



## Efecto del tratamiento APH en la conservación de la fruta de mango (*Mangifera indica*) variedad Kent

### Effect of APH treatment on the preservation of mango fruit (*Mangifera indica*) Kent variety

Juan Alexander Torres Mejía\*, Fredy Torres Mejía

Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Centro Regional Universitario de Occidente. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería agroindustrial, procesamientos agroindustriales y tecnología de alimentos. Santa Rosa de Copán, Honduras.

\*[juan.torres@unah.edu.hn](mailto:juan.torres@unah.edu.hn)

(recibido/received: 02-marzo-2022; aceptado/accepted: 14-mayo-2022)

#### RESUMEN:

El presente estudio de investigación experimental, se realizó con el propósito de determinar el crecimiento, inhibición o destrucción de los patógenos en los días 0 ( $t_0$ ), 7 ( $t_7$ ), 15 ( $t_{15}$ ) y 30 ( $t_{30}$ ); mediante tratamiento de HHP 400 y 500 MPa, utilizando el método de cuantificación o conteo de unidades formadoras de colonia ufc, sobre tres diferentes cócteles de bacterias, como la *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* y *Salmonella*, igualmente se investigó la microbiota contenida en el epicarpio o cáscara de la fruta de mango. Los resultados en este estudio muestran que la aplicación de altas presiones hidrostática, con un tratamiento de 400 MPa de presión 8 min de duración, logró eliminar una carga de 5.16 Log, recuento de ufc/gr del día  $t_0$ , en condiciones de 20 °C de temperatura, sobre muestra de *Mangifera indica*, var. Kent, con un pH de 3.4, sobre la *L. monocytogenes* en iguales condiciones se realizó en tratamiento de 500 MPa de presión con 8 min de tiempo, teniendo una reducción de 4.64 Log, en un  $t_0$ . Los tratamientos de HHP fue eficiente reduciendo 6 Log, para los  $t_7$ ,  $t_{15}$   $t_{30}$ . De igual manera, se logró una inactivación de *Salmonella* en el  $t_0$ , para HHP 400 MPa se eliminó 7.74 Log, y en 500 MPa 6.84 Log, para un cultivo puro con una carga en el control de 9.14 Log, se observó que, en el caso de los tratamientos, no presentan crecimiento bacteriano, como argumentan varios autores, causando la muerte por daño celular en los tiempos  $t_7$ ,  $t_{15}$ ,  $t_{30}$ . Asimismo, se estudió *E. coli*, para el  $t_0$ , existió una reducción en los tratamientos HHP de 400 MPa de 5.64 Log, para HHP 500 una reducción de 5.04 Log, se observó que en los tratamientos existió daño celular en los  $t_7$ ,  $t_{15}$  y  $t_{30}$  existiendo una reducción total. Se concluye que en el caso de *E. coli* según los datos obtenidos existió una reducción total de bacterias. Fue estudiada la microflora de la piel del mango, se estableció que existió una reducción de 3 Log, en promedio general para los tratamientos de 400 y 500 MPa para los tiempos  $t_0$ ,  $t_7$ ,  $t_{15}$  y  $t_{30}$ , observando una resistencia para ambos tratamientos, debido a la presencia de levaduras.

**Palabras claves:** Mango (*Mangifera indica* var. Kent); Altas Presiones Hidrostáticas (APH/HHP); conservación, *Salmonella*; *E. coli*; *Listeria monocytogenes*.

#### ABSTRACT:

The present experimental research study was carried out with the purpose of determining the growth, inhibition or destruction of pathogens on days 0 ( $t_0$ ), 7 ( $t_7$ ), 15 ( $t_{15}$ ) and 30 ( $t_{30}$ ); by treatment of HHP 400 and 500 MPa, using the method of quantification or counting of cfu colony-forming units, on three

different cocktails of bacteria, such as *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* and *Salmonella*, the microbial contained in the epicarp or peel of the mango fruit was also investigated. The results in this study show that the application of high hydrostatic pressures, with a treatment of 400 MPa of pressure 8 min of duration, managed to eliminate a load of 5.16 Log, cfu count / gr of the day  $t_0$ , under conditions of 20 °C of temperature, on sample of *Mangifera indica*, var. Kent, with a pH of 3.4, on *L. monocytogenes* under the same conditions was performed in treatment of 500 MPa of pressure with 8 min of time, having a reduction of 4.64 Log, in a  $t_0$ , HHP treatments was efficient reducing 6 Log, for  $t_7$ ,  $t_{15}$   $t_{30}$ . Similarly, an inactivation of *Salmonella* was achieved in  $t_0$ , for HHP 400 MPa 7.74 Log was eliminated, and in 500 MPa 6.84 Log, for a pure culture with a control load of 9.14 Log, it was observed that, in the case of treatments, they do not present bacterial growth, as several authors argue, causing death by cell damage at times  $t_7$ ,  $t_{15}$ ,  $t_{30}$ . Likewise, *E. coli* was studied, for  $t_0$ , there was a reduction in HHP treatments of 400 MPa of 5.64 Log, for HHP 500 a reduction of 5.04 Log, it was observed that in the treatments there was cell damage in  $t_7$ ,  $t_{15}$  and  $t_{30}$  existing a total reduction, it is concluded that in the case of *E. coli* according to the data obtained there was a total reduction of bacteria. The microflora of the mango skin was studied, it was established that there was a reduction of 3 Log, on average general for treatments of 400 and 500 MPa for times  $t_0$ ,  $t_7$ ,  $t_{15}$  and  $t_{30}$ , observing a resistance for both treatments, due to the presence of yeasts.

