F., Ocampo-Ochoa, F., Antonio, R., Roldán-Cruz, E. I., Godínez, G. M. M., Zavala, B. & Jiménez, A. (2017). Caracterización del SIAL nopal verdura y fruta en el estado de Hidalgo. México: Colegio del estado de Hidalgo. Ed. Elementum. <http://www.iica.int> y <http://www.elcolegiodehidalgo.edu.mx>. P.p. 13-43.
- Bugarin-Cardiel, E., Ramírez-Baca, P., Martínez-García, J. J., Candelas-Cadillo, M. G. (2016). Textura, Nivel de Agrado y Propiedades Físicoquímicas de Tuna Blanca (*Opuntia ficus-indica*) en Rebanadas Sometidas a Criocongelación para su Conservación. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 327–333. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volumel1/2/3/57.pdf>
- Cortés-Higareda, M., Bautista-Baños, S., Ventura-Aguilar, R. I., Landa-Salgado, P., & Hernández-López, M. (2021). Bacterias patógenas de los alimentos agrícolas frescos y mínimamente procesados. Estado actual en el control del género *Salmonella*. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 22(1). <https://www.redalyc.org/journal/813/81367929003/html/>
- Cruz-Cansino, N. del S., Reyes-Hernández, I., Delgado-Olivares, L., Jaramillo-Bustos, D. P., Ariza-Ortega, J. A., & Ramírez-Moreno, E. (2016). Effect of ultrasound on survival and growth of *Escherichia coli* in cactus pear juice during storage. *Brazilian Journal of Microbiology*, 47(2), 431–437. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.01.014>
- Feng, P., Weagant, S. D., Grant, M. A., & Burkhardt, W. (2020). Bacteriological analytical manual chapter 4: enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. Food and Drug Administration, Silver Spring, Maryland, USA. Available from: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-4-enumeration-escherichia-coli-and-coliform-bacteria#conventional> consultado el 24 de junio del 2024.
- Fernández, E.E. (1981). Microbiología sanitaria. Agua y alimentos. Ed. Universidad de Guadalajara., México. P.p. 209-349
- Gómez-Aldapa, C. A., Cerna-Cortes, J. F., Rangel-Vargas, E., Torres-Vitela, M. R., Villarruel-López, A., Gutiérrez-Alcántara, E. J., & Castro-Rosas, J. (2016). Presence of multidrug-resistant Shiga toxin-producing *Escherichia coli*, enteropathogenic *E. coli* and enterotoxigenic *E. coli*, on raw nopalitos (*Opuntia ficus-indica* L.) and in nopalitos salads from local retail markets in Mexico. *Foodborne pathogens and disease*, 13(5), 269-274.
- Gómez-Aldapa, C. A., Gutiérrez-Alcántara, E. J., Torres-Vitela, M. R., Rangel-Vargas, E., Villarruel-López, A., & Castro-Rosas, J. (2017). Prevalence and behavior of multidrug-resistant *Salmonella* strains on raw whole and cut nopalitos (*Opuntia ficus-indica* L.) and on nopalitos salads. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(12), 4117-4123. doi: 10.1002/jsfa.8279.
- Gómez-Aldapa, C. A., Rangel-Vargas, E., & Castro-Rosas, J. (2013) a. Frequency and correlation of some enteric indicator bacteria and *Salmonella* in ready-to-eat raw vegetable salads from Mexican restaurants. *Journal of Food Science*, 78(8), M1201-M1207.
- Gómez-Aldapa, C. A., Torres-Vitela, M. D. R., Acevedo-Sandoval, O. A., Rangel-Vargas, E., Villarruel-López, A., & Castro-Rosas, J. (2013) b. Presence of Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli*, Enteroinvasive *E. coli*, Enteropathogenic *E. coli*, and Enterotoxigenic *E. coli* on tomatoes from public markets in Mexico. *Journal of food protection*, 76(9), 1621-1625.
- Molina, L. K. G. (2012). Determinación de la calidad microbiológica en punto de venta de chile jalapeño (*Capsicum annum*) y chile serrano (*C. annum* var *accumdatum*) e identificación de peligros microbiológicos durante su cultivo. México: Universidad Autónoma de Nuevo León. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/3076/1/1080227469.pdf>
- Plevri, N., Demertzis, P. G., & Akrida – Demertzi, K. (2017). Microbiological Evaluation of Fruits of the Prickly Pear (*Opuntia Ficus Indica* L. Miller) Collected In Greece. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 10(4), 31-38. doi:10.9790/2380-1010043138
- Quevedo-Preciado, K. L., Villegas-Ochoa, M. A., González-Ríos, H., & Rodríguez-Félix, A. (2005). Calidad de Nopal Verdura Mínimamente Procesado, Efecto de Temperatura e Inhibidores del Oscurecimiento. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(3), 261–270. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/28-3/10a.pdf>
- Torres-Vitela, M. D. R., Gómez Aldapa, C. A., Cerna-Cortes, J. F., Villarruel-López, A., Rangel-Vargas, E., & Castro-Rosas, J. (2013). Presence of indicator bacteria, diarrhoeagenic *Escherichia coli* pathotypes and *Salmonella* in fresh carrot juice from Mexican restaurants. *Letters in Applied Microbiology*, 56(3), 180-185
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023). Arranca temporada de tuna con abasto garantizado y crecimiento en valor de producción. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/arranca-temporada-de-tuna-con-abasto-garantizado-y-crecimiento-en-valor-de-produccion?idiom=es>, consultado el 23 de junio del 2024.
- Vila, E. J., & Zboromyrska, Y. (2012). Brotes epidémicos causados por *Escherichia coli* diarreagénicas. *Gastroenterología y hepatología*, 35(2), 89–93. <https://doi.org/10.1016/j.gastrohep.2011.10.007>