

Determinación de la presencia de *Escherichia coli* en la cáscara y parte comestible del banano y evaluación de su crecimiento durante el proceso de postcosecha y almacenamiento a temperatura controlada.

Beathris Girón Revolorio; Floridalma Cano Granados; Lizeth Monney Castillo; Ángela Méndez Mora; Héctor Espinoza García;

Determinación de la presencia de *Escherichia coli* en la cáscara y parte comestible del banano y evaluación de su crecimiento durante el proceso de postcosecha y almacenamiento a temperatura controlada.

Revista Científica, vol. 28, núm. 2, 2019

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Determinación de la presencia de *Escherichia coli* en la cáscara y parte comestible del banano y evaluación de su crecimiento durante el proceso de postcosecha y almacenamiento a temperatura controlada.

Determination of the presence of *Escherichia coli* in the peel and edible part of the banana and evaluation of its growth during the post-harvest process and storage at controlled temperature.

Beathris Girón Revolorio
Servicios Integrados MGA- Mejora-Gestión- Apoyo,
Guatemala
bmgiron@gmail.com

Floridalma Cano Granados
Laboratorio Servicio Industrial Microbiológico, SIM.,
Guatemala
simguatemala@yahoo.com

Lizeth Monney Castillo
Servicios Integrados MGA-Mejora-Gestión-Apoyo,
Guatemala
lizethmonney@yahoo.com

Ángela Méndez Mora
Asociación de Productores Independientes de Banano
(APIB), Guatemala
amendez@apib.org.gt

Héctor Espinoza García
Asociación de Productores Independientes de Banano
(APIB), Guatemala
hespinoza@apib.org.gt

Recepción: 01 Agosto 2018
Aprobación: 21 Mayo 2019

RESUMEN:

Ante la necesidad de garantizar alimentos inocuos para los consumidores, las agroindustrias han implementado prácticas preventivas y desarrollado investigación que respalde sus procesos. El gremio productor de banano en Guatemala precisó determinar la presencia de *Escherichia coli* en la cáscara y parte comestible de la fruta, y el crecimiento de esta bacteria durante la postcosecha y almacenamiento. El estudio se realizó en cuatro plantas empacadoras de banano en Guatemala con dos objetivos: el primero determinar si la bacteria *E. coli* logra infiltrarse hacia la parte comestible del banano durante el lavado postcosecha, y el segundo, determinar si existe presencia de *E. coli* en la cáscara del banano en estiba y en simulación de almacenamiento a temperatura controlada. Para el primer objetivo se recolectaron al azar dos cajas de banano de una empacadora, que fueron trasladadas al laboratorio donde se replicaron las condiciones de la pileta de lavado y se introdujo *E. coli* de manera intencional; posteriormente, se utilizó el método de número más probable, para analizar el macerado de la fruta. Para el segundo objetivo, se recolectaron al azar cinco cajas de banano provenientes de tres empacadoras, se realizaron muestreos en la cáscara de dos bananos por caja, tanto en estiba, como durante el almacenamiento a temperaturas entre 17 y 18 °C, los días 4 y 18. Los resultados indicaron ausencia de *E. coli* en la parte comestible de la fruta y en la cáscara del banano durante el proceso de estiba y almacenamiento en los tiempos evaluados.

PALABRAS CLAVE: permeabilidad, cáscara de banano, pulpa de banano, *Escherichia coli*, agua de lavado.

ABSTRACT:

To ensure innocuous food for consumers, agroindustries have implemented preventive practices and have developed research that supports their processes. The banana producing guild in Guatemala required to determine the presence of *Escherichia coli* in the peel and edible part of the fruit, and to determine the growth of this bacteria during postharvest and storage processes. The study was carried out in four banana packing plants in Guatemala with two objectives; the first one was to determine if *E. coli* is able to infiltrate the edible part of the banana during postharvest washing. The second objective was to determine if there is *E. coli* in the banana peel at stowage and in simulation of controlled temperature storage. For the first objective, two boxes of banana were randomly collected from a packing line, then were transferred to the laboratory where the conditions of the washing tank were replicated and *E. coli* was introduced intentionally. The most probable number method was used to analyze the maceration of the fruit. For the second objective, five boxes of bananas were randomly collected from three packing plants. Samplings were made to the peel of two bananas per box, at stowage, and then during storage at temperatures between 17 and 18° C, during the 4th and 18th day. The results indicated absence of *E. coli* in the edible part of the fruit and in the banana peel at stowage area, and at controlled storage temperature during the evaluation time.

KEYWORDS: permeability, banana peel, banana pulp, *Escherichia coli*, washing water.