**Keywords:** Mango (*Mangifera indica* var. Kent); High Hydrostatic Pressures (APH/HHP); conservation, *Salmonella*; *E. coli*; *Listeria monocytogenes*.

## 1. INTRODUCCIÓN

Procesamiento de alta presión (HPP) es una forma de procesar los alimentos sin usar calor. Tiene el potencial para producir alta calidad, frescos, nutritivos y seguros para el consumo, alimentos sin el uso de conservantes químicos, la alta presión hidrostática es una de las tecnologías emergentes de procesamiento de alimentos con un mayor potencial de aplicación. En la actualidad los consumidores valoran positivamente aquellas características de los alimentos que les confieran mayor valor añadido, como son: la escasa manipulación del producto de partida, el empleo de aditivos naturales o la ausencia de estos y la conservación o potenciación de las propiedades nutricionales y de las cualidades beneficiosas para la salud. Se realizó un estudio experimental para determinar en los días 0( $t_0$ ), 7 ( $t_7$ ), 15 ( $t_{15}$ ) y 30( $t_{30}$ ), la capacidad de conservación mediante proceso de alta presión hidrostática en la fruta de Mango.

El mango es una de las 15 frutas más comercializadas en estado fresco en el mundo, con cerca de 800.000 TM (FAO, 2004). En 2004 las exportaciones de mango totalizaron 840.241 toneladas, lo que representa un aumento del 5 por ciento, tras el incremento del 41 por ciento logrado en 2003. La región de América Latina y el Caribe siguió siendo la mayor exportadora de mango fresco, representando más del 50 por ciento del total mundial en 2004. La exportación de mangos en Venezuela en el 2005 fue del 2,5% (FAO, 2005). El mercado de las frutas tropicales ha evolucionado mucho desde los años ochenta y los súper precios basados en la novedad han desaparecido prácticamente, siendo sustituidos por los súper precios basados en la calidad. La calidad es un factor clave en la comercialización del mango, ya que los consumidores exigen cada vez estándares más altos, tanto en los parámetros físicos químicos, así como su apariencia externa. (Galán, 1992). El mango es una de las frutas tropicales que destaca por su particular sabor y aroma que tiene amplia aceptación, creciente demanda y razonables precios en los mercados internacionales. Sin embargo, el acceso a estos mercados se dificulta porque las características de los frutos no satisfacen las normas de calidad establecidas y porque los rendimientos por unidad de área son bajos (Avilán 2009). Al igual que muchas otras frutas tropicales, el mango experimenta cambios químicos, nutricionales y en sus características organolépticas, principalmente el sabor, según cáscara, densidad del fruto, diámetro, color de la pulpa, grados °Brix y algunos cambios

anatómicos. Sin embargo, para Medlicott y Thompson (2006) no existe índice de madurez que tenga significancia práctica. Los cultivares de mayor exportación son “Tommy Atkins”, “Haden”, “Kent” y “Keitt”, provenientes de regiones subtropicales, sin embargo, existen otros cultivares con características potenciales y de calidad aceptables, por lo tanto, se hace necesario su evaluación en nuestras condiciones. El mango (*Mangifera indica* L.) pertenece a Anacardiaceae familia y por su excelente cualidad de sabor y el olor es muy apreciada, es una de las frutas tropicales con la más alta expresión económica en los mercados nacionales y extranjeros (Brandao et al., 2003). Brasil, en 2004, fue el noveno productor de mango del mundo, con una participación del 3,4% en volumen total ofrecido en todo el mundo y una producción anual de cerca de 823 000 toneladas (IBGE, 2006), el cultivo de la Tommy Atkins, Haden y Keith Palmer: Variedades (Suga, 2002).

