



**Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo, A. C.**

**IMPACTO SENSORIAL DE UN EXTRACTO
ANTIOXIDANTE Y ANTIBACTERIANO DE SEMILLA DE
MANGO APLICADO EN MANGO FRESCO CORTADO
var. HADEN**

Por:

Ariadna Thalía Bernal Mercado

TESIS APROBADA POR LA

COORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL

Como requisito parcial para obtener el grado de

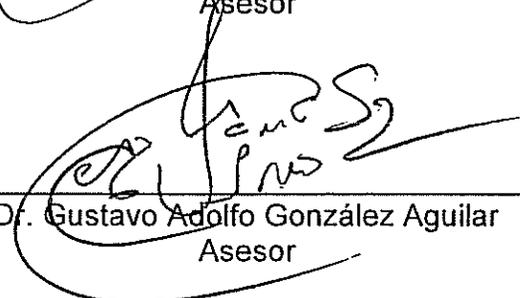
MAESTRÍA EN CIENCIAS

APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para la revisión de la tesis de la Q.A. Ariadna Thalia Bernal Mercado, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias.


M. C. Brenda Adriana Silva Espinoza
Directora de tesis


Dr. Jesús Fernando Ayala Zavala
Asesor


Dr. Gustavo Adolfo González Aguilar
Asesor


M. C. Manuel Reynaldo Cruz Valenzuela
Asesor

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en esta tesis es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del Director General del CIAD.

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión del director de tesis.



Dr. Pablo Wong González
Director General

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico brindado durante la realización de mis estudios de posgrado.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD) por permitirme realizar mis estudios de maestría y por prestarme sus instalaciones.

A la Coordinación de Tecnologías de Alimentos de Origen Vegetal (CTAOV) y a todos sus investigadores, técnicos y alumnos que de una u otra manera me ayudaron con sus comentarios y facilitándome equipos y materiales para realizar mi proyecto de investigación.

Un especial agradecimiento a mi directora de tesis, M.C Brenda Adriana Silva Espinoza que me brindó todo su apoyo, confianza, amistad y conocimientos para la realización de este trabajo.

A los miembros del comité de tesis: Dr. Jesús Fernando Ayala Zavala, M. C. Manuel Reynaldo Cruz Valenzuela y Dr. Gustavo Adolfo González Aguilar, gracias por sus comentarios, sugerencias, apoyo y amistad durante estos dos años.

Al departamento de Docencia y Posgrado por todos sus servicios y apoyos otorgados. Así como a todos mis maestros docentes que ayudaron en mi formación de maestro en ciencias.

A la Dra. Félicie Lauri de la Université d'Avignon et de Pays de Vaucluse por darme la oportunidad de realizar una estancia en Avignon, Francia.

DEDICATORIA

A Dios por siempre llenarme de bendiciones.

A mis padres, Ariadna y Fernando, que me han enseñado que el amor y la pasión en todo lo que se hace es la clave del éxito, gracias por su apoyo incondicional.

A mis hermanas Fer y Ana Karen por su eterna solidaridad y maravillosos años de convivencia.

A mi pani Elliot y mi mani Anita (Q.E.P.D.) que me dieron su amor, su comprensión y consejos para seguir siempre adelante.

A mis tíos y primos por su cariño.

A mi compañero y amigo de vida, David, por brindarme su amor, amistad y todo su apoyo en las buenas y malas durante estos dos años.

A Brenda Silva por apoyarme en todo momento con sus conocimientos, por brindarme su amistad y confianza y por compartir a su familia conmigo.

A Fernando Ayala le agradezco su gran calidad como ser humano, su apoyo y estímulo en la realización de mi trabajo y por brindarme su amistad y confianza.

A mis compañeros y amigos de laboratorio, Pancho, Luis, Isela, Dalila, Juan, Rosy, Melvin, Melissa, Reynaldo, Tavo, Mayra que siempre me ayudaron con mis dudas, estuvieron presentes para hacer más agradables mis días ahí y que pasamos inolvidables momentos. A Ale A., Cinthia, Ale C., Gaby y demás compañeros que son amigos que me llevo como producto de la maestría, gracias por su amistad.

A mis amigos de toda la vida: Marina, Elsa, Ruth, Marlen, Chío, Bibi, Oliver, Bobby, Pancho y Fer, y a mis amigos de la Universidad, Daniel, Ana Karenth, Roberto, Cinthia, que de una u otra manera me han apoyado durante el proceso de esta experiencia.

CONTENIDO

| | Página |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| LISTA DE FIGURAS | viii |
| LISTA DE TABLAS | x |
| RESUMEN..... | xi |
| ABSTRACT..... | xii |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN | 4 |
| Conservación de Mango Fresco Cortado | 4 |
| Semilla de Mango: un Subproducto con Propiedades Antioxidantes y Antimicrobianas | 7 |
| Compuestos del Extracto de Semilla de Mango | 10 |
| Propiedades Antioxidantes del Extracto de Semilla de Mango | 12 |
| Propiedades Antimicrobianas del Extracto de Semilla de Mango | 15 |
| Propiedades Sensoriales de Compuestos Fenólicos Presentes en Extractos Vegetales..... | 18 |
| Impacto Sensorial de Extractos Vegetales en Alimentos..... | 20 |
| HIPÓTESIS..... | 24 |
| OBJETIVOS..... | 25 |
| Objetivo General..... | 25 |
| Objetivos Específicos | 25 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 26 |
| Selección y Caracterización Físicoquímica de la Materia Prima..... | 26 |
| Etapa 1: Obtención y Caracterización del Extracto de Semilla de Mango | 26 |
| Obtención de Extracto de Semilla de Mango | 26 |
| Identificación y Cuantificación de Polifenoles en el Extracto | 28 |
| Contenido de Fenoles Totales..... | 29 |
| Contenido de Flavonoides Totales | 29 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Capacidad Antioxidante por la Prueba de Inhibición del Radical DPPH'.... | 30 |
| Capacidad Antioxidante por el Ensayo de ABTS** | 30 |
| Determinación de las Concentraciones Mínimas Inhibitorias (CMI) y Bactericidas (CMB) del Extracto..... | 31 |
| Etapa 2: Evaluación Sensorial de Mango Fresco Cortado Tratado con Extracto de su Semilla | 32 |
| Aplicación del Extracto al Mango Fresco Cortado..... | 32 |
| Evaluación Sensorial..... | 32 |
| Etapa 3. Capacidad Antioxidante y Carga Bacteriana de Mango Fresco Cortado..... | 34 |
| Efecto de la Aplicación del Extracto de Semilla de Mango en el Contenido de Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante de Mango Fresco Cortado..... | 34 |
| Efecto de la Aplicación del Extracto de Semilla de Mango en la Carga Bacteriana de Mango Fresco Cortado..... | 36 |
| Análisis Estadístico..... | 36 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 38 |
| Etapa 1: Obtención y Caracterización del Extracto de Semilla de Mango | 38 |
| Contenido e Identificación de Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante del Extracto de Semilla de Mango | 38 |
| Capacidad Antibacteriana del Extracto de Semilla de Mango..... | 42 |
| Etapa 2: Evaluación Sensorial de Mango Fresco Cortado Tratado con Extracto de su Semilla | 49 |
| Etapa 3: Efecto Antioxidante y Antibacteriano del Extracto Adicionado en Mango Fresco Cortado..... | 55 |
| Contenido de Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante de Mango Fresco Cortado Tratado con Extracto de Semilla de Mango..... | 55 |
| Carga Bacteriana de Mango Fresco Cortado Tratado con Extracto de Semilla de Mango..... | 65 |
| CONCLUSIONES | 69 |
| REFERENCIAS | 71 |

LISTA DE FIGURAS

| Figura | Página |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Mecanismo de acción antioxidante de compuestos fenólicos mediante la transferencia de un átomo de hidrógeno para estabilizar radicales libres..... | 13 |
| 2. Mecanismo antibacteriano de compuestos fenólicos alterando la permeabilidad de la membrana bacteriana, causando la salida de protones, disminuyendo el pH intracelular y causando la coagulación del citoplasma y por ende la muerte celular..... | 17 |
| 3. Escala hedónica etiquetada que relaciona un valor numérico con el nivel de agrado de mango fresco cortado tratado con el extracto de semilla..... | 33 |
| 4. Compuestos fenólicos del extracto de semilla de mango identificados mediante UPLC-DAD. 1. Ácido gálico, 2. Ácido clorogénico..... | 39 |
| 5. Efecto de la presencia de diferentes concentraciones del extracto de semilla de mango (ESM) sobre el crecimiento de a) <i>S. Typhimurium</i> , b) <i>E. coli</i> , c) <i>L. monocytogenes</i> y d) <i>S. aureus</i> | 45 |
| 6. Efecto global de diferentes concentraciones del extracto de semilla de mango en el nivel de agrado de olor, color y sabor de frutos de mango fresco cortado almacenado durante 10 días a 5°C..... | 50 |
| 7. Efecto de la concentración de 6.25 mg/mL del extracto de semilla de mango en la aceptabilidad de a) olor, b) color y c) sabor de mango fresco cortado almacenado durante 10 días a 5°C..... | 52 |
| 8. Cambios en el contenido de a) fenoles totales y b) flavonoides totales de mango fresco cortado tratado con extracto de semilla (6.25 mg/mL) y almacenado a 5°C durante 10 días..... | 56 |
| 9. Efecto global de la aplicación de extracto de semilla a una concentración de 6.25 mg/mL sobre el contenido de a) fenoles y b) flavonoides totales de mango fresco cortado almacenados durante 10 días a 5°C. Valor inicial de fenoles: 39.79 mg EAG/100 g p.f. y flavonoides: 22.16 mg EQ/100 g p.f..... | 58 |
| 10. Capacidad antioxidante de mango fresco cortado, tratado con extracto de semilla (6.25 mg/mL) y almacenado a 5°C durante 10 días. Inhibición del a) radical DPPH y b) radical ABTS | 59 |

11. Efecto global de la aplicación de extracto de semilla a una concentración de 6.25 mg/mL sobre la capacidad antioxidante por los ensayos del radical a) DPPH y b) ABTS de mango fresco cortado almacenado durante 10 días a 5°C. Valor de capacidad antioxidante al día 0, 243 mg ET/100 g p.f. (DPPH) y 417.74 mg ET/100 g p.f. (ABTS)..... 61

LISTA DE TABLAS

| Tabla | Página |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1. Principales atributos evaluados sensorialmente en frutas frescas cortadas..... | 8 |
| 2. Caracterización fisicoquímica de los frutos de mango var. Haden utilizados en el estudio..... | 27 |
| 3. Análisis microbiológico para el aseguramiento de la calidad de mango fresco cortado almacenado durante 10 días a 5°C..... | 35 |
| 4. Concentración mínima inhibitoria (CMI) y concentración mínima bactericida (CMB) del extracto de semilla de mango contra bacterias patógenas..... | 43 |
| 5. Efecto de diferentes concentraciones del extracto de semilla de mango (ESM) en los parámetros de crecimiento de bacterias patógenas. | 46 |
| 6. Efecto de la aplicación de extracto de semilla de mango a una concentración de 6.25 mg/mL en la reducción de la carga de bacterias patógenas inoculadas en mango fresco cortado..... | 66 |

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de extracto de semilla de mango sobre la aceptación sensorial, capacidad antioxidante y carga bacteriana de mango fresco cortado var. Haden. Los compuestos fenólicos presentes en el extracto de semilla de mango fueron ácido gálico y ácido clorogénico (160.15 y 100.85 mg/g, respectivamente). Dicho extracto presentó un contenido de fenoles de 277.4 mg EAG/g y 143.7 mg EQ/g de flavonoides totales, además mostró una capacidad antioxidante para la inhibición del radical DPPH de 2034.1 $\mu\text{mol ET/g}$ y 4205.7 $\mu\text{mol ET/g}$ para ABTS. Por otro lado, el extracto fue efectivo para inhibir el crecimiento *in vitro* de bacterias patógenas como *Escherichia coli* (concentración mínima inhibitoria, CMI=16 mg/mL, concentración mínima bactericida, CMB=18 mg/mL), *Salmonella* Typhimurium (CMI=16 mg/mL, CMB=18 mg/mL), *Staphylococcus aureus* (CMI=16 mg/mL, CMB=16 mg/mL) y *Listeria monocytogenes* (CMI=16 mg/mL, CMB=16 mg/mL). La concentración de 6.25 mg/mL del extracto no afectó el nivel de agrado de olor y sabor de los frutos tratados comparado con los testigos; sin embargo, afectó ligeramente el nivel de agrado de color, sin ser rechazado por los consumidores. Esta concentración del extracto provocó un incremento en el contenido de fenoles totales (15.12%), flavonoides totales (13.08%) y actividad antioxidante (DPPH 27.69% y ABTS 42.17%) de los frutos tratados comparados con los testigos. El tratamiento causó una reducción en la carga de *E. coli*, *S. Typhimurium*, *S. aureus* y *L. monocytogenes* inoculadas previamente en los frutos de mango. Estos resultados comprueban el potencial que tiene el extracto de semilla de mango a la concentración de 6.25 mg/mL como agente antioxidante y antibacteriano en la conservación de mango fresco cortado, sin causar un impacto negativo en la aceptación sensorial de los frutos.

Palabras clave: *Mangifera indica* L., características organolépticas, extractos naturales, compuestos fenólicos, aditivos alimentarios.

ABSTRACT

The main goal of this work was to evaluate the effect of mango seed extract on the sensorial acceptability, antioxidant capacity and bacterial load of fresh-cut mango var. Haden. The phenolic compounds found in the extract were gallic acid and chlorogenic acid (160.15 y 100.85 mg/g, respectively). This extract showed a total phenol content of 277.4 mg GAE/g and 143.7 mg QE/g of total flavonoid content. Also, the extract showed antioxidant capacity of 2034.1 and 4205.7 $\mu\text{mol TE/g}$ for the inhibition of DPPH and ABTS radicals, respectively. By the other side, the mango seed extract was effective to inhibit the *in vitro* growth of some pathogenic bacteria as *Escherichia coli* (minimal inhibitory concentration, MIC=16 mg/mL, minimal bactericidal concentration, MBC=18 mg/mL), *Salmonella* Typhimurium (MIC=16 mg/mL, MBC=18 mg/mL), *Staphylococcus aureus* (MIC=16 mg/mL, MBC=16 mg/mL) and *Listeria monocytogenes* (MIC=16 mg/mL, MBC=16 mg/mL). The concentration of mango seed extract that did not affect the acceptability of odor and taste of treated mango was 6.25 mg/mL, compared with controls; however, the color was slightly affected without being rejected by consumers. This concentration increased the total phenol content (15.12%), total flavonoid content (13.08%) and antioxidant activity (DPPH 27.69% and ABTS 42.17%) of the treated fruit. The treatment caused a reduction in the load of *E. coli*, *S. Typhimurium*, *S. aureus* and *L. monocytogenes* previously inoculated in mangoes. These results demonstrated the potential of mango seed extract at a concentration of 6.25 mg/mL to act as antioxidant and antimicrobial agent in the preservation of fresh-cut mango without causing a negative impact on its sensorial acceptability.

Keywords: *Mangifera indica* L., organoleptic properties, natural extract, phenolic compounds, food additives.

INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) fresco cortado es un producto listo para consumir, el cual ha sufrido un procesamiento mínimo que incluye las operaciones de lavado, pelado y cortado antes del envasado y almacenamiento, para ofrecer valor nutricional, conveniencia y calidad sensorial. Los frutos de mango son fuente importante de compuestos con alto valor nutritivo como fibra, vitaminas, compuestos fenólicos, carotenoides y minerales (Masibo y He, 2008). Sin embargo, el mínimo procesamiento que se lleva a cabo promueve su deterioro fisiológico, cambios bioquímicos, disminución en sus nutrientes y aumento en el deterioro por microorganismos, lo cual trae consigo la reducción de la vida útil del fruto y un riesgo de inocuidad (Artés et al., 2007). Diversos métodos se han utilizado para alargar la vida de anaquel del mango fresco cortado como irradiación UV-C (González-Aguilar et al., 2007), tratamientos con ácido cítrico, ácido ascórbico y CaCl_2 (Robles-Sánchez et al., 2009a) y la adición de extracto de semilla de mango (Vega-Vega et al., 2013b). Sin embargo, estos estudios no han realizado una evaluación completa del impacto de los tratamientos sobre la calidad antioxidante, microbiana y sensorial del fruto.

Desde la antigüedad el hombre se ha preocupado por alargar el tiempo de vida útil de los alimentos para conservarlos en estado óptimo para su consumo, y para ello se ha empleado el uso de aditivos alimentarios. La mayoría de los aditivos utilizados en la industria son de síntesis química, sin embargo diversos estudios han mostrado que ejercen efectos perjudiciales a la salud que pueden ir desde alergias hasta algunos tipos de cáncer (Püssa, 2013). Por esta razón,

existe el reto de buscar compuestos que provengan de fuentes naturales para su uso como aditivos alimentarios sin sacrificar las características nutricionales y sensoriales. Además es necesario satisfacer la demanda actual del consumidor por productos más naturales, seguros y benéficos para la salud (Gutiérrez-Larraínzar et al., 2012).

El uso de extractos de subproductos agrícolas se ha propuesto como una alternativa a los antimicrobianos y antioxidantes sintéticos para combatir los patógenos en alimentos, inhibir la oxidación lipídica y enzimática y por lo tanto extender su vida de anaquel (Ayala-Zavala et al., 2011; Perumalla y Hettiarachchy, 2011). La semilla es uno de los subproductos del procesamiento de mango que presenta compuestos con propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Abdalla et al., 2007a; Maisuthisakul y Gordon, 2009), incluso mayores que su propia pulpa y que extractos de semilla de diferentes frutas (Soong y Barlow, 2004). El extracto de semilla de mango puede ser utilizado como un aditivo en la conservación de alimentos, por ejemplo para la conservación de frutas frescas cortadas que son altamente perecederas. Vega-Vega et al. (2013b) utilizó el extracto de semilla de mango para aumentar el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, así como disminuir el crecimiento microbiano de mango fresco cortado mango fresco cortado var. Haden.

Los compuestos fenólicos son los principales constituyentes de la semilla de mango, éstos pueden presentar sabores predominantemente dulces, amargos, pungentes o astringentes (Martínez Valverde et al., 2000; Ribeiro et al., 2008). Por ejemplo, algunos compuestos fenólicos de alto peso molecular, como taninos tienden a ser astringentes (Drewnowski y Gomez-Carneros, 2000), los cuales en altas concentraciones pueden resultar desagradables para el consumidor. Por otro lado, compuestos fenólicos con menor peso molecular como el ácido gálico ha sido propuesto como un edulcorante, presentando mayores ventajas que otros agentes similares (Giza et al., 2002). Lo anterior evidencia el posible impacto que puede causar el uso de extracto de semilla de

mango como aditivo alimentario. La aplicación de extractos vegetales en los alimentos ha sido limitada porque puede provocar cambios indeseables en color, sabor, olor, textura y aceptación general, los cuales son factores que determinan la decisión de compra del producto (Martínez, 2007). De ahí la importancia de evaluar el impacto sensorial de la aplicación de extractos naturales en diversas matrices alimentarias.

Por lo anterior, en este trabajo se evaluó el efecto de la adición de extracto de semilla de mango sobre la aceptación sensorial, capacidad antioxidante y carga bacteriana de mango fresco cortado var. Haden.

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Conservación de Mango Fresco Cortado

Los vegetales frescos cortados (VFC) son alimentos mínimamente procesados que poseen características de calidad de los productos en fresco recién cosechados. Los VFC son definidos como una fruta u hortaliza que ha sido lavada, pelada y cortada antes del envasado y almacenamiento para ofrecer valor nutricional, conveniencia y calidad sensorial (Rico et al., 2007) sin haber sufrido tratamientos térmicos o de congelación. Al inicio, estos productos eran demandados por servicios de alimentos para reducir la mano de obra y el desperdicio, pero hoy en día aumenta la demanda por parte del consumidor al detalle gracias a la promoción del consumo de frutas y hortalizas.

El mercado de los VFC ha crecido rápidamente debido a los cambios en las necesidades y actitudes de los consumidores a causa del agitado ritmo de vida y orientados hacia una mejor y sana alimentación. Actualmente, su oferta está compuesta principalmente por lechuga, espinaca, zanahoria, brócoli y cebolla como productos individuales. Mientras que en menor proporción se pueden encontrar frutas como piña, cítricos, manzana, durazno, mango, melón, sandía y mezclas de éstas (Salinas-Hernández et al., 2007). Sin embargo, se observa una fuerte tendencia al incremento de las frutas frescas cortadas (Salinas-Hernández et al., 2007). Los frutos y hortalizas frescas son una fuente importante de nutrientes, vitaminas y fibra (Olaimat y Holley, 2012). Además hay evidencia que su consumo es esencial para la buena salud y prevención de enfermedades atribuidos a la presencia de compuestos con actividad

antioxidante como compuestos fenólicos, carotenoides y vitaminas (Robles-Sánchez et al., 2011).

