



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

FENOLES, FLAVONOIDES, ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIBACTERIANA EN
EXTRACTOS DE FRUTOS DE *PSIDIUM SARTORIANUM*, *MALPIGHIA MEXICANA* Y
SAGERETIA SP.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECURIAS Y
RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

ANTONELA QUIJADA VANEGAS

DIRECTOR DE TESIS:

MARTÍN RUBÍ ARRIAGA

TUTORES

MARÍA ELENA ESTRADA ZÚÑIGA

JAIME MEJÍA CARRANZA

EL cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, Noviembre de 2018

DEDICATORIA

A mi familia

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Martín Rubí Arriaga por su infinita paciencia y apoyo.

A la Dra. María Elena Estrada Zúñiga por su apoyo incondicional y por haber sido una parte clave para poder desarrollar éste trabajo.

Al Dr. Jaime Mejía Carranza por estar siempre en el momento oportuno y brindarme sus palabras de aliento y dirección.

A la Dra. María Dolores Mariezcurrena Berasain, por apoyarme con parte del trabajo.

A la Dra. Martha Lydia Salgado Siclan por su apoyo en laboratorio.

Al M. Enrique Archundia por compartir sus conocimientos y por su apoyo en laboratorio.

Al CONACYT

A todos los productores y personas que ayudaron para la obtención de información, recolección de frutos y orientación general.

A mi familia por haber prestado siempre su apoyo incondicional.

A mi esposo, por haber sido mi apoyo y mano derecha estos años.

A mis amigos por escucharme y darme ánimos.

RESUMEN

El estrés oxidativo está relacionado con diversas enfermedades tales como Parkinson, Alzheimer, y cáncer así como con los efectos perjudiciales del envejecimiento. Es la consecuencia del desbalance entre la producción y el consumo de antioxidantes; diversos factores ambientales como la luz solar, la contaminación y los malos hábitos de vida han provocado efectos nocivos en la salud humana a causa del incremento de especies reactivas del oxígeno (del inglés ROS) y el bajo consumo de alimentos ricos en antioxidantes que puedan contrarrestarlo. Por ésta razón, existe un esfuerzo constante en realizar investigaciones para encontrar formas eficientes de combatirlos, principalmente mediante el aporte de antioxidantes dentro de la alimentación.

Los fenoles y flavonoides están estrechamente relacionados con la capacidad antioxidante y antibacteriana de un compuesto, lo cual aporta a la especie un valor como alimento funcional. Con el objetivo de evaluar el contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante y actividad antibacteriana en frutos de arrayán (*Psidium sartorianum* O. Berg Nied), huejocote (*Malpighia mexicana* A. Juss) y huísmarin (*Sageretia* sp. Brongn.) se evaluaron tres tipos de solventes para la obtención de estos compuestos: etanol, agua y la combinación de etanol con agua (1:1). Los fenoles totales fueron medidos mediante la metodología de Folin Ciocalteu; los flavonoides mediante el método Dowd y la actividad antioxidante se determinó mediante el método DPPH.

Los resultados son comparables con los de la guayaba común (*P. guajava*) (22.07 mg equivalentes al ácido gálico por gramo de biomasa seca EAG/g B.S.), (1.08 mg equivalentes a trolox por gramo de biomasa seca ET/g B.S.) y la guayaba agria (*P. araca*) (27.53 mg EAG/g B.S.), (84.14 mg ET/g B.S.) y superiores a los valores reportados para arándano (*V. macrocarpon*) (.026 mg EAG/g B.S.), (86.63 mg ET/g B.S.), mora azul (*V. corymbosum*) (3.30 mg EAG/g B.S.), (0.09 mg ET/g B.S.) y acerola (*M. glabra*) (1.12 mg EAG/g B.S.), (10.11 mg ET/g B.S.); ya que en *P. sartorianum* se hallaron 35 mg EAG/g B.S. y 283.83 mg ET/g B.S.; para *M. mexicana* 11.2 mg EAG/g B.S. y 27.39 mg ET/g B.S. y para *Sageretia* sp. 39.68 mg EAG/g B.S. y 102.51 mg ET/g B.S. Se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) para todas las variables y solventes evaluados. El solvente en el que se obtuvieron los rendimientos más altos varió para cada especie. Se obtuvieron los valores de las correlaciones entre fenoles totales y actividad antioxidante para cada especie; en *P. sartorianum* y en *M. mexicana* no se encontraron correlaciones, mientras que en *Sageretia* sp. se obtuvo una correlación de 0.9 con una probabilidad de $p < 0.05$, esto puede deberse a que en el caso de las primeras dos especies sean otros compuestos tales como el ácido ascórbico, tocoferol o peroxidasa (por mencionar algunos ejemplos) los que estén marcando la actividad antioxidante de los frutos.