En Honduras, las exportaciones de hortalizas y frutas que habían caído en 2012 están registrando un importante repunte en lo que va de 2013 y casi triplicaron el envío de contenedores al extranjero, aseguran los exportadores y representantes del Gobierno. A nivel nacional, el cultivo de productos no tradicionales como las legumbres, hortalizas y frutas, en conjunto, el año pasado registró ingresos por 110 millones de dólares. Solo las exportaciones de melón y sandía reportaron al Estado divisas por \$51 millones, mientras que las legumbres y hortalizas registran unos \$60 millones; por lo cual son dos productos de gran importancia en la economía nacional, igualmente las hortalizas se ubican como el tercer producto de la actividad agrícola de Honduras y es el Valle de Comayagua el principal nicho de estos cultivos y de una variedad de frutas tropicales. (Torres *et al.*, 2018)

Importancia del Mango a nivel Mundial: La producción mundial de frutas tropicales, que corresponde al 13% de la producción mundial, en 2005 alcanzó en 58,7 millones de toneladas, de las cuales el 98% corresponde a la producción de los países en desarrollo. El rubro dominante fue el mango, encontrándose entre las 10 frutas de mayor producción mundial, con una producción de 24.3 millones de toneladas (FAO, 2005). Mango (*Mangifera Indica*): Este fruto carnosos, sabroso y refrescante, es también conocido como "melocotón de los trópicos". Es el miembro más importante de la familia de las Anacardiáceas o familia del marañón, género *Mangifera*, el cual comprende unas 50 especies, nativas del sureste de Asia e islas circundantes, salvo la *Mangifera africana* que se encuentra en África. Está reconocido en la actualidad como uno de los tres o cuatro frutos tropicales más finos.

La maduración de los frutos climatéricos como el mango (*Mangifera indica* L.) es seguida por un pico en la respiración y la consiguiente producción de etileno. El etileno es necesario para desencadenar la maduración de varios procesos asociados, tales como cambios en el color, la textura, sabor y el aroma de la pulpa del fruto (Giovanni, 2004). El etileno es una hormona vegetal que regula muchos procesos de crecimiento y el desarrollo, incluyendo la maduración y es también un importante mediador de la respuesta de las plantas a estos factores (Wang et al., 2002). Esta molécula de hidrocarburo simple puede difundir dentro y fuera de los tejidos de las plantas a partir de fuentes endógenas y exógenas (Saltveit, 1999). El etileno afecta la calidad de los productos cosechados y puede ser útil o perjudicial, dependiendo de su etapa de maduración (Saltveit, 1999). Algunas estrategias comerciales que se practican para eliminar los efectos nocivos del etileno, por ejemplo, evitar la exposición a la producción del etileno al mínimo, inducir la maduración, cosecha, almacenamiento y transporte mediante la aplicación de etileno (Watkins, 2002). En algunos casos, mediante el uso de compuestos que inhiben la acción del etileno mediante la interacción con los receptores de este, ya que esta sustancia química acelera los procesos de maduración prematuros de algunas frutas (Sisler y Serek, 1997).

Durante la cosecha, la microbiota superficial de las verduras y frutas comprende principalmente saprofitos gram negativas, pero de igual manera se pueden encontrar, microorganismos patógenos. Las verduras pueden albergar patógenos *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Bacterias entéricas involucradas en los grandes brotes de origen alimentario en todo el mundo, causando síntomas de gastroenteritis, e incluso las infecciones crónicas. *L. monocytogenes* también puede contaminar hortalizas y frutas listas para el consumo y es un microorganismo psicrotolerantes y ubicuo que causa la listeriosis, una infección atípica, con baja mortalidad en niños, jóvenes y adultos, pero con altas tasas de mortalidad en los adultos mayores, mujeres embarazadas y las personas inmunodeprimidas (Abadias, Usall, Anguera, Solsona, y Viñas, 2008; Beuchat, 1996; FDA, 2003).

## 2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN:

El Mango (Variedad Kent) fue comprado en supermercado local de calidad uniforme, fue procesado, pelado, cortado y despulpado, se realizó un balance de materia, se pesaron las muestras en estados frescos y procesados para determinar los porcentajes de composición de las partes de la fruta de mango. Luego se prepararon las muestras para ser tratadas en el equipo de alta presión hidrostática. Posteriormente, se hizo uso de los materiales y equipos para realizar la parte experimental en el laboratorio de microbiología. Las cepas de los microorganismos estudiados, *Escherichia Coli*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella*, utilizadas en la investigación, pertenece a la colección del Departamento de microbiología, Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad de Jaén. Se realizó un estudio experimental para determinar en los días 0 ( $t_0$ ), 7 ( $t_7$ ), 15 ( $t_{15}$ ) y 30( $t_{30}$ ). La fase de crecimiento o destrucción de los patógenos, mediante el tratamiento de HHP 400 y 500 MPa con duración de 8 min a 20 °C de temperatura, utilizando el método de cuantificación o conteo de unidades formadoras de colonia ufc en placa, sobre los medios selectivos para cada bacteria estudiada.