El mango (*Mangifera indica* L.) es una fruta que puede ser consumida como un producto fresco cortado. Éste pertenece a la familia Anacardiaceae y es uno de los cultivos tropicales más importantes y populares a nivel mundial. El fruto es una drupa redonda, ovalada o reniforme según las variedades. Es un fruto de corte y de masa variable según los cultivares, con una cáscara lisa y delgada que presenta diversos matices de verde al rojo que pasa por el amarillo y el naranja durante su maduración (Hernández Delgado et al., 2011). Como la mayoría de las frutas, el mango está compuesto esencialmente por agua (> el 80%) y polisacáridos, con una aportación energética de 56 kcal por 100 g. Además, es una fuente importante de compuestos con alto valor nutritivo como fibra y vitaminas A, C y E, compuestos fenólicos, carotenoides, ácidos orgánicos, además de presentar importantes cantidades de minerales como potasio y magnesio y pequeñas cantidades de hierro, fósforo y calcio (Masibo y He, 2008).

El mango ha atraído la atención de los investigadores por el contenido de compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante. En un estudio se demostró que la pulpa de mango presenta mayor contenido de compuestos fenólicos que frutos como uva, mora, fresa y piña, y por lo tanto mayor capacidad antioxidante (174.3 mg de equivalentes de vitamina C/100 g para la inhibición del radical DPPH) (Kuskoski et al., 2005). Ma et al. (2011) concluyeron en su estudio que el total de compuestos polifenólicos y flavonoides son los principales contribuyentes de la capacidad antioxidante en frutos de mango. Además, se ha reportado la actividad farmacológica de la mangiferina, compuesto de la clase de los flavonoides presente en este fruto, que presenta actividad como antioxidante, anticancerígeno, antimicrobiano, antiateroesclerosis, analgésico, antialérgico, anti-inflamatorio e inmunomodulatorio (Masibo y He, 2008). Robles-Sánchez et al. (2011) mostraron que la adición de mango entero y fresco cortado a la dieta durante 30 días disminuye significativamente la

cantidad de triglicéridos séricos (37 y 38%, respectivamente) y similarmente los niveles de lipoproteínas de muy baja densidad. Con esto se demuestra que el procesamiento del mango fresco cortado no afecta las propiedades benéficas del mango y que su consumo brinda beneficios a la salud.

Por otro lado, el mango fresco cortado es altamente perecedero y su mínimo procesamiento promueve su deterioro fisiológico, cambios bioquímicos y degradación por microorganismos lo que resulta en pérdida de color, sabor y textura (Rico et al., 2007). La microflora deteriorativa comúnmente encontrada en frutas involucra bacterias como *Pseudomonas*, *Erwinia herbicola*, *Enterobacter agglomerans*, bacterias ácido lácticas (González-Aguilar y Salinas-Hernández, 2009). Algunos hongos como *Botrytis cinerea* y *Aspergillus niger* y levaduras del género *Saccharomyces*, *Candida*, *Cryptococcus*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, y *Zygosaccharomyces* (Busta et al., 2003). Los hongos son los principales microorganismos causantes de la descomposición de la fruta fresca cortada, donde las condiciones relativamente ácidas tienden a suprimir el crecimiento bacteriano. Sin embargo, dentro de las bacterias patógenas y de mayor peligro para el humano asociadas a frutas se encuentran *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria* que puede comprometer la inocuidad del producto (Oms-Oliu et al., 2010).

Durante el procesamiento, los frutos pierden la barrera natural que poseen, haciéndolos más vulnerables a la contaminación microbiológica y a la pérdida de componentes esenciales, por ejemplo se ha observado una pérdida del 10% en el contenido de vitamina C y del 25% en carotenoides al sexto día del almacenamiento de mangos fresco cortados (Oms-Oliu et al., 2010). Esto ha llevado a la necesidad de aplicar compuestos que enriquezcan el contenido antioxidante y que protejan de la contaminación microbiana sin comprometer las propiedades sensoriales y nutricionales y evitando el uso de conservadores sintéticos. Diversos estudios han mostrado que éstos ejercen efectos perjudiciales a la salud como alergias, asma, problemas gastrointestinales, neurológicos, en hígado, riñón y hasta algunos tipos de cáncer (Püssa, 2013).

En este sentido, se han empleado numerosas tecnologías para aumentar la vida de anaquel de mango fresco cortado como el uso de irradiación UV-C (González-Aguilar et al., 2007), tratamientos con ácido cítrico, ácido ascórbico y CaCl₂ (Robles-Sánchez et al., 2009a), uso de agentes anti-oscuramiento y envases con atmósferas modificadas (González-Aguilar et al., 2000), recubrimientos comestibles y técnicas de microencapsulación (Alikhani, 2014; Robles-Sánchez et al., 2013). Sin embargo, continúa la búsqueda por métodos de conservación más naturales y por ello se han propuesto antimicrobianos y antioxidantes naturales de extractos de hierbas, plantas, frutos, hortalizas y sus subproductos como aditivos para asegurar la inocuidad y mantener la calidad de frutos frescos cortados (Goodburn y Wallace, 2013) sin afectar sus propiedades sensoriales.

Los atributos sensoriales en las frutas frescas cortadas son muy importantes, ya que son el primer contacto con el consumidor y son factores decisivos a la hora de la compra. Además el consumo de alimentos y en especial las frutas, están asociados a sensaciones de gusto por el sabor, olor, color o textura (Martínez, 2007). Los principales atributos evaluados en las frutas frescas cortadas se encuentran resumidas en la **Tabla 1**. El consumidor busca que una fruta por ejemplo el mango, en su estado de madurez comercial esté de color naranja y un sabor característico, además desea que al momento de agregar algún aditivo mantenga estas características o las mejore. Por estas razones la evaluación sensorial juega un papel importante para la conservación de frutas frescas cortadas.

Semilla de Mango: un Subproducto con Propiedades Antioxidantes y Antimicrobianas

Los subproductos agrícolas son desechos del procesamiento de frutas y hortalizas y son generados en grandes volúmenes, los cuales se estiman en

Tabla 1. Principales atributos evaluados sensorialmente en frutas frescas cortadas.

| Atributo sensorial | Características a evaluar |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Sabor | Dulzor, acidez, astringencia, amargura |
| Textura | Firmeza, suavidad, turgencia, fibrosidad |
| Olor | Compuestos volátiles |
| Apariencia | Color (uniformidad e intensidad), tamaño, forma, defectos, integridad, sanidad |

Fuente: González-Aguilar y Salinas-Hernández (2009).

alrededor de las 800,000 toneladas por año (Ginés et al., 2008). De éstos, sólo una mínima parte es reutilizada, por lo que se considera un problema de contaminación ambiental si no se les da un adecuado manejo (Babbar et al., 2011). Sin embargo, los subproductos agrícolas están ganando atención como fuentes novedosas y económicas de ingredientes funcionales (Ayala-Zavala et al., 2011), por los compuestos bioactivos que contienen incluyendo compuestos fenólicos, flavonoides y carotenoides. Debido a éstos, los subproductos presentan propiedades antioxidantes y antimicrobianas que pueden ser utilizados para su aplicación como conservadores en alimentos.

El mango es uno de los cultivos tropicales más importantes y populares a nivel mundial. México es el cuarto productor a nivel mundial y el segundo en exportación (SAGARPA, 2012) y de acuerdo a la superficie cultivada ocupa el tercer lugar. En 2010 los principales estados productores de mango en el país fueron: Guerrero, Nayarit, Sinaloa, Chiapas, Oaxaca, Michoacán y Veracruz y en conjunto produjeron el 88% del mango nacional. La producción de mango en México en 2010 fue de 1,632,649 toneladas y los cultivares más producidos fueron Manila, Ataulfo, Haden y Tommy Atkins (SAGARPA, 2012). En nuestro país el mango está destinado mayoritariamente a la venta en fresco y en menor proporción a la producción de pulpas, jugos, néctares, purés, salsas picantes, entre otros (Sumaya-Martínez et al., 2012). Para la elaboración de dichos productos, las cáscaras y semillas son generalmente un producto de desecho, lo cual genera grandes cantidades de subproductos (Engels et al., 2009).

Los subproductos del procesamiento mínimo del mango representan entre el 40% aproximado del peso total de la fruta y específicamente un 13.5% de semillas, 11% de cáscara y 17.94% de pulpa que no se utiliza (Ayala-Zavala et al., 2010). El procesamiento de mango deja como uno de los subproductos a la semilla o hueso, la cual consiste en una sola semilla oblonga plana que puede ser fibrosa o con pelillos en la superficie y está compuesta de una capa que encierra la almendra. La semilla de diferentes variedades de mangos oscila

entre el 9% y el 23% del peso del fruto y el contenido de la almendra de la semilla varía de 45.7% a 72.8% (Kittiphoom, 2012).

La semilla de mango se ha utilizado tradicionalmente en varias partes del mundo. En Fiji, la semilla fresca de mango se consume para tratar la disentería y el asma, mientras que el jugo se utiliza en una aplicación nasal para problemas de sinusitis (Singh, 1986). En India, el polvo seco de la semilla se aplica en la cabeza para eliminar la caspa y el almidón de la semilla se consume como un alimento (John, 1984). La infusión de la semilla es utilizada como un antihelmíntico, afrodisíaco, laxativo y tónico (Nithitanakool et al., 2013). Esto demuestra el potencial de la semilla de mango como agente antioxidante y antimicrobiano.

Compuestos del Extracto de Semilla de Mango

Diversos estudios han demostrado que la semilla de mango, como otros subproductos, presenta mayor contenido de compuestos fenólicos que su propia pulpa. Abdalla et al. (2007a) encontraron en la semilla de mango (mezcla de variedades egipcias como zebda, balady y saccary) una considerable cantidad de contenido total de compuestos fenólicos antioxidantes, lípidos totales y baja cantidad de proteína cruda pero de buena calidad rica en aminoácidos esenciales. Los principales compuestos fenólicos encontrados en este estudio fueron taninos (20.7 mg/100 g), vainillina (20.2 mg/100 g), ácido cumárico (12.6 mg/100 g), ácido ferúlico (10.5 mg/100 g), ácido cafeico (7.7 mg/100 g), ácido gálico (6.0 mg/100g) y mangiferina (4.2 mg/100 g), entre otros. El extracto etanólico de semilla de mango Thai cultivar 'Fahlun' presentó un contenido de 613 mg/g p.s. de pentagalolilglucopiranososa, 6.8 mg/g p.s. de metilgalato y 4.4 mg/g p.s. de ácido gálico (Nithitanakool et al., 2009b). Por otro lado, Vega-Vega et al. (2013b) identificaron al ácido gálico como componente

mayoritario (586.68 mg/g peso seco (p.s.)) en el extracto etanólico de semilla de mango var. Haden, la diferencia de este resultado comparado con el estudio anterior, puede deberse al procedimiento de obtener el extracto rico en compuestos fenólicos, así como a la variedad del mango utilizado.

Varios compuestos presentes en el extracto de semilla de mango han demostrado capacidad *in vitro* antioxidante, antimicrobiana y benéficas para la salud. Por ejemplo, el ácido gálico ha presentado fuerte actividad antimicrobiana contra las bacterias *Salmonella typhi* y *S. aureus* con una concentración mínima inhibitoria de 2.5 g/L y 1.25 g/L, respectivamente (Chanwitheesuk et al., 2007) y ha mostrado efectividad contra especies patogénicas de *Vibrio* (Lin et al., 2007). Además este compuesto mostró mayor efectividad que compuestos como la catequina contra la bacteria *Helicobacter pylori* (Díaz-Gómez et al., 2013). El ácido gálico ha sido asociado con diversas propiedades benéficas en la salud como antiinflamatoria, antimutagénicas, anticancerígeno, antioxidantes y relacionado con la disminución de enfermedades cardiovasculares (Nithitanakool et al., 2009b).

Otro compuesto reportado es la pentagalolilglucopiranososa que ha demostrado ser agente anti-tirosinasa, un potente secuestrador de radicales libres, antioxidante, anti-inflamatorio y anti-hepatotóxico (Nithitanakool et al., 2009a; Nithitanakool et al., 2009b). La pentagalolilglucopiranososa presenta un amplio espectro de actividades farmacológicas y se ha propuesto como un prometedor candidato para la terapia y prevención de varias enfermedades incluidas cáncer y diabetes (Zhang et al., 2009). Los galotaninos del extracto de semilla de mango fueron reportados como agentes anticancerígenos y se reportó su efecto antiproliferativo contra células anticancerígenas de mama (MDA-MB-231), hígado (HepG2) y leucemia (HL-60) (Luo et al., 2014). Las propiedades bioactivas de los diversos compuestos presentes en la semilla de mango, demuestran el potencial que tiene este subproducto para su uso en alimentos y farmacéutico.

Propiedades Antioxidantes del Extracto de Semilla de Mango

Los extractos de semilla de mango han mostrado poseer fuerte actividad contra los radicales ABTS (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfúrico) y DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) (Dorta et al., 2012; Khammuang y Sarnthima, 2011). A los compuestos fenólicos se les ha atribuido propiedades antioxidantes debido a su capacidad para inhibir radicales libres que pueden causar reacciones de oxidación y daños a moléculas importantes. Los antioxidantes pueden neutralizar radicales libres (**Figura 1**), inhibir la formación o propagación de radicales libres y quelar metales importantes para enzimas de oxidación. Los compuestos polifenólicos tienen la capacidad de estabilizar radicales libres vía donación de hidrógeno o de electrón y su actividad antioxidante está dada por el número y localización de sus grupos hidroxilos en el anillo aromático (Masibo y He, 2008).

Estudios previos reportan que el extracto de semilla de mango presenta mayor contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante que el extracto de semillas de otras frutas. Soong y Barlow (2004) reportan mayor capacidad antioxidante por los métodos de ABTS, FRAP (poder antioxidante de reducción de ion férrico) y fenoles totales para el extracto de semilla de mango (762 μmol de ácido ascórbico (AA)/g, 2572 equivalentes ácido gálico (EAG)/g y 117 mg EAG/g, respectivamente) que para los extractos de semillas de otros frutos como longan (448 μmol de AA/g, 1388 EAG/g y 62.6 mg EAG/g, respectivamente), aguacate (236.1 μmol de AA/g, 1484 EAG/g y 88.6 mg EAG/g, respectivamente) y jackfruit (7.4 μmol de AA/g, 2.8 EAG/g y 27.2 mg EAG/g, respectivamente). Matsusaka y Kawabata (2010) reportaron el contenido fenólico y la capacidad antioxidante de las partes no comestibles de algunas frutas, encontrando que la semilla y cáscara de mango poseen mayor contenido fenólico (153 y 123.80 mg/g p.s., respectivamente) comparado con las partes no comestibles del aguacate, kiwi, kiwano, maracuyá y carambola.

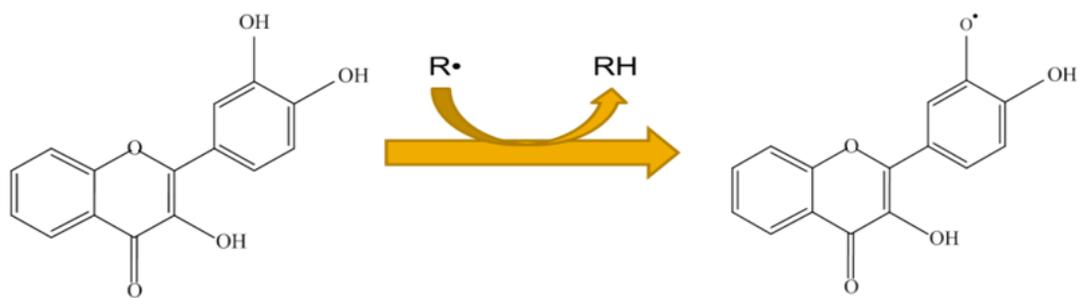


Figura 1. Mecanismo de acción antioxidante de compuestos fenólicos mediante la transferencia de un átomo de hidrógeno para estabilizar radicales libres.

Igualmente, los subproductos de mango, la semilla (4188 equivalente Trolox (ET) $\mu\text{mol/g p.s.}$) y la cáscara (1846 ET $\mu\text{mol/g p.s.}$) mostraron el más alto potencial antioxidante por los ensayos del radical DPPH y ABTS comparado contra la semilla de aguacate (462 ET $\mu\text{mol/g p.s.}$), la cáscara de maracuyá (75.4 ET $\mu\text{mol/g p.s.}$), la cáscara de papaya (58.4 ET $\mu\text{mol/g p.s.}$) y la cáscara de kiwano (14.2 ET $\mu\text{mol/g p.s.}$). La semilla de mango posee mayor contenido fenólico que la cáscara de manzana (1144 mg EAG/100g p.s.), cáscara de kiwi (820 mg EAG/100g p.s.) y cáscara de toronja (2335 mg EAG/100g p.s.) (Wijngaard et al., 2009). Esto demuestra el potencial antioxidante del extracto de semilla de mango.

Vega-Vega et al. (2013a) evaluaron la capacidad antioxidante de mango y sus subproductos en tres variedades (Haden, Ataulfo y Tommy Atkins) por los métodos de ABTS, DPPH y ORAC (capacidad de absorción de radicales de oxígeno). Los resultados de este estudio arrojaron mayor actividad antioxidante para los subproductos que para la propia pulpa, mostrando mejores resultados el extracto de semilla de mango de la variedad Haden (0.0401 EC_{50} mg/mL, 272.41 mmol ET/g y 6.22 mmol ET/g, respectivamente) comparado con los otros subproductos y variedades.

En otro estudio, se evaluó el efecto de cada etapa del proceso de extracción hidroalcohólica (semilla liofilizada, maceración, hidrólisis alcalina, hidrólisis ácida-alcalina, fase etanólica acuosa y fase acetato de etilo) en los compuestos bioactivos de semilla de mango y su capacidad antioxidante. La fase de hidrólisis ácida-alcalina presentó mayor capacidad antioxidante ($P \leq 0.5$) mostrando valores de 1787.67 mg ET/g para DPPH y 3692.86 mg ET/g para ABTS. Después se posicionó la muestra de la hidrólisis alcalina con 1656.21 mg ET/g y 2784.03 mg ET/g para DPPH y ABTS, respectivamente. Enseguida, están la fase no polar y el extracto crudo macerado por 10 días. Los extractos que presentaron menor capacidad antioxidante son el extracto de la semilla liofilizada y la fase polar (etanólica-acuosa) (Acevedo-Hernández, 2012). Estos resultados sugieren que para obtener mayor capacidad antioxidante de los

extractos, éstos deben ser llevados hasta una hidrólisis alcalina seguida de una hidrólisis ácida-alcalina.

Diversos estudios *in vitro* han asociado al extracto de semilla de mango con algunas posibles propiedades benéficas a la salud. El extracto etanólico de semilla de mango mostró la mayor actividad anti-alérgica comparado contra otros cultivos tailandeses como el plátano, okra, yaca, semilla de tamarindo, entre otros (Tewtrakul et al., 2008). Por todo lo anterior la semilla de mango presenta potencial como agente antioxidante para la elaboración de alimentos funcionales o nutraceuticos.

Propiedades Antimicrobianas del Extracto de Semilla de Mango

El extracto de semilla de mango también ha sido asociado con propiedades antimicrobianas. Vega-Vega et al. (2013a) evaluaron el efecto antimicrobiano de semilla de mango y sus subproductos en tres variedades (Haden, Ataulfo y Tommy Atkins) contra *E. coli* O157:H7, *Salmonella Choleraesuis*, *Listeria monocytogenes*, *S. aureus* y *Alternaria alternata*. Los resultados arrojaron mayor actividad antimicrobiana para los subproductos que para la pulpa. Además el extracto de semilla de mango de la variedad Haden tuvo mejores efectos antimicrobianos inhibiendo casi el 100% de crecimiento de estos microorganismos. En otros estudios, los extractos de semilla de mango mostraron actividad antibacteriana contra bacterias tales como *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *S. typhi* y *Pseudomonas aeruginosa* (Khammuang y Sarnthima, 2011) y *S. aureus* resistente a metilina, *E. coli* y *Vibrio vulnificus* (Kaur et al., 2010).

En el estudio por Acevedo-Hernández (2012) se evaluó la capacidad antimicrobiana de extractos de semilla de mango en diferentes etapas de su proceso de extracción. Los resultados arrojados demuestran que el extracto en

la etapa de hidrólisis alcalina fue el más potente para inhibir el crecimiento de bacterias y levaduras, con una CMI (concentración mínima inhibitoria) de 2.5 mg/mL y 0.2 mg/mL, respectivamente. Seguida del extracto de hidrólisis ácida-alcalina con CMI de 5 mg/ml para bacterias y 0.5 mg/mL en el caso de levaduras. Después, el extracto macerado (6 mg/mL para bacterias y 10 mg/mL levaduras), luego la fase no polar (16 mg/mL y 6 mg/mL) y por último la fase polar (24 mg/mL y 12 mg/mL) para bacterias y levaduras, respectivamente. El extracto etanólico de semilla de mango mostró mayor efectividad contra bacterias como *S. aureus* (2 veces más), *B. subtilis* (4 veces más) y *P. aeruginosa* comparado con otros subproductos como cáscara de plátano y semilla de tamarindo (Tewtrakul et al., 2008).