Se evaluó la actividad antibacteriana de los extractos acuosos de cada fruto, contra las cepas bacterianas *Salmonella*, *Listeria*, *Bacillus subtilis* y *Escherichia coli*, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre los microorganismos testigo y los tratamientos a diferentes dosis. Por lo cual se concluye que los tres frutos presentan un alto contenido de fenoles y flavonoides así como actividad antioxidante, sin embargo en cuanto a la actividad antibacteriana no se presentaron diferencias estadísticamente significativas.

INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
1 <i>Psidium sartorianum</i>	3
1.1 Taxonomía.....	3
Orden: Myrtales	3
1.2 Ecología	3
1.3 Distribución.....	3
1.4 Descripción morfológica	4
1.5 Importancia	4
2 <i>Malpighia mexicana</i>	6
2.1 Taxonomía.....	6
2.2 Ecología	6
2.3 Distribución.....	6
2.4 Descripción morfológica e importancia	6
3 <i>Sageretia</i> sp.	8
3.1 Taxonomía.....	8
3.2 Ecología	8
3.3 Distribución.....	8
3.4 Descripción morfológica	9
4 Metabolitos secundarios	10
4.1 Clasificación de los metabolitos secundarios	10
4.2.1 Terpenos	10
4.2.1.1 Aceites esenciales	11
4.2.2 Fenoles.....	11
4.2.2.1 Antioxidantes.....	12
4.2.2.2 Tipos de antioxidantes.....	12
Naturales.....	12
4.2.2.3 Flavonoides.....	13
4.2.3 Compuestos que contienen Nitrógeno.....	14
4.2.3.1 Alcaloides	14
4.2.3.2 Glucósidos cianogénicos.....	14
4.2.3.3 Glucosinolatos.....	14
4.2.3.4 Aminoácidos no protéicos	15

5 Daño o estrés oxidativo.....	15
6 Actividad antibacteriana	17
6.1 Las bacterias.....	17
6.1.2 Estructura de la célula bacteriana.....	17
6.1.2.1 Estructura intracelular	17
6.1.2.2 Estructuras extracelulares	18
6.2 <i>Salmonella</i>	19
6.3 <i>Listeria</i>	19
6.4 <i>Bacillus subtilis</i>	20
6.5 <i>Escherichia coli</i>	20
7 Alimentos funcionales	21
8 Justificación	22
9 Hipótesis.....	23
10 Objetivo general	24
10.1 Objetivos específicos	24
11 Materiales y métodos	25
11.1 Obtención de extractos	25
11.2 Cuantificación de compuestos fenólicos.....	25
11.3 Cuantificación de flavonoides	25
11.4 Contenido total de antocianinas (TAC).....	26
11.5 Determinación de la capacidad antioxidante	26
11.6 Determinación de la concentración mínima inhibitoria (MIC).....	26
11.7 Análisis estadístico.....	29
12 Resultados y discusión	30
12.1 Extracción de compuestos fenólicos.....	30
12.1.2 Compuestos fenólicos totales (CTF)	30
12.2 Contenido de flavonoides totales (CTFV)	31
12.3 Contenido total de antocianinas (TAC).....	32
12.3 Determinación de la capacidad antioxidante (AA).....	33
12.4 Determinación de la concentración mínima inhibitoria (MIC).....	34
12.5 Artículo enviado	41
.....	41
12.6 Artículo.....	42
12.7 Conclusiones	54
Referencias	55