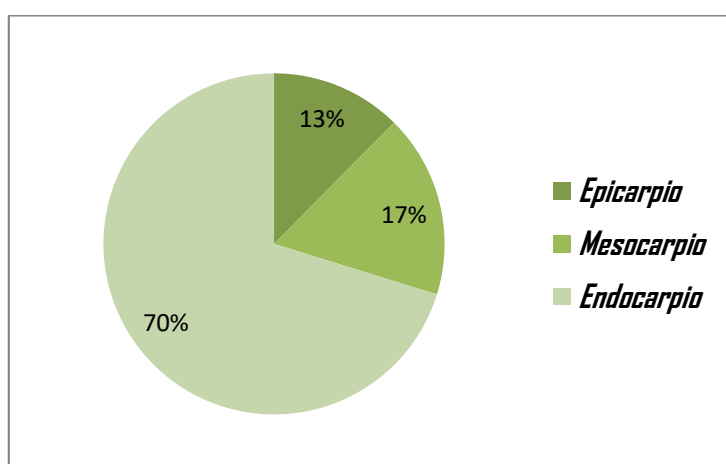
## 3. RESULTADOS EXPERIMENTALES:

### 3.1 Balance de materia del *Mangifera indica* variedad Kent

El balance de masa es el principal cálculo dentro de la industria alimentaria, este ayudará a controlar cantidades de materia prima que entran y salen de los procesos. Con este se facilita el poder identificar la cantidad de producto terminado que se obtendrá a partir de determinada cantidad de materia prima con la que se cuenta. (Lomas 2002) Se procedió a procesar la fruta del mango para preparar las muestras tanto los controles como las muestras, a tratar por el método de altas presiones hidrostáticas, se pesó la fruta fresca para determinar el peso total, luego se procedió a pelar la fruta se pesó el epicarpio (piel o cáscara de la fruta), se rebanó la fruta dejando solamente el endocarpio (semilla o hueso) la cual se le determinó el peso, y finalmente el mesocarpio (pulpa) se convirtió en la muestra problema para el presente estudio.

**Tabla 1.** Peso (g) de mango variedad “Kent” y sus fracciones de la epicarpio, mesocarpio y endocarpio (media  $\pm$  desviación estándar).

<i>Fracción</i>	<i>Masa (gr)</i>	<i>Rendimiento %</i>
Epicarpio	61.44 $\pm$ 7.47	12,41
Mesocarpio	495.44 $\pm$ 54.64	17,38
Endocarpio	85.67 $\pm$ 10.51	70,21



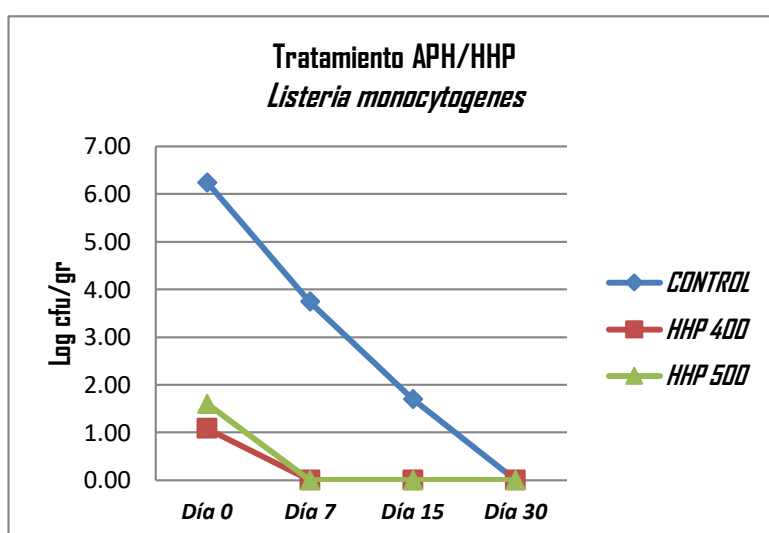
**Figura 1.** Mediante el procesamiento de la fruta de mango se determinó el balance de materia obteniendo los siguientes resultados: el 70% de la composición de la fruta es Mesocarpio, 13% epicarpio y 17% endocarpio.

#### 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:

El objetivo del presente estudio fue evaluar el potencial del uso de altas presiones hidrostáticas (HHP), para el tratamiento de la muestra de *Mangifera Indica* Var. Kent, inoculadas con un cóctel de cuatro cepas por microorganismo ensayado como ser: *Listeria monocytogenes* (CECT 4032, CECT 7467, CECT 936 y CECT 5672), *Escherichia coli* (CECT 4783, CCUG 47553, CCUG 47557 y CCUG 58537), *Salmonella* (3449, 3197, S62, S64). Además, se estudió la flora bacteria natural de la fruta de mango mediante los mismos tratamientos antes mencionados (Recuento Total de microorganismos) presentes en el epicarpio o piel del mango. Se realizaron ensayos de cada coctel de cepas durante los días 0, 7, 15 y 30.

**Tabla 2.** Se observó el comportamiento de la población microbiana (ufc/gr) y los factores que influyeron en la destrucción parcial o total de los microorganismos estudiados. Los datos son las medias de cuatro repeticiones  $\pm$  una desviación estándar. Los valores en la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ( $P>0.05$ ).