La actividad antimicrobiana de la semilla de mango se ha asociado con la presencia de compuestos fenólicos. Se ha sugerido que los compuestos fenólicos pueden causar cambios en la membrana a través de la interacción con los aminoácidos hidrofílicos de las proteínas de membrana celular alterando su permeabilidad (**Figura 2**). Esto trae consigo una alteración del pH y potencial eléctrico, causando la salida de protones al exterior de la célula produciendo una coagulación del citoplasma acompañado de la pérdida normal del metabolismo celular, y por ende la muerte de ésta (Raybaudi-Massilia et al., 2009). También los compuestos fenólicos como ácido fenólicos y flavonoides pueden quelar metales importantes para la actividad enzimática metabólica y presentar efectos negativos en la síntesis del material genético y de proteínas de los microorganismos (Negi, 2012).

En este sentido, el extracto de semilla de mango puede ser utilizado como conservador de alimentos para prolongar su vida de anaquel gracias a las propiedades antioxidantes y antimicrobianas que presenta, como por ejemplo para la conservación de mango fresco cortado. Sin embargo, es necesario evaluar los posibles cambios sensoriales que se puedan presentar por la adición del extracto rico en compuestos fenólicos.

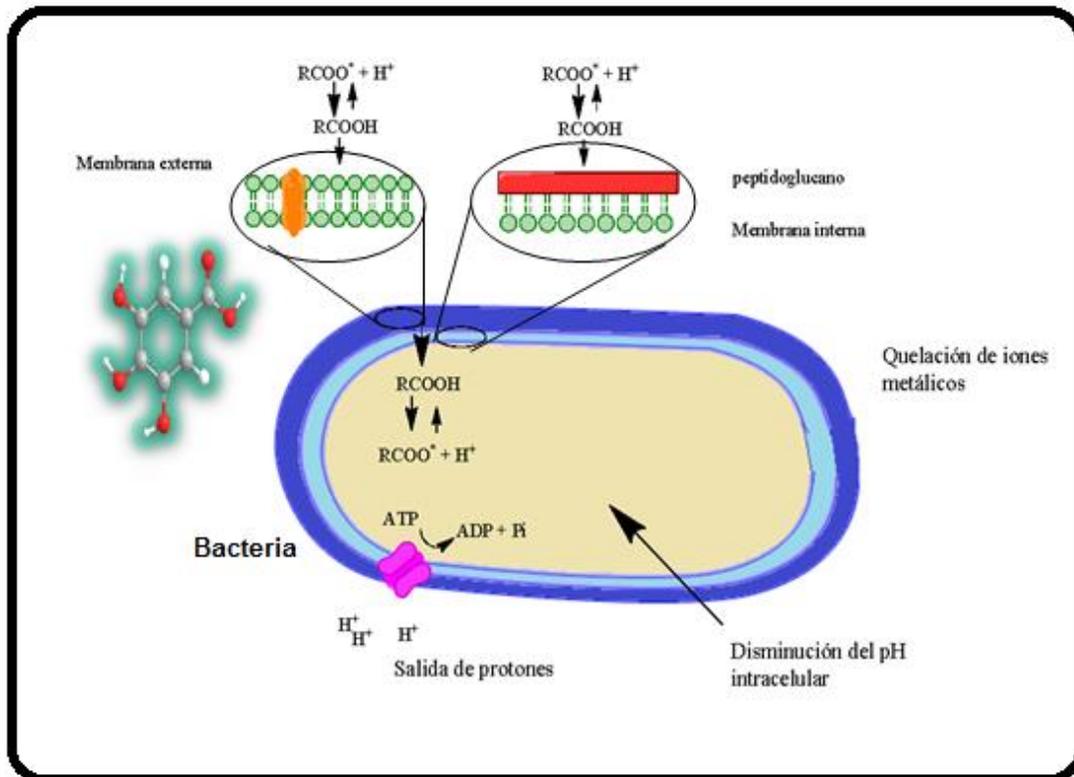


Figura 2. Mecanismo antibacteriano de compuestos fenólicos alterando la permeabilidad de la membrana bacteriana, causando la salida de protones, disminuyendo el pH intracelular y causando la coagulación del citoplasma y por ende la muerte celular.

Propiedades Sensoriales de Compuestos Fenólicos Presentes en Extractos Vegetales

Aprovechando las características sensoriales de algunos extractos vegetales, éstos han sido empleados como saborizantes, colorantes y edulcorantes en la industria alimentaria. Dependiendo de la composición de los extractos es el sabor, olor y color que presentan. Los compuestos fenólicos como ácido gálico, taninos y flavonoides, contenidos en extractos vegetales, son responsables de muchas características de color y sabor en las frutas y hortalizas y les proporcionan atributos sensoriales característicos (Martínez Valverde et al., 2000).

Algunos ácidos fenólicos, flavonoides, terpenos y glucosinolatos han sido asociados con sabores astringentes, ácidos, amargos o dulces (Dinnella et al., 2011; Drewnowski y Gomez-Carneros, 2000). El sabor de los extractos vegetales ricos en compuestos fenólicos dependen de su composición, mientras que los taninos (polifenoles de alto peso molecular) tienden a ser astringentes, moléculas de menor peso son más amargos o dulces (Drewnowski y Gomez-Carneros, 2000). Se ha observado que la intensidad de la astringencia de los taninos depende del peso molecular de los compuestos, por ejemplo taninos con un peso molecular entre 500 y 3000 pueden desarrollar la sensación de astringencia (Obreque-Slifer et al., 2010). La astringencia de los polifenoles se debe a la unión de proteínas de la saliva ricas en prolina que facilita la precipitación en la cavidad oral (Martínez Valverde et al., 2000). Las propiedades sensoriales de los flavonoides como catequinas y taninos han sido asociados con sabor amargo y astringente produciendo a altas concentraciones reacciones negativas en el consumidor (Dinnella et al., 2011; Scharbert y Hofmann, 2005).

Los ácidos fenólicos simples como el ácido gálico no reaccionan con proteínas y por lo tanto, no presentan un sabor astringente (Martínez Valverde et al.,

2000). Por el contrario, se observó que el ácido gálico indujo un regusto dulce distintivo y de larga duración, que sólo tiene un sabor inicial ligeramente amargo pero en general agradable (Giza et al., 2002). La ventaja del ácido gálico sobre otros edulcorantes es que el dulzor inducido es no calórico, de larga duración y no tiene ningún regusto no dulce (Giza et al., 2002). Además el ácido gálico es considerado como una sustancia no-tóxica para el hombre y algunos efectos promotores de la salud se le han atribuido. Se ha propuesto su uso en la industria como saborizante de chicles, pasta de dientes y bebidas, entre otros. El ácido gálico es el componente mayoritario del extracto de semilla de mango (Vega-Vega et al., 2013b) por lo que podría aportar un sabor dulce al momento de ser adicionado en alimentos.

Además, algunos flavonoides poseen un gusto amargo mientras que otros no, esto es dependiendo del tipo cadena glucosídica. Ciertos flavonoides glucosidados con sabor amargo pueden transformarse por la abertura de un anillo en chalconas con un sabor dulce, que por medio de la hidrogenación se convierten en dehidrochalconas con un poder edulcorante igual o mayor que la sacarina (Martínez Valverde et al., 2000). Por ejemplo, la naringina, neohesperidosido y la neohesperidina son los compuestos responsables del sabor amargo de los cítricos, mientras que la hesperidina no presenta sabor y la neohesperidina dehidrochalcona son muy dulces (Drewnowski y Gomez-Carneros, 2000).

Por otro lado, los compuestos fenólicos también son responsables de muchas coloraciones en los alimentos; por ejemplo, los flavonoides como los flavonoles (kaempferol, quercitina y mirecitina) contribuyen al color del té verde mientras que las flavonas y los flavonoles no intervienen claramente en las coloraciones de las plantas, al menos que estén presentes en altas concentraciones (Martínez Valverde et al., 2000). La aplicación de extractos ricos en compuestos fenólicos pudiera impartir algunas de sus características sensoriales a los alimentos, de ahí la importancia de llevar a cabo una evaluación sensorial al momento de utilizarlos en la conservación de alimentos.

Los extractos vegetales pueden presentar sabores, colores y olores dependiendo de sus constituyentes, lo anterior debe ser contemplado antes de considerar la aplicación en alimentos. En este contexto, si el extracto vegetal será añadido como agente antimicrobiano o antioxidante a la matriz alimenticia, es importante analizar los posibles cambios sensoriales causados por los tratamientos.

Impacto Sensorial de Extractos Vegetales en Alimentos

En cuanto a la aceptabilidad sensorial, algunos resultados positivos se han obtenido con la aplicación de extractos de plantas como agentes antioxidantes y antimicrobianos en diferentes matrices alimentarias. Por ejemplo, se adicionó extracto de cáscara de granada (0.1 y 0.5%) en carne de pollo para controlar su rancidez oxidativa, disminuir el crecimiento bacteriano y mejorar su vida de anaquel de 2 a 3 semanas durante su almacenamiento en frío. La adición de este extracto no afectó el color, sabor y textura de los productos de pollo (Kanatt et al., 2010). El extracto de romero y salvia (0.04% v/p) adicionado a carne molida irradiada almacenada por 48 días a 5°C, disminuyó los valores de TBARS, eliminó el mal olor e incrementó el color y aceptación sensorial del producto (Mohamed et al., 2011).

Sin embargo, existe una gran desventaja en el uso de extractos vegetales en alimentos debido a factores como una pobre solubilidad y posibles interacciones con la matriz alimenticia (lípidos, proteínas y carbohidratos) que puedan comprometer la actividad antimicrobiana y antioxidante de los extractos (Velderrain-Rodriguez et al., 2014). Sumado a lo anterior, es necesario aplicar los extractos a altas concentraciones para lograr efectos positivos aunque el aspecto sensorial puede verse afectado (Ayala-Zavala et al., 2008). Los extractos vegetales pueden provocar alteraciones en el sabor, olor y otras características sensoriales de los alimentos (Rodríguez Saucedo, 2011) debido

al método de aplicación y a las concentraciones que son aplicados (Gutierrez et al., 2008; Solórzano-Santos y Miranda-Novales, 2012). De ahí la importancia de realizar una evaluación sensorial cuando se adicionen extractos vegetales en alimentos.

Rodríguez-García (2013) reportó el uso de recubrimientos de pectina adicionados con aceite esencial de orégano (15.7, 25.9 y 36.1 mg/mL) como un antifúngico en frutos de tomate. Las concentraciones mayores de 25.9 y 36.1 mg/mL tuvieron el mayor efecto como antifúngico y mostraron un incremento en el contenido de fenoles totales y actividad antioxidante de los tomates tratados. Sin embargo, en el análisis sensorial la concentración más baja (15.7 mg/mL) fue la que presentó mayor aceptabilidad en sabor. Igualmente, la adición de arándano en polvo a una concentración de 3 g/100 g de salchichas logró reducir 5.3 log₁₀ el crecimiento de *L. monocytogenes* después de 49 días comparado con el control. Sin embargo, las concentraciones por arriba de 1 g/100 g de este polvo redujeron significativamente el pH, causando un impacto negativo en el color, sabor, olor y textura de las salchichas (Xi et al., 2012).

Previamente subproductos de mango han sido utilizados en alimentos y han sido evaluados sensorialmente, tal es el caso de la aplicación de extracto de semilla de mango en leche pasteurizada de vaca. En este estudio se utilizaron diferentes concentraciones (3, 4.5 y 6 g/L) para reducir la cuenta total bacteriana, inhibir bacterias coliformes como *E. coli* y alargar la vida de anaquel de la leche. Se encontró que la concentración más baja (3 g/L) mostró la mayor aceptación en cuanto a sabor, color y olor, y no se encontraron efectos negativos en estos atributos sensoriales, además a esta concentración se observó un efecto antibacteriano (Abdalla et al., 2007b).

En otro estudio, la cáscara de mango se incorporó en la formulación de macarrones a distintos niveles (25, 50, 75 mg/g) para mejorar sus propiedades nutraceuticas sin afectar sus atributos sensoriales. El color, textura y sabor de los macarrones se evaluaron en una escala hedónica. Los macarrones con la concentración más alta del extracto (75 mg/g) fueron evaluados por los

panelistas con menor puntuación rechazando su aceptación general. En base al análisis sensorial no hubo diferencia significativa entre los macarrones control y los macarrones con extracto de cáscara de mango hasta un nivel de 50 mg/g con referencia al color, sabor y textura ($P \leq 0.05$) (Ajila et al., 2010). Como se observa en la literatura analizada la concentración del extracto vegetal el cual será aplicado en alimentos, es determinante en la aceptación del producto para que los extractos de subproductos agrícolas vegetales puedan ser utilizados en alimentos sin afectar sus características organolépticas. En este sentido, es importante probar diferentes dosis y diferentes métodos de aplicación para asegurar un efecto positivo en la aceptación sensorial, calidad y aspecto nutricional del alimento. Se han empleado nuevas tecnologías como nanoemulsiones, nanocápsulas, vapores y cubiertas comestibles para incorporar extractos vegetales y mejorar la respuesta antioxidante, antimicrobiana y sensorial (Ayala-Zavala et al., 2013).

El análisis sensorial es la disciplina que aprovecha la capacidad de los sentidos para reaccionar ante los estímulos fisicoquímicos de los alimentos, permitiendo medir, analizar e interpretar las reacciones del ser humano al percibir sus características (Lawless y Heymann, 2010). Estos estímulos son comparados en el cerebro con estímulos almacenados durante experiencias previas y son transformados posteriormente en conceptos que permiten al ser humano evaluar y emitir un juicio acerca de la calidad sensorial del producto (González-Aguilar y Salinas-Hernández, 2009; Lawless y Heymann, 2010).

Muchas de las características sensoriales como el color y la textura de los alimentos se pueden medir mediante instrumentos y equipos. Sin embargo, no siempre están relacionados con la aceptación por parte del consumidor, además características tales como sabor y el gusto son difíciles de medir por lo que siempre es necesario recurrir a un panel ya sea entrenado o no (Wang et al., 2007). También existen varias pruebas de evaluación sensorial de alimentos que se pueden agrupar en: analíticas y afectivas, el uso de éstas dependerá del objetivo deseado. Las pruebas analíticas son utilizadas para encontrar

diferencias y similitudes entre muestras o medir cualitativamente y cuantitativamente las características sensoriales. Las pruebas afectivas sólo analizan el nivel de agrado, preferencia, aceptación o rechazo (Lawless y Heymann, 2010).

Con todo lo anterior, se ha propuesto encontrar una concentración del extracto de semilla de mango que sea sensorialmente aceptable por los consumidores, para ser adicionada en mango fresco cortado para aumentar su contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante y disminuir su carga bacteriana.

HIPÓTESIS

La concentración sensorialmente aceptable de un extracto de semilla de mango aumenta la capacidad antioxidante y disminuye la carga bacteriana de mango fresco cortado var. Haden.

OBJETIVOS

Objetivo General

Aumentar la capacidad antioxidante y disminuir la carga bacteriana sin afectar la aceptación sensorial de mango fresco cortado var. Haden tratado con extracto de su semilla.

Objetivos Específicos

- Determinar la capacidad antioxidante y antibacteriana de un extracto de semilla de mango.
- Evaluar la aceptabilidad sensorial (color, sabor, olor) de mango fresco cortado, tratado con diferentes concentraciones del extracto de semilla de mango durante el almacenamiento a 5°C.
- Cuantificar la capacidad antioxidante y carga bacteriana en mango fresco cortado tratado con la concentración máxima sensorialmente aceptable del extracto de semilla de mango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección y Caracterización Físicoquímica de la Materia Prima

Se obtuvieron mangos de la variedad Haden de un centro comercial de la ciudad de Hermosillo, Sonora. Se seleccionaron en un estado de madurez verde-maduro, libre de daños y defectos físicos. Se lavaron con agua clorada (250 ppm) durante 3 min y se secaron a temperatura ambiente. Se realizaron pruebas físicoquímicas (AOAC, 1990) para caracterizar los frutos utilizados. Los parámetros de color (L, a*, b*) se midieron con un colorímetro Minolta CR-300. La acidez titulable (%) y el pH se determinaron utilizando un titulador automático Mettler (Modelo DL21). Los sólidos solubles totales se midieron con un refractómetro digital Abbé y los resultados se expresaron en °Brix (**Tabla 2**).

Etapa 1: Obtención y Caracterización del Extracto de Semilla de Mango

Obtención de Extracto de Semilla de Mango

La almendra de la semilla de mango se utilizó para la extracción, la cual fue finamente picada y 10 g de ésta se colocaron en 100 mL de etanol:agua (7:3 v/v) en oscuridad durante 10 días a 25°C. Se retiraron los sólidos de la mezcla mediante filtración y el etanol presente en el licor se retiró utilizando un evaporador giratorio (Büchi 121) a presión reducida y a 45°C. El remanente de

Tabla 2. Caracterización fisicoquímica de los frutos de mango var. Haden utilizados en el estudio.

| Parámetro | Media |
|----------------------------------|---------------|
| Acidez titulable (%) | 0.80 ± 0.004* |
| Sólidos solubles totales (°Brix) | 10.43 ± 0.13 |
| pH | 3.82 ± 0.007 |
| Color pulpa | |
| Croma | 62.24 ± 0.42 |
| Luminosidad | 72.15 ± 0.75 |
| °Hue | 85.82 ± 0.21 |

*Media de tres determinaciones ± error estándar.

la evaporación se sometió a una hidrólisis alcalina (10 mL de NaOH 4 M) por 4 h en ausencia de luz, seguido de una hidrólisis ácida con HCl 4 M hasta alcanzar un pH de 2. El extracto en polvo se obtuvo mediante liofilización y se almacenó hasta su uso (Ayala-Zavala et al., 2012).

Identificación y Cuantificación de Polifenoles en el Extracto

La identificación y cuantificación de los compuestos fenólicos presentes en el extracto se realizó mediante la técnica de cromatografía líquida de ultra desempeño (UPLC). Se utilizó un sistema ACQUITY Ultra Performance LCTM (Waters) acoplado simultáneamente a un detector de arreglo de diodos PDA-2996 (Waters) a una longitud de onda de 280 nm. El equipo se controló con el programa Empower (Waters) para la adquisición y análisis de datos. Las corridas analíticas se realizaron a 30°C con una columna de fase reversa (BEH C18, 1.7 µm, 2.1 x 100 mm; Waters). Las fases móviles utilizadas fueron: 7.5 mM ácido acético (A) y acetonitrilo 100% (B) con un flujo de 250 µL/min. La elución de gradiente se utilizó empezando con 5% del solvente B por 8 min, 5-20% del solvente B por 5.2 min, de manera isocrática 20% del solvente B por 0.5 min, 20-30% del solvente B por 2.3 min, 50-100% solvente B por 1 min, 100% solvente B isocrático por 1 min y finalmente 100-5% solvente B por 0.5 min. Al final de la secuencia, la columna se equilibró bajo las condiciones iniciales por 2.5 min. El rango de presión fue desde 6,000 a 8,000 psi durante la corrida cromatográfica. (Fратиanni et al., 2011). El volumen de inyección fue de 10 µL. La identificación se realizó por la comparación de espectros UV, utilizando una base de datos previamente realizada con sustancias de referencia. La cuantificación se realizó utilizando curvas estándar de los compuestos correspondientes y se reportó como mg del compuesto/g de peso seco.

Contenido de Fenoles Totales

El contenido de fenoles totales de cada muestra se determinó de acuerdo al método Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965) con algunas modificaciones. Se agregaron 75 μL de Folin [1:10], 15 μL de la muestra y 60 μL de Na_2CO_3 al 7.5%, cada muestra se analizó por triplicado. Después se dejó reposar en la oscuridad durante 30 min. La lectura se tomó a una longitud de onda de 765 nm en un lector de microplacas (Fluostar Omega, BMG Labtech). También se preparó una curva de calibración de ácido gálico y de esta manera se reportaron los resultados como mg equivalentes de ácido gálico por gramo de extracto en peso seco (mg EAG/g p.s.).

Contenido de Flavonoides Totales

La determinación de flavonoides totales se realizó por el método descrito por Zhishen et al. (1999) con algunas modificaciones. Se agregaron 100 μL de la muestra, 430 μL de la mezcla A (1.8 mL de NaNO_2 al 5% con 24 mL de agua destilada) y se dejaron reposar durante 5 min. Posteriormente se adicionaron 30 μL de AlCl_3 al 10% y se dejó reposar por un minuto. Después se agregaron 440 μL de la mezcla B (12 mL de NaOH 1M con 14.4 mL de agua destilada). De esta reacción se tomaron 150 μL por triplicado, se colocaron en el lector de microplacas (Fluostar Omega, BMG Labtech) y se leyó a una longitud de onda de 496 nm. Se elaboró una curva de calibración con quercetina y los resultados se expresaron como mg de equivalentes de quercetina por gramo de extracto de peso seco (mg EQ/g p.s.).

Capacidad Antioxidante por la Prueba de Inhibición del Radical DPPH[•]

En este método se midió la capacidad del extracto para inactivar al radical estable DPPH[•]. Se preparó el radical DPPH diluyendo 1.97 mg del DPPH en 50 mL de metanol puro y se ajustó a una absorbancia de 0.7. Se agregaron 140 µL del radical ajustado y 10 µL del extracto. La determinación se realizó por triplicado. Se dejó reposar 30 min en oscuridad y se leyó en un lector de microplacas a 518 nm (Fluostar Omega, BMG Labtech). Se elaboró una curva estándar con Trolox y los resultados se expresaron en µmol Equivalentes Trolox (ET)/g p.s. (Robles-Sánchez et al., 2009b).