INTRODUCCIÓN

En enero del 2000 la Comisión Europea adoptó el “Libro Blanco sobre la Inocuidad Alimentaria” y volvió el tema de la inocuidad alimentaria una de sus altas prioridades. Posteriormente se creó en 2011 la Ley de Modernización de Inocuidad de los Alimentos (Food Safety Modernization Act [FSMA] por sus siglas en inglés) para renovar el sistema de inocuidad alimentaria en los Estados Unidos y prevenir problemas de propagación de enfermedades. La versión final de la Ley fue publicada el 27 de noviembre de 2015 y entró en vigencia el 26 de enero de 2016, fijando estándares de inocuidad para los grandes, medianos y pequeños productores tanto dentro como fuera de los Estados Unidos.

En Guatemala un 95.4% de la producción de banano es exportada a Estados Unidos y el 4.6% restante se dirige a países europeos y de Asia (Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala, 2016), lo que hace de la inocuidad de alimentos un tema prioritario e importante para el sector bananero guatemalteco.

Las nuevas disposiciones de la Ley FSMA suponen una evolución en los procesos preventivos, con el fin de garantizar alimentos inocuos y libres de contaminación física, química y biológica. En esta última clasificación los microorganismos *Salmonella* spp. y *E. coli* O157:H7 pueden llegar a ser un problema para la inocuidad del banano, si se considera que una ruta probable de contaminación biológica o transmisión de contaminación es el agua y que durante el manejo postcosecha el banano es vaciado en piletas con agua, para facilitar su movimiento en la línea de empaque, prevenir magulladuras y llevar a cabo principalmente el proceso de lavado o desleche de la fruta (Ríos, Agudelo & Gutiérrez, 2017).

Durante el proceso de postcosecha los bananos frescos son sumergidos o se mantienen flotando en el agua de lavado, dicha agua según su naturaleza y composición, puede llegar a contener patógenos o microorganismos causantes de pudriciones, lo que a su vez puede significar un mayor riesgo de infiltración de patógenos hacia la parte comestible de la fruta. Rushing et.al. (2012), consideran que “si el producto tibio es sumergido en agua fría, el espacio intercelular adentro del producto se contrae a medida que se enfría y extrae cantidades diminutas de agua a través del pedúnculo u otras aberturas naturales o puntos de separación. Pudiendo ocurrir también la congestión de agua a través de pequeños cortes o abrasiones hacia el interior del producto” (p.15). Incrementándose el riesgo conforme más tiempo permanece el fruto sumergido.

Las pruebas de infiltración en productos frescos han sido muy comunes para observar mediante tinciones qué tanto penetra el agua contaminada en el fruto. Para el caso del banano, la Asociación de Productores Independientes de Banano (APIB), con la finalidad de comprobar visualmente y de una forma sencilla la permeabilidad de la cáscara del banano, a principios del 2018 utilizando un colorante fuerte, evaluó el riesgo de infiltración del mismo hacia la pulpa. En conclusión no se encontró evidencia visual de que el colorante haya infiltrado a través de la cáscara luego de ser expuesto y sumergido en el mismo durante dos horas. Esto no

pasa en otros cultivos como el melón, donde es más común hacer este tipo de pruebas, y donde los resultados han demostrado que exponiéndolo a concentraciones de *Listeria monocytogenes* en el orden de 10⁶ UFC/mL por periodos de 30 min, el daño que puede llegar a causar el patógeno se ve reflejado al alcanzar diferentes zonas del mesocarpo (Macarisin et al., 2017).

Rushing et al. (2012), ha afirmado que las enfermedades humanas no han sido asociadas con el consumo de bananas frescas, ya que el “banano es una fruta de bajo riesgo y que el riesgo de la infiltración es mínimo porque las bananas tienen una presión interna positiva que empuja el latex desde los tallos cortados” (p.16).

Adicionalmente, se han realizado investigaciones sobre las cualidades antimicrobianas de los extractos de la cáscara de bananos sin madurar, principalmente con fines farmacológicos, demostrando que existe una acción en contra de *Staphylococcus aureus* y *E. coli* ATTC 25922 (extractos en etanol) (Ugoji, Adenipekun, Fagbemi, & Adelowotan, 2009); así como en contra de *Staphylococcus* y *Pseudomonas* (extractos acuosos) (Zafar & Akter, 2011). Sin embargo, se carece de un estudio local cuyo principal enfoque sea la inocuidad de los alimentos y sobre cómo estas características específicas de la fruta suponen una ventaja para su manejo en postcosecha.

La necesidad de evitar la contaminación cruzada agua-fruta ha instaurado el uso de cloro como principal agente antimicrobiano y su monitoreo se realiza por titulación colorimétrica dando el resultado en partes por millón. Sin embargo, hoy en día se ha requerido de sistemas más precisos y de fácil registro para monitorear la adecuada desinfección durante el proceso de postcosecha, desde el lavado hasta su conservación a temperatura controlada y refrigeración. Por tal motivo, cada vez son más los empacadores de productos frescos que utilizan sensores para determinar el potencial de óxido reducción (ORP por sus siglas en inglés) para monitorear el estado de sus sistemas de desinfección del agua y estandarizar los parámetros que lo validan (Suslow, 2004). De hecho, el manual estandarizado diseñado por la Produce Safety Alliance (el cual surge como herramienta de implementación de la Food Safety Modernization Act) recomienda el uso de este parámetro para monitorear la efectividad de los desinfectantes en el agua (College of Agriculture and Life Sciences. Cornell CALS, 2017).