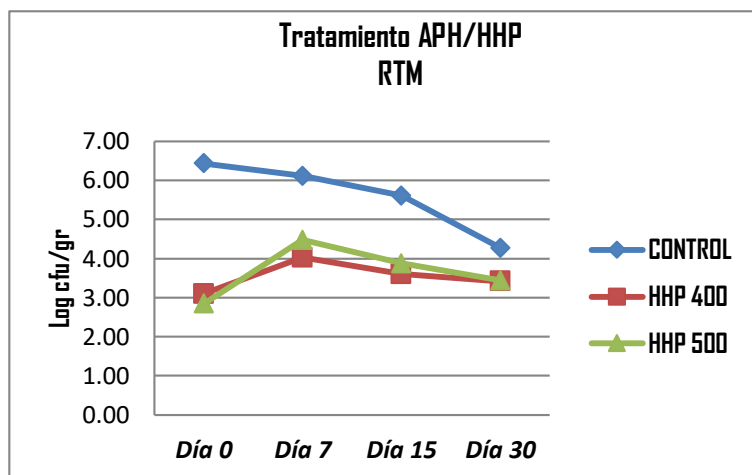
<i>Ensayo</i>	<i>Listeria monocytogenes (UFC/gr)</i>		
	<i>CONTROL</i>	<i>HHP 400</i>	<i>HHP 500</i>
<i>Día 0</i>	$6.24 \pm 0.09^b$	$1.08 \pm 0.65^b$	$1.60 \pm 0.17^b$
<i>Día 7</i>	$3.74 \pm 0.58^b$	$0.0 \pm 0.0^b$	$0.0 \pm 0.0^b$
<i>Día 15</i>	$0.0 \pm 0.0^b$	$0.0 \pm 0.0^b$	$0.0 \pm 0.0^b$
<i>Día 30</i>	$0.0 \pm 0.0^b$	$0.0 \pm 0.0^b$	$0.0 \pm 0.0^b$



**Figura 2.** Curvas de supervivencia de coctel de cuatro cepas de *Listeria Monocytogenes* inoculadas en la fruta de mango (*Mangifera indica* variedad Kent), sometidas a tratamientos HHP a 20 ° C por 8 min. Los datos son las medias de cuatro repeticiones.

**Tabla 3.** Efecto del Tratamiento de Altas Presiones a 400 y 500 MPa durante 8 min a 20 °C y pH 3.4 en la fruta de mango (*Mangifera indica* variedad Kent), para eliminar o inactivar el crecimiento del recuento microbiana total. Los datos son las medias de cuatro repeticiones  $\pm$  una desviación estándar. Los valores en la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ( $P>0.05$ ).

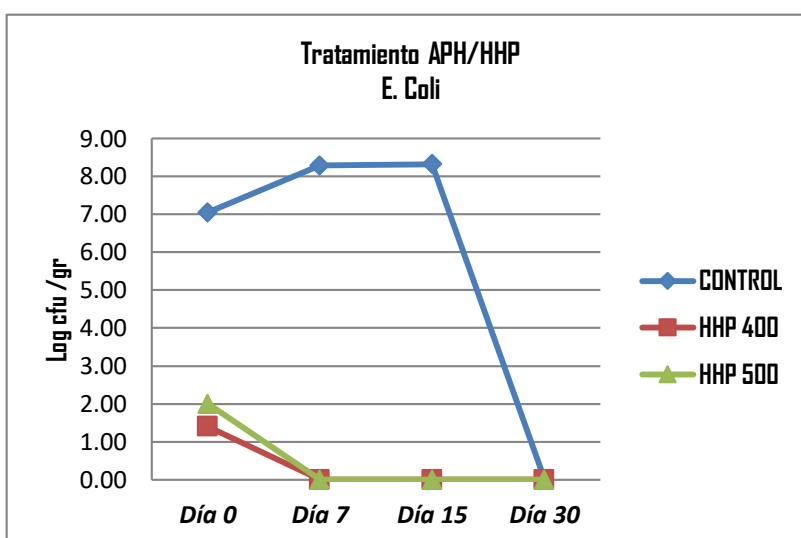
<i>Ensayo</i>	<i>RTM (UFC/gr)</i>		
	<i>CONTROL</i>	<i>HHP 400</i>	<i>HHP 500</i>
<i>Día 0</i>	$6.43 \pm 0.19^b$	$3.10 \pm 0.14^b$	$2.85 \pm 0.07^b$
<i>Día 7</i>	$6.11 \pm 0.41^b$	$4.02 \pm 0.73^a$	$4.48 \pm 0.40^b$
<i>Día 15</i>	$5.61 \pm 0.07^b$	$3.60 \pm 0.17^b$	$3.88 \pm 0.05^b$
<i>Día 30</i>	$4.27 \pm 0.56^b$	$3.41 \pm 0.25^b$	$3.44 \pm 0.36^a$



**Figura 3.** Curvas de supervivencia de microorganismos presentes en el epicarpio de la fruta de mango (*Mangifera indica* variedad Kent), sometidas a tratamientos HHP a 20 ° C por 8 min. Los datos son las medias de cuatro repeticiones.

