



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD ÁREA ACADÉMICA DE NUTRICIÓN

**“Estudio de la optimización por termoultrasonido en
la extracción de contenido de antioxidantes a partir
de residuos de mango (*Mangifera indica* L.),
utilizando la metodología de superficie de respuesta”**

Tesis que para obtener el título de:

Licenciatura en Nutrición

P R E S E N T A

P.L.N. Raymundo Neria De la Cruz

Directoras de tesis:

Dra. Nelly del Socorro Cruz Cansino

Dra. Raquel Cariño Cortés



Pachuca, Hgo., Noviembre del 2015



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD
ÁREA ACADÉMICA DE NUTRICIÓN**



De acuerdo con el artículo 134 del Reglamento de Control Escolar vigente, el jurado de examen recepcional designado, autoriza para su impresión la Tesis titulada

"Estudio de la optimización por termoultrasonido en la extracción de contenido de antioxidantes a partir de residuos de mango (*Mangifera indica* L.), utilizando la metodología de superficie de respuesta".

Que para obtener el Título de Licenciada de Nutrición sustenta la Pasante

C. Raymundo Neria de la Cruz.

**ATENTAMENTE
Pachuca, Hidalgo, 16 de Octubre del 2015
"Amor, Orden y Progreso"**

PRESIDENTE:	DR. ERNESTO ALANÍS GARCÍA
SECRETARIO:	DRA. ESTHER RAMÍREZ MORENO
PRIMER VOCAL:	DRA. NELLY DEL SOCCORRO CRUZ CANSINO
SEGUNDO VOCAL:	M.N.H. AMANDA PEÑA IRECTA
TERCER VOCAL:	DRA. RAQUEL CARIÑO CORTÉS
PRIMER SUPLENTE:	DR. MANUEL SÁNCHEZ GUTIÉRREZ
SEGUNDO SUPLENTE:	DRA. CLARA ZUÑIGA PÉREZ

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a DIOS, por darme la oportunidad de vivir y la fortaleza de seguir adelante. A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos. A mis hermanos por su cariño y apoyo sincero. A mi novia por estar siempre a mi lado, también a mis maestros y amigos, quienes me han alentado para seguir adelante en este camino tan importante para mí.

A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todos ellos hago esta dedicatoria.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco principalmente a Dios por haberme dado la oportunidad de vivir, permitirme cumplir este sueño en compañía de mis seres queridos. Gracias por esta maravillosa oportunidad.

Gracias de todo corazón a mis padres Julia y Nicolás, ya que gracias a ellos este sueño se hizo realidad, gracias por el apoyo incondicional, su amor, comprensión, confianza, por todo lo que me han dado, por enseñarme y guiarme en el camino de la vida.

También agradezco a mis hermanos Brianda y Eduardo, por el cariño que siempre me han dado, también por su apoyo moral y económico que me han brindado.

De igual forma agradezco a mi novia Ana, por siempre alentarme a seguir luchando para cumplir mis sueños, por hacer cada momento especial, por todo tu amor, cariño y tiempo y por muchas cosas más.

Gracias a mi primo José y su esposa Sonia, por haber sido mis padrinos de graduación, gracias por todo el apoyo y cariño que siempre han tenido con mi familia.

Gracias a mis asesoras, gracias a la Dra. Raquel por ser parte importante en este trabajo, por sus consejos, su tiempo, su apoyo constante, sobre todo por su confianza y amistad; así mismo gracias a la Dra. Nelly, por todo su tiempo, su conocimiento y cada una de sus aportaciones que hicieron posible este proyecto; también gracias a M.C. Ely por apoyarme durante la realización de la tesis, así como a mis sinodales por revisar y aprobar mi tesis.

Gracias a mis compañeros y amigos a todas las personas que siempre me han apoyado.

A todos, MUCHAS GRACIAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ABREVIATURAS

I. RESUMEN	1
II. ABSTRACT	2
III. MARCO TEÓRICO	3
3.1 GENERALIDADES DEL MANGO (<i>Mangifera indica</i> L.).....	3
3.1.1 Características físicas.....	3
3.2 COMPOSICIÓN DEL MANGO.....	5
3.2.1 Composición nutrimental	5
3.2.2 Compuestos antioxidantes.....	6
3.2.2.1 Carotenoides.....	6
3.2.2.2 Vitamina C	8
3.2.2.3 Compuestos fenólicos.....	8
3.2.3 Composición de la cáscara.....	9
3.2.4 Composición de la semilla	10
3.3 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.....	10
3.4 PRODUCCIÓN DEL MANGO	13
3.4.1 Residuos de mango	13
3.5 TECNOLOGÍAS EMERGENTES	15
3.5.1 ULTRASONIDO	15
3.5.2 Ondas ultrasónicas	16
3.5.3 Equipos de ultrasonido	17
3.5.4 Investigación de ultrasonido como futuro uso en la industria alimenticia	17
IV. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	19
V. JUSTIFICACIÓN	20
VI. OBJETIVOS	21
6.1 OBJETIVO GENERAL	21
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
VII. HIPÓTESIS	22

VIII. DISEÑO METODOLÓGICO	23
8.1 DIAGRAMA GENERAL DEL DISEÑO METODOLÓGICO	23
8.2. OBTENCIÓN DE LOS RESIDUOS.....	24
8.3 EXTRACCIÓN MEDIANTE TERMOULTRASONIDO	24
8.4 DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.....	25
8.4.1 Determinación de fenoles totales.....	25
8.4.2 Determinación de Ácido Ascórbico	26
8.4.3 Determinación de actividad antirradical DPPH• (1,1 difenil-2- picrilhidracil).....	26
8.4.4 Determinación de actividad antirradical ABTS•+ (2,2'-azino-bis-(3- etilbenzotiazolin-6-sulfónico).....	27
8.5 COMPARACIÓN DEL EXTRACTO TERMOULTRASONICADO CONTRA EXTRACCIONES CONVENCIONALES	28
8.5.1 Extracto termoultrasonicado (predichos y esperados).....	28
8.5.2 Comparación con extracciones convencionales	28
8.5.2.1 Extracto acuoso	28
8.5.2.2 Extracto hidroalcohólico.....	29
8.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	30
8.6.1 Diseño experimental	30
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
9.1 Obtención de residuos liofilizados.....	32
9.2 Contenido de compuestos antioxidantes	33
9.2.1 Contenido de fenoles totales	33
9.2.2 Contenido de ácido ascórbico.....	36
9.2.3 Evaluación de la actividad antioxidante	39
9.2.3.1 Actividad antioxidante evaluada por DPPH•	39
9.2.3.2 Actividad antioxidante evaluada por ABTS•+	41
9.3 Optimización de las condiciones para la extracción por termoultrasonido	43
9.4 Reproducibilidad del estudio	45
9.5 Comparación de la extracción por termoultrasonido optimo con extracciones convencionales	46

X. CONCLUSIONES	50
XI. PROPUESTAS	51
XII. REFERENCIAS	52
XIII. ANEXOS	58
13.1 Curvas de calibración para fenoles totales	58
13.2 Curvas de calibración para ácido ascórbico	59
13.3 Curvas de calibración para DPPH•	60
13.4 Curvas de calibración para ABTS•+	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de mango ataulfo.....	4
Figura 2. Mango ataulfo.....	4
Figura 3. β -caroteno.....	7
Figura 4. Estructura química de la mangiferina.....	9
Figura 5. Polifenoles y su actividad antioxidante.....	11
Figura 6. Espectro sonoro.....	16
Figura 7. Diseño Metodológico.....	23
Figura 8. Equipo de ultrasonido.....	24
Figura 9. Homogeneizador.....	29
Figura 10. Gráfica de superficie de respuesta para los efectos en la concentración de fenoles totales (mgEAG/100g bs).....	35
Figura 11. Gráfica de superficie de respuesta para los efectos en la concentración de ácido ascórbico (mg EAA/100g bs).....	37
Figura 12. Gráfica de superficie de respuesta para los efectos en la evaluación de actividad antioxidante por DPPH• (μ mol ET/100g bs).....	40
Figura 13. Gráfica de superficie de respuesta para los efectos en la evaluación de actividad antioxidante por ABTS•+ (μ mol ET/100g bs).....	42
Figura 14. Optimización de superficie de respuesta.....	44
Figura 15. Comparación de la extracción de compuestos antioxidantes por diferentes métodos de extracción A) Fenoles totales, B) Ácido ascórbico.....	47
Figura 16. Comparación de la cuantificación de actividad antioxidante por diferentes métodos de extracción. A) DPPH•, B) ABTS•.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación científica del mango.....	3
Tabla 2. Aporte nutricional de mango variedad ataulfo por cada 100 gbf.....	5
Tabla 3. Variables independientes y sus niveles en el diseño de superficie de respuesta.....	30
Tabla 4. Condiciones de ultrasonido.....	31
Tabla 5. Rendimiento total de la muestra liofilizada.....	32
Tabla 6. Efecto del tratamiento por termoultrasonido en los compuestos de los residuos de mango.....	34
Tabla 7. Coeficiente de regresión y ANOVA de los parámetros del modelo cuadrático de predicción de superficie de respuesta.....	34
Tabla 8. Concentración de compuestos antioxidantes bajo las condiciones óptimas por la RSM y sin tratamiento de termoultrasonido.....	45