En este sentido, desde 1968 se han realizado numerosas pruebas para determinar el grado de desinfección en el agua principalmente de piscinas, destacando que la medición de ORP posee numerosas ventajas prácticas para ser utilizada como parámetro de adecuada desinfección del agua (Suslow, 2004). Esto ha permitido llegar a determinar que el indicador clave para evaluar calidad microbiológica del agua es el ORP y no la concentración en partes por millón (ppm) de cloro libre. El nivel recomendado de ORP es aquel que oscila entre los 650 y 750 mV (Steininger, 1985), a este valor bacterias como *E. coli* O157:H7 y especies de *Salmonella* pueden morir en treinta segundos de exposición (Suslow, 2004). De ahí, que el manual estandarizado diseñado por la Produce Safety Alliance para implementar la ley FSMA sugiera valores de 700 a 825 mV en desinfectantes a base de cloro (College of Agriculture and Life Sciences. Cornell CALS, 2017).

Entre enero y junio de 2018 diferentes fincas productoras de banano de APIB han realizado pruebas para estabilizar el ORP a los valores citados anteriormente (700-825 mV). Las pruebas han abarcado el uso de hipoclorito de calcio en pastillas, hipoclorito de sodio en forma líquida, cloro orgánico (PROVITAB 3â) en pastillas, cloro orgánico (PROVITAB 3â) granulado, ácido peracético y peróxido de hidrógeno. Los resultados mostraron que, al utilizar hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio para alcanzar los ORP requeridos, el consumo del químico aumentaba alrededor de siete veces más de lo utilizado comúnmente, por ejemplo: se pasaba de consumir entre 25 y 30 pastillas de hipoclorito de calcio diarias (para mantener 2 ppm en los rociadores de llenado de las piletas) a consumir 200 pastillas (para mantener ORP en 650 mV en el agua propiamente de la pileta); lo cual incrementaba los costos entre un 100% y un 600% dependiendo de las características químicas del agua (hierro, manganeso, dureza). Otro factor observado ha sido que el uso de altas concentraciones de hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio en el agua expone la fruta al daño conocido como “quemado”, reduciendo su calidad. En el caso de pruebas con otros agentes desinfectantes

como ácido peracético, peróxido de hidrógeno o cloro orgánico se incrementaron los costos diarios de operación en un 700% a 1000% (De León et al., 2018).

Ante este incremento de los costos económicos se trató de establecer con esta investigación una adecuada relación entre las necesidades de desinfección del agua y las características propias del banano, mediante dos objetivos principales: (a) determinar si la bacteria *E. coli* logra infiltrarse a la parte comestible del banano durante el proceso de poscosecha, específicamente en la fase de lavado y desleche de la fruta, utilizando agua contaminada con *E. coli* a razón de 60,000 UFC/mL y (b) determinar si la *E. coli* tiene presencia en la cáscara del banano en su llegada a estiba y durante una simulación de su transporte a puerto en condiciones de temperatura controlada. Lo que permitirá promover la discusión al respecto del tema, principalmente en un cultivo de bajo riesgo como lo es el banano.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología del estudio se realizó según los objetivos planteados, considerando para ambos casos; una fase de campo y una de laboratorio.

La primera fase se llevó a cabo en la empacadora SI-03, ubicada en Santo Domingo, Suchitepéquez, Guatemala, donde se observó y registró el proceso por el cual pasa la fruta durante su ingreso a la planta empacadora. Se dio énfasis a la pileta de desleche, por ser el sitio en que el banano permanece la mayor parte del tiempo sumergido en agua (entre 15 y 30 min), antes de continuar con el proceso de empaque. Las pileta de desleche recibía agua con hipoclorito de calcio desde los rociadores a una concentración de 2 ppm, y contiene un producto conocido como Laterox, con la función de remover el látex de la fruta. Se llevó a cabo en la pileta de desleche la determinación de tres importantes parámetros: pH (7.5), temperatura (26 °C) y cloro residual (0 ppm), con el fin de replicar posteriormente en laboratorio esas condiciones. De la línea de empaque se recolectaron al azar, dos cajas de bananos para exportación (aproximadamente 200 bananos), con el objetivo de utilizarlos en el laboratorio para replicar el proceso y hacer las pruebas correspondientes. Durante su traslado al laboratorio las cajas se envolvieron en papel manila para protegerlas de contaminación externa y fueron llevadas a temperatura ambiente el mismo día en que fueron tomadas. Una vez en laboratorio, en un recipiente cuadrado de plástico con 20 L de agua se simularon las condiciones de la pileta de desleche, utilizando como referencia los parámetros registrados durante la visita a la planta empacadora. Se procedió a contaminar el agua del recipiente plástico con 2.0 mL de un cultivo de 24 h de *E. coli* ATCC 2592 en caldo lactosado.