Capacidad Antioxidante por el Ensayo de ABTS^{•+}

Este método se basa en la capacidad de los antioxidantes para inactivar el radical ABTS^{•+}. Para la preparación del radical se pesaron 19.3 mg de ABTS y se disolvieron en 5 mL de agua destilada. Se agregaron 37.8 mg de K₂S₂O₈ en 1 mL de agua destilada; 88 µL de esta solución se adicionaron a la solución de 5 mL de ABTS. Esta mezcla se dejó reposar en la oscuridad y a temperatura ambiente durante 16 h. Después se ajustó el radical en etanol puro a una absorbancia de 0.7. Para la reacción se añadieron 245 µL del radical ajustado y 5 µL del extracto. La determinación se realizó por triplicado. Se dejó reposar en oscuridad por 5 min y se leyó la absorbancia a 754 nm (Fluostar Omega, BMG Labtech). De igual manera se elaboró una curva de calibración con Trolox y los resultados se expresaron en µmol ET/g p.s. (Re et al., 1999).

Determinación de las Concentraciones Mínimas Inhibitorias (CMI) y Bactericidas (CMB) del Extracto

Se determinó la capacidad antibacteriana del extracto de semilla de mango contra las bacterias *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 43890, *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium ATCC 14028, *Listeria monocytogenes* ATCC 7644, y *Staphylococcus aureus* ATCC 6538. Para la preparación de los inóculos se tomó una azada de cada bacteria y se inoculó en caldo Mueller Hinton, incubándose durante 19 h a 37°C. Posteriormente, la densidad óptica fue comparada con un tubo de 0.5 sobre la escala de McFarland (10^8 UFC/mL) para cada bacteria. La efectividad antibacteriana del extracto se determinó empleando la técnica de microdilución en caldo.

Se prepararon diferentes diluciones del extracto en caldo Mueller Hinton en un rango de 0 a 30 mg/mL cada 2 mg/mL. Se agregaron 5 μ L del inóculo y 295 μ L de las diluciones del extracto en una microplaca y se incubó durante 24 h a 37°C. La concentración más baja del extracto que evitó visualmente el crecimiento del inóculo se tomó como la concentración mínima inhibitoria (CMI) (Burt et al., 2005). A partir de los pozos, se tomó una asada de la CMI y tres concentraciones superiores y se sembraron en agar Plate Count para encontrar la concentración mínima bactericida (CMB).

Una vez encontrada la CMI del extracto para cada bacteria, se realizaron curvas de sensibilidad para conocer el efecto de diferentes concentraciones del extracto sobre los parámetros cinéticos de crecimiento bacteriano. El crecimiento bacteriano fue expresado como un aumento en la densidad óptica (DO) a 600 nm, estos datos fueron procesados utilizando la función de Baranyi (Baranyi et al., 1993), calculando el tiempo de la fase lag (h), tasa máxima de crecimiento (μ_{max} , DO/h), y el crecimiento máximo en la fase estacionaria (Y_{max} , DO) (Truchado et al., 2012).

Etapa 2: Evaluación Sensorial de Mango Fresco Cortado Tratado con Extracto de su Semilla

Aplicación del Extracto al Mango Fresco Cortado

Los mangos var. Haden fueron desinfectados con agua clorada (200 ppm), fueron procesados en cubos de 2 cm y sumergidos durante 2 min en soluciones del extracto de semilla de mango con diferentes niveles de concentración (0, 1.58, 3.125, 6.25, 10 y 12.5 mg/mL). Se dejaron secar a temperatura ambiente durante 3 min, se colocaron en charolas de plástico y se almacenaron a 5°C durante 10 días.

Evaluación Sensorial

Los atributos a evaluar fueron el olor, color y sabor de los mangos frescos cortados tratados con distintas concentraciones del extracto de semilla de mango (0; 1.58; 3.125; 6.25; 10 y 12.5 mg/mL). Esta evaluación se llevó a cabo con 10 panelistas no entrenados para obtener la concentración máxima aceptable del extracto agregado a los mangos. La evaluación sensorial se llevó a cabo los días 0, 5 y 10 del almacenamiento. Una vez obtenida la concentración máxima, se prepararon mangos adicionados con esta concentración de extracto y se realizó una prueba afectiva de nivel de agrado con 100 panelistas no entrenados. Se utilizó una escala hedónica de 1 a 10, donde 1 fue desagrada extremadamente, 2.5 desagrada moderadamente, 5 ni agrada ni desagrada, 7.5 agrada moderadamente y 10 agrada extremadamente (**Figura 3**) (Schutz y Cardello, 2001). Para garantizar la calidad de los frutos se



Figura 3. Escala hedónica etiquetada que relaciona un valor numérico con el nivel de agrado de mango fresco cortado tratado con el extracto de semilla.

efectuaron análisis microbiológicos (**Tabla 3**) a los 0, 5 y 10 días de almacenamiento, antes de llevar a cabo la evaluación sensorial.

Etapa 3. Capacidad Antioxidante y Carga Bacteriana de Mango Fresco Cortado.

Efecto de la Aplicación del Extracto de Semilla de Mango en el Contenido de Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante de Mango Fresco Cortado

Se seleccionó la concentración máxima del extracto de semilla de mango que presentó mejor aceptación sensorial en la etapa 2 y se adicionó a mango fresco cortado para la determinación de la capacidad antioxidante durante su almacenamiento a 5°C por 10 días con tiempos de muestreo al 0, 5 y 10 días. Se obtuvieron los extractos a partir de 10 g de mango (testigo y tratado con extracto) y cada muestra se homogeneizó por 30 s con 20 mL de metanol al 80%. El homogeneizado se sometió a un baño de ultrasonido (Branson 2510 modelo 2510R-DTH) durante 30 min a 1°C, después se centrifugó a 1200 x g por 15 min a 4°C (Beckman Coulter modelo Allegra-64R) y se filtró. Este procedimiento se repitió dos veces con un volumen de 10 mL de metanol al 80% y el volumen de los sobrenadantes se juntó y se llevó a un volumen de 40 mL (Vega-Vega et al., 2013b). A dichos extractos se les evaluó el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante por las técnicas descritas anteriormente. Los resultados se expresaron como mg EAG/100 g p.f. para el contenido de fenoles totales, mg EQ/100 g p.f. para flavonoides totales y $\mu\text{mol ET}/100 \text{ g p.f.}$ para la capacidad antioxidante.

Tabla 3. Análisis microbiológico para el aseguramiento de la calidad de mango fresco cortado almacenado durante 10 días a 5°C.

| Días | Mesófilos aerobios | | Coliformes Totales | | Hongos | |
|------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|---------|-------------|
| | UFC/g* | | | | | |
| | Testigo | Tratamiento | Testigo | Tratamiento | Testigo | Tratamiento |
| 0 | <250 | <250 | <250 | <250 | <250 | <250 |
| 5 | <250 | <250 | <250 | <250 | <250 | <250 |
| 10 | 930 | 1133 | <250 | <250 | <250 | 1246 |

*UFC/g=unidades formadoras de colonias por gramo

Efecto de la Aplicación del Extracto de Semilla de Mango en la Carga Bacteriana de Mango Fresco Cortado

Para evaluar el efecto antibacteriano, los frutos de mango fueron desinfectados con agua clorada a 200 ppm, se pelaron, se cortaron y se pesaron en muestras de 10 g (por triplicado para cada tratamiento). Las muestras se inocularon por inmersión en soluciones con las diferentes bacterias (*E. coli*, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*, y *S. aureus*) a una concentración de 1×10^6 UFC/mL por dos minutos y secadas durante 30 min en una cabina de bioseguridad con flujo laminar (Airstream Esco Class II BSC). Posteriormente, una muestra se tomó como testigo y la otra fue sumergida en 200 mL del extracto de semilla de mango a una concentración de 6.25 mg/mL y se dejaron secar durante 30 min. Después, las muestras de 10 g de cada tratamiento se colocaron en bolsas individuales con 90 mL de agua peptonada para su posterior siembra en placas con agar cuenta estándar realizadas por triplicado. Las colonias fueron contadas después de 24 h de incubación. Los resultados obtenidos se expresaron como UFC/g.

Análisis Estadístico

En la primera etapa se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una sola vía con una $P \leq 0.05$ para estimar diferencias significativas en los parámetros cinéticos de la bacteria testigo y la bacteria expuesta al extracto. En la segunda y tercera etapa, para el análisis de la evaluación sensorial y el efecto en la capacidad antioxidante de mango fresco cortado tratado con extracto de semilla, se realizó un diseño en bloques completamente al azar en donde los factores fueron los tratamientos y el tiempo se bloqueó. Las variables respuestas fueron el nivel de agrado de olor, color y sabor, contenido de fenoles

y flavonoides totales y capacidad antioxidante (DPPH y ABTS). Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) para estimar diferencias ($P \leq 0.05$) y una prueba de comparación de medias por el método de rangos múltiples de Tukey-Kramer. Para evaluar diferencias en la carga bacteriana entre mango testigo y mango tratado se utilizó un ANOVA de una sola vía con una $P \leq 0.05$. Todo el análisis se realizó en el software estadístico NCSS (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etapa 1: Obtención y Caracterización del Extracto de Semilla de Mango

Contenido e Identificación de Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante del Extracto de Semilla de Mango

El extracto de semilla de mango mostró un contenido de fenoles totales de 277.4 mg EAG/g p.s. y 143.7 mg EQ/g p.s. de flavonoides totales. Estudios similares se han llevado a cabo, Maisuthisakul y Gordon (2009) reportaron un contenido de fenoles para el extracto etanólico de semilla de mango de 53.7 mg EAG/g, valor que es menor comparado con el contenido de fenoles de nuestro extracto. Mientras que Vega-Vega et al. (2013a) reportan un contenido de fenoles totales de 875.1 mg EAG/g, el cual fue cuatro veces mayor que lo que se encontró para nuestro extracto. Estos mismos autores reportan un contenido de flavonoides totales de 164.6 mg EQ/g, valor que resulta similar al que se encontró en nuestro extracto. Por otro lado, Acevedo-Hernández (2012) reportó un contenido de fenoles totales para el extracto etanólico de semilla de mango de 310.8 mg EAG/g p.s. y de flavonoides totales un contenido de 64.4 mg EQ/g p.s., estos valores son similares a los obtenidos en nuestro estudio, nuestro extracto obtuvo menor contenido de fenoles totales pero mayor de flavonoides.

En cuanto a la identificación de los compuestos del extracto etanólico de semilla de mango, el cromatograma se muestra en la **Figura 4**. Se logró identificar al

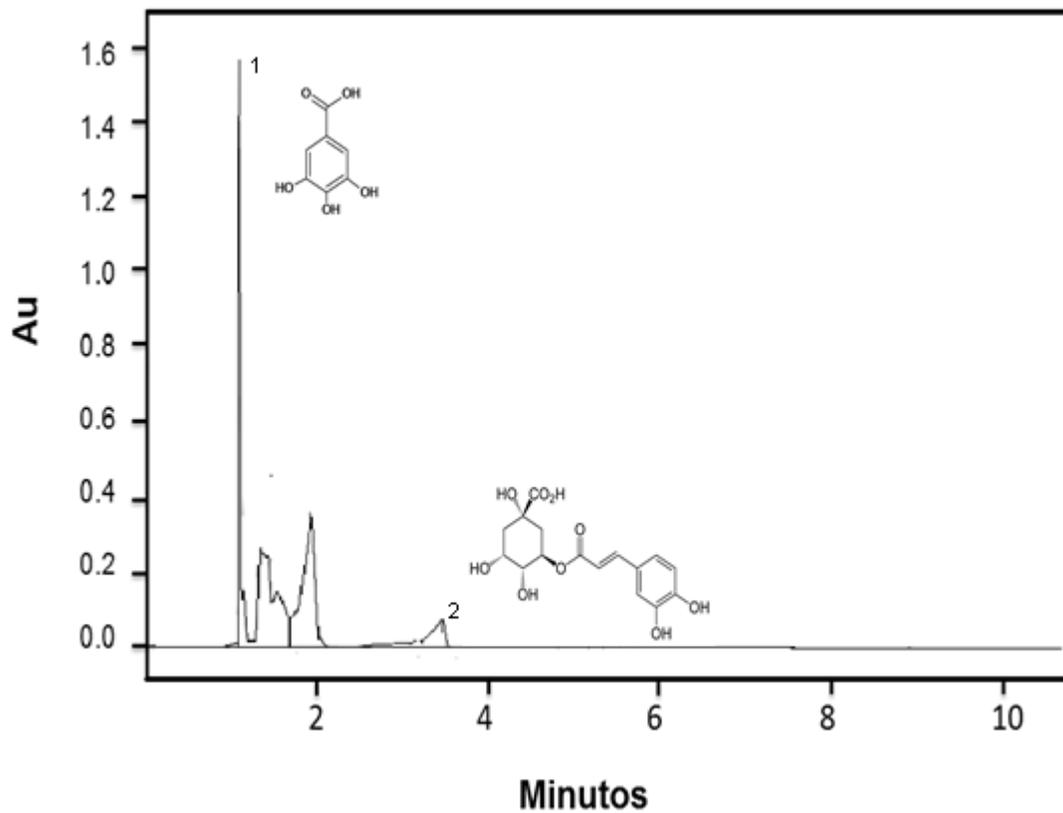


Figura 4. Compuestos fenólicos del extracto de semilla de mango identificados mediante UPLC-DAD. 1. Ácido gálico, 2. Ácido clorogénico.

ácido gálico y al ácido clorogénico, siendo el componente principal del extracto el ácido gálico con una concentración de 160.24 mg/g p.s. de extracto y se encontró una concentración de 100.85 mg/g p.s. del ácido clorogénico. Estudios previos realizados por Abdalla et al. (2007a) reportaron que extractos metanólicos obtenidos de la semilla de mezcla de mangos egipcios contienen diferentes compuestos fenólicos, como taninos (0.207 mg/g p.s.), vainillina (0.202 mg/g p.s.), ácido gálico (0.006 mg/g p.s.), ácido cumárico (0.12 mg/g p.s.), ácido cafeico (0.007 mg/g p.s.), mangiferina (0.04 mg/g p.s.), ácido ferúlico (0.104 mg/g p.s.), ácido cinámico (0.112 mg/g p.s.) y compuestos no identificados (0.071 mg/g p.s.). Arogba (2000) reportó la presencia de galotaninos (745 mg/g p.s.) y taninos condensados (255 mg/g p.s.) en el extracto semilla de mango nigeriano var. Ikanekpo obtenido en etanol al 96% durante 16 h sin hidrolizar, mientras que después de una hidrólisis ácida con HCl (10%) encontró menor contenido de taninos condensados (228 mg/g p.s) y no encontró galotaninos.

Por otro lado, ha sido reportado la presencia de pentagalailglucopiranososa (613 mg/g p.s.), metilgalato (6.8 mg/g p.s.) y ácido gálico (4.4 mg/g p.s.) en un extracto de semilla de mango Thai cultivar 'Fahlun' obtenido con etanol a 80°C (Nithitanakool et al., 2009b). En otro estudio, se utilizó cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) con ionización por electrospray y un espectrómetro de masas con detección de iones para caracterizar los compuestos fenólicos presentes en el extracto de semilla de mango (var. Keitt, Sensation and Gomera 3). Los extractos obtenidos se elaboraron por medio de extracción con microondas asistida utilizando una mezcla de acetona y agua (Dorta et al., 2014). Los compuestos principalmente identificados fueron galatos y galotaninos como metilgalato, etilgalato, galoil glucosa, penta-O-galoilglucosida, metilester galato; flavonoides, principalmente derivados de quercetina; compuestos fenólicos como ácido gálico y ácido elágico; y xantonas como la mangiferina. Vega-Vega et al. (2013b) identificaron mediante HPLC, al

ácido gálico como componente mayoritario (586.68 mg/g p.s.) de la fase no polar del extracto de semilla de mango var. Haden, el cual fue obtenido utilizando etanol al 70%, seguido de una hidrólisis alcalina y ácida y una separación de fases en acetato de etilo.

Respecto a la capacidad antioxidante, el extracto de semilla de mango mostró una capacidad antioxidante de 2034.1 $\mu\text{mol ET/g p.s.}$ y un EC_{50} de 0.129 mg/mL por el método de inhibición del radical DPPH, mientras que por la técnica del radical ABTS se obtuvo un valor de 4205.7 $\mu\text{mol ET/g p.s.}$ Dorta et al. (2012) elaboraron un extracto de semilla de mango var. Keitt utilizando una mezcla de etanol y agua (1:1) a 25°C y evaluaron su capacidad antioxidante por las técnicas de inhibición del radical ABTS (319.62 $\mu\text{mol ET/g}$) y del radical DPPH (439.4 $\mu\text{mol ET/g}$). La capacidad antioxidante observada en nuestro estudio fue mayor que la reportada por estos autores. Similarmente, Maisuthisakul y Gordon (2009) reportan una capacidad antioxidante de 1410 $\mu\text{mol ET/g}$ por el método de inhibición del radical de ABTS del extracto etanólico (95%) de semilla de mango var. Chok-Anan, obtenido mediante una hidrólisis con HCl (1.2 M) durante 3 h. El resultado de este estudio arrojó un valor menor que los presentados por nuestro extracto etanólico de semilla de mango var. Haden.

Por otro lado, Vega-Vega et al. (2013a) reportan un EC_{50} de 0.04 mg/mL para inhibir el radical DPPH del extracto de semilla de mango var. Haden, obtenido utilizando etanol al 70%, seguido de una hidrólisis alcalina y ácida y una separación de fases en acetato de etilo (fase no polar). El valor presentado por estos autores resultó menor que el EC_{50} de nuestro extracto. La capacidad antioxidante del extracto de semilla de mango ha sido atribuida principalmente al contenido y estructura de los compuestos fenólicos que presenta (Ribeiro et al., 2008). Estudios previos han demostrado que el extracto de semilla de mango posee gran contenido de compuestos fenólicos, los cuales por el número y localización de sus grupos hidroxilos en el anillo aromático posee

gran capacidad antioxidante, estabilizando radicales libres vía donación de un átomo de hidrógeno o transferencia de electrón (Masibo y He, 2008).

Las diferencias cualitativas y cuantitativas de la composición de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del extracto de semilla entre los estudios reportados por la literatura y el presente estudio pueden deberse a la variedad y estado de madurez del fruto utilizado, así como a la forma de obtención de dichos extractos. La técnica, las condiciones y el solvente de extracción son factores que determinan la composición del extracto debido a que solventes con diferente polaridad extraen diferentes compuestos en cantidades variables (Chen et al., 2011). Otro factor a tomar en consideración es la hidrólisis con ácidos y bases (Acevedo-Hernández, 2012; Chung et al., 1998). Soong y Barlow (2006) revelaron que después del tratamiento térmico e hidrólisis ácida, el extracto metanólico de semilla de mango presentó concentraciones más altas de ácido gálico y ácido elágico, contribuyendo con mayor actividad antioxidante. Los resultados sugieren que algunos compuestos conjugados pueden ser liberados por la hidrólisis ácida y las formas libres parecen ser antioxidantes más potentes. El extracto obtenido en nuestro estudio sólo presentó compuestos simples como el ácido gálico, mientras que otros estudios presentan compuestos de mayor peso molecular como taninos. Lo anterior debido a que la hidrólisis que se llevó a cabo libera o degrada compuestos complejos a compuestos más sencillos y de esta manera aumenta el contenido fenólico y la capacidad antioxidante.

Capacidad Antibacteriana del Extracto de Semilla de Mango

El extracto de semilla de mango presentó efectividad contra las bacterias evaluadas, siendo capaz de inhibir a *E. coli*, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes* y *S. aureus* con una CMI de 16 mg/mL, igual para todas las bacterias (**Tabla 4**).

Tabla 4. Concentración mínima inhibitoria (CMI) y concentración mínima bactericida (CMB) del extracto de semilla de mango contra bacterias patógenas.

| Bacteria | CMI | CMB |
|-------------------------|------------|------------|
| <i>E. coli</i> | 16 | 18 |
| <i>S. Typhimurium</i> | 16 | 18 |
| <i>S. aureus</i> | 16 | 16 |
| <i>L. monocytogenes</i> | 16 | 16 |

Por otro lado, se necesitó de mayor concentración del extracto de semilla de mango para eliminar bacterias Gram negativas (CMB=18 mg/mL) que para eliminar bacterias Gram positivas (CMB=16 mg/mL). Varios estudios han reportado que las bacterias Gram negativas son más resistentes al extracto de semilla de mango que las Gram positivas (Kabuki et al., 2000). Esto es atribuido a la estructura bacteriana, ya que las bacterias Gram positivas presentan una membrana citoplasmática cubierta por una pared de peptidoglucano, mientras que las bacterias Gram negativas presentan además otra membrana lipídica externa que cubre toda la célula. Esta característica de doble membrana, es un factor importante en la resistencia de bacterias Gram negativas a la presencia de agentes antibacterianos (Poole, 2001). Además, como uno de los mecanismos de acción antibacteriana sugeridos para los compuestos fenólicos, es actuar en la membrana bacteriana, éstos tienen una doble barrera para atacar y dañar el metabolismo celular.