ABREVIATURAS

bf base fresca

bs base seca

g gramo

mg miligramo

µg microgramo

α alfa

β beta

LDL lipoproteína de baja densidad

ADN ácido desoxirribonucleico

Tn tonelada

SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

RSM Response Surface Methodology

°C Grado centígrado

Fig. figura

W watts

MPa Mega pascales

DPPH 1,1 difenil-2-picrilhidracil

ABTS 2,2'-azino-bis-(3-
etilbenzotiazolin-6-sulfónico

mL mililitro

µL microlitro

min minuto

nm nanómetro

EAG equivalente de ácido gálico

EAA Equivalente de ácido ascórbico

ET equivalente de Trólox

DCPI 2,6-diclorofenol-indofenol

µmol micromol

rpm revolución por minuto

I. RESUMEN

El mango es una fruta de la familia de las *Anacardiaceae* de género *Mangifera* y especie *M. indica* Ly variedad ataulfo, es una fruta de la zona intertropical, de pulpa carnosa y semiácida, es reconocido como un fruto con excelentes propiedades organolépticas, gracias a su contenido de azúcares, ácidos (málico, palmítico, p-cumárico y mirístico), vitamina C, aromas (fenoles) y pigmentos (carotenoides), hay que destacar que del mango solo se aprovecha para consumo humano la pulpa, siendo desechada la semilla y la cascara, desperdiciándose un porcentaje importante de la fruta (40% aproximadamente), los cuales pueden ser aprovechados para obtener compuestos con capacidad antioxidante.

El objetivo de esta investigación fue optimizar las condiciones para la extracción por termoultrasonido de compuestos antioxidantes a partir de residuos de mango mediante termoultrasonido, la amplitud osciló entre 80-90% y tiempo de 5-15 min. Se realizó la cuantificación de compuestos antioxidantes obteniendo valores de fenoles totales de 8137.68 a 9227.17 mg EAG/100g bs, ácido ascórbico de 5366.8 a 6040.2 mg AA/100g bs y actividad antioxidante evaluada por DPPH• de 49825 a 66365 $\mu\text{mol ET}/100\text{g bs}$, y ABTS•+ de 65437.5 a 87833.33 $\mu\text{mol ET}/100\text{g bs}$. Los datos fueron analizados utilizando la metodología de superficie de respuesta (RSM) para las condiciones óptimas de extracción. Los valores óptimos de las variables seleccionadas para la obtención de compuestos antioxidantes fueron amplitud de 91% y tiempo 7 minutos obteniendo una concentración de fenoles totales de 8837.68 mgEAG/100g bs, para ácido ascórbico de 5730.67 mgEAA/100g bs y actividad antioxidante evaluada por DPPH• y ABTS•+ de 60080 $\mu\text{mol ET}/100\text{g bs}$ y 76618 $\mu\text{mol ET}/100\text{g bs}$ respectivamente.

Se realizó una comparación de las propiedades antioxidante de los extractos sometidos a termoultrasonido (optimizado), con respecto a la extracción acuosa e hidroalcohólica. La extracción por termoultrasonido demostró ser la mejor opción para la extracción de los compuestos antioxidantes de los residuos de mango, siendo significativa ($p < 0.05$) en comparación con los métodos convencionales.

II. ABSTRACT

Mango is a fruit of the family of *Anacardiaceae*, gender *Mangifera* and species *M. indica L* and variety Ataulfo, is a fruit of the intertropical zone, fleshy pulp and semiacid, it is recognized as a fruit with excellent organoleptic properties, thanks to its content of sugars, acids (malic acid, palmitic acid, p-coumaric and myristic), vitamin C, flavors (phenols) and pigments (carotenoids), it is noteworthy that the mango pulp is used only for human consumption, being discarded seed and the peel, wasting a high percentage of fruit (about 40%), which can be harnessed to obtain compounds with antioxidant capacity.

The objective of this investigation was to optimize conditions for the extraction of antioxidants compounds by thermoultrasound from mango waste, the amplitude ranged from 80-90% and time 5-15 min. The quantification of antioxidant compounds was performed obtaining values of total phenols from 8137.68 to 9227.17 mg EGA/100g db, ascorbic acid from 5366.8 to 6040.2 mg EAA/100g db and antioxidant activity evaluated by DPPH• of 49825-66365 $\mu\text{mol ET}/100\text{g db}$, and ABTS•+ from 65437.5 to 87833.33 $\mu\text{mol ET}/100\text{ db}$. Data were analyzed using the response surface methodology (RSM) for optimal extraction conditions. The optimal values of the variables selected for obtaining antioxidant compounds were amplitude of 91% and 7 minutes, obtaining a concentration of total phenols 8837.68 mg EAG/100g db, to ascorbic acid 5730.67 mg EAA/100g db and antioxidant activity evaluated by DPPH• and ABTS•+ of 60080 $\mu\text{mol ET}/100\text{g db}$ and 76618 $\mu\text{mol ET}/100\text{g db}$ respectively.

A comparison of the antioxidant properties of the extracts under thermoultrasound (optimized) with respect to the aqueous and hydroalcoholic extraction was performed. Thermoultrasound extraction proved the best option for extracting antioxidants compounds from mango waste, presenting a $p < 0.05$ compared with conventional methods.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 GENERALIDADES DEL MANGO (*Mangifera indica* L.)

EL mango es una fruta de la familia de las *Anacardiaceae* de género *Mangifera* y especie *M. indica* L., variedad ataulfo(tabla 1), es el fruto más utilizado para consumo fresco, después del plátano y los cítricos (Porraset *al.*, 2011). Es una fruta de la zona intertropical, de pulpa carnosa y semiácida(Rodríguez *et al.*, 2012), siendo de los frutos más importantes y populares, principalmente debido a su gran sabor y valor nutricional (Wanget *al.*, 2010).

Tabla 1. Clasificación científica del mango

Clasificación científica	
Reino:	<i>Plantae</i>
Filo:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Sapindales</i>
Familia:	<i>Anacardiaceae</i>
Tribu:	<i>Anacardieae</i>
Género:	<i>Mangifera</i>
Especie:	<i>M. indica</i> L

Johnson 2005.

3.1.1 Características físicas

El mango crece en un árbol de tronco erecto de crecimiento muy rápido, es originario de la India y se cultiva en países de clima cálido además de algunos de climas templado (Saucoet *al.*, 2009), puede alcanzar los 30 metros de altura,aunque normalmente mide la mitad fuera de su lugar de origen (Johnson 2005). Posee hojas perenne, lanceoladas, de hasta 30 cm de longitud, haz verde brillantes, flores muy pequeñas, de color amarillento o rojizo (Quintero *et al.*, 2013) (fig. 1).



Figura 1. Árbol de mango ataulfo

El tamaño del fruto es de aproximadamente 10 cm, pero pueden existir variedades más grandes y de formas diferentes (ovales, con forma de corazón, redondos o con forma de riñón). El color de su piel varía entre amarillo-verdoso, amarillo-rojizo, anaranjado, rosa y a veces púrpura, colores que se intensifican durante el período de maduración (Quintero *et al.*,2013)(fig. 2).