Índice de cuadros

Página

Cuadro 1. Compuestos reportados en el género <i>Psidium</i>	5
Cuadro 2. Compuestos encontrados en el género <i>Malpighia</i>	7
Cuadro 3. Compuestos encontrados en el género <i>Sageretia</i>	9
Cuadro 4. Volumen para ensayo en lector de microplacas.....	27
Cuadro 5. Volumen para ensayo en lector de microplacas.....	28
Cuadro 6. Contenido de fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante en frutos de <i>P. sartorianum</i> , <i>M. mexicana</i> y <i>Sageretia</i> sp.	32

Índice de Figuras

Página

Figura 1. Estructura de un Fenol (Ghasemzadeh y Ghasemzadeh 2011)	12
Figura 2. Estructura de algunos flavonoides (Ghasemzadeh y Ghasemzadeh, 2011).	13
Figura 3. Estructura de las bacterias Gram negativas y Gram positivas (Nasarabadi et al., 2017).	18
Figura 4. Comparación de las curvas de crecimiento del testigo <i>S. enteritidis</i> con el microorganismo y la adición del extracto acuoso de <i>P. sartorianum</i> a diferentes concentraciones.....	34
Figura 5. Comparación de las curvas de crecimiento del testigo <i>L.innocua</i> con el microorganismo y la adición del extracto acuoso de <i>P. sartorianum</i> a diferentes concentraciones.....	35
Figura 6. Comparación de las curvas de crecimiento del testigo <i>B. subtilis</i> con el microorganismo y la adición del extracto acuoso de <i>P. sartorianum</i> a diferentes concentraciones.....	35
Figura 7. Comparación de las curvas de crecimiento del testigo <i>E. coli</i> con el microorganismo y la adición del extracto acuoso de <i>P. sartorianum</i> a diferentes concentraciones.....	36
Figura 8. Comparación de las curvas de crecimiento del testigo <i>S. enteritidis</i> con el microorganismo y la adición del extracto acuoso de <i>M. mexicana</i> a diferentes concentraciones.	36
Figura 9. Comparación de las curvas de crecimiento del testigo <i>L. innocua</i> con el microorganismo y la adición del extracto acuoso de <i>M. mexicana</i> a diferentes concentraciones.	37
Figura 10. Comparación de las curvas de crecimiento del testigo <i>B. subtilis</i> con el microorganismo y la adición del extracto acuoso de <i>M. mexicana</i> a diferentes concentraciones.	37
Figura 11. Comparación de las curvas de crecimiento del testigo <i>E. coli</i> con el microorganismo y la adición del extracto acuoso de <i>M. mexicana</i> a diferentes concentraciones.	38
Figura 12. Comparación de las curvas de crecimiento del testigo <i>S. enteritidis</i> con el microorganismo y la adición del extracto acuoso de <i>Sageretia</i> sp. a diferentes concentraciones.	38
Figura 13. Comparación de las curvas de crecimiento del testigo <i>L. innocua</i> con el microorganismo y la adición del extracto acuoso de <i>Sageretia</i> sp. a diferentes concentraciones.....	39
Figura 14. Comparación de las curvas de crecimiento del testigo <i>B. subtilis</i> con el microorganismo y la adición del extracto acuoso de <i>Sageretia</i> sp. a diferentes concentraciones.....	39
Figura 15. Comparación de las curvas de crecimiento del testigo <i>E. coli</i> con el microorganismo y la adición del extracto acuoso de <i>Sageretia</i> sp. a diferentes concentraciones.....	40