Por medio del método de Recuento Aeróbico en Placa (APHA-AWWA-WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23th ed., 2017. 9215. B Heterotrophic plate count) se cuantificaron las unidades formadoras de colonias por mL de agua contaminada. El resultado obtenido fue de 60,000 UFC/mL. Estudios de desafío similares al que se plantea se han practicado para determinar la eficiencia de diferentes agentes desinfectantes en manzanas, lechugas, fresas y melones utilizando inóculos de *E. coli* O157:H7 y *Listeria monocytogenes* que alcanzan concentraciones de 108 UFC/mL (Rodgers, Cash, Siddiq, & Ryser, 2004).

Como criterio para definir el número de muestras se acataron las recomendaciones de la Comisión de Codex Alimentarius (2004) General guidelines on sampling y el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 67.04.50:08 que establecen planes de muestreo para reflejar las condiciones microbiológicas de un lote de producción de alimentos, considerando tipo de preocupación y peligro. El banano se encuentra en el grupo 4, subgrupo 4.1, tipo de riesgo C (alimentos que por su naturaleza, composición, proceso y manipulación tienen una baja probabilidad de causar daño a la salud) y para *E. coli* se establece un plan de muestreo de tres clases (aceptable, medianamente aceptable y no aceptable), con al menos 5 unidades por lote ($n = 5$) y número máximo de dos unidades de muestra que pueden contener el microorganismo analizado ($c = 2$), con límites de 10 UFC/g (Consejo de Ministros de Integración Económica Centroamericana, 2009).

Para este estudio, c se redujo a 0 ($c = 0$) y el límite aceptable se definió como ausencia (0 UFC/g), dado que se trataba de la parte comestible de la fruta.

Se seleccionaron 20 bananos para ser sumergidos en el agua contaminada intencionalmente con *E. coli*, tomando en cuenta la integridad de la cáscara y que no presentaran daño mecánico. Las frutas seleccionadas se sumergieron por un tiempo de 15 y 30 min. A los 15 min se extrajeron 10 bananos y a los 30 min los otros 10 bananos usando guantes estériles. Se definió tomar 10 muestras por tratamiento dado que se requerían al menos cinco unidades para el plan de muestreo descrito con anterioridad. Al tomar 10 muestras por tratamiento se aseguró de duplicar la cantidad mínima recomendada. Se fijó esta cantidad por conveniencia, al considerar la limitante económica del costo por cada análisis en el laboratorio.

Se tomó una muestra de toda la cáscara de cada banano con un hisopo estéril humedecido con Caldo Neutralizante Caldo D/E (Dey-Engley) contenido en tubos de ensayo con 10 mL cada uno. El hisopo se regresó al caldo y se procedió a cuantificar *E. coli* por el método de recuento en placa (APHA. 9.933 VRBA/MUG Method for *E. coli* and Coliforms) para informar UFC/cáscara de cada banano. Seguidamente los bananos muestreados se colocaron sobre servilletas estériles y se les realizó a cada uno el corte de sus extremos con cuchillo estéril. Para evitar contaminación de la cáscara a la parte comestible, primero se desinfectó con un algodón con etanol al 70 %. La parte comestible se extrajo con una cuchara estéril y se introdujo en una bolsa whirl pack para su macerado. De esa muestra se pesaron 50 g del macerado y se analizó de acuerdo con el método del NMP (APHA-American Public Health Association. 9.91-9.92 *E. coli* Most Probable Number (MPN) technique).

Durante la segunda fase del estudio para determinar presencia de *E. coli*, en la etapa de estiba se recolectaron al azar directamente de la línea de empaque, cinco cajas de bananos (A, B, C, D y E) procedentes de tres empacadoras distintas ubicadas en Caballo Blanco, Retalhuleu, Guatemala. Para las tres empacadoras se reportaron concentraciones de cloro residual en la pileta de desleche de 0.2 ppm y de 0.4 ppm en aspersores. Las cajas A y B fueron tomadas de la empacadora CS-09, la caja C de la empacadora E01-1, la caja D de la empacadora E01-2 y la caja E de la empacadora CV-07. Las cajas B, C, D y E fueron sometidas a una etapa habitual en el proceso, de fumigación con fungicidas (tiabendazole y azoxystrobin); en la caja A se omitió la fumigación.