De acuerdo a Rodríguez *et al.* (2012), las características que presenta el fruto con madurez comercial, además de un sabor dulce característico son las siguientes:

- Fruta sana.
- Ausencia de ataques de insectos.
- Ausencia de daños mecánicos.
- Estado de madurez fisiológica.
- Color y textura uniformes y característicos del fruto.
- Valor mínimo de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) de 13 grados.
- Valor de pH entre 3,5 y 4,0.



Figura 2. Mangoataulfo
Rodríguez *et al.*,2012

3.2 COMPOSICIÓN DEL MANGO

3.2.1 Composición nutrimental

El mango (*Mangifera indica L*), es reconocido como un fruto con excelentes propiedades organolépticas, gracias a su contenido de azúcares y ácidos (málico, palmítico, *p*-cumárico y mirístico), vitamina C, aromas (fenoles) y pigmentos (carotenoides), además del contenido de fibra soluble, que lo hacen atractivo para todo tipo de consumidor (Quintero *et al.*, 2013).

En cuanto al aporte nutricional (tabla 2), el mango es un alimento con un alto aporte de vitamina C (37 mg/100 g bf), agua (84.4g) y carbohidratos (12.8 g) (Pérez *et al.*, 2008), también es buena fuente de vitaminas hidrosolubles, como el caso de la vitamina A y vitaminas del grupo B, necesarias para el buen funcionamiento del sistema nervioso, la salud de la piel y metabolismo de lípidos (Quintero *et al.*, 2013; Fernández *et al.*, 2010).

Tabla 2. Aporte nutricional de mango variedad ataulfo por cada 100 gbf

Nutrimento	Contenido	Nutrimento	Contenido	Nutrimento	Contenido
Energía	61.13 kcal	Carotenos	5-26 µg	Calcio	12.00 mg
Proteínas	0.63 g	Vitam. A	207.1 µg	Cinc	0.12 mg
Carbohidratos	12.8 g	Vitam. B1	0.05 mg	Fósforo	13.00 mg
Lípidos	0.45 g	Vitam. B2	0.05 mg	Hierro	0.4 mg
Fibra	1.7 g	Vitam. B3	0.66 mg	Magnesio	18.00 mg
Agua	84.4 g	Vitam. B6	0.13 mg	Potasio	170.00 mg
AGS	0.10 g	Vitam. B9	36.00 mg	Selenio	0.60 µg
AGM	0.18 g	Vitam. C	37.00 mg	Sodio	5.00 mg
AGP	0.08 g	Vitam. E	1.00 µg	Yodo	1.60 µg

Pérez *et al.*, 2008; Sogi *et al.* 2012

Los carbohidratos son los macronutrientes mayoritarios en el mango, predominando entre ellos los azúcares simples (glucosa, fructosa y sacarosa), aunque en los mangos inmaduros existe cierta cantidad de almidón, que va convirtiéndose en azúcares simples a medida que madura el fruto (Jianget *et al.*, 2012).

Dentro de la fibra dietética se incluyen los polisacáridos y oligosacáridos, para el caso de los primeros son los polímeros de carbohidratos que contienen más de diez

residuos de monosacáridos, los que llegan al colon y poseen los efectos fisiológicos de la fibra podrían ser clasificados como celulosa, β -glucanos, hemicelulosas, pectinas y análogos, gomas y mucílagos (Fujii *et al.*, 2013); y para los segundos son carbohidratos con un nivel de polimerización menor, tienen de tres a diez moléculas de monosacáridos. Se dividen en fructooligosacáridos (FOS) e inulina, galactooligosacáridos (GOS), xilooligosacáridos (XOS), isomaltooligosacáridos (IMOS), entre otras sustancias asociadas a polisacáridos no almidón (Kosmala *et al.*, 2014; Quiróset *et al.*, 2012).

La fibra soluble se disuelve en agua para formar un gel el cual se une con los ácidos grasos, con lo que se impide la absorción del colesterol, ayudando a disminuir sus niveles. La fibra soluble también retrasa el vaciado del estómago, frenando la liberación de azúcar en el torrente sanguíneo, lo cual contribuye a que las personas con diabetes puedan controlar mejor los niveles de glucosa en sangre (Escudero *et al.*, 2006). Los mangos son una buena fuente de fibra soluble, que contiene 1,7 g en la mitad de una fruta pequeña (Kerret *et al.*, 2011; Jianget *et al.*, 2012).

El mango contiene compuestos que además de aportar su función en la nutrición tienen actividad antioxidante, como son ácidos grasos, vitamina C, carotenoides y los compuestos fenólicos.

3.2.2 Compuestos antioxidantes

3.2.2.1 Carotenoides

Los carotenoides son los responsables de la gran mayoría de los colores amarillos, anaranjados o rojos presentes en los alimentos vegetales y también de los colores anaranjados de varios alimentos animales. En la figura 3 se muestra estructura del β -caroteno, desde el punto de vista químico, pertenece a la familia de los terpenos, es decir está formado por unidades de isopreno (ocho unidades, cuenta con cuarenta átomos de carbono), su biosíntesis se produce a partir de isopentenil pirofosfato (Sogiet *et al.*, 2012).

El contenido de β -caroteno del mango oscila entre 5 μg y 26 μg (Onget *al.*, 2014). En el organismo humano, el β -caroteno se convierte en vitamina A, indispensable para la salud visual y el sistema nervioso, además su deslocalización electrónica le confiere propiedades antioxidantes frente a los radicales libres (Schweiggert *et al.*, 2012).

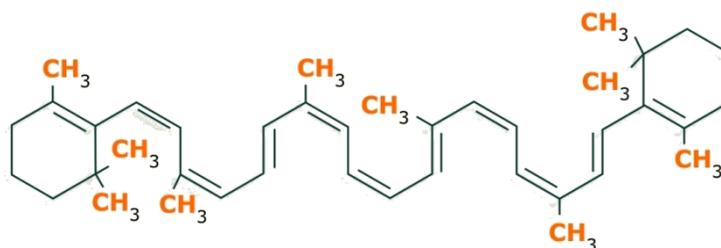


Figura 3. β -caroteno
Onget *al.*, 2014

La presencia de gran número de dobles enlaces hace a los carotenoides muy sensibles a la oxidación, también se oxidan en presencia de lipoxigenasas, pero no de forma directa, sino por reacción con los hidroperóxidos. Las reacciones de oxidación dan lugar en todos los casos a la pérdida de color. Generalmente, existe una gran dependencia entre la velocidad de oxidación y el ambiente en el que se encuentran. Dentro de los alimentos, los carotenoides son mucho más resistentes a la oxidación que en materiales deshidratados, pulverizados o en extractos (Ornelaset *al.*, 2008).

También pueden alterarse por isomerización. Salvo excepciones, como en algunas algas, los carotenoides naturales se encuentran siempre con todos los dobles enlaces en forma *trans*. Aunque en principio la configuración *trans* de los dobles enlaces sería la más estable, las repulsiones que inducen los grupos metilos laterales hacen que algunos de los dobles enlaces puedan pasar a la configuración *cis*. Esta isomerización puede producirse por calentamiento, exposición a la luz o de forma espontánea en ciertos disolventes o en presencia de superficies activas (Ornelaset *al.*, 2008; Schweiggert *et al.*, 2012).

3.2.2.2 Vitamina C

Pertenece al grupo de las vitaminas hidrosolubles, la vitamina C juega un papel importante en el organismo ya que interviene en el mantenimiento de huesos, dientes y vasos sanguíneos, participa en la formación y mantenimiento del colágeno (Onget *et al.*, 2014). Protege de la oxidación a la vitamina A y vitamina E, así como también a algunos compuestos del complejo B (tiamina, riboflavina, ácido fólico y ácido pantoténico) (Sogiet *et al.*, 2012). Además, desarrolla acciones antimicrobianas y citotóxicas, con lo cual ayuda a prevenir enfermedades como cáncer, alergias, ayuda a disminuir los niveles de colesterol, así como la presión arterial e incluso a mejorar la salud visual (Quintero *et al.*, 2013) y ayuda a la absorción del hierro no hémico en el organismo (Fernández *et al.*, 2010).

Un mango de aproximadamente 200 g, proporciona unos 56mg de vitamina C (Onget *et al.*, 2014), lo que representa casi el 60% de la dosis diaria recomendada (Fernández *et al.*, 2010).