La presencia del extracto de semilla de mango afectó las diferentes fases de crecimiento bacteriano (**Figura 5**). Se pudo observar una extensión de la fase lag (h) para todas las bacterias expuestas al extracto, una disminución en la tasa máxima de crecimiento (μ_{max} , DO/h) y una disminución en el crecimiento máximo (Y_{max} , DO) ($P \leq 0.05$) (**Tabla 5**). El extracto de semilla de mango (16 mg/mL) extendió la fase lag de *E. coli* a 8.4 h y disminuyó la μ_{max} 0.05 DO/h y la Y_{max} 0.66 DO, mientras que la concentración de 8 mg/mL no logró extender la fase lag, disminuyó la μ_{max} (0.03 DO/h) y la Y_{max} (0.15 DO). Para la bacteria *S. Typhimurium*, el extracto a la concentración de 16 mg/mL logró la extensión de la fase lag 9.6 h y la μ_{max} y la Y_{max} se vieron disminuidas 0.04 DO/h y 0.61 DO, respectivamente. La concentración de 8 mg/mL del extracto extendió la fase lag 2.51 h, disminuyó la μ_{max} 0.01 DO/h y la Y_{max} 0.14 DO para esta bacteria. El extracto de semilla de mango a las concentraciones de 16 y 8 mg/mL logró extender la fase lag (10.51 h y 2.2 h, respectivamente) de *S. aureus*, y logró disminuir la μ_{max} (0.06 y 0.01 DO/h, respectivamente) y la Y_{max} (1.0 y 0.2 DO, respectivamente). En el caso de *L. monocytogenes*, la

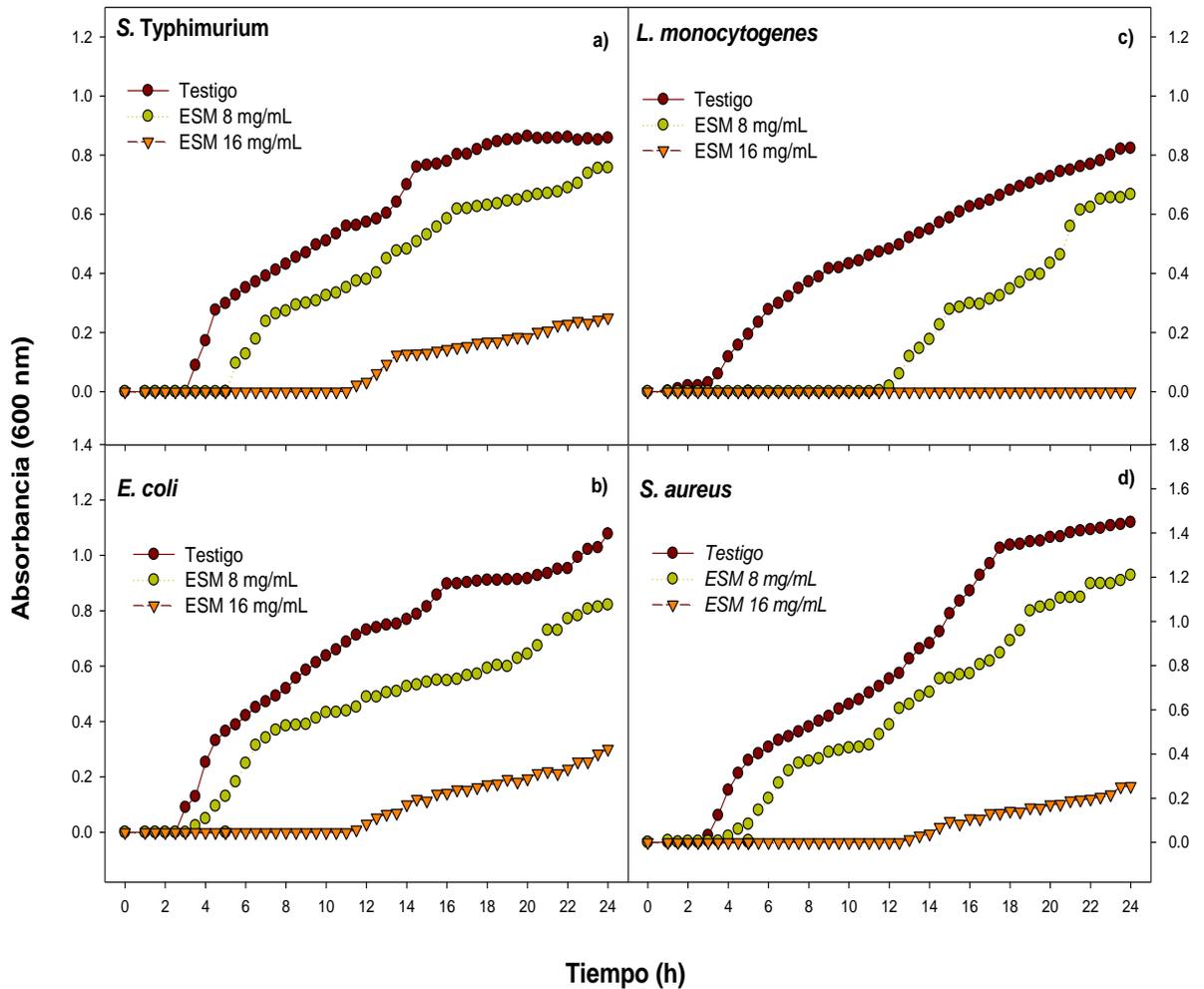


Figura 5. Efecto de la presencia de diferentes concentraciones del extracto de semilla de mango (ESM) sobre el crecimiento de a) *S. Typhimurium*, b) *E. coli*, c) *L. monocytogenes* y d) *S. aureus*.

Tabla 5. Efecto de diferentes concentraciones del extracto de semilla de mango (ESM) en los parámetros de crecimiento de bacterias patógenas.

| Bacteria | Tratamiento | Lag (h) | μ_{max} (DO/h) | Ymax (DO) |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------------------------|-------------------|
| <i>E.coli</i> | Control | 0 ^{a*} | 0.06 ^a | 0.96 ^a |
| | ESM 8 mg/mL | 0 ^a | 0.03 ^{ab} | 0.81 ^b |
| | ESM 16 mg/mL | 8.4 ^b | 0.01 ^b | 0.3 ^c |
| <i>S. Typhimurium</i> | Control | 0 ^a | 0.05 ^a | 0.86 ^a |
| | ESM 8 mg/mL | 2.51 ^b | 0.04 ^a | 0.72 ^b |
| | ESM 16 mg/mL | 9.6 ^c | 0.01 ^b | 0.25 ^c |
| <i>L. monocytogenes</i> | Control | 0 ^a | 0.05 ^a | 0.80 ^a |
| | ESM 8 mg/mL | 9.74 ^b | 0.04 ^a | 0.66 ^b |
| | ESM16 mg/mL | 24 ^c | 0 ^b | 0 ^c |
| <i>S. aureus</i> | Control | 0 ^a | 0.07 ^a | 1.4 ^a |
| | ESM 8 mg/mL | 2.2 ^b | 0.06 ^a | 1.2 ^b |
| | ESM 16 mg/mL | 10.51 ^c | 0.01 ^b | 0.4 ^c |

*Diferentes literales indican diferencia entre tratamientos por bacteria ($P \leq 0.05$).

concentración de 16 mg/mL extendió la fase lag (24 h) y por lo tanto no se observó crecimiento de la bacteria, mientras que con la concentración de 8 mg/mL se alargó la fase lag 9.74 h, y se disminuyó la μ_{max} (0.01 DO/h) y la Y_{max} (0.26 DO). Lo anterior demuestra la efectividad del extracto de semilla de mango para afectar las diferentes fases de crecimiento bacteriano. Un retraso en la fase lag indica la efectividad del extracto para afectar la capacidad de adaptación de la bacteria al medio, lo cual podría ser causado por el daño a la membrana, inhibiendo la absorción de los nutrientes o afectando algunas enzimas o proteínas de membrana indispensables para su crecimiento y/o multiplicación celular (Ortega-Ramirez, 2013).

En estudios previos, el efecto antimicrobiano del extracto etanólico de la semilla de mango se evaluó contra 18 especies de bacterias (Kabuki et al., 2000). El extracto presentó un amplio espectro antimicrobiano y mostró mayor efectividad para las bacterias Gram positivas que para las Gram negativas. En nuestro estudio no se pudo observar diferencia en la CMI entre la clasificación Gram. El rango de CMIs reportadas por Kabuki et al. (2000) fue de 1-2.5 mg/mL para *E. coli* enteropatógena y para *Salmonella* se observó una CMI de 2.5 mg/mL. Mientras que para las Gram positivas se encontró una CMI de 0.05 y 0.1 mg/mL para *S. aureus* y *L. monocytogenes*, respectivamente. Por otro lado, Acevedo-Hernández (2012) encontró una CMI del extracto etanólico, obtenido con una hidrólisis alcalina y ácida, de semilla de mango var. Haden, de 5 mg/mL para bacterias como *S. aureus*, *E. coli*, *S. Choleraesuis* y *L. monocytogenes*.

Igualmente, para evidenciar la actividad antimicrobiana del extracto de semilla de mango var. Chokanan, Kaur et al. (2010) evaluaron un extracto metanólico que a 100 mg/mL mostró un efecto antimicrobiano en *S. aureus* resistente a meticilina y en *E. coli*, mostrando mayor zona de inhibición que un antibiótico comercial (cloramfenicol). Continuando con otros trabajos, Vega-Vega et al. (2013a) reportaron que la fase no polar del extracto etanólico de semilla de mango var. Haden, mostró un 89.78% de inhibición del crecimiento de *Alternaria* aplicando una concentración de 6.25 mg/mL del extracto. Igualmente,

este extracto logró inhibir el 100% del crecimiento de bacterias patógenas como *S. Choleraesuis*, *S. aureus* y *L. monocytogenes* y el 84.5% de *E. coli* con una concentración de 25 mg/mL.

La actividad antibacteriana de la semilla de mango se ha asociado con la presencia de compuestos fenólicos. Como se observa en la literatura, el rango de concentraciones efectivas del extracto de semilla de mango para inhibir bacterias es muy amplio, y esto puede deberse a los distintos métodos de preparación del extracto, al tipo de solvente utilizado en la extracción y a las diferentes variedades y estados de madurez de los mangos utilizados. Se ha sugerido que el ácido gálico, principal componente en el extracto de semilla de mango, causa cambios irreversibles en las propiedades de la membrana bacteriana (carga, permeabilidad intra y extracelular y propiedades fisicoquímicas) a través de cambios de hidrofobicidad, disminución de la carga superficial negativa, y ruptura local o de formación de poros en las membranas celulares con la consecuente liberación de componentes intracelulares esenciales y llevándola a la muerte celular (Borges et al., 2013). También, los compuestos fenólicos como ácido fenólicos y flavonoides pueden quelar metales importantes para la actividad enzimática metabólica y presentar efectos negativos en la síntesis del material genético y de proteínas de los microorganismos (Negi, 2012).

Los fitoquímicos son normalmente los metabolitos secundarios de las plantas para protegerse de los posibles tipos de estreses ambientales como rayos UV, parásitos y especies reactivas de oxígeno. Esta relación entre las plantas y el medio ambiente puede explicar por qué los polifenoles derivados de frutos demuestran tanto capacidad antioxidante como efectos antimicrobianos (Nithitanakool et al., 2009b).

Etapa 2: Evaluación Sensorial de Mango Fresco Cortado Tratado con Extracto de su Semilla

Dentro de esta primera etapa se evaluaron diferentes concentraciones en un rango que va desde 0 hasta 12.5 mg/mL del extracto, tomando como testigo la concentración de 0. En esta prueba la aceptabilidad de olor no presentó diferencia entre los tratamientos ($P \geq 0.05$) obteniendo un valor de 9 puntos en la escala hedónica etiquetado como agrada extremadamente (**Figura 6**). Esto quiere decir, que el consumidor percibió como aceptable el olor de los frutos tratados con las distintas concentraciones del extracto, como lo hace con el olor del mango testigo, en este sentido el extracto de mango no causó un impacto negativo en el olor de mango fresco cortado. La aceptabilidad del color presentó diferencia ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos. Se puede observar que a mayor concentración del extracto es menor la aceptación del color del producto por parte del consumidor. El color de frutos de mango fresco cortado se vio afectado al incrementar la concentración de extracto de semilla adicionado. El color de los mangos tratados con las concentraciones de 10 y 12 mg/mL del extracto de semilla no fue aceptable por los consumidores, mostrando niveles de desagrado moderado con un valor de 4 puntos en la escala hedónica. Aunque el mango testigo mostró mayor nivel de agrado del color (9 puntos), las concentraciones de 1.5, 3.12 y de 6.25 mg/mL mostraron buena aceptación por parte del consumidor y un nivel de agrado moderado. Lo anterior nos indica que 6.25 mg/mL es la concentración más alta de extracto que provocó el menor impacto negativo en la aceptación del color del producto.

Por otro lado, la aceptabilidad en sabor fue impactada positivamente por ciertas concentraciones del extracto aplicado. Los tratamientos de 1.5, 3.12 y 6.25 mg/mL del extracto de semilla fueron los más aceptados por el consumidor, mostrando mayores niveles de agrado de sabor con respecto a los mangos testigos y a los tratados con 10 y 12 mg/mL. Sin embargo, el nivel de agrado de los frutos se encontró dentro del nivel de agrado moderado. En este sentido, el

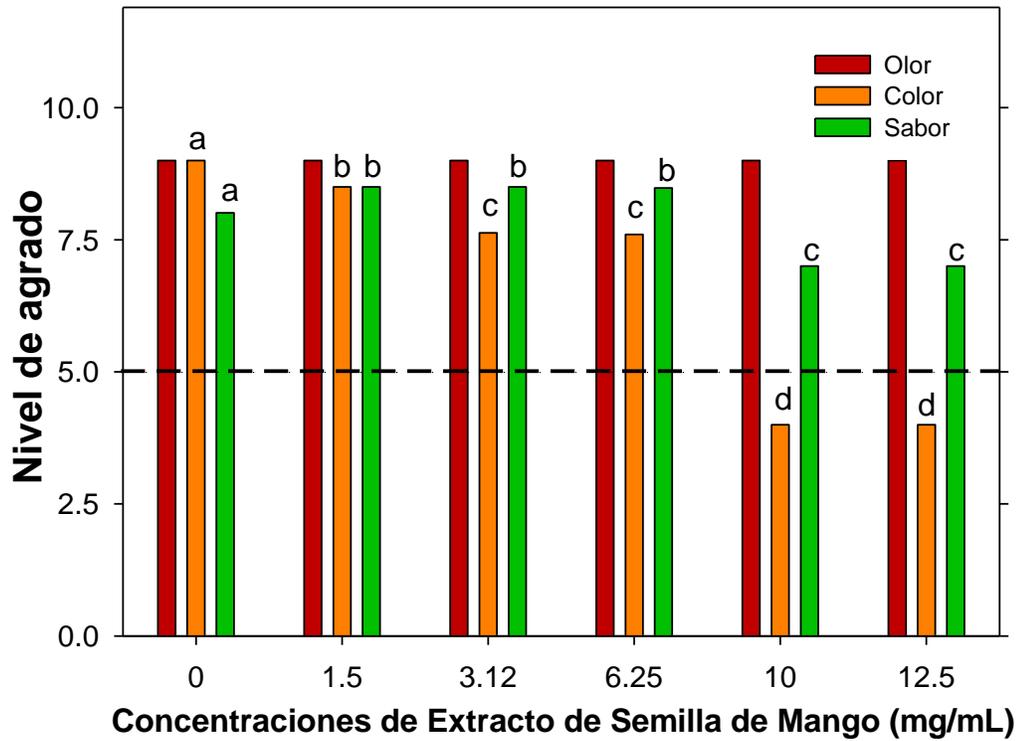


Figura 6. Efecto global de diferentes concentraciones del extracto de semilla de mango en el nivel de agrado de olor, color y sabor de frutos de mango fresco cortado almacenado durante 10 días a 5°C.

extracto de semilla de mango no causó un impacto negativo en el sabor de frutos de mango fresco cortado. En base a estos resultados, se evidenció que la concentración de 6.25 mg/mL del extracto de semilla de mango es la concentración máxima aceptable sensorialmente (olor, color, sabor) por el consumidor; por lo que se realizó una prueba de aceptabilidad con un mayor número de panelistas (n=100) para ratificar el efecto de esta concentración.

En la **Figura 7** se muestra el efecto de la concentración de 6.25 mg/mL de extracto de semilla de mango en la aceptabilidad de olor, color y sabor de mango fresco cortado almacenado durante 10 días a 5°C. El análisis sensorial realizado por los consumidores no reveló diferencias ($P \geq 0.05$) entre el olor del fruto testigo y el fruto tratado. El extracto de semilla de mango no afectó el nivel de agrado de olor de los frutos. Es importante resaltar que el nivel de agrado para ambos tratamientos se encontró dentro del agrado moderado del consumidor, observándose un nivel de agrado durante el almacenamiento de 7.59 puntos. Por otro lado, se observó una diferencia en el color de los mangos tratados con respecto al color de los mangos testigos ($P \leq 0.05$). El nivel de agrado del color de los mangos tratados fue menor (7.2 puntos) con respecto al testigo (8.04 puntos). Sin embargo, aunque esta diferencia es significativa, el nivel de agrado de los frutos tratados se encuentra dentro del agrado moderado del consumidor.

La aceptabilidad en sabor no presentó diferencia ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos (**Figura 7**). Esto quiere decir, que el consumidor percibió como aceptable el sabor del mango tratado (7.52 puntos) con la concentración seleccionada del extracto así como lo hace con el sabor del fruto testigo (7.43 puntos) dentro de un nivel de agrado moderado. Los resultados obtenidos en este trabajo sugieren que el extracto de semilla de mango presenta potencial para ser utilizado como un aditivo alimentario a esta concentración, sin afectar sus atributos sensoriales (olor, color y sabor) y garantizando su aceptación sensorial por parte del consumidor.

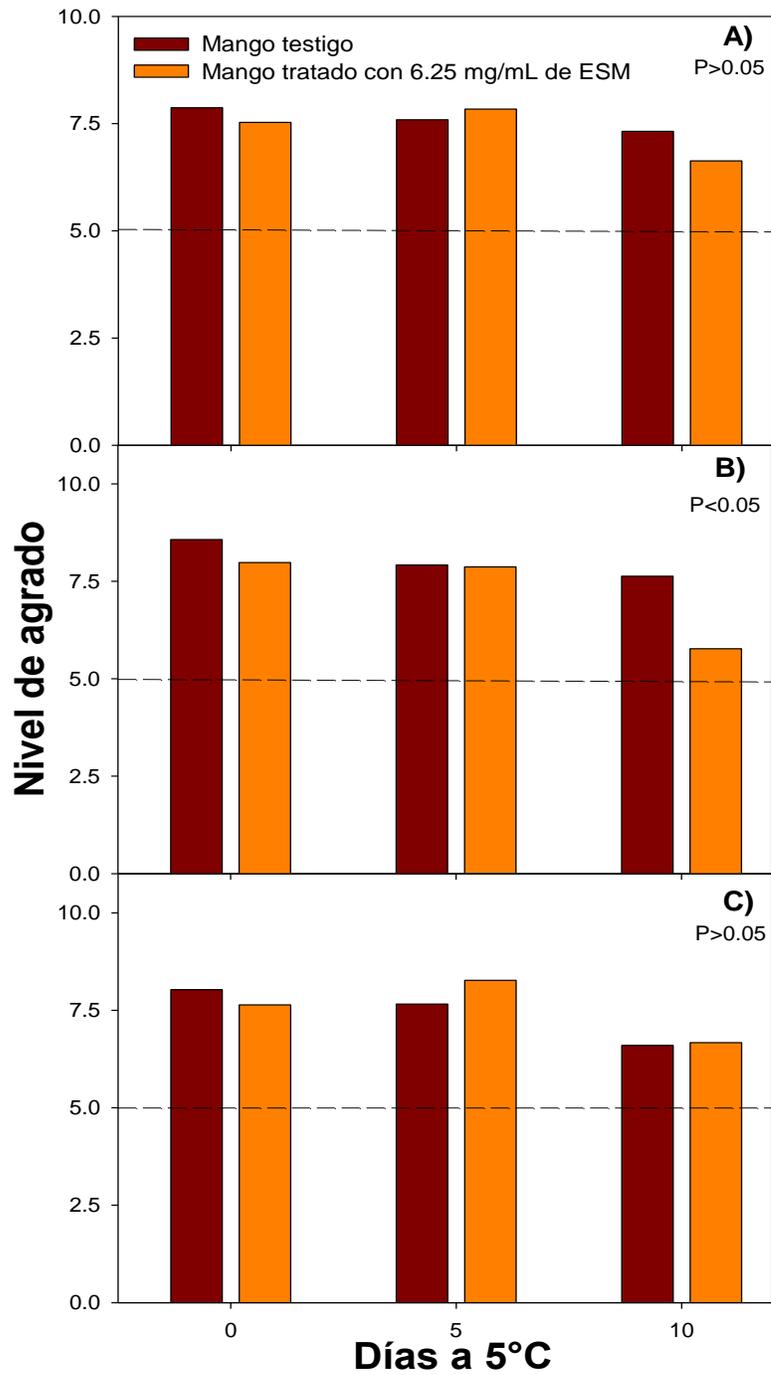


Figura 7. Efecto de la concentración de 6.25 mg/mL del extracto de semilla de mango en la aceptabilidad de a) olor, b) color y c) sabor de mango fresco cortado almacenado durante 10 días a 5°C.