**Tabla 4.** Efecto del Tratamiento de Altas Presiones a 400 y 500 MPa durante 8 min a 20 °C y pH 3.4 en la fruta de mango (*Mangifera indica* variedad Kent), para eliminar o inactivar la bacteria *Escherichia coli*. Los datos son las medias de cuatro repeticiones  $\pm$  una desviación estándar. Los valores en la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ).

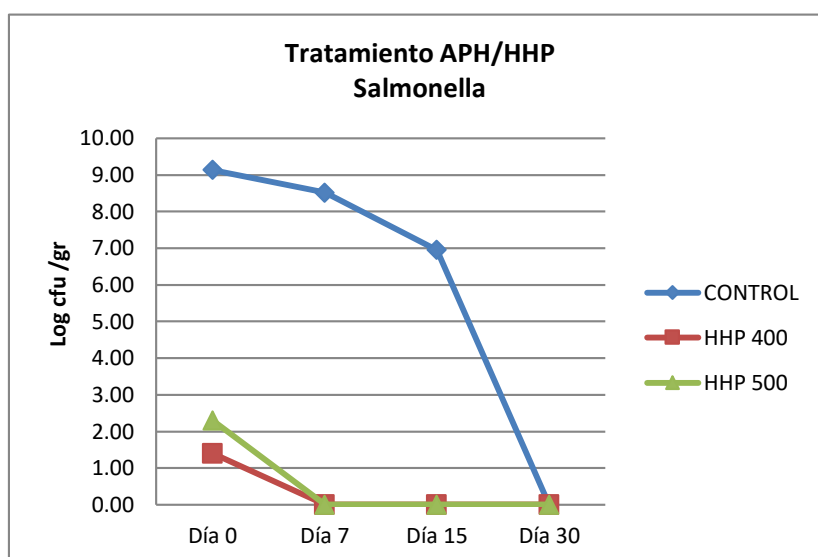
Ensayo	<i>Escherichia coli</i> (UFC/gr)		
	CONTROL	HHP 400	HHP 500
Día 0	7.04 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	1.40 $\pm$ 1.5 <sup>b</sup>	2.0 $\pm$ 1.15 <sup>b</sup>
Día 7	8.28 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>
Día 15	8.32 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	0.00 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
Día 30	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>



**Figura 4.** Curvas de supervivencia de coctel de cuatro cepas de *E. coli* inoculadas en la fruta de mango (*Mangifera indica* variedad Kent), sometidas a tratamientos HHP a 20 ° C por 8 min. Los datos son las medias de cuatro repeticiones.

**Tabla 5.** Efecto del Tratamiento de Altas Presiones a 400 y 500 MPa durante 8 min a 20 °C y pH 3.4 en la fruta de mango (*Mangifera indica* variedad Kent), para eliminar o inactivar de la Salmonella. Los datos son las medias de cuatro repeticiones  $\pm$  una desviación estándar. Los valores en la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ( $P>0.05$ ).

Ensayo	Salmonella (UFC/gr)		
	CONTROL	HHP 400	HHP 500
Día 0	9.14 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	1.40 $\pm$ 1.15 <sup>a</sup>	2.30 $\pm$ 1.68 <sup>a</sup>
Día 7	8.51 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
Día 15	6.95 $\pm$ 0.33 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
Día 30	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>



**Figura 5.** Curvas de supervivencia de coctel de cuatro cepas de salmonella inoculadas en la fruta de mango (*Mangifera indica* variedad Kent), sometidas a tratamientos HHP a 20 °C por 8 min. Los datos son las medias de cuatro repeticiones.

## 5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:

### 5.1 Mecanismos de inactivación microbiana:

La creciente demanda de los consumidores de alimentos procesados, sin aditivos, productos no perecederos y además de la importancia de la inocuidad y la seguridad alimentaria, ha llevado a los científicos de alimentos para explorar otros métodos físicos de conservación como alternativas a los tratamientos térmicos tradicionales.

La tecnología HPP inactiva los microorganismos al interrumpir las funciones celulares responsables de la reproducción y supervivencia, sin necesidad de utilizar temperatura elevada. Esta teoría del efecto de la presión hidrostática sobre los microorganismos comienza a ser respaldada por estudios mecánicos. HPP altera a las bacterias y de esta forma afecta a los procesos de transporte celular relacionados con obtención de nutrientes y liberación de desechos celulares. La presencia de compuestos del líquido



intracelular en fluido de suspensión extracelular después del tratamiento de presión demuestra que cuando las células se someten a condiciones de presión se dañan las membranas (Shimada *et al.*, 1993).

La extensión del efecto de la HPP sobre la inactivación microbiana depende de variables de tratamiento, tales como presión, tiempo y temperatura de exposición, además de la composición del alimento y tipo de microorganismos involucrados (Sangronis *et al.* 1997).