3.2.2.3 Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos de manera general, son moléculas que tienen anillos bencénicos (aromáticos) unidos a través de una cadena de tres átomos de carbono.

El mango contiene una variedad de compuestos fenólicos como es el caso del ácido elágico, el ácido tánico y uno que es específico para el mango la mangiferina (Sogiet *et al.*, 2012; Zouet *et al.*, 2014), los cuales podrían ser útiles en la prevención de enfermedades crónicas degenerativas no transmisibles, de este modo ayudan a reparar la oxidación de células por radicales libres en el cuerpo que pueden causar cáncer, enfermedad cardiovascular, diabetes, y otras enfermedades (Quirós *et al.*, 2012), además tienen propiedades antibacterianas, inmunomoduladores, hepatoprotectores y efectos analgésicos (Sogiet *et al.*, 2012)

El contenido fenólico en el mango cambia según la variedad (Liu *et al.*, 2013), puede presentar valores de 201 mg/kg hasta 1308 mg/kg (Maisuthisakulet *et al.*, 2009).

En la figura 4 se muestra la estructura de la Mangiferina (C2-β-D-glucopiranosil-1,3,6,7-tetrahydroxyxanten-9-ona), la cual es una xantona y es el principal componente activo (Zouet *al.*, 2014). La síntesis de la mangiferina sigue la ruta del ácido shikímico, utiliza como sustratos la eritrosa-4-fosfato (de la vía de las pentosas fosfato) y el ácido fosfoenolpirúvico (proveniente de la glucólisis). Uno de los productos de esta vía es la fenilalanina de la que se deriva la mayoría de los fenoles, la fenilalanina, un aminoácido esencial del metabolismo primario de las plantas y animales, entra al metabolismo secundario cuando la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL) cataliza la eliminación de un amonio, convirtiendo a la fenilalanina en ácido cinámico (Liu *et al.*, 2013; Sogiet *al.*, 2012).

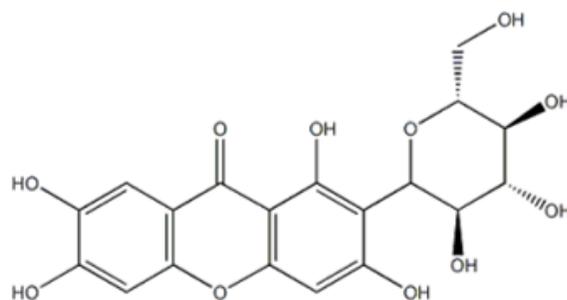


Figura 4. Estructura química de la mangiferina
Zouet *al.*, 2014

3.2.3 Composición de la cáscara

La cáscara de mango se considera como residuo de la industria del procesamiento o el consumo del mango. Recientemente, la cáscara de mango ha atraído considerablemente la atención en la comunidad científica debido a su alto contenido de compuestos, como fitoquímicos, polifenoles, carotenoides, enzimas, vitamina E y vitamina C, la cual tiene propiedades antioxidantes (Ajila *et al.*, 2007).

Se ha señalado que las cáscaras de diferentes variedades de mango contienen pectina de alta calidad, por su importante concentración en ácido galacturónico y su grado de esterificación (Sudhakaret *al.*, 2000; Schieberet *al.*, 2004), así como fibra dietaria con un excelente equilibrio entre fibra soluble e insoluble, por lo que puede ser un ingrediente en alimentos funcionales confiriendo una posible actividad hipoglucemiante, hipocolesterolémica e hipotrigliceridémica (Larrauri *et al.*, 1996).

3.2.4 Composición de la semilla

A menudo, las semillas de mango son desechadas como residuos después de la extracción de pulpa y jugo de mango, sin embargo se han hecho algunos estudios sobre la composición de la semilla encontrando compuestos antioxidantes, aceites, fibra, etc. Los ácidos grasos presentes en la semilla de mango son ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oleico, ácido linoleico, y ácido linolénico (Wuet *al.*, 2015).

El contenido de proteína de las semillas de mango es bajo comparado con el trigo, el maíz y la cebada. Aunque contienen una pequeña cantidad de proteína bruta (6,7% en base seca), la calidad de la proteína es alto ya que es rico en todos los aminoácidos esenciales, tales como leucina y arginina principalmente, seguido de valina, histidina, lisina, isoleucina, treonina y fenilalanina (Jahurulet *al.*, 2015).

3.3ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Las Especies Reactivas de Oxígeno (ROS), son especies químicas radicales y no radicales que debido a su inestabilidad se comportan como agentes oxidantes. Las ROS pueden tener en nuestro organismo un origen endógeno, relacionado con el metabolismo del oxígeno y con distintas reacciones de defensa de nuestro sistema inmunológico. También pueden provenir de fuentes externas como el tabaco, la contaminación del aire, la radiación ultravioleta, la de alta energía, el ozono o ciertos medicamentos (Martínez *et al.*,2012). El organismo dispone de mecanismos de defensa antioxidante frente a las especies reactivas de oxígeno, que comprenden sistemas enzimáticos y no enzimáticos (Zouet *al.*,2014). Ciertas enzimas como superóxidodismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa o glutatión reductasa, neutralizan las especies reactivas. Los sistemas defensivos no enzimáticos abarcan una serie de compuestos antioxidantes como albúmina, ceruloplasmina, transferrina, glutatión, bilirrubina, ácido úrico, ubiquinona o melatonina. En ciertas situaciones extremas, estas defensas no son suficientes y las especies reactivas producen daño oxidativo, tanto en biomoléculas como en componentes celulares (Martínez *et al.*,2012;Maisuthisakulet *al.*,2009).

El daño oxidativo se relaciona con el origen y desarrollo de ciertas enfermedades multifactoriales de carácter crónico, como la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y la consecuente enfermedad cardiovascular, el daño oxidativo al ADN, el desarrollo del cáncer, la oxidación de las proteínas de las lentes oculares y la alteración de la visión (Martínez *et al.*, 2012).

La estructura química de los compuestos fenólicos (fig. 5) es propicia para secuestrar radicales libres, debido a la facilidad con la que el átomo de hidrógeno desde el grupo hidroxilo aromático puede ser donado a la especie radical, y a la estabilidad de la estructura quinona resultante que soporta un electrón desapareado, además la actividad antioxidante de los polifenoles depende del número y la localización de los grupos hidroxilo que contiene en su estructura (Ajila *et al.*, 2007), además de su actividad antioxidante, se han atribuido otras propiedades biológicas a los compuestos fenólicos: inhiben la agregación plaquetaria y ejercen como agentes vasorrelajantes, antiinflamatorios y anticancerígenos (Zouet *et al.*, 2014; Martínez *et al.*, 2012; Maisuthisakulet *et al.*, 2009).

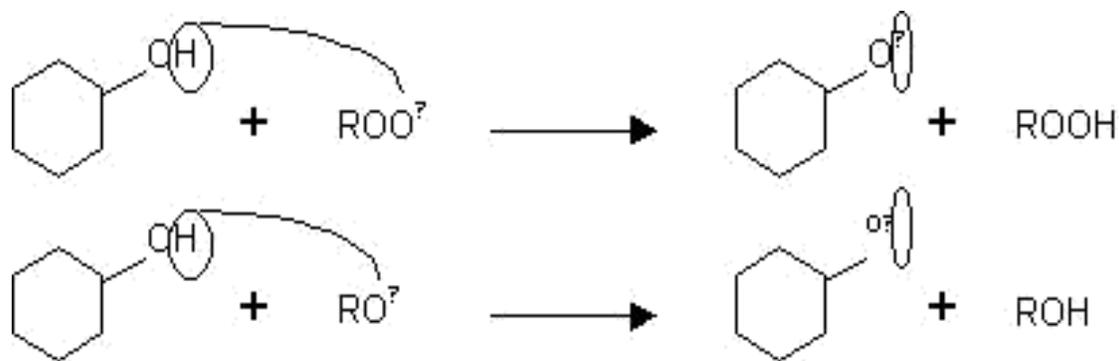


Figura 5.-polifenoles y su actividad antioxidante
Zouet *et al.*, 2014

En cuanto a la actividad antioxidante del ácido ascórbico (vitamina C), destacan las siguientes reacciones:

Secuestro de varias formas de oxígeno (oxígeno singlete, radical hidroxilo y superóxido).