A manera de discusión podemos mencionar que el extracto de semilla de mango no afectó el olor de los frutos debido a su naturaleza no volátil. Normalmente, los compuestos volátiles aromáticos son los responsables del aroma y olor de muchos alimentos incluyendo de extractos vegetales, como los aceites esenciales. El extracto de semilla de mango utilizado no presentó compuestos volátiles aromáticos y por lo tanto no afectó el olor de los frutos. En contraste con algunos aceites esenciales los cuales al ser adicionados a matrices alimentarias pueden causar un impacto negativo en el olor o pueden aumentar la aceptabilidad de este atributo en el alimento (Ayala-Zavala y González-Aguilar, 2010; Ayala-Zavala et al., 2013)

A pesar de que la concentración de 6.25 mg/mL no causó una disminución del nivel de agrado del color de los mangos tratados por debajo de niveles aceptables, ésta promovió un ligero oscurecimiento. Efectos similares han sido reportados previamente al aplicar extractos ricos en compuestos fenólicos en vegetales que presentan actividad de la enzima polifenol oxidasa (PPO). Por ejemplo, Martín-Diana et al. (2008) reportaron la adición de extracto de té verde en hojas de lechuga para incrementar el contenido antioxidante del fruto, observando que una concentración por arriba de 5 mg/mL provocó un oscurecimiento en las muestras. Esto fue atribuido a la interacción de componentes del alimento con los componentes del extracto, en este caso los fenoles del extracto con la enzima polifenol oxidasa, responsable del oscurecimiento de las lechugas. En contraste, también se ha observado el potencial de ciertos compuestos fenólicos como el ácido p-cumárico, ferúlico, gálico y cinámico para inhibir la actividad de la PPO por la unión de estos compuestos en el sitio activo de la enzima en manzanas cortadas (Son et al., 2001). En este sentido, diferentes extractos de subproductos de cebolla se utilizaron para reducir la actividad de la PPO en frutos de aguacate en un rango de 30% hasta 89.71% (Roldán et al., 2008).

Existen escasos estudios que reportan la evaluación sensorial de extractos vegetales utilizados en frutos frescos cortados. Estudios previos han reportado

la adición de extractos de subproductos de mango en diferentes matrices alimentarias. Ajila et al. (2008) reportaron el uso de un extracto de cáscara de mango en harina de trigo para la formulación de un pan funcional rico en compuestos fenólicos. La adición de este extracto se realizó a diferentes concentraciones (50, 75, 100, 150 and 200 mg/g) y se evaluó sensorialmente, encontrando que las concentraciones por abajo de 100 mg/g fueron aceptadas por los panelistas, mientras que las concentraciones por arriba del 100 mg/g del extracto fueron rechazadas sensorialmente por el sabor, color y textura del producto final. Por otro lado, Xu et al. (2007) realizaron un análisis sensorial de pepinos frescos cortados adicionados con extracto de semilla de uva a una concentración de 1 mg/mL, el cual resultó en un producto sensorialmente aceptable en sabor, olor y frescura. Los resultados de estos estudios sugieren que la naturaleza de los compuestos presentes en el extracto y la concentración a la que son adicionados representan un papel importante para asegurar la aceptación sensorial.

El extracto obtenido en este trabajo no afectó el sabor de los frutos de mango debido a que el componente mayoritario presente en el extracto fue el ácido gálico. El ácido gálico ha sido reportado como un edulcorante en la industria alimentaria, aportando sabor dulce a los alimentos a los que son añadidos. Este compuesto presenta una dulzura inducida no calórica, de larga duración y no tiene ningún regusto no dulce (por ejemplo, el aspartame tiene un regusto metálico). El ácido gálico tiene ventajas sobre otros inductores dulces y su efecto parece ser más potente y duradero. Por otra parte, el sabor inicial del ácido gálico es sólo ligeramente amargo, en contraste con el sabor amargo desagradable de catequinas y taninos que presentan sabor de astringencia. Estas características pueden ser la razón por la cual los panelistas expresaron que el mango tratado presentó mejor sabor y más dulce comparado con el mango testigo. Con esto en mente, la concentración adecuada del extracto juega un papel importante en la adición de éstos en alimentos y por lo tanto es importante evaluar diferentes concentraciones del extracto para garantizar la aceptación sensorial por parte del consumidor.

Etapa 3: Efecto Antioxidante y Antibacteriano del Extracto Adicionado en Mango Fresco Cortado.

Contenido de Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante de Mango Fresco Cortado Tratado con Extracto de Semilla de Mango

En la **Figura 8 (a)** se muestra el contenido de fenoles totales de los mangos tratados y no tratados a lo largo de los 10 días de su almacenamiento a 5°C. Se observó que el contenido de fenoles totales disminuyó durante el almacenamiento tanto del mango tratado como del testigo. Además, se cuantificó un mayor contenido de fenoles totales en los mangos tratados con 6.25 mg/mL del extracto comparado con los frutos testigos durante los días muestreados ($P \leq 0.05$). El mayor contenido de fenoles en el mango tratado se observó al día cero con 46.96 mg EAG/100 g p.f., mientras que el mango testigo al mismo día se observó un contenido de 39.79 mg EAG/100 g p.f. Al finalizar el almacenamiento el mango tratado con el extracto, también, presentó mayor contenido de fenoles totales (38.08 mg EAG/100 g p.f.) que el mango testigo (32.72 mg EAG/100 g p.f.). En la **Figura 8 (b)** se presenta el contenido de flavonoides totales de las muestras durante su almacenamiento. Igualmente que en el contenido de fenoles, los flavonoides disminuyeron durante el almacenamiento en ambos tratamientos. El mango tratado con 6.25 mg/mL del extracto mostró mayor contenido de flavonoides totales que el mango testigo. El mayor contenido se observó al día cero en el mango tratado, con 25.06 mg EQ/100 p.f., mientras que en el mango testigo fue de 22.16 mg EQ/100 g p.f. Aunque la diferencia que se observa en el contenido de flavonoides totales es pequeña entre los tratamientos, al finalizar el almacenamiento, el mango tratado con extracto de semilla de mango mostró valores muy similares a los encontrados el día 0 en los frutos de mango, mientras que el testigo presentó valores menores.

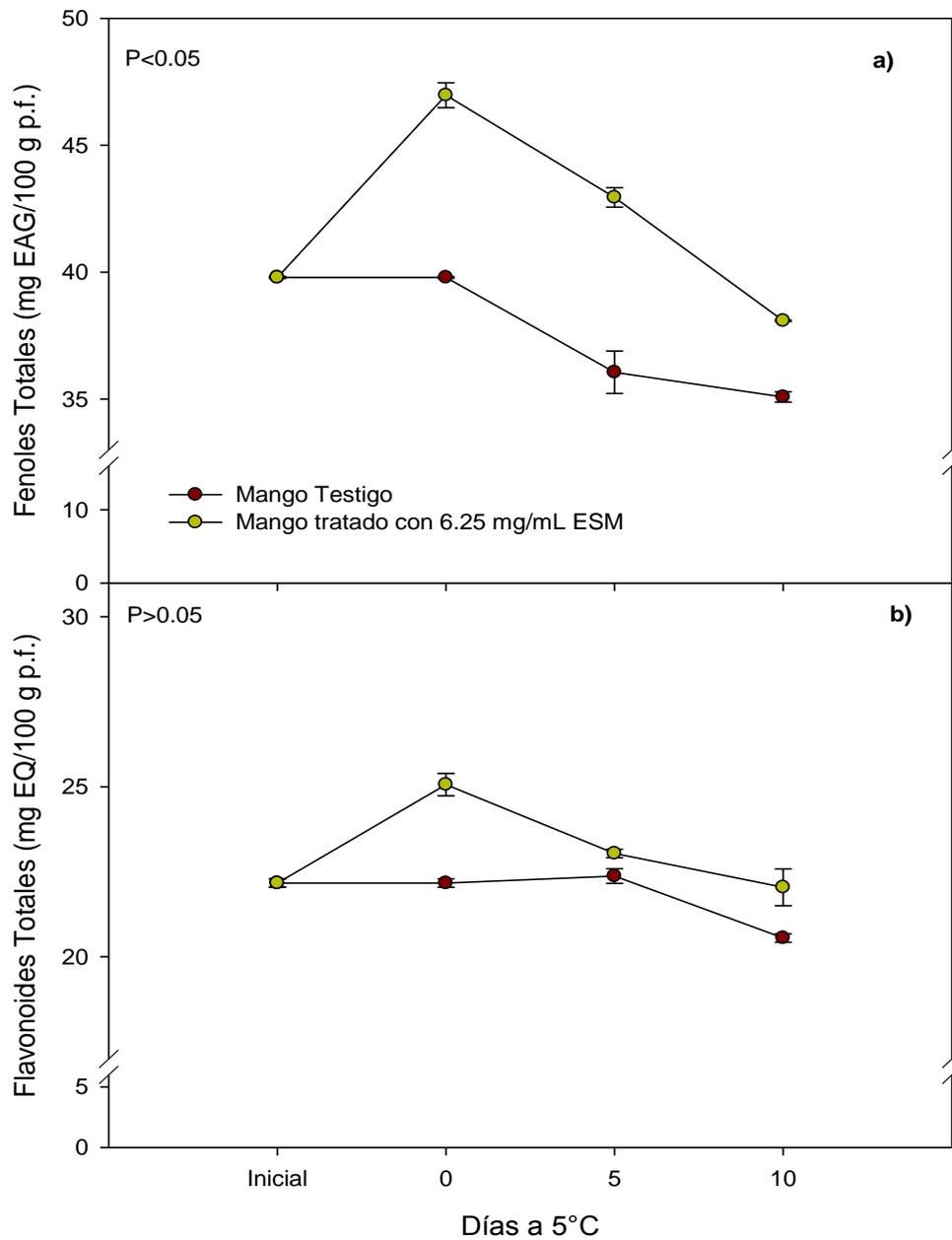


Figura 8. Cambios en el contenido de a) fenoles totales y b) flavonoides totales de mango fresco cortado tratado con extracto de semilla (6.25 mg/mL) y almacenado a 5°C durante 10 días.

En la **Figura 9** se presenta el efecto global de los tratamientos en el contenido de fenoles **(a)** y flavonoides totales **(b)** durante el almacenamiento. Recordando que la concentración inicial de fenoles fue de 39.79 mg EAG/100 g p.f., la concentración de 6.25 mg/mL del extracto de semilla de mango aumentó ($P \leq 0.05$) el contenido de fenoles totales en los frutos de mango tratados (42.66 mg EAG/100 g p.f.) comparado con los frutos testigo (35.86 mg EAG/100 p.f.). La concentración inicial de flavonoides totales en los frutos fue de 22.16 mg EQ/100 g p.f. y de manera similar, los mangos tratados con el extracto de semilla (23.38 mg EQ/100 p.f.) mostraron un pequeño incremento en el contenido de flavonoides totales comparado con los testigos (21.69 mg EQ/100 p.f.); sin embargo, este aumento no fue significativo ($P \geq 0.05$).

La actividad antioxidante de los mangos adicionados con la concentración de 6.25 mg/mL del extracto de semilla de mango durante los 10 días de almacenamiento se muestra en la **Figura 10**. La capacidad antioxidante de los frutos de mango tratados y sin tratar se vio disminuida durante el tiempo de almacenamiento en las dos pruebas. Los mangos tratados mostraron mayor actividad antioxidante que los mangos testigos tanto en el ensayo con el radical DPPH **(a)** como con el radical ABTS **(b)**. La mayor actividad antioxidante de los mangos tratados se observó al día cero con 310.33 $\mu\text{mol ET}/100 \text{ g p.f.}$ para el ensayo de DPPH y 593.93 $\mu\text{mol ET}/100 \text{ g p.f.}$ para el ensayo de ABTS y para los mangos testigos de 243 $\mu\text{mol ET}/100 \text{ g p.f.}$ y 417.74 $\mu\text{mol ET}/100 \text{ g p.f.}$ para los ensayos de DPPH y ABTS, respectivamente.

En el ensayo de DPPH, aunque se observa una disminución en la capacidad antioxidante de los frutos durante el almacenamiento, al día 10 los mangos tratados mostraron mayor capacidad antioxidante (245.32 $\mu\text{mol ET}/100 \text{ g p.f.}$) que la capacidad antioxidante inicial (243 $\mu\text{mol ET}/100 \text{ g p.f.}$). Por lo que el extracto de semilla de mango logró mantener la capacidad antioxidante de los frutos de mango durante su almacenamiento, mientras que la capacidad antioxidante de los frutos testigo disminuyó. Similarmente, en el ensayo del radical ABTS, la capacidad antioxidante disminuyó con el almacenamiento; sin

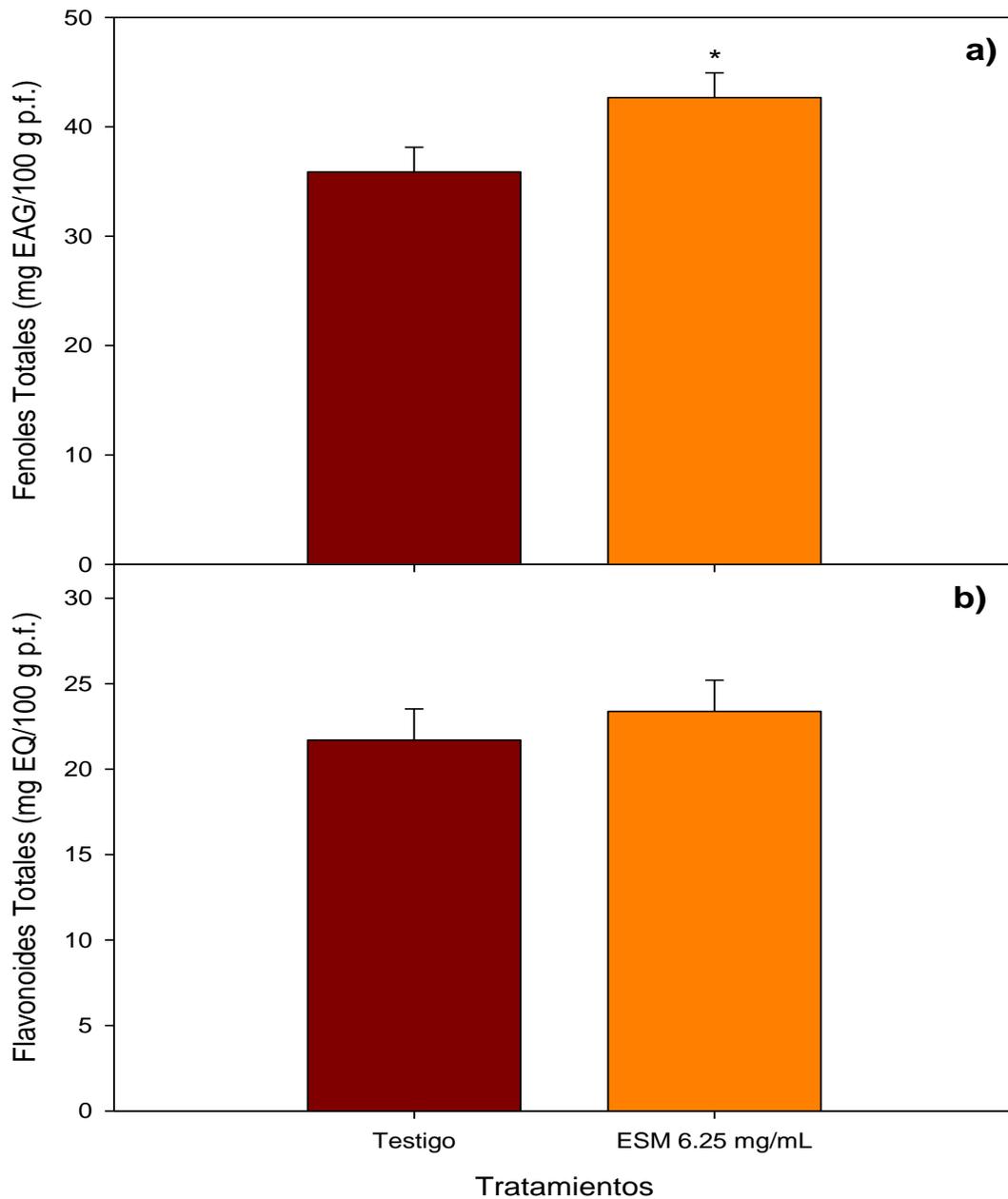


Figura 9. Efecto global de la aplicación de extracto de semilla a una concentración de 6.25 mg/mL sobre el contenido de a) fenoles y b) flavonoides totales de mango fresco cortado almacenados durante 10 días a 5°C. Valor inicial de fenoles: 39.79 mg EAG/100 g p.f. y flavonoides: 22.16 mg EQ/100 g p.f.

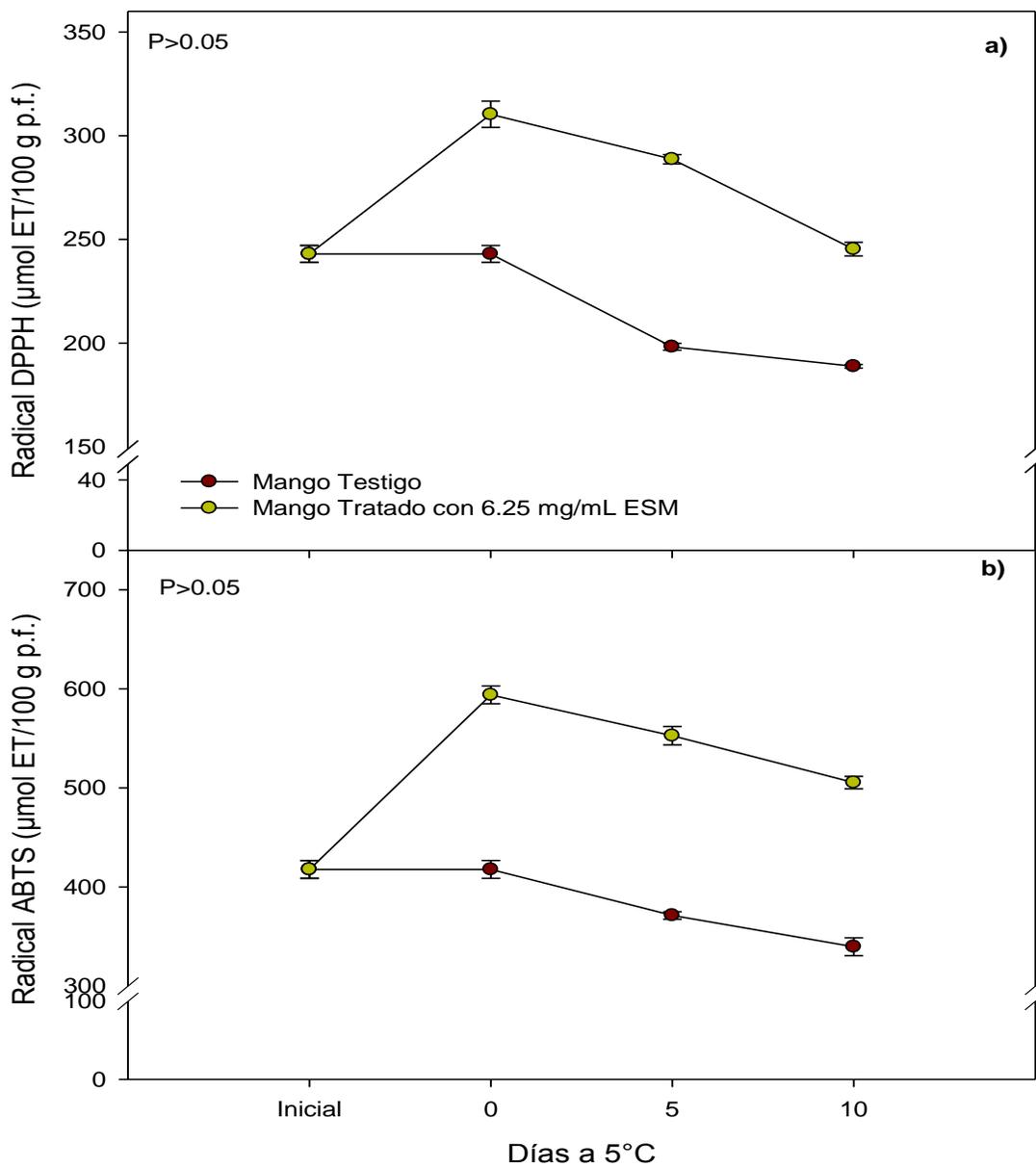


Figura 10. Capacidad antioxidante de mango fresco cortado, tratado con extracto de semilla (6.25 mg/mL) y almacenado a 5°C durante 10 días. Inhibición del a) radical DPPH y b) radical ABTS.

embargo, al finalizar el almacenamiento, la capacidad antioxidante del mango tratado con el extracto fue mayor (505.4 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g p.f.}$) que la capacidad antioxidante al día 0 (417.74 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g p.f.}$).