En las gráficas y tablas se puede observar como las muestras tratadas presentan menor carga microbiana que las no tratadas (Controles); se podría afirmar que el procesamiento por medio de altas presiones hidrostáticas de la *Mangifera indica* var. Kent es un método de conservación seguro y fiable como se ha demostrado en otros estudios anteriores con tejido vegetal de frutas tropicales, tratados a presiones de 400 MPa en 3 min a 25 °C en zumo de manzana conservarse hasta 8 semanas en refrigeración (Lopes *et al.* 2010).

El mayor grado de inactivación sobre los microorganismos se lleva a cabo en la etapa logarítmica de crecimiento. En general, los microorganismos Gram negativos son los más sensibles a las Altas Presiones; les siguen las levaduras y hongos, los Gram positivos y por último las esporas; los virus son muy resistentes a las altas presiones, aunque depende del tipo de virus (Smelt, 1998). La mayoría de los autores coinciden en que las esporas bacterianas son las formas de vida más resistentes a la presurización (Farkas y Hoover, 2000).

## 6. CONCLUSIONES:

Los resultados en este estudio muestran que la aplicación de altas presiones hidrostáticas, en el tratamiento de 400 MPa de presión, logró eliminar una carga de 5.16 Log. recuento de ufc/gr del día  $t_0$ , en condiciones de temperatura 20 °C, 8 min de duración del tratamiento sobre muestra de *Mangifera indica* var. Kent, con un pH de 3.4 sobre la *Listeria monocytogenes*, en iguales condiciones se realizó en tratamiento de 500 MPa de presión teniendo una reducción de 4.64 Log. en un  $t_0$ . Por lo cual se observó que *Listeria monocytogenes* se obtuvo una reducción total de 6 log, que fue el recuento que presento el control de los tratamientos para el  $t_0$ , el tratamiento de HHP fue eficiente reduciendo 6 Log<sub>10</sub>, para los  $t_7$ ,  $t_{15}$   $t_{30}$ .

Los resultados de nuestro estudio demostraron que la aplicación de alta presión hidrostática sobre la inactivación de *Salmonella* en el  $t_0$ , para HHP 400 MPa, eliminó 7.74 Log, y en 500 MPa 6.84 Log, para un cultivo puro con una carga en el control de 9.14 Log, se observó que en el caso de los tratamientos no presentan crecimiento bacteriano, como argumentan varios actores, causando la muerte por daño celular en los tiempos  $t_7$ ,  $t_{15}$ ,  $t_{30}$ .

Se determinó que en el caso de la *E. coli*, para el  $t_0$ , existió una reducción en los tratamientos HHP de 400 MPa existió una reducción de 5.64 Log, en la HHP 500 una reducción de 5.04 Log, se observó que en caso de los tratamientos existió daño celular eliminado la carga microbiana  $t_7$ ,  $t_{15}$  y  $t_{30}$ .

En el caso de la microbiota estudiado de la piel del mango se determinó que existió una reducción de 3 Log, en promedio general para los tratamientos de 400 y 500 MPa para los tiempos  $t_0$ ,  $t_7$ ,  $t_{15}$  y  $t_{30}$ , observando una resistencia para ambos tratamientos, por lo cual se recomienda hacer uso de planes POES-BPM- APPCC/HACCP en el momento del procesamiento para reducir la carga microbiana a la fruta de mango, además de contener levaduras de manera natural.

### **Perspectivas de tratamiento HHP.**

El procesado por altas presiones es una tecnología alternativa a tratamientos tradicionales, que permite desarrollar y comercializar productos alimenticios innovadores. Esta tecnología va ganando peso en

diversos sectores de aplicación. España produce 7 % del volumen mundial de alimentos procesados por HPP y más del 50 % de los equipos instalados. (AESAN)

El futuro de esta tecnología depende del éxito de los fabricantes de equipos para solucionar una serie de retos tecnológicos y obtener equipos con bajos costes de operación, de alta fiabilidad y con nuevas capacidades tecnológicas. En este sentido, el futuro es prometedor pues la nueva generación de equipos permitirá procesos de presión a temperaturas elevadas, pero inferiores a las de esterilización convencional, con lo que se espera lograr la inactivación de esporas bacterianas.

## 7. REFERENCIAS:

Arroyo, G., Sanz, P. D., & Prestamo, G. (1999). Response to high-pressure, low-temperature treatment in vegetables: determination of survival rates of microbial populations using flow cytometry and detection of peroxidase activity using confocal microscopy. *Journal of Applied Microbiology*, 86(3), 544–544. doi:10.1046/j.1365-2672.1999.00701.x

Avilán, L. (2006). Fertilización del mango en el trópico.

Brandao, M.C.C. et al. (2003). Análise físico química, microbiológica y sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico solar. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v.25, n.1, p.38-41.

C., & Viñas, I. (2008). Microbiological quality of fresh, minimally processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. *International journal of food microbiology*, 123(1-2), 121–129. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.12.013>

Cantú R. R. (2007). Detección de *Listeria SP* y *Listeria monocytogenes* en las muestras de pollo crudo y de cuerpos de agua de la región mediante PCR, *Bioquímica*, marzo, Asociación Mexicana de Bioquímica Clínica, A.C. Distrito Federal, México 115.