VI. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Optimizar las condiciones de termoultrasonido para obtener una mejor extracción de contenido de antioxidantes procedentes de residuos de mango (*Mangifera indica L*), utilizando la metodología de superficie de respuesta

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✚ Determinar las condiciones adecuadas de temperatura, tiempo y amplitud en el tratamiento de los residuos mediante termoultrasonido para obtener las mejores concentraciones en la extracción de compuestos fenólicos.
- ✚ Realizar la cuantificación de compuestos fenólicos y ácido ascórbico, para conocer el contenido de compuestos antioxidantes de los residuos termoultrasonificados.
- ✚ Analizar la capacidad antioxidante de los residuos termoultrasonificados, mediante la determinación de la actividad antirradical con DPPH•, así como con ABTS•+.
- ✚ Seleccionar las condiciones teóricas óptimas para una mayor obtención de compuestos fenólicos, mediante el análisis de las gráficas de superficie de respuesta.
- ✚ Comparar experimentalmente los parámetros obtenidos de amplitud y tiempo mediante la metodología de superficie de respuesta, con los obtenidos después del tratamiento por termoultrasonido.
- ✚ Realizar la extracción de compuestos antioxidantes mediante técnicas de extracción convencionales (acuoso e hidroalcohólico).
- ✚ Comparar la concentración de fenoles, ácido ascórbico y actividad antirradical del extracto optimizado, con las extracciones convencionales (acuoso e hidroalcohólico).

XI. PROPUESTAS

Debido a que son los residuos de mango los utilizados para la extracción de compuestos antioxidantes se puede disminuir la cantidad de residuos resultantes de la agroindustria de mango, consiguiendo un beneficio para el medio ambiente y un posible beneficio para la salud, sin embargo se necesitan realizar más estudios por lo que se propone lo siguiente:

- ④ Es necesario realizar más estudios para la identificación de los compuestos antioxidantes presentes en los extractos termoultrasonificados.
- ④ Realizar estudios *in vivo*, como toxicidad, el efecto sobre modelos de obesidad y síndrome metabólico inducidos.
- ④ Evaluar el efecto contra la formación de radicales libres tras la administración del extracto.
- ④ Determinar su viabilidad como aditivo en la industria alimentaria, así como la evaluación de la vida de anaquel.

XII. REFERENCIAS

- Ajila, C. M., Naidu, K. A., Bhat, S. G., & Rao, U. P. (2007). Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food chemistry*, 105(3), 982-988.
- AlevEmine, İ. N. C. E., Şahin, S., & Şümnü, S. G. (2013). Extraction of phenolic compounds from melissa using microwave and ultrasound. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37, 69-75.
- Alonso, P., Salucci, M., Lázaro, R., Malani, G., & Ferro-Luzzi, A. (1999). Capacidad antioxidante y potencial de sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos. *Revista Cubana de Alimentos y Nutrición*, 13(2), 104-11.
- Bagherian, H., Ashtiani, F. Z., Fouladitajar, A., & Mohtashamy, M. (2011). Comparisons between conventional, microwave-and ultrasound-assisted methods for extraction of pectin from grapefruit. *Chemical engineering and processing: Process Intensification*, 50(11), 1237-1243.
- Ballesteros Padilla, D., & Sánchez Torres, G. (2013). Image analysis for automatic feature estimation of the *Mangifera indica* fruit. *Ingeniería y Desarrollo*, 31(1), 84-104.
- Barresi, A. A., Pisano, R., Fissore, D., Rasetto, V., Velardi, S. A., Vallan, A., ...& Galan, M. (2009). Monitoring of the primary drying of a lyophilization process in vials. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 48(1), 408-423.
- Béltran, M., Oliva, T., Gallardo, T. & Osorio, G. (2009). Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of red, cherry, yellow and white types of pitaya cactus fruit (*Stenocereus stellatus* Riccobono). *Agrociencia*, 43(2), 153-161.
- Both, S., Chemat, F., & Strube, J. (2014). Extraction of polyphenols from black tea—Conventional and ultrasound assisted extraction. *Ultrasonic sonochemistry*, 21(3), 1030-1034.
- Box, G. E. P., & Wilson, K. B. (1951). On the experimental attainment of optimum conditions. In *Breakthroughs in Statistics* (pp. 270-310). Springer New York.
- Cabrera-Soto, M. L., Salinas-Moreno, Y., Velázquez-Cardelas, G. A., & Espinosa Trujillo, E. (2009). Contenido de fenoles solubles e insolubles en las estructuras del grano de maíz y su relación con propiedades físicas. *Agrociencia*, 43(8), 827-839.
- Chong, C. H., Law, C. L., Figiel, A., Wojdyło, A., & Oziembłowski, M. (2013). Colour, phenolic content and antioxidant capacity of some fruits dehydrated by a combination of different methods. *Food chemistry*, 141(4), 3889-3896.
- Cravotto, G., Boffa, L., Mantegna, S., Perego, P., Avogadro, M., & Cintas, P. (2008). Improved extraction of vegetable oils under high-intensity ultrasound and/or microwaves. *Ultrasonic sonochemistry*, 15(5), 898-902.
- de la Rosa, L. A., Alvarez-Parrilla, E., & Shahidi, F. (2010). Phenolic compounds and antioxidant activity of kernels and shells of Mexican pecan (*Carya illinoensis*). *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(1), 152-162.
- del Pilar García, M., Cabral, F. A., & Correa, H. A. M. (2012). Dióxido de carbono supercrítico y etanol presurizado como solventes en la extracción de compuestos

- antioxidantes presentes en la piel de mango (*Mangifera indica* L.). *Acta Agronómica*, 61(5), 85.
- Dürüst, N., Dogan, S. & Dürüst, Y. (1997). Ascorbic acid and element contents of foods of trabzan. (Turkey). *Food Chemistry*, 45(6), 1085-1087
- Engels, C., KNOdler, M. A. T. T. H. I. A. S., Zhao, Y. Y., Carle, R., Gänzle, M. G., & Schieber, A. (2009). Antimicrobial activity of gallotannins isolated from mango (*Mangifera indica* L.) kernels. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(17), 7712-7718.
- Escudero Álvarez, E., & González Sánchez, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 21, 61-72.
- Estrada Jaramillo, R., Ruiz Ojalora, F., & Martínez Correa, H. A. (2012). Extracción de compuestos fenólicos totales de residuo de mango común (*Mangifera indica* L.) empleando ultrasonido. *Acta Agronómica*; 61(5)95-96.
- Faerman, V., Mukmenev, I., & Shreiber, I. (2002). Sonication of Microalgae and its Precipitation. *Acta Acustica united with Acustica*, 88(4), 592-593.
- Fernández Molina, J. J., Barbosa-Cánovas, G. V., & Swanson, B. G. (2001). Tecnologías emergentes para la conservación de alimentos sin calor. *Arbor*, 168(661), 155-170.
- Fernández, M., Olivé, B., Márquez, E., Zamora, E., & Chang, L. (2010). Influencia de las características de la pulpa y la adición de lactato ferroso y vitamina C sobre el color de los purés de mango. *Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria*.
- Fujii, H., Iwase, M., Ohkuma, T., Ogata-Kaizu, S., Ide, H., Kikuchi, Y., ... & Kitazono, T. (2013). Impact of dietary fiber intake on glycemic control, cardiovascular risk factors and chronic kidney disease in Japanese patients with type 2 diabetes mellitus: the Fukuoka Diabetes Registry. *Nutrition journal*, 12(1), 159.
- Geidobler, R., & Winter, G. (2013). Controlled ice nucleation in the field of freeze-drying: Fundamentals and technology review. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 85(2), 214-222.
- Giraldo, L. M., Correa, H. M., Gutiérrez, J. B., & Castano, C. C. (2007). Aprovechamiento del residuo agroindustrial del mango común (*Mangifera indica* L.) en la obtención de azúcares fermentables. *Ingeniería y Ciencia*, 3(6), 41-62.
- González, A. D., Kafarov, V., & Monsalve, A. G. (2009). Desarrollo de métodos de extracción de aceite en la cadena de producción de biodiesel a partir de microalgas. *Prospect*, 7, 53-60.
- González-Centeno, M. R., Knoerzer, K., Sabarez, H., Simal, S., Rosselló, C., & Femenia, A. (2014). Effect of acoustic frequency and power density on the aqueous ultrasonic-assisted extraction of grape pomace (*Vitis vinifera* L.)—A response surface approach. *Ultrasonic sonochemistry*, 21(6), 2176-2184.
- Gutiérrez, T. M., Hoyos, O. L., & Páez, M. I. (2007). Determinación del contenido de ácido ascórbico en uchuva (*Physalis peruviana* L.), por cromatografía líquida de alta resolución (CLAR). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 5(1), 70-79.
- Guzmán, O., Lemus, C., Bugarín, J., Bonilla, J., & Ly, J. (2010). Ensiled mango (*Mangifera indica* L.) residues for animal feeding. *Fermentative*