Las cinco cajas se colocaron en la zona de estiba, y en cada una se identificaron dos manos (se denomina mano a un conjunto que varía de 5 a 8 bananos unidos por la corona) y de estas se seleccionaron dos dedos (bananos), a los cuales se les realizó, empleando el método del hisopo, un muestreo, de manera que se tomaron cinco muestras (una muestra procedente de cada caja) cada dos horas (10:18, 12:30, 14:30, 16:44 h), para un total de veinte muestras. La temperatura media durante este período de muestreo fue de 26 °C. Las mismas cinco cajas fueron almacenadas posteriormente en un cuarto frío a temperaturas entre los 17 °C y 18 °C, dado que temperaturas de 11 °C a 12 °C podrían producir daños por enfriamiento y los contenedores de transporte y las cámaras de maduración suele funcionar entre 14 °C y 18 °C (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2000). El acondicionamiento de las cajas en el cuarto frío, consideró la colocación de papel en las aberturas de las cajas para evitar contaminación al apilarlas. El día 4 de almacenamiento se realizaron cinco muestras (una por cada caja) a las 7:54 h y el día 18 de almacenamiento se realizaron cinco muestras (una por cada caja) a las 10:50 h; para un total de treinta muestras entre los tres días (día 1 = 20, día 4 = 5, día 18 = 5). Las muestras fueron trasladadas al laboratorio a temperatura controlada de acuerdo a indicaciones del personal técnico. A partir del caldo neutralizante D/E se procedió a determinar la presencia de *E. coli* de acuerdo con el método APHA-American Public Health Association, 9.933 VRBA/MUG Method *E. coli* and Coliforms. Donde el resultado se informó como UFC (unidades formadoras de colonias) /2 bananos para *E. coli*.

El número de muestras en esta fase se definió por conveniencia ($n = 30$) e igualmente teniendo en cuenta el criterio de al menos 5 unidades por lote ($n = 5$) establecido por el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 67.04.50:08 para la vigilancia de *E. coli* en frutas frescas como el banano.

RESULTADOS

Aunque en algunos países por disponibilidad limitada del recurso puede omitirse el uso de agua durante el proceso de postcosecha (Mencarelli & Mejía, 2004), en las prácticas de la región centroamericana los bananos frescos son sumergidos en el agua de lavado, el agua según su naturaleza y composición, puede llegar a contener patógenos o microorganismos causantes de pudriciones, lo que a su vez puede significar un mayor riesgo de infiltración de patógenos hacia la parte comestible de la fruta. Sin embargo, luego de sumergir los bananos en agua contaminada con *E. coli* (a razón de 60,000 UFC/mL) durante un tiempo de 15 y 30 min, no se detectó presencia de *E. coli* en la parte comestible de la fruta (pruebas en macerados) a pesar de que la pulpa fue extraída de frutas que mostraron un alto grado de contaminación por *E. coli* en su cáscara, con valores que iban desde las 7,400 UFC/cáscara en la muestra 7, hasta las 18,200 UFC/cáscara en la muestra 3 para un tiempo de inmersión de la fruta de 15 min y; desde las 7,700 UFC/cáscara para la muestra 3, hasta las 21,900 UFC/cáscara para la muestra 10, para un tiempo de inmersión de 30 min, obteniéndose para ambas condiciones resultados de no detectable en parte comestible, para un total de veinte muestras negativas.

Así mismo, se determinó en la segunda fase del estudio, que durante la permanencia de la fruta en estiba (día 1) y en las primeras horas de muestreo (10:18, 12:30, 14:40, 16:44 horas) a una temperatura media de 26 °C, las veinte muestras realizadas a las cáscaras de banano no mostraron presencia de *E. coli*. Este resultado se repitió tanto en las cinco muestras tomadas el día 4, como en las cinco muestras tomadas el día 18, después de almacenar las cajas en el cuarto frío a temperatura controlada entre los 17 °C y 18 °C, para un total de treinta muestras negativas.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se ha demostrado que el riesgo de contaminación microbiológica cruzada desde el agua hacia la parte interna del banano es bajo cuando la cáscara no presenta daño mecánico y que además, el estado de maduración del banano (verde), contribuye a mantener las condiciones de rigidez de la cáscara, dándole una condición de impermeabilidad que cumple una función importante en la inocuidad de la fruta, principalmente en su parte comestible, protegiéndola de contaminación por *E. coli* incluso hasta 30 min después de estar sumergida en agua contaminada. Es importante señalar que aunque el banano en promedio experimenta 30 min de inmersión en el proceso de lavado, un tiempo mayor sí podría, de acuerdo con Ben-Yehoshua & Mercier (2005) “eliminar parte de las ceras naturales de la cáscara”, haciéndola más susceptible, por lo que es muy importante monitorear tanto los tiempos en el proceso de lavado, como la temperatura del agua” (citado en Ramírez et al., 2011).