D'aoust, J.-Y. (2007). Current foodborne pathogens: salmonella. In M. Storrs, M.- C. Devoluy, & P. Cruveiller (Eds.), *Food safety handbook: Microbiological challenges* (pp. 128e141). France: BioMérieux Education.

Farkas, D., Hoover, D. (2000). Kinetics of microbial inactivation for alternative processing technologies. *Journal of Food Science* 65: 1–108.

Farkas, D. F. y Hoover, D. G. (2000). High Pressure Processing. *Journal Food Science, Supplement*. 47-64.

FAO. (2005). Compendio sobre las Frutas Tropicales. Disponible desde <http://www.fao.org>. accedido el 20 de abril de 2011.

FAO. (2004). Datos estadísticos de la FAOSTAT. Disponible desde <http://Faostat.fao.org>. Accedido el 25 de abril de 2011.

Francis, G. A., Thomas, C., y O'Beirne, D. (1999). The microbiological safety of minimally processed vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 34(1): 1-22.

Galán-Sauco, V. (1992). The situation of mango culture in the world. *Acta Horticulturae*. 341: 31-41.

Giovannoni, J.J. (2004). Genetic regulation of fruit development and ripening. *Plant Cell*, 16: 170-180. DOI: 10.1105/tpc.019158.

IBGE. - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal. Disponible en: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Accedido el 15 de abril de 2011.

Lomas Esteban, María del Carmen. (2002). “Introducción al Cálculo de los procesos tecnológicos de los alimentos” España. Edit. ACRIBIA. 229 p.

Medlicott, A. P. y A. K. Thompson. (2006). Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var Keitt) by high performance liquid chromatography *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 36(7): 561 – 566.

Saltveit, M.E. (1999). Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables, *Postharvest Biol. Technol.*, 15: 279-292.

Shimada, S., Andou, M., Naito, N., Yamada, N., Osumi, M. y Hayashi, R. (1993). Effects of hydrostatic pressure on the ultrastructure and leakage of internal substances in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied Microbiology & Biotechnology* 40: 123-131.

Sisler, E.C. y M. Serek. (1997). Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiol. Plantarum*, 100: 577-582.

Smelt, J. P. P. M. (1998). Recent advances in the microbiology of high-pressure processing. *Trends Food Sci. Technol.*, 9: 152 – 158.

Sugai, Á.Y. (2002). Processamento descontínuo de purê de manga (*Mangifera indica* Linn.), variedade haden: estudo da viabilidade do produto para pronto consumo. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Torres Mejía, Juan & Romero, Elyn & Barahona, Maribel. (2018). Efecto bactericida del clavo de olor, canela y benzoato de sodio en la conservación del mango haden y melón. *Revista Ciencia y Tecnología*. 152. 10.5377/rct.v0i20.5954.

Torres Mejía, Juan & Romero, Elyn & Barahona, Maribel & Torres Mejía, Fredy & Galindo, Maradiaga. (2021). Study of the Bactericidal Effect Clove, Cinnamon, and Sodium Benzoate in the Haden Mango and Melon Preservation. 10.9734/AFSJ/2021/v20i1130374.

Torres Mejía, Juan. (2011). Estudio del efecto de las Altas Presiones Hidrostáticas en la conservación de la fruta de Mango (*Mangifera indica*). 10.13140/RG.2.2.12913.20323.

Wang, K.L.C., H. Li y J.R. Ecker. (2002). Ethylene biosynthesis and signaling networks. *Plant Cell*, 14: 131-151.

Watkins, C.B. (2006). The use of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnol. Adv.*, 24: 389-409.

## 8. SEMBLANZA DE LOS AUTORES:



**Juan Alexander Torres Mejía:** Obtuvo el grado de Ingeniero Agroindustrial en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Centro Regional Universitario de Occidente, actualmente Profesor Titular II, Coordinador de carrera de Ingeniería Agroindustrial, desarrolló estudios en Máster en Avances de Seguridad Alimentaria en la Universidad de Jaén, Jaén España, Máster en gestión de proyectos de la Universidad Católica de Honduras, trabaja actualmente en líneas de investigación, vinculadas al área de agroindustria, seguridad alimentaria, métodos de conservación y procesamiento de cultivos. Orcid:

<https://orcid.org/0000-0002-8041-8700>



**Fredy Torres Mejía:** Obtuvo el grado de Ingeniero Agroindustrial en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, actualmente es profesor titular II, mentor, investigador. Desarrolló sus estudios de maestría en Energías Renovables en la Universidad de Zaragoza, España. Premio Nacional de Tecnología e Innovación, UNAH 2011. Trabaja en líneas de investigación vinculadas con agroindustria y energía, principalmente en cultivos agroindustriales. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0560-0166>