- characteristics. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 17(3), 218-224.
- Guzmán, O., Lemus, C., Martínez, S., Bonilla, J., Plasencia, A., & Ly, J. (2012). Características químicas del ensilado de residuos de mango (*Mangifera indica* L.) destinado a la alimentación animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 46(4), 369-374.
- Hernández, Y., Lobo, M. G., & González, M. (2006). Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. *Foodchemistry*, 96(4), 654-664.
- Herrero, A. M., & de Avila, M. R. (2006). Innovaciones en el proceso de alimentos: Tecnologías no térmicas. *Revista de medicina*, 50(4), 71-74.
- Ho, S. K., Tan, C. P., Thoo, Y. Y., Abas, F., & Ho, C. W. (2014). Ultrasound-Assisted Extraction of Antioxidants in MisaiKucing (*Orthosiphonstamineus*). *Molecules*, 19(8), 12640-12659.
- Hofer, M., Grill, D., Hecke, K., Herbinger, K., Keppel, H., Monschein, S., ...& Veberic, R. (2005). Inhaltsstoffe alter ApfelsortenunterdiätetischemAspekt-Schwerpunkt Diabetes. *Journal für Ernährungsmmedizin*, 7(1), 30-33.
- Howard, L. R., Talcott, S. T., Brenes, C. H., & Villalon, B. (2000). Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum species*) as influenced by maturity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(5), 1713-1720.
- Jahurul, M. H. A., Zaidul, I. S. M., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F. Y., Nyam, K. L., Norulaini, N. A. N., ... & Omar, A. M. (2015). Mango (*Mangifera indica* L.) by-products and their valuable components: A review. *Food chemistry*, 183, 173-180.
- Jiang, J., Qiu, H., Zhao, G., Zhou, Y., Zhang, Z., Zhang, H., ...& Xu, W. H. (2012). Dietary fiber intake is associated with HbA1c level among prevalent patients with type 2 diabetes in Pudong New Area of Shanghai, China. 7(10), 1-6
- Johnson, L. (2005). Mango. *Mejor Nutrición*, 67(8), 26.
- Kasper, J. C., & Friess, W. (2011). The freezing step in lyophilization: physico-chemical fundamentals, freezing methods and consequences on process performance and quality attributes of biopharmaceuticals. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 78(2), 248-263.
- Kerr, K. R., Morris, C. L., Burke, S. L., & Swanson, K. S. (2013). Influence of dietary fiber type and amount on energy and nutrient digestibility, fecal characteristics, and fecal fermentative end-product concentrations in captive exotic felids fed a raw beef-based diet. *Journal of animal science*, 91(5), 2199-2210.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., & Lee, D. U. (2004). Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 261-266.
- Kosmala, M., Zduńczyk, Z., Kołodziejczyk, K., Klimczak, E., Juśkiewicz, J., & Zduńczyk, P. (2014). Chemical composition of polyphenols extracted from strawberry pomace and their effect on physiological properties of diets supplemented with different types of dietary fibre in rats. *European journal of nutrition*, 53(2), 521-532.
- Kuo, C. H., Chen, B. Y., Liu, Y. C., Chang, C. M. J., Deng, T. S., Chen, J. H., & Shieh, C. J. (2013). Optimized ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from

- Polygonum cuspidatum*. *Molecules*, 19(1), 67-77.
- Kuskoski, M., Asuero, A., G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J. & FettRoseane. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food and Science. Technology., Campinas*, 25(4), 726-732.
- Ky, I., & Teissedre, P. L. (2015). Characterisation of Mediterranean Grape Pomace Seed and Skin Extracts: Polyphenolic Content and Antioxidant Activity. *Molecules*, 20(2), 2190-2207.
- Larrauri, J. A., Rupérez, P., Borroto, B., & Saura-Calixto, F. (1996). Mango peels as a new tropical fibre: preparation and characterization. *LWT-Food Science and Technology*, 29(8), 729-733.
- Liu, F. X., Fu, S. F., Bi, X. F., Chen, F., Liao, X. J., Hu, X. S., & Wu, J. H. (2013). Physico-chemical and antioxidant properties of four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars in China. *Food chemistry*, 138(1), 396-405.
- Lu, X. H., Sun, D. Q., Wu, Q. S., Liu, S. H., & Sun, G. M. (2014). Physico-Chemical Properties, Antioxidant Activity and Mineral Contents of Pineapple Genotypes Grown in China. *Molecules*, 19(6), 8518-8532.
- Maisuthisakul, P., & Gordon, M. H. (2009). Antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of mango seed kernel by product. *Food Chemistry*, 117(2), 332-341.
- Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2012). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry*, 135 (3), 1520-1526.
- Morales Gevara, E. (2015). Efectos del tratado de libre comercio de América del norte, en las frutas y hortalizas de México. 249-278
- Morales, F. J., & Jiménez-Pérez, S. (2001). Free radical scavenging capacity of Maillard reaction products as related to colour and fluorescence. *Food chemistry*, 72(1), 119-125.
- Ong, M. Y., Yusof, Y. A., Aziz, M. G., Chin, N. L., & Amin, N. M. (2014). Characterisation of fast dispersible fruit tablets made from green and ripe mango fruit powders. *Journal of Food Engineering*, 125, 17-23.
- Ornelas-Paz, J., Yahia, EM, & Gardea, AA (2008). Changes in external and internal colored During postharvest ripening of 'Manila' and 'Ataulfo' Relationship with mango fruit and carotenoid content by liquid chromatography-determined to APcl +-time-of-flight mass. *Postharvest Biology & Technology*, 50(3), 145-152.
- Pérez-Lizaur, A. B., Kaufer-Horwitz, M., & Plazas, M. (2008). Environmental and personal correlates of fruit and vegetable consumption in low income, urban Mexican children. *Journal of human nutrition and dietetics*, 21(1), 63-71.
- Pérez-Lizaur, AB., Palacios. B. & Castro, AL. (2008). Sistema Mexicano de Alimentos equivalentes. *Fomento de Nutrición y Salud AC*. 3ª ed
- Porras, O., González, G., Castellanos, A., Ballesteros, J. & Pacheco, M. (2011). Efecto de la aplicación de ondas de ultrasonido sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) Variedad común. *Alimentos Hoy*, 20(23), 52-77.
- Prado, I. M., Prado, G. H., Prado, J. M., & Meireles, M. A. A. (2013). Supercritical CO 2