La condición de impermeabilidad en la cáscara del banano, principalmente tiene lugar en la su composición química, la cual posee entre 70% de almidón en base seca de frutas en estado inmaduro (Blasco & Gómez, 2014) y 80% de almidón, hemicelulosa y celulosa (Moreira Carrion, 2013), específicamente Wachirasiri, Julakarangka y Wanlapa (2009) indican que la cáscara de banano posee entre el 7% y 12% de celulosa, 6.4% y 9.6% de lignina y entre un 6.4 a 8.4% de hemicelulosa; lo que le permite tener una cáscara de estructura rígida natural que funciona como una barrera difícil de penetrar por microorganismos. Así mismo, dentro de las características de protección natural de la fruta, es importante mencionar el látex, tanto en la planta de banano como en el fruto, donde, de acuerdo con Kallarackal et al. (1986), citado en Ramírez et al. (2011), “cumple con la función biológica de retrasar y en ocasiones de suprimir el desarrollo de hongos y bacterias que puedan afectar partes de la planta antes de alcanzar su madurez fisiológica o perder su utilidad funcional”. Anhwange, Ugye, & Nyiaragher (2009) hacen mención además, de la existencia de ácido cianhídrico, sustancia especialmente venenosa y oxalato en concentraciones de 1.33 mg/g and 0.51 mg/g, respectivamente (que permanecen dentro de los límites seguros para la salud humana (0.5-3.5 mg/g)), pero que probablemente no son inofensivos para los microorganismos. Es importante resaltar también que existen

numerosas investigaciones que evidencian las cualidades antimicrobianas de los extractos de la cáscara de bananos sin madurar, principalmente con fines farmacológicos, demostrando que existe una acción en contra de *Staphylococcus aureus* y *E. coli* ATTC 25922 (extractos en etanol) Ugoji et al. (2009); como en contra de *Staphylococcus aureus* (extractos acuosos y etanólicos) (Romero, 2018); y en contra de *Staphylococcus* y *Pseudomonas* (extractos acuosos) (Zafar & Akter, 2011).

Esta condición de impermeabilidad, aunada a otras condiciones bioquímicas es muy importante si se considera que el agua en la fase de postcosecha es utilizada para proteger de golpes la fruta y moverla durante el proceso, así como para el lavado de la misma, y que la presencia de *E. coli* en el agua es un indicador de reciente contaminación por aguas residuales o contaminación por residuos de animales y que se puede transmitir por el consumo de alimentos contaminados, la contaminación fecal del agua o a través de la contaminación cruzada (Rock & Rivera, 2014). Existen numerosos ejemplos de alimentos implicados en brotes de *E. coli* O157: H7 y un número creciente de brotes asociados al consumo de frutas y verduras (principalmente coles, espinacas y lechugas) contaminadas por el contacto con las heces de animales domésticos o salvajes en algún momento durante su cultivo o manipulación (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2018).

Se logró determinar la ausencia de *E. coli* en la cáscara del banano que estuvo en estiba y en el que fue expuesto durante 18 días a condiciones simuladas de transporte y almacenamiento, donde la temperatura estuvo en el rango de los 17 a 18 °C. Los resultados se mantuvieron para los 30 hisopados realizados durante los tres días de muestreo, aún con una concentración de cloro residual de 0.2 ppm en las piletas de las empacadoras de donde se tomó la fruta, la cual es menor que el límite máximo aceptable recomendado por la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR, NTG 29,001 1999: 2013 primera revisión, en la norma se establece un límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre de 0.5 ppm con el propósito de reducir en un 99% la concentración de *E. coli* y ciertos virus. Por lo tanto, se evidenció que al tener bananos libres de *E. coli* en estiba, se garantiza que no exista crecimiento de bacterias durante el almacenamiento, a pesar de que estén presentes condiciones que puedan potenciar su desarrollo, o bien, como indican Castro, Chaidez, Rubio, y Valdez (2004) que la temperatura de refrigeración no constituye una limitante en el desarrollo y sobrevivencia de estos organismos patógenos una vez los alimentos estén contaminados.

El Servicio de Inocuidad e Inspección de los Alimentos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés), (2010), establece que las “condiciones favorables para el crecimiento rápido de las bacterias son aquellas que presentan un rango de temperatura entre 4.4 °C y 60 °C”. Sin embargo, otros estudios realizados indican que si bien puede darse crecimiento bacteriano en rangos de temperatura adecuados, el crecimiento de cepas patógenas de *E. coli* puede controlarse cuando los alimentos tienen periodos de exposición a ciertas temperaturas. Por ejemplo: a temperaturas de 4°C el crecimiento se inhibe por 2 hasta 28 días, mientras que al aumentar la temperatura a 20°C puede retardarse sólo por 6 h o menos (Jiménez García, 2016). Lo que coincide con lo señalado por el Servicio de Inocuidad e Inspección de los Alimentos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2010), al indicar que la refrigeración a 4.4 °C o menos, puede proteger la mayoría de los alimentos, incluso detener el crecimiento bacteriano.