En la **Figura 11** se presenta el efecto global de los tratamientos en la capacidad antioxidante por el ensayo del radical DPPH **(a)** y por el radical ABTS **(b)** durante el almacenamiento. Recordando que la capacidad antioxidante inicial fue de 243 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g p.f.}$ (DPPH) y 417.74 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g p.f.}$ (ABTS), la concentración de 6.25 mg/mL del extracto de semilla de mango aumentó ($P \leq 0.05$) la capacidad antioxidante por el método de DPPH en los frutos de mango tratados (281.43 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g p.f.}$) comparado con los frutos testigo (210.04 $\mu\text{mol ET}/100\text{ p.f.}$). Igualmente, los mangos tratados con el extracto de semilla (550.69 $\mu\text{mol ET}/100\text{ p.f.}$) mostraron un incremento ($P \leq 0.05$) en su capacidad antioxidante por el método de ABTS comparado con los testigos (376.24 $\mu\text{mol ET}/100\text{ p.f.}$).

Existen diferentes tecnologías que han sido utilizadas para mejorar la calidad de mango fresco cortado y que han impactado en la capacidad antioxidante. Una de ellas ha sido la aplicación de un recubrimiento comestible a base de alginato en conjunto con agentes anti-oscurecimiento como el ácido ascórbico y ácido cítrico para la conservación de mangos frescos cortados var. Kent. El tratamiento presentó valores más altos de color (L^* and $^{\circ}\text{Hue}$) e incrementó el contenido de vitamina C comparado con los testigos. Además, el tratamiento aumentó 2 veces el contenido de fenoles totales, incrementó el contenido de ácido p-hidroxibenzoico y ácido elágico y presentó mayor capacidad antioxidante debido a la adición de ácido ascórbico que los mangos que no fueron tratados (Robles-Sánchez et al., 2013). Otro tratamiento utilizado fue, precisamente, el extracto de semilla de mango en mango fresco cortado var. Haden. Comparado con los frutos testigo, los mangos tratados con el extracto presentaron un aumento en el contenido fenólico (7.4 veces), flavonoides (3.1 veces) y capacidad antioxidante por DPPH, TEAC y ORAC (2.9, 2.3 y 2.8 veces, respectivamente) (Vega-Vega et al., 2013b). En este sentido, la calidad

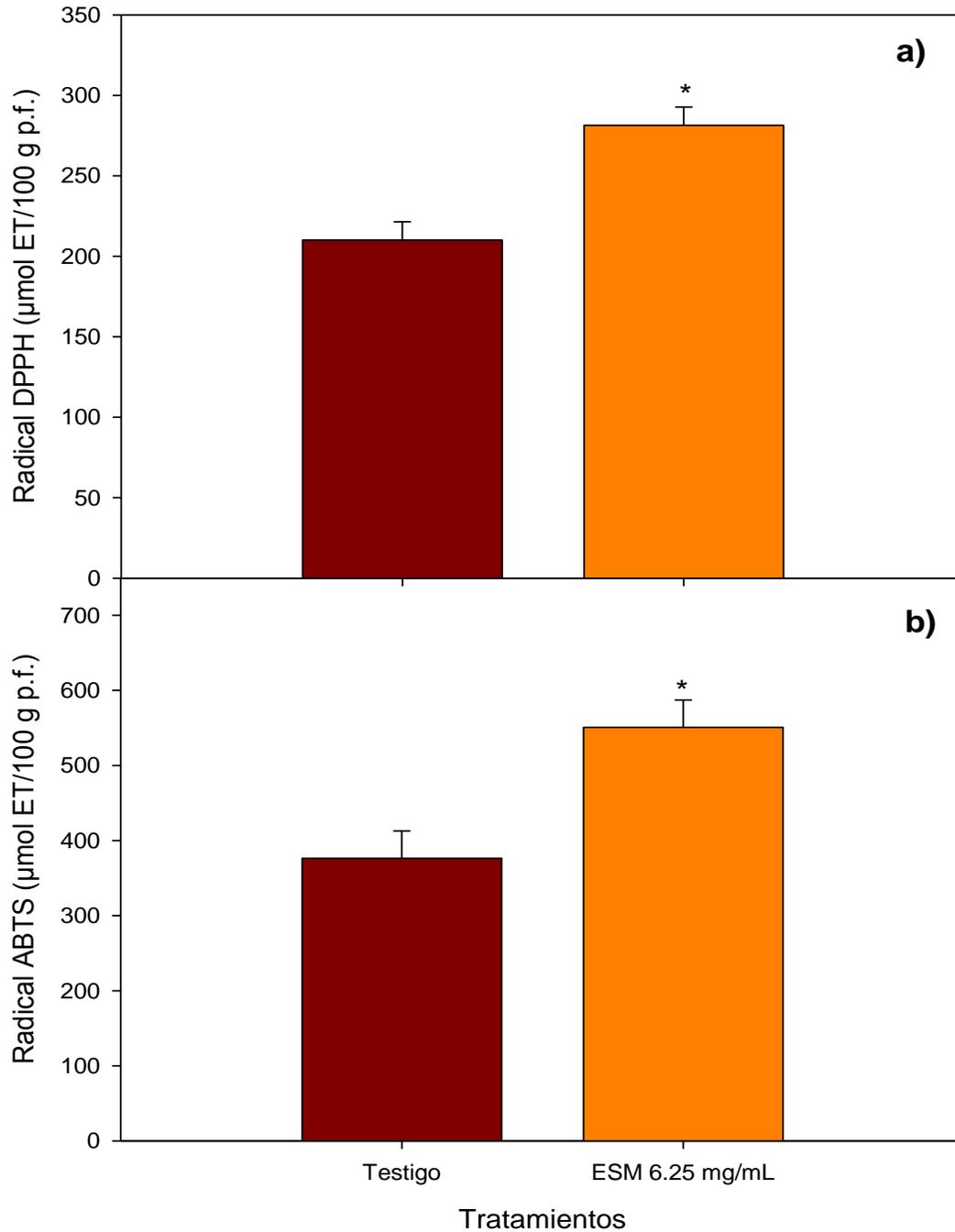


Figura 11. Efecto global de la aplicación de extracto de semilla a una concentración de 6.25 mg/mL sobre la capacidad antioxidante por los ensayos del radical a) DPPH y b) ABTS de mango fresco cortado almacenado durante 10 días a 5°C. Valor de capacidad antioxidante al día 0, 243 $\mu\text{mol ET}/100 \text{ g p.f.}$ (DPPH) y 417.74 $\mu\text{mol ET}/100 \text{ g p.f.}$ (ABTS).

de mango fresco cortado puede incrementarse adicionando agentes antioxidantes como los compuestos de extractos vegetales.

La industria de frutas debe tener en cuenta el carácter perecedero de sus productos y el gran porcentaje de subproductos, tales como cáscaras, semillas y pulpa sin uso que son generados por los diferentes pasos del proceso industrial. En la mayoría de los casos, los subproductos de desperdicio pueden presentar contenidos similares o incluso más altos de compuestos antioxidantes que el producto final. Por lo que el enriquecimiento antioxidante de frutas frescas cortadas puede ser posible por la adición de sus propios subproductos (Ayala-Zavala et al., 2010).

Algunos extractos de subproductos del procesamiento de frutas han sido utilizados en la conservación de la calidad de frutos frescos como el extracto de semilla de naranja adicionada a gajos de esta fruta. El tratamiento aumentó el contenido de fenoles totales (6 veces), de flavonoides totales (5.3 veces) y la capacidad antioxidante (2.2 veces y 6.8 por los ensayos de DPPH y TEAC respectivamente) (Cruz-Valenzuela et al., 2013). Comprobando de esta manera que los extractos de subproductos agrícolas pueden ser una alternativa para incrementar el contenido fenólico y capacidad antioxidante de los frutos frescos cortados.

Sin embargo, son muy escasos los estudios que reportan la evaluación sensorial de los extractos antioxidantes vegetales utilizados en frutos frescos cortados. En estudios previos se ha utilizado el extracto de subproductos de mango en diferentes matrices alimentarias y se ha realizado su evaluación sensorial. Ajila et al. (2008) adicionaron cáscara de mango en diferentes concentraciones (50, 75, 100, 150 and 200 mg/g) a la harina de pan para obtener un producto con propiedades nutraceuticas con mayor contenido de fenoles y capacidad antioxidante. Los resultados de este estudio demostraron que 100 mg/g de cáscara de mango resultó en un producto aceptable con un sabor a mango y color amarillo característico. Además a esta concentración, también se observó un aumento significativo en el contenido de fenoles totales

(4.87 veces), de carotenoides (8.5 veces) y en la capacidad antioxidante (25 veces). En este sentido, evaluar diferentes concentraciones del extracto permite garantizar la aceptación sensorial por parte del consumidor pero al mismo tiempo obtener mayor contenido de agentes antioxidantes en los alimentos adicionados.

El uso de extractos bioactivos aplicados en frutas frescas cortadas es una alternativa a los conservadores químicos y además, satisface la demanda de consumo por productos frescos nutritivos y seguros. En la actualidad, hay muy pocos estudios que proporcionan información sobre el efecto de los compuestos bioactivos que se extraen a partir de extractos de plantas y que son aplicados a las frutas frescas cortadas con el fin de aumentar el contenido bioactivo y son más escasos los reportes sobre la evaluación sensorial de frutas frescas cortadas adicionadas con extractos vegetales antioxidantes (Vega-Vega et al., 2013a).

En nuestro estudio el extracto de semilla de mango obtenido incrementó la capacidad antioxidante de mango fresco cortado. En estudios previos se ha visto una correlación positiva entre el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante, aparentemente estos compuestos son los responsables de proporcionar la capacidad antioxidante en los frutos de mango que fueron tratados con el extracto (Vega-Vega et al., 2013b). Como se mencionó antes, los compuestos reportados para el extracto de semilla de mango son ácido gálico y ácido clorogénico, entre otros, los cuales son los que podrían estar incrementando el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante por diferentes mecanismos, en los frutos de mango tratado (Abdalla et al., 2007a).

El aumento en la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles en los frutos tratados con el extracto de semilla de mango o sus componentes, genera un alimento funcional con propiedades extras que son benéficas a la salud. El extracto de semilla de mango posee gran cantidad de compuestos bioactivos como polifenoles, los cuales han sido asociados con beneficios a la salud o

prevención de enfermedades debido a su capacidad antioxidante. Los compuestos fenólicos tienen la capacidad de inhibir la oxidación de células causada por radicales libres, pueden detener la peroxidación lipídica, proteger lípidos de membranas celulares, prevenir el daño oxidativo del ADN, quelar metales involucrados en ciertas patologías, neutralizar radicales libres formando productos más estables y pueden reparar antioxidantes oxidados para continuar con su efecto benéfico. Algunos compuestos presentes en la semilla de mango como el ácido gálico ha mostrado a través de estudios *in vivo* e *in vitro* tener actividad antioxidante, antiinflamatoria, antimutagénica y anticancerígena. Igualmente, se ha encontrado que el ácido elágico inhibe la formación de aductos de ADN y la unión de N-nitrosobenzilmetilamina en cultivos de esófago de rata, puede prevenir tumorigénesis pulmonar en ratones, tiene actividad antimutagénica, antioxidante y antiviral (Masibo y He, 2008).

También el consumo de frutos frescos cortados como el mango, aporta gran cantidad de nutrientes importantes en el funcionamiento del metabolismo, además de ofrecer beneficios a la salud. En un estudio se demostró que el mango fresco cortado presenta mayor contenido de compuestos fenólicos que el fruto entero (Robles-Sánchez et al., 2011). En ese mismo estudio se mostró que la adición de mango entero y mango fresco cortado a la dieta durante 30 días puede disminuir significativamente la cantidad de triglicéridos séricos (37 y 38% respectivamente) y similarmente los niveles de lipoproteínas de muy baja densidad. Con esto se demuestra que el mango posee compuestos que pueden brindar beneficios a la salud y prevenir enfermedades. Por lo que sería recomendable realizar trabajos que aborden los posibles beneficios a la salud del mango fresco cortado adicionado con los antioxidantes extraídos de su semilla.

Carga Bacteriana de Mango Fresco Cortado Tratado con Extracto de Semilla de Mango

Los frutos de mango fueron inoculados con *E. coli*, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*, y *S. aureus* y después fueron tratados con el extracto de semilla de mango. El efecto antibacteriano del extracto de semilla de mango (6.25 mg/mL) fue significativo ($P \leq 0.05$) en la reducción de la carga bacteriana inoculada en los mangos frescos cortados y el extracto fue efectivo contra las cuatro bacterias inoculadas en los frutos (**Tabla 6**). Los frutos tratados presentaron una carga de *E. coli* de 8.5×10^3 UFC/g, mientras que los frutos testigos presentaron 14×10^3 UFC/g, lo que indica una reducción de 5.5×10^3 UFC/g. Los mangos inoculados con *S. Typhimurium* y después tratados con el extracto mostraron un valor de 24×10^3 UFC/g mientras que los testigos mostraron mayor carga bacteriana (63×10^3 UFC/g), indicando una reducción de 39×10^3 UFC/g. El extracto de semilla de mango fue también efectivo para reducir la carga de *S. aureus* (50×10^3 UFC/g) ($P \leq 0.05$), observándose una carga de 45×10^3 UFC/g para los frutos tratados y 95×10^3 para la carga de los fruto testigo. Los mangos inoculados con *L. monocytogenes* mostraron un valor de 168×10^3 UFC/g mientras que después de ser tratados con el extracto presentaron un valor de 24×10^3 UFC/g. La mayor reducción de la carga bacteriana se presentó para los mangos tratados con el extracto e inoculados con *L. monocytogenes* observándose una reducción de 144×10^3 UFC/g. Esto nos muestra la ventaja del uso del extracto de semilla de mango en mango fresco cortado para reducir la carga bacteriana patógena a una concentración que resulte sensorialmente aceptable para el consumidor.

Existen otros trabajos, donde han sido empleadas diferentes tecnologías para alargar la vida de anaquel de mango fresco cortado desde el aspecto microbiológico y sensorial. Alikhani (2014) reporta el uso de recubrimientos de mucílago de *Opuntia* con aceite de romero más aceite de romero encapsulado

Tabla 6. Efecto de la aplicación de extracto de semilla de mango a una concentración de 6.25 mg/mL en la reducción de la carga de bacterias patógenas inoculadas en mango fresco cortado.

| Bacteria | Mango control UFC/ g | Mango tratado UFC/g | Reducción UFC/g |
|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| <i>E. coli</i> | 14 x 10 ³ | 8.5 x 10 ³ * | 5.5 x 10 ³ |
| <i>S. Typhimurium</i> | 63 x 10 ³ | 24 x 10 ³ * | 39 x 10 ³ |
| <i>S. aureus</i> | 95 x 10 ³ | 45 x 10 ³ * | 50 x10 ³ |
| <i>L. monocytogenes</i> | 168 x 10 ³ | 24 x 10 ³ * | 144 x 10 ³ |

* Diferencia entre tratamientos (P≤0.05).

para extender la vida de anaquel de rebanadas de mango. El tratamiento evaluado logró inhibir el crecimiento de mesófilos aerobios en los frutos y al finalizar el almacenamiento (9 días a 6°C) los mangos tratados mostraron menor valor de UFC/g que los mangos testigos, observándose una reducción de 2.1 log UFC/g. El recubrimiento junto con el aceite logró aumentar la vida de anaquel de los frutos y presentó mayor aceptabilidad sensorial con respecto al sabor, color, firmeza y apariencia general que el mango testigo a partir del sexto día del almacenamiento. Otro tratamiento utilizado para alargar la vida de anaquel de mango fresco cortado fue el uso de recubrimientos comestibles de quitosano al 5, 10 y 20 mg/mL. Este tratamiento con la concentración de 10 mg/mL logró mejorar la calidad de los frutos y reducir 1 log UFC/g el crecimiento de mesófilos aerobios después de 7 días de almacenamiento (Chien et al., 2007). La concentración de 10 mg/mL presentó una mayor puntuación en el análisis sensorial de color y sabor, lo que indicó que fue aceptable por el consumidor. Frutos de mango fresco cortado almacenados durante 15 días a 5°C fueron tratados por inmersión con extractos etanólicos de semilla de mango para evaluar el crecimiento microbiano. Comparado con el testigo, los frutos tratados mostraron una reducción del 80% para la cuenta de mesófilos aerobios y 97% para hongos totales (Vega-Vega et al., 2013b); sin embargo, en este estudio no se tomó en cuenta el aspecto sensorial del producto.

Por otro lado, existen reportes del uso de extractos de subproductos agrícolas para disminuir las cuentas microbianas de algunos alimentos. El extracto de semilla de mango (3, 4.5 y 6 mg/mL) fue adicionado a leche de vaca pasteurizada como un agente antimicrobiano (Abdalla et al., 2007b). Los resultados revelaron que el extracto de semilla de mango a una concentración de 3 mg/mL fue capaz de reducir 6.3 log los mesófilos aerobios y 6.32 log de coliformes totales del producto. Además se observó que a esta concentración el producto fue aceptado sensorialmente por los panelistas en cuando sabor, olor y color. Xu et al. (2007) evaluaron el uso de extracto de semilla de uva (1 mg/mL) en pepino fresco cortado logrando una reducción de 2.56 log de *Salmonella* y reducción de 2.63 log de *L. monocytogenes* comparado con el

testigo. Además de mostrar efectos antibacterianos, los pepinos adicionados con el extracto de semilla de uva a esa concentración fueron aceptados en cuanto a sabor, olor y frescura. Estos estudios nos demuestran que existe una concentración de los extractos de subproductos agrícolas que es aceptable sensorialmente por los panelistas y que además pueda proporcionar un efecto positivo en la capacidad antibacteriana para poder extender la vida de anaquel de algunos alimentos como los de frutas frescas cortadas. Son pocos los estudios que han reportado el uso de extractos vegetales en la conservación de mango fresco cortado, sin embargo comparando nuestro trabajo con estos estudios, también el extracto de semilla de mango promete ser una buena alternativa como agente antimicrobiano para la conservación de mango fresco cortado, rico en antioxidantes y sin afectar sus atributos sensoriales.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran que la aplicación de extracto de semilla de mango es sensorialmente aceptable, aumenta la capacidad antioxidante y disminuye la carga bacteriana de mango fresco cortado var. Haden. El extracto de semilla de mango presentó en su composición ácido gálico y ácido clorogénico, los cuales le proporcionaron capacidad antioxidante y capacidad para inhibir el crecimiento de bacterias como *E. coli*, *S. Typhimurium*, *S. aureus* y *L. monocytogenes*. La aplicación de varias concentraciones del extracto de semilla en mango fresco cortado permitió encontrar la máxima concentración aceptable sensorialmente por los consumidores, la cual fue de 6.25 mg/mL, y mostró no afectar negativamente el agrado de olor, color y sabor de mango fresco cortado. La aplicación de esta concentración del extracto presentó efecto significativo en la reducción de la carga bacteriana y en el aumento del contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de mango fresco cortado var. Haden.

RECOMENDACIONES

Para futuros estudios se sugiere hacer una completa identificación de los componentes del extracto de semilla de mango e identificar los compuestos detectados mediante UPLC-MS que no fueron identificados. Así mismo, se sugiere estudiar a detalle el impacto negativo en el color de los frutos de mango por la adición de diferentes concentraciones del extracto y los mecanismos involucrados con la actividad de la PPO, responsable del oscurecimiento del mango. Además, es necesario evaluar la capacidad antioxidante del extracto de semilla de mango y de los frutos tratados con este extracto mediante técnicas antioxidantes relacionados con sistemas biológicos. Se sugiere estudiar las propiedades funcionales y benéficas a la salud atribuidas a los compuestos fenólicos presentes en el extracto como antiinflamatorias, anticancerígenas, cardioprotectoras, y neuroprotectoras, tanto *in vitro* como *in vivo* de los frutos de mango adicionados con el extracto de semilla de mango.

También, deberá probarse el efecto antimicrobiano del extracto de semilla de mango con microorganismos deteriorativos, así como evaluar el efecto anti-quorum sensing y el efecto que presenta en la patogenicidad de bacterias. Igualmente, se sugiere estudiar la aplicación de dicho extracto en otros sistemas alimenticios para aprovechar las ventajas antioxidantes y antimicrobianas que presenta.

REFERENCIAS

- Abdalla, A. E., Darwish, S. M., Ayad, E. H., y El-Hamahmy, R. M. 2007a. Egyptian mango by-product 1. Compositional quality of mango seed kernel. *Food Chemistry*, 103(4), 1134-1140.
- Abdalla, A. E., Darwish, S. M., Ayad, E. H., y El-Hamahmy, R. M. 2007b. Egyptian mango by-product 2: Antioxidant and antimicrobial activities of extract and oil from mango seed kernel. *Food Chemistry*, 103(4), 1141-1152.
- Acevedo-Hernández, C. 2012. Efecto del proceso de extracción de compuestos fenólicos de semilla de mango sobre sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Tesis de Licenciatura. Tecnológico de Acapulco-CIAD, A.C, Hermosillo, Sonora.
- Ajila, C., Aalami, M., Leelavathi, K., y Rao, U. 2010. Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11(1), 219-224.
- Ajila, C., Leelavathi, K., y Prasada Rao, U. 2008. Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 319-326.
- Alikhani, M. 2014. Enhancing safety and shelf life of fresh-cut mango by application of edible coatings and microencapsulation technique. *Food Science and Nutrition*, 1-8.
- AOAC. 1990. Association of Official Agricultural Chemistry. Official Methods of Analysis of the AOAC. 12th. Washington D.C., U.S.A.
- Arogba, S. S. 2000. Mango (*Mangifera indica*) kernel: chromatographic analysis of the tannin, and stability study of the associated polyphenol oxidase activity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 13(2), 149-156.
- Artés, F., Gómez, P., Artés-Hernández, F., Aguayo, E., y Escalona, V. 2007. Improved strategies for keeping overall quality of fresh-cut produce. *Acta Horticulturae*, 746, 245-258.