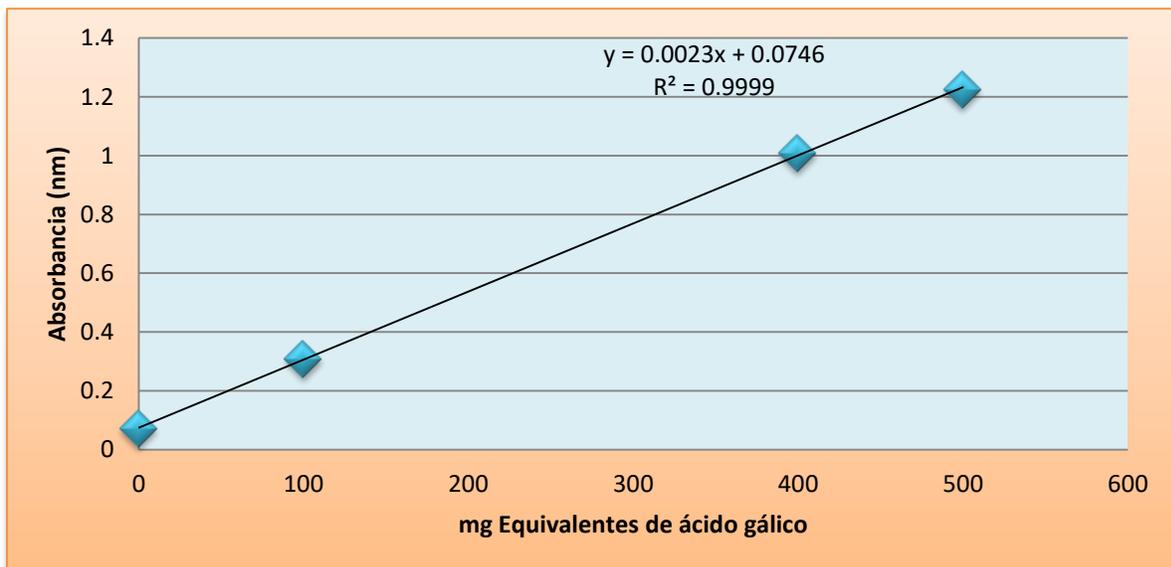
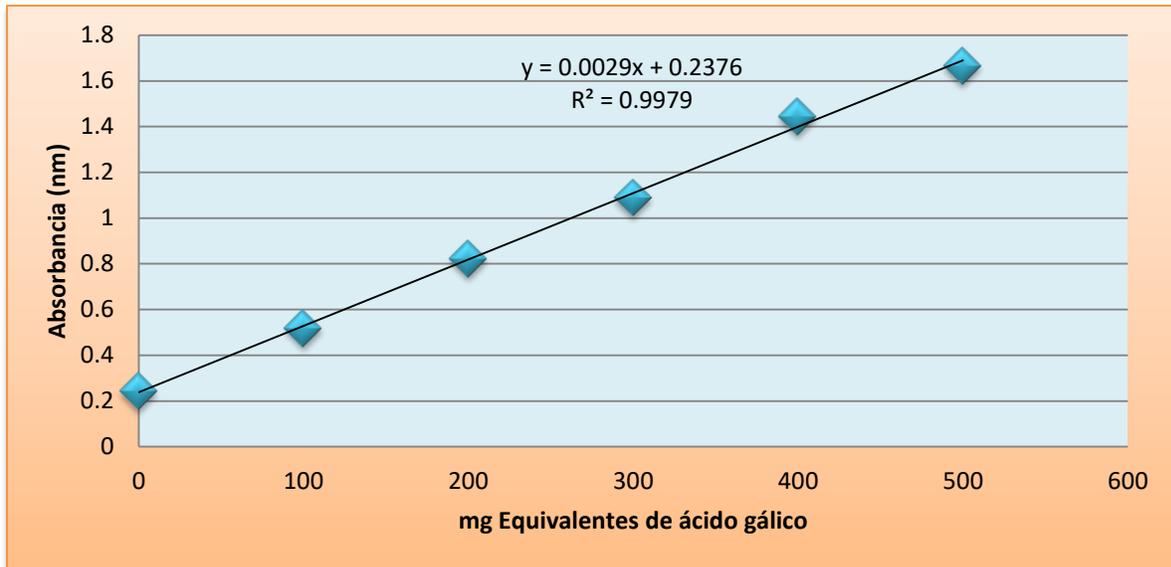
and low-pressure solvent extraction of mango (*Mangifera indica*) leaves: global yield, extraction kinetics, chemical composition and cost of manufacturing. *Food and Bioprocess Technology*, 91(4), 656-664.

- Preciado, G. F. (2003). Optimización de una superficie de respuesta utilizando JMP IN. *Mosaicos matemáticos*, 11, 17-23.
- Quintero, V., Giraldo, G., Lucas, J. & Vasco, J. (2013). Physicochemical characterization of the common mango (*Mangifera indica* L.) during ripening process. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), 10–18.
- Quirós, A., Palafox, H., Robles, M. & Gonzales, G. (2012). Phenolic compounds and dietary fiber interaction: antioxidant capacity and bioavailability. *Biotechnia*, 13(3). 3-11.
- Raventós, M. (2005). Industria alimentaria. Tecnologías emergentes. Edit. UPC. Barcelona. Cap 1, Pag 17-22.
- Ribeiro, L., Teixeira, E., Silva, N., Pinto, I., Wilane, R., Montenegro, I. & Gomes, C. (2014). Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food chemistry*. 143, 398-404
- SAGARPA (2009). Empaque de Mangos del C.I.P., S.P.R. de R.L. de C.V.
- Saúco, V. G. (2009). El cultivo del mango. *Mundi-Prensa Libros*.
- Schabrun, SM., Walker, HL., & Chipchase, LS. (2008). La precisión del equipo de ultrasonido terapéutico: Una revisión sistemática *Terapia Física comentarios*, 13 (6), 443-449.
- Schieber, A., Hilt, P., Berardini, N., & Carle, R. (2004). Recovery of pectin and polyphenolics from apple pomace and mango peels. *Total food*, 144-149.
- Schweiggert, RM., Mezger, D., Schimpf, F., Steingass, CB, & Carle, R. (2012). Influence of morphology on chromoplast carotenoid bioaccessibility of carrot, mango, papaya, and tomato. *Food Chemistry*, 135(4), 2736-2742.
- Sogi, D. S., Siddiq, M., Greiby, I., & Dolan, K. D. (2013). Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of 'Tommy Atkins' mango peel and kernel as affected by drying methods. *Food chemistry*, 141(3), 2649-2655.
- Sogi, D. S., Siddiq, M., Roidoung, S., & Dolan, K. D. (2012). Total Phenolics, Carotenoids, Ascorbic Acid, and Antioxidant Properties of Fresh-cut Mango (*Mangifera indica* L., cv. Tommy Atkin) as Affected by Infrared Heat Treatment. *Journal of food science*, 77(11), C1197-C1202.
- Sturm, K., Koron, D., & Stampar, F. (2003). The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chemistry*, 83(3), 417-422.
- Sudhakar, D. V., & Maini, S. B. (2000). Isolation and characterization of mango peel pectins. *Journal of Food Processing and Preservation*, 24(3), 209-227.
- Sumaya-Martínez, M. T., Sánchez-Herrera, L. M., Torres-García, G., & García Paredes, D. (2012). Red de valor del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. *Revista mexicana de agronegocios*, 30, 826-833.
- Sun, T., & Tanumihardjo, S. A. (2007). An integrated approach to evaluate food antioxidant capacity. *Journal of food science*, 72(9), 159-165.
- Torregrosa, V. F. (2006). Determinación de vitamina C y carotenoides en zumos de frutas y hortalizas frescos, tratados por calor por pulsos eléctricos de alta densidad