Los resultados obtenidos son importantes para el sector bananero del país, porque confirman la resistencia natural que tiene la fruta ante la contaminación bacteriana por *E. coli*, hacia su parte interna, en condiciones íntegras del fruto (sin daños mecánicos); lo cual se constituye como una ventaja competitiva si se compara con otros cultivos como el melón, que tienden a ser más permeables.

Se logró determinar que el consumo de la parte interna (pulpa comestible) del banano no sería una vía para la contaminación por *E. coli*, que represente un riesgo para la salud de los consumidores, sino que el riesgo para el consumidor residirá en una cáscara contaminada con *E. coli*, desde la cual se pueda transferir el microorganismo durante la manipulación antes del consumo; por lo cual, es también muy importante que durante todo el proceso de empaque y almacenamiento, se logre “elevar los conocimientos de los manipuladores mediante una educación sanitaria con técnicas participativas e incrementar la capacitación

técnica de los supervisores, con la finalidad de mantener un control sanitario sobre la base del análisis de los riesgos para actuar eficientemente en su prevención” (Caballero & Lengomín, 1998, p. 22), garantizándose así que la cáscara no llegue a ser una vía de contaminación cruzada.

En síntesis, los resultados permitieron demostrar la capacidad que tiene el banano, principalmente por las características de su cáscara (a nivel bioquímico, como la actividad antibacterial y antioxidante que se da en la cáscara de banano verde) (Mokbel & Hashinaga, 2005) para resistir la entrada de la bacteria a su parte comestible. Lo que suma valor si se considera que históricamente en banano no se han reportado casos de contaminación por *E. coli*, pues “aunque estanques de agua grandes pueden ser usados por largos períodos, el riesgo de la infiltración es mínimo porque las bananas tienen una presión interna positiva que empuja al látex desde los tallos cortados (...). Las enfermedades humanas no han sido asociadas con el consumo de bananas frescas” (Rushing et al. 2012, p 16).

REFERENCIAS

- Anhwange, B.A, Ugye T.G., & Nyiatagher, T.D. (2009). Chemical Composition of *Musa sepientum* (Banana) Peels. Electronic Journal of Environment, *Agriculture and Food Chemistry*, 8(6). 437-442.
- Ben-Yehoshua, S., & Mercier, J. (2005). UV irradiation, biological agents, and natural compounds for controlling postharvest decay in fresh fruits and vegetables. In Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality (pp. 271-305). CRC Press.
- Blasco, G., & Gómez, F. (2014). Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp*). *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*, 14(2), 22-26.
- Blasco, G., & Gómez, F. (2014). Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp*). *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*, 14(2), 22-26.
- Caballero, Á., & Lengomín, M. E. (1998). Causas más frecuentes de problemas sanitarios en alimentos. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 12(1), 20-23.
- Castro, N., Chaidez, C., Rubio, W., & Valdez, J. (2004). Sobrevivencia de *Escherichiacoli* y *Staphylococcus aureus* en frutos mínimamente procesados. *Revista Cubana de Salud Pública* (online), 30(1).
- College of Agriculture and Life Sciences. Cornell CALS (2018). Produce Safety Alliance. *Food Safety Modernization Act (FSMA)*. Recuperado de https://producesafetyalliance.cornell.edu/sites/producesafetyalliance.cornell.edu/files/shared/documents/Tab-12-FSMA-V1_1.pdf
- Comisión del Codex Alimentarius Food and Agriculture Organization (2004). *General guidelines on sampling*. CAC/GL 50-2004. Roma: Autor.
- Comisión Guatemalteca de Normas. (2013). Agua Potable NGO 29 001. Guatemala. Recuperado de: <http://www.ecosistemas.com.gt/wp-content/uploads/2015/07/04-COGUANOR-NTG-29-001-1a-Revision.pdf>
- Consejo de Ministros de Integración Económica Centroamericana. (2009). Reglamento Técnico Centroamericano 67.04.50:08 Alimentos. *Criterios Microbiológicos para la inocuidad de alimentos*. Recuperado de <https://www.mspas.gob.gt/images/files/drca/normativasvigentes/RTCACriteriosMicrobiologicos.PDF>
- De León, L., Morales, D., Fuentes, L., Ramírez, J., Herrera, J., & Aldana, E. (2018, abril). Pruebas de requerimiento de cloro para cumplimiento de valores de ORP en piletas [Presencial].
- Jiménez García, A. (2016). *Supervivencia y parámetros cinéticos de Escherichia coli en zumos de frutas naturales* (Tesis de licenciatura). Universidad de Valladolid, Valladolid.
- Kallarackal, J., Garlick, P. R., & Milburn, J. A. (1986). Characterization of the structural inclusions in the latex of banana (*Musa sp*). *Canadian journal of botany*, 64(11), 2591-2601.
- Macarasin, D., Wooten, A., De Jesus, A., Hur, M., Bae, S., Patel, J. ...Chen, Y. (2017). Internalization of *Listeria monocytogenes* in cantaloupes during dump tank washing and hydrocooling. *International Journal of Food Microbiology*, 257, 165-175. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.018
- Mencarelli F., & Mejia D. (2004). *Technical Guide on post-harvest of banana (Musa paradisiaca var. sapientum)*. Roma: Food and Agricultural Organization FAO of the United Nations.