- Ayala-Zavala, J., Rosas-Domínguez, C., Vega-Vega, V., y González-Aguilar, G. 2010. Antioxidant enrichment and antimicrobial protection of fresh-cut fruits using their own byproducts: looking for integral exploitation. *Journal of Food Science*, 75(8), 175-181.
- Ayala-Zavala, J., Vega-Vega, V., Rosas-Domínguez, C., Palafox-Carlos, H., Villa-Rodriguez, J., Siddiqui, M. W., Dávila-Aviña, J., y González-Aguilar, G. 2011. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, 44(7), 1866-1874.
- Ayala-Zavala, J. F., del Toro-Sanchez, L., Alvarez-Parrilla, E., Soto-Valdez, H., Martín-Belloso, O., Ruiz-Cruz, S., y Gonzalez-Aguilar, G. 2008. Natural antimicrobial agents incorporated in active packaging to preserve the quality of fresh fruits and vegetables. *Stewart Postharvest Review*, 4(3), 1-9.
- Ayala-Zavala, J. F., y González-Aguilar, G. A. 2010. Optimizing the use of garlic oil as antimicrobial agent on fresh-cut tomato through a controlled release system. *Journal of Food Science*, 75(7), 398-405.
- Ayala-Zavala, J. F., Silva-Espinoza, B., Cruz-Valenzuela, M., Leyva, J., Ortega-Ramírez, L., Carrasco-Lugo, D., Pérez-Carlón, J., Melgarejo-Flores, B., González-Aguilar, G., y Miranda, M. 2013. Pectin–cinnamon leaf oil coatings add antioxidant and antibacterial properties to fresh-cut peach. *Flavour Fragrance Journal*, 28(1), 39-45.
- Ayala-Zavala, J. F., Silva-Espinoza, B. A., Cruz-Valenzuela, M. R., Villegas-Ochoa, M. A., Esqueda, M., González-Aguilar, G. A., y Calderón-López, Y. 2012. Antioxidant and antifungal potential of methanol extracts of *Phellinus* spp. from Sonora, Mexico. *Revista Iberoamericana de Micología*, 29(3), 132-138.
- Babbar, N., Oberoi, H. S., Uppal, D. S., y Patil, R. T. 2011. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. *Food Research International*, 44(1), 391-396.
- Baranyi, J., Roberts, T. A., y McClure, P. 1993. A non-autonomous differential equation to model bacterial growth. *Food Microbiology*, 10, 43-59.
- Borges, A., Ferreira, C., Saavedra, M. J., y Simões, M. 2013. Antibacterial activity and mode of action of ferulic and gallic acids against pathogenic bacteria. *Microbial Drug Resistance*, 19(4), 256-265.
- Burt, S. A., Vlieland, R., Haagsman, H. P., y Veldhuizen, E. J. 2005. Increase in activity of essential oil components carvacrol and thymol against *Escherichia coli* O157: H7 by addition of food stabilizers. *Journal of Food Protection*, 68(5), 919-926.

- Busta, F., Suslow, T., Parish, M., Beuchat, L., Farber, J., Garrett, E., y Harris, L. 2003. The use of indicators and surrogate microorganisms for the evaluation of pathogens in fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2(1), 179-185.
- Cruz-Valenzuela, M. R., Carrasco-Lugo, D. K., Vega-Vega, V., Gonzalez-Aguilar, G. A., y Ayala-Zavala, J. F. 2013. Fresh-cut orange treated with its own seed by-products presented higher antioxidant capacity and lower microbial growth. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 3(1), 13-27.
- Chanwitheesuk, A., Teerawutgulrag, A., Kilburn, J. D., y Rakariyatham, N. 2007. Antimicrobial gallic acid from *Caesalpinia mimosoides* Lamk. *Food Chemistry*, 100(3), 1044-1048.
- Chen, Y. C., Lin, J. T., Liu, S. C., Lu, P. S., y Yang, D. J. 2011. Composition of flavonoids and phenolic acids in lychee (*Litchi Chinensis* Sonn.) flower extracts and their antioxidant capacities estimated with human LDL, erythrocyte, and blood models. *Journal of Food Science*, 76(5), 724-728.
- Chien, P.-J., Sheu, F., y Yang, F.-H. 2007. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engineering*, 78(1), 225-229.
- Chung, K. T., Wei, C. I., y Johnson, M. G. 1998. Are tannins a double-edged sword in biology and health? *Trends in Food Science and Technology*, 9(4), 168-175.
- Díaz-Gómez, R., López-Solís, R., Obrique-Slier, E., y Toledo-Araya, H. 2013. Comparative antibacterial effect of gallic acid and catechin against *Helicobacter pylori*. *LWT-Food Science and Technology*, 54(2), 331-335.
- Dinnella, C., Recchia, A., Tuorila, H., y Monteleone, E. 2011. Individual astringency responsiveness affects the acceptance of phenol-rich foods. *Appetite*, 56(3), 633-642.
- Dorta, E., González, M., Lobo, M. G., Sánchez-Moreno, C., y de Ancos, B. 2014. Screening of phenolic compounds in by-product extracts from mangoes (*Mangifera indica* L.) by HPLC-ESI-QTOF-MS and multivariate analysis for use as a food ingredient. *Food Research International*, 57(0), 51-60.
- Dorta, E., Lobo, M. G., y Gonzalez, M. 2012. Reutilization of mango byproducts: Study of the effect of extraction solvent and temperature on their antioxidant properties. *Journal of Food Science*, 77(1), 80-88.

- Drewnowski, A., y Gomez-Carneros, C. 2000. Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(6), 1424-1435.
- Engels, C., Knodler, M., Zhao, Y.-Y., Carle, R., Ganzle, M. G., y Schieber, A. 2009. Antimicrobial activity of gallotannins isolated from mango (*Mangifera indica* L.) kernels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(17), 7712-7718.
- Fратиани, F., Coppola, R., y Nazzaro, F. 2011. Phenolic composition and antimicrobial and anti-quorum sensing activity of an ethanolic extract of peels from the apple cultivar Annurca. *Journal of Medicinal Food*, 14(9), 957-963.
- Ginés, J. M. F., Bravo, E. M., Moreno, M. G., Carrasco, M. T., y Santos, B. C. 2008. Obtención de ingredientes funcionales a partir de subproductos. *Revista de Tecnología e Higiene de los Alimentos*, 398(1), 76-79.
- Giza, B., Scott, T., y Verhagen, J. 2002. Method of inducing sweetness by gallic acid and its applications. U.S. Patent 20020068123 A1.
- González-Aguilar, G., Wang, C., y Buta, J. 2000. Maintaining quality of fresh-cut mangoes using antibrowning agents and modified atmosphere packaging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(9), 4204-4208.
- González-Aguilar, G. A., y Salinas-Hernández, R. 2009. Evaluación de la calidad y vida útil sensorial de productos vegetales frescos cortados. En: G. A. González-Aguilar, E. Álvarez-Parrilla, L. de la Rosa, I. G. Olivas and J. F. Ayala-Zavala (eds.), *Aspectos nutricionales y sensoriales de vegetales frescos cortados*. Trillas, Mexico, 332-338 pp.
- González-Aguilar, G. A., Villegas-Ochoa, M. A., Martínez-Téllez, M., Gardea, A., y Ayala-Zavala, J. F. 2007. Improving antioxidant capacity of fresh-cut mangoes treated with UV-C. *Journal of Food Science*, 72(3), 197-202.
- Goodburn, C., y Wallace, C. A. 2013. The microbiological efficacy of decontamination methodologies for fresh produce: A review. *Food Control*, 32(2), 418-427.
- Gutiérrez-Larraínzar, M., Rúa, J., Caro, I., de Castro, C., de Arriaga, D., García-Armesto, M. R., y del Valle, P. 2012. Evaluation of antimicrobial and antioxidant activities of natural phenolic compounds against foodborne pathogens and spoilage bacteria. *Food Control*, 26(2), 555-563.
- Gutierrez, J., Barry-Ryan, C., y Bourke, P. 2008. The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients. *International Journal of Food Microbiology*, 124(1), 91-97.

- Hernández Delgado, P., Aranguren, M., Reig, C., Fernandez Galvan, D., Mesejo, C., Martinez Fuentes, A., Galan Sauco, V., y Agusti, M. 2011. Phenological growth stages of mango (*Mangifera indica* L.) according to the BBCH scale. *Scientia Horticulturae*, 130(3), 536-540.
- John, D. 1984. One hundred useful raw drugs of the Kani tribes of Trivandrum forest division, Kerala, India. *Pharmaceutical Biology*, 22(1), 17-39.
- Kabuki, T., Nakajima, H., Arai, M., Ueda, S., Kuwabara, Y., y Dosako, S. i. 2000. Characterization of novel antimicrobial compounds from mango (*Mangifera indica* L.) kernel seeds. *Food Chemistry*, 71(1), 61-66.
- Kanatt, S. R., Chander, R., y Sharma, A. 2010. Antioxidant and antimicrobial activity of pomegranate peel extract improves the shelf life of chicken products. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(2), 216-222.
- Kaur, J., Rathinam, X., Kasi, M., Leng, K. M., Ayyalu, R., Kathiresan, S., y Subramaniam, S. 2010. Preliminary investigation on the antibacterial activity of mango (*Mangifera indica* L: Anacardiaceae) seed kernel. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 3(9), 707-710.
- Khammuang, S., y Sarnthima, R. 2011. Antioxidant and antibacterial activities of selected varieties of thai mango seed extract. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 24(1), 37-42.
- Kittiphoom, S. 2012. Utilization of Mango seed. *International Food Research Journal*, 19(4), 1325-1335.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., y Fett, R. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology*, 25(4), 726-732.
- Lawless, H. T., y Heymann, H. 2010. *Sensory evaluation of food*. Springer. Estados Unidos de América. 283 pp.
- Lin, T.-L., Lin, H.-H., Chen, C.-C., Lin, M.-C., Chou, M.-C., y Wang, C.-J. 2007. *Hibiscus sabdariffa* extract reduces serum cholesterol in men and women. *Nutrition Research*, 27(3), 140-145.
- Luo, F., Fu, Y., Xiang, Y., Yan, S., Hu, G., Huang, X., Huang, G., Sun, C., Li, X., y Chen, K. 2014. Identification and quantification of gallotannins in mango (*Mangifera indica* L.) kernel and peel and their antiproliferative activities. *Journal of Functional Foods*, 8, 282-291.

- Ma, X., Wu, H., Liu, L., Yao, Q., Wang, S., Zhan, R., Xing, S., y Zhou, Y. 2011. Polyphenolic compounds and antioxidant properties in mango fruits. *Scientia Horticulturae*, 129(1), 102-107.
- Maisuthisakul, P., y Gordon, M. H. 2009. Antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of mango seed kernel by product. *Food Chemistry*, 117(2), 332-341.
- Martín-Diana, A. B., Rico, D., y Barry-Ryan, C. 2008. Green tea extract as a natural antioxidant to extend the shelf-life of fresh-cut lettuce. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(4), 593-603.
- Martínez, L. 2007. Sensory evaluation based on linguistic decision analysis. *International Journal of Approximate Reasoning*, 44(2), 148-164.
- Martínez Valverde, I., Periago, M. J., y Ros, G. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(1), 5-18.
- Masibo, M., y He, Q. 2008. Major mango polyphenols and their potential significance to human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(4), 309-319.
- Matsusaka, Y., y Kawabata, J. 2010. Evaluation of antioxidant capacity of non-edible parts of some selected tropical fruits. *Food Science and Technology Research*, 16(5), 467-472.
- Mohamed, H. M., Mansour, H. A., y Farag, M. 2011. The use of natural herbal extracts for improving the lipid stability and sensory characteristics of irradiated ground beef. *Meat Science*, 87(1), 33-39.
- NCSS. (2007). *Number Cruncher Statistical Systems. Programa Estadístico para Windows*. Hintze JL. EUA.
- Negi, P. S. 2012. Plant extracts for the control of bacterial growth: efficacy, stability and safety issues for food application. *International Journal of Food Microbiology*, 156(1), 7-17.
- Nithitanakool, S., Pithayanukul, P., y Bavovada, R. 2009a. Antioxidant and hepatoprotective activities of Thai mango seed kernel extract. *Planta Medica*, 75(10), 1118-1123.
- Nithitanakool, S., Pithayanukul, P., Bavovada, R., y Sarpapakorn, P. 2009b. Molecular docking studies and anti-tyrosinase activity of Thai mango seed kernel extract. *Molecules*, 14(1), 257-265.
- Nithitanakool, S., Pithayanukul, P., Bourgeois, S., Fessi, H., y Bavovada, R. 2013. The development, physicochemical characterisation and *in vitro*

drug release studies of pectinate gel beads containing Thai mango seed kernel extract. *Molecules*, 18(6), 6504-6520.

- Obreque-Slfer, E. a., Peña-Neira, A. I., y López-Solís, R. 2010. Enhancement of both salivary protein- enological tannin interactions and astringency perception by ethanol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(6), 3729-3735.
- Olaimat, A. N., y Holley, R. A. 2012. Factors influencing the microbial safety of fresh produce: a review. *Food Microbiology*, 32(1), 1-19.
- Oms-Oliu, G., Rojas-Graü, M. A., González, L. A., Varela, P., Soliva-Fortuny, R., Hernando, M. I. H., Munuera, I. P., Fiszman, S., y Martín-Belloso, O. 2010. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 57(3), 139-148.
- Ortega-Ramirez, L. A. 2013. Sinergismo antibacteriano entre compuestos terpénicos de *Cymbopogon citratus* y azufrados de *Allium cepa*. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C (CIAD, AC), Hermosillo, Sonora.
- Perumalla, A., y Hettiarachchy, N. S. 2011. Green tea and grape seed extracts—Potential applications in food safety and quality. *Food Research International*, 44(4), 827-839.
- Poole, K. 2001. Multidrug resistance in Gram-negative bacteria. *Current Opinion in Microbiology*, 4(5), 500-508.
- Püssa, T. 2013. Toxicological issues associated with production and processing of meat. *Meat Science*, 95(4), 844-853.
- Raybaudi-Massilia, R. M., Mosqueda-Melgar, J., Soliva-Fortuny, R., y Martín-Belloso, O. 2009. Control of pathogenic and spoilage microorganisms in fresh-cut fruits and fruit juices by traditional and alternative natural antimicrobials. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(3), 157-180.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., y Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1231-1237.
- Ribeiro, S., Barbosa, L., Queiroz, J., Knödler, M., y Schieber, A. 2008. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. *Food Chemistry*, 110(3), 620-626.

- Rico, D., Martin-Diana, A. B., Barat, J., y Barry-Ryan, C. 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 18(7), 373-386.
- Robles-Sánchez, M., Astiazarán-García, H., Martín-Belloso, O., Gorinstein, S., Alvarez-Parrilla, E., de la Rosa, L. A., Yepiz-Plascencia, G., y González-Aguilar, G. A. 2011. Influence of whole and fresh-cut mango intake on plasma lipids and antioxidant capacity of healthy adults. *Food Research International*, 44(5), 1386-1391.
- Robles-Sánchez, R., Islas-Osuna, M., Astiazarán-García, H., Vázquez-Ortiz, F., Martín-Belloso, O., Gorinstein, S., y González-Aguilar, G. 2009a. Quality index, consumer acceptability, bioactive compounds, and antioxidant activity of fresh-Cut "Ataulfo" mangoes (*Mangifera Indica* L.) as affected by low temperature storage. *Journal of Food Science*, 74(3), 126-134.
- Robles-Sánchez, R. M., Rojas-Graü, M. A., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G., y Martín-Belloso, O. 2013. Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. *LWT-Food Science and Technology*, 50(1), 240-246.
- Robles-Sánchez, R. M., Rojas-Graü, M. A., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G. A., y Martín-Belloso, O. 2009b. Effect of minimal processing on bioactive compounds and antioxidant activity of fresh-cut 'Kent' mango (*Mangifera indica* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 51(3), 384-390.
- Rodríguez Saucedo, E. N. 2011. Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. *Ra Ximhai*, 7(1), 153-170.
- Roldán, E., Sánchez-Moreno, C., de Ancos, B., y Cano, M. P. 2008. Characterisation of onion (*Allium cepa* L.) by-products as food ingredients with antioxidant and antibrowning properties. *Food Chemistry*, 108(3), 907-916.
- SAGARPA. 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. "México, gran comerciante y competidor exterior de frutas." Recuperado Mayo, 2013, de <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/Boletin1-Frutas.aspx>.
- Salinas-Hernández, R., González-Aguilar, G., Pirovani, M., y Ulín-Montejo, F. 2007. Modelación de deterioro de productos vegetales frescos cortados. *Universidad y Ciencia*, 23(2), 183-196.
- Scharbert, S., y Hofmann, T. 2005. Molecular definition of black tea taste by means of quantitative studies, taste reconstitution, and omission

- experiments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(13), 5377-5384.
- Schutz, H. G., y Cardello, A. V. 2001. A labeled affective magnitud (LAM) scale for assesing food liking/disliking. *Journal of Sensory Studies*, 16(2), 117-159.
- Singh, Y. N. 1986. Traditional medicine in Fiji: some herbal folk cures used by Fiji Indians. *Journal of Ethnopharmacology*, 15(1), 57-88.
- Singleton, V., y Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdc-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Solórzano-Santos, F., y Miranda-Navales, M. G. 2012. Essential oils from aromatic herbs as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology*, 23(2), 136-141.
- Son, S., Moon, K., y Lee, C. 2001. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. *Food Chemistry*, 73(1), 23-30.
- Soong, Y.-Y., y Barlow, P. J. 2004. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. *Food Chemistry*, 88(3), 411-417.
- Soong, Y.-Y., y Barlow, P. J. 2006. Quantification of gallic acid and ellagic acid from longan (*Dimocarpus longan Lour.*) seed and mango (*Mangifera indica L.*) kernel and their effects on antioxidant activity. *Food Chemistry*, 97(3), 524-530.
- Sumaya-Martínez, M. T., Herrera, L. M. S., García, G. T., y Paredes, D. G. 2012. Red de valor del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 16(30), 826-833.
- Tewtrakul, S., Itharat, A., Thammaratwasik, P., y Oraikul, B. 2008. Anti-allergic and anti-microbial activities of some Thai crops. *Songklanakarin Journal of Science Technology*, 30(4), 467.
- Truchado, P., Tomás-Barberán, F. A., Larrosa, M., y Allende, A. 2012. Food phytochemicals act as *Quorum Sensing* inhibitors reducing production and/or degrading autoinducers of *Yersinia enterocolitica* and *Erwinia carotovora*. *Food Control*, 24(1), 78-85.
- Vega-Vega, V., Silva-Espinoza, B. A., Cruz-Valenzuela, M. R., Bernal-Mercado, A. T., González-Aguilar, G. A., Ruíz-Cruz, S., Moctezuma, E., Siddiqui, M. W., y Ayala-Zavala, J. F. 2013a. Antimicrobial and antioxidant properties of byproduct extracts of mango fruit. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 86(1), 205-211.

- Vega-Vega, V., Silva-Espinoza, B. A., Cruz-Valenzuela, M. R., Bernal-Mercado, A. T., González-Aguilar, G. A., Vargas-Arispuro, I., Corrales-Maldonado, C. G., y Ayala-Zavala, J. F. 2013b. Antioxidant enrichment and antimicrobial protection of fresh-cut mango applying bioactive extracts from their seeds by-products. *Food and Nutrition Sciences*, 4, 197-203.
- Velderrain-Rodriguez, G. R., Palafox-Carlos, H., Wall-Medrano, A., Ayala-Zavala, J. F., Chen, C., Robles-Sanchez, M., Astiazaran-Garcia, H., Alvarez-Parrilla, E., y Gonzalez-Aguilar, G. A. 2014. Phenolic compounds: their journey after intake. *Food Functional*, 5(2), 189-197.
- Wang, R., Zhou, W., y Isabelle, M. 2007. Comparison study of the effect of green tea extract (GTE) on the quality of bread by instrumental analysis and sensory evaluation. *Food Research International*, 40(4), 470-479.
- Wijngaard, H. H., Rößle, C., y Brunton, N. 2009. A survey of Irish fruit and vegetable waste and by-products as a source of polyphenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 116(1), 202-207.
- Xi, Y., Sullivan, G., Jackson, A., Zhou, G., y Sebranek, J. 2012. Effects of natural antimicrobials on inhibition of *Listeria monocytogenes* and on chemical, physical and sensory attributes of naturally-cured frankfurters. *Meat Science*, 90(1), 130-138.
- Xu, W., Qu, W., Huang, K., Guo, F., Yang, J., Zhao, H., y Luo, Y. 2007. Antibacterial effect of grapefruit seed extract on food-borne pathogens and its application in the preservation of minimally processed vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 45(1), 126-133.
- Zhang, J., Li, L., Kim, S.-H., Hagerman, A. E., y Lü, J. 2009. Anti-cancer, anti-diabetic and other pharmacologic and biological activities of penta-galloyl-glucose. *Pharmaceutical Research*, 26(9), 2066-2080.
- Zhishen, J., Mengcheng, T., y Jianming, W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4), 555-559.