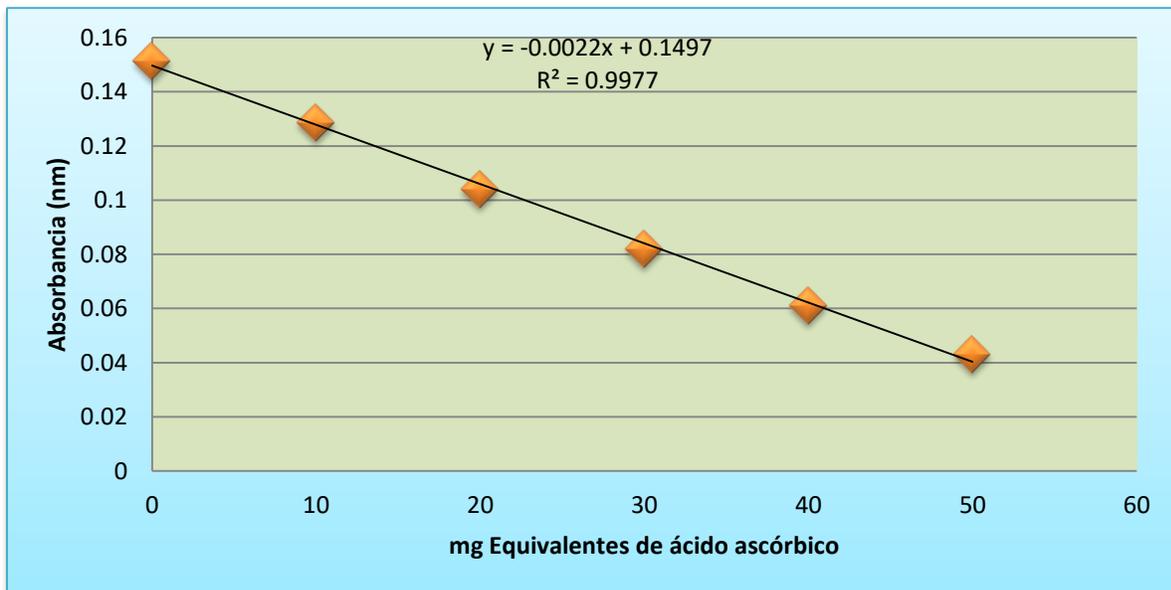
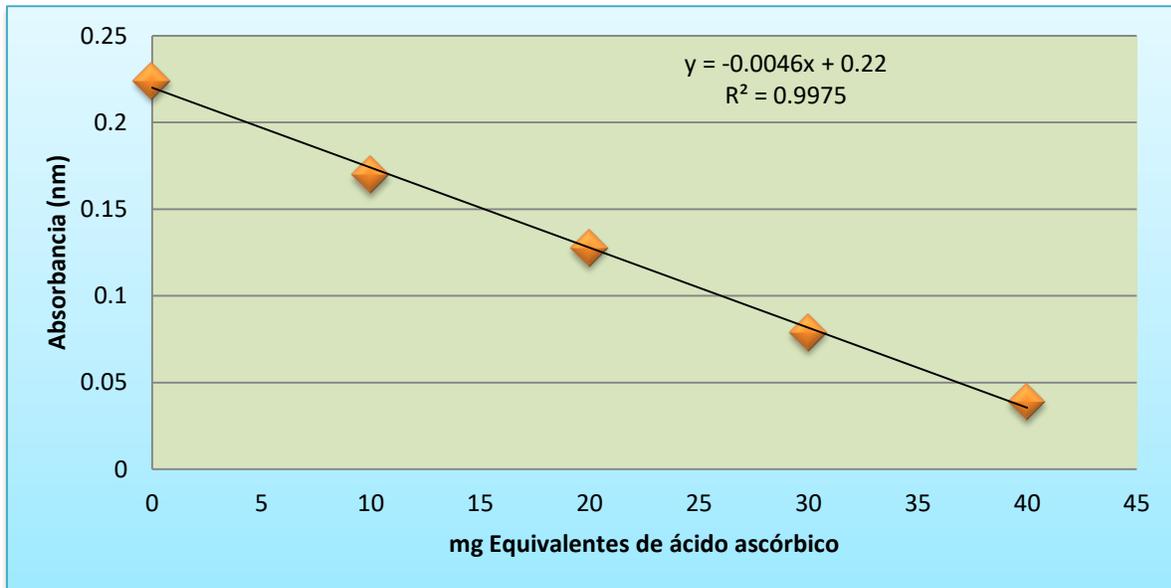
- (PEAI). *Servei publicacions*, I.S.B.N. 84-370-6487-2, España.
- Valencia Sullca, C. E., & Guevara Pérez, A. (2013). Variación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos durante el procesamiento del néctar de zarzamora (*Rubusfruticosus L.*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*,79(2), 116-125.
- Vasco, C., Ruales, J., &Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*,111(4), 816-823.
- Veberic, R., Jakopic, J., Stampar, F., &Schmitzer, V. (2009).European elderberry (*Sambucusnigra L.*) rich in sugars, organic acids, anthocyanins and selected polyphenols. *Food Chemistry*, 114(2), 511-515.
- Wang, H. W., Liu, Y. Q., Wei, S. L., Yan, Z. J., & Lu, K. (2010). Comparison of microwave-assisted and conventional hydrodistillation in the extraction of essential oils from mango (*Mangiferaindica L.*) flowers. *Molecules*, 15(11), 7715-7723.
- Wang, X., Wu, Q., Wu, Y., Chen, G., Yue, W., & Liang, Q. (2012). Response surface optimized ultrasonic-assisted extraction of flavonoids from *Sparganiirrhizoma* and evaluation of their in vitro antioxidant activities. *Molecules*, 17 (6), 6769-6783.
- Wang, J., Zhao, Y. M., Tian, Y. T., Yan, C. L., &Guo, C. Y. (2013).Ultrasound-assisted extraction of total phenolic compounds from *Inulahelenium*. *The Scientific World Journal*,1-5.
- Wu, S., Tokuda, M., Kashiwagi, A., Henmi, A., Okada, Y., Tachibana, S., & Nomura, M. (2015).Evaluation of the Fatty Acid Composition of the Seeds of *Mangiferaindica L.* and Their Application. *Journal of oleo science*,64(5), 479-484.
- Yoo, K. S., Lee, E. J., Hamilton, B. K., &Patil, B. S. (2015).A comparison of juice extraction methods in the pungency measurement of onion bulbs.*Journal of the Science of Food and Agriculture*.1-28.
- Zhang, W., Zhao, X., Sun, C., Li, X., & Chen, K. (2015).Phenolic composition from different Loquat (*Eriobotrya japonica Lindl.*) cultivars grown in china and their antioxidant properties. *Molecules*, 20(1), 542-555.
- Zhao, Y., Hou, Y., Tang, G., Cai, E., Liu, S., Yang, H., ...& Wang, S. (2014). Optimization of ultrasonic extraction of phenolic compounds from *Epimediumbrevicornum* maxim using response surface methodology and evaluation of its antioxidant activities in vitro. *Journal of analytical methods in chemistry*, 1-7.
- Zou, T. B., Wang, M., Gan, R. Y., & Ling, W. H. (2011).Optimization of ultrasound-assisted extraction of anthocyanins from mulberry, using response surface methodology. *International journal of molecular sciences*, 12(5), 3006-3017.
- Zou, T. B., Xia, E. Q., He, T. P., Huang, M. Y., Jia, Q., & Li, H. W. (2014). Ultrasound-assisted Extraction of Mangiferin from Mango (*Mangiferaindica L.*) leaves using response surface methodology. *Molecules*, 19(2), 1411-1421.

XIII. ANEXOS

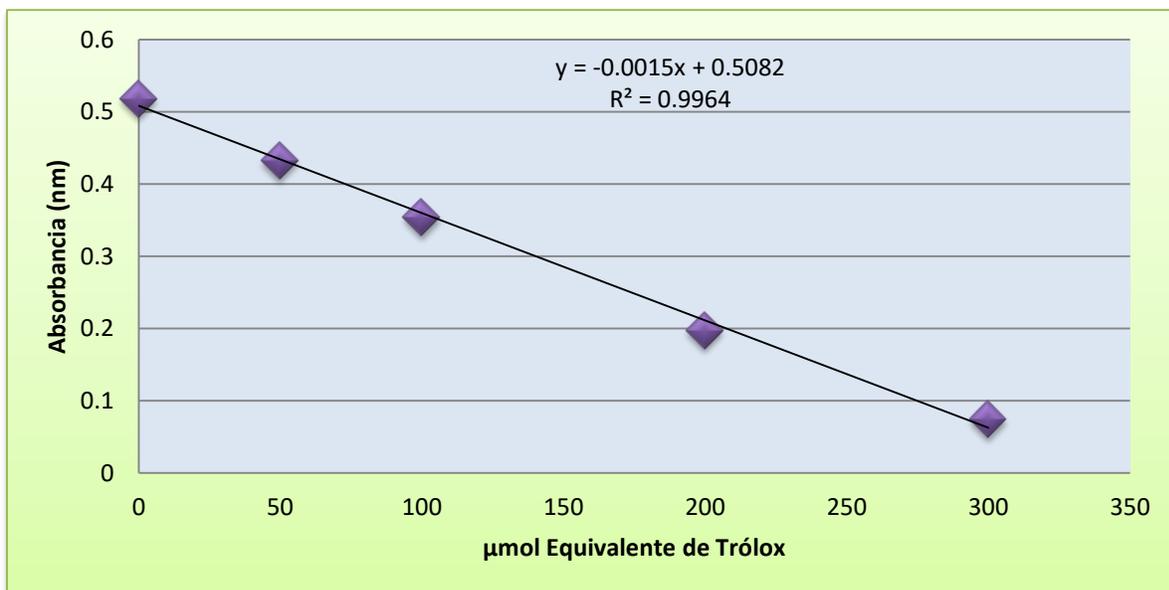