- Mokbel, M., & Hashinaga, F. (2005). Antibacterial and Antioxidant Activities of banana (Musa, AAA cv. Cavendish) Fruits Peel. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 1(3), 125-131
- Moreira Carrión, K. (2013). *Reutilización de residuo de la cáscara de banano (musa paradisiaca) y plátanos (musa sapientum) para la producción de alimentos destinados al consumo humano* (Tesis de licenciatura). Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala. (2016). *Informe económico y comercial de Guatemala*. Guatemala: Secretaria de Estado de Comercio. Recuperado de: <http://www.comercio.gob.es/tmpDocsCanalPais/6C3A1661456F80C8723C6246AE11C7FE.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). Notas descriptivas, *E. coli*. Ginebra: Vida saludable, bienestar y objetivos de desarrollo sostenible. Recuperado de: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2000). Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (Platano: *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*); Proyecto TCP/PER/6713 FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf>
- Ramírez, M., Sáenz, M., & Vargas, A. (2011). Efecto de la inmersión en agua caliente sobre la secreción de la ténax por la corona de gajos recién conformados de frutos de banano. *Agronomía Costarricense*, 35(1), 1-14.
- Ríos, T., Agudelo, C., & Gutiérrez, B. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *La Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236-247. doi: 10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08
- Rock, C., & Rivera, B. (2014). *La calidad del agua, E. Coli y su salud*. Arizona: The University of Arizona, College Agriculture and Life Sciences. Recuperado de: <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
- Rodgers, S., Cash, J., Siddiq, M., & Ryser, E. (2004). A comparison of different chemical sanitizers for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in solution and on apples, lettuce, strawberries, and cantaloupe. *Journal of Food Protection*, 67(4), 721-731.
- Romero, T. (2018). *Evaluación de la capacidad antibacteriana de los taninos extraídos del banano verde (Musa sp.), rechazado de las bananeras, frente a la bacteria Staphylococcus aureus. ATCC: 12600* (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Rushing, J., Bihn, E., Brown, A., Hill, T., Jones, J., Martin, Y.,... Walsh, C. (2012). *Mejorando la Seguridad y Calidad de Frutas y Hortalizas Frescas: Un Manual de Capacitación para los Capacitadores*. Arizona: Universidad de Maryland Joint Institute for Food Safety and applied nutrition. Recuperado de: <http://jifsan.umd.edu/docs/gaps/es/Manual%20Completo.pdf>
- Servicio de Inocuidad e Inspección de los Alimentos, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (2010). *La Refrigeración y la Inocuidad de los Alimentos*. Recuperado de: https://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/2b1dccb9-df27-4290-b6b8-01133b8c2d28/Refrigeration___Food_Safety_SP.pdf?MOD=AJPERES
- Steininger, J. (1985). PPM or ORP: Which Should Be Used? *Water treatment experts are becoming increasingly aware that water disinfection is dependent upon ORP and not the free residual chlorine ratio*. Santa Barbara CA: Santa Barbara Control Systems, Santa Barbara, Calif., the manufacturer of the Chemtrol line of chemical automation equipment for pools and spas. Recuperado de <http://www.energix.com/water/ppmorp.pdf>
- Suslow, T. (2004). *Oxidation-Reduction Potential (ORP) for Water Disinfection Monitoring, Control, and Documentation (Publication 8149)*. University of California: Division Agriculture & Natural Resources. doi:10.3733/ucanr.8149
- Ugoji, E., Adenipekun, T., Fagbemi, J., & Adelowotan, O. (2009). Evaluation of the antimicrobial properties of unripe banana (*Musa sapientum* L.), lemon grass (*Cymbopogon citratus* S.) and turmeric (*Curcuma longa* L.) on pathogens. *African Journal of Biotechnology*, 8(7), 1176-1182.
- Wachirasiri, P., Julakarangka, S., & Wanlapa, S. (2009). Songklanakarin *Journal of Science and Technology*, 31(6), 605-611.
- Zafar, M., & Akter, S. (2011). *Musa paradisiaca* L. and *Musa sapientum* L.: A Phytochemical and Pharmacological Review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1(5), 14-20.

CC BY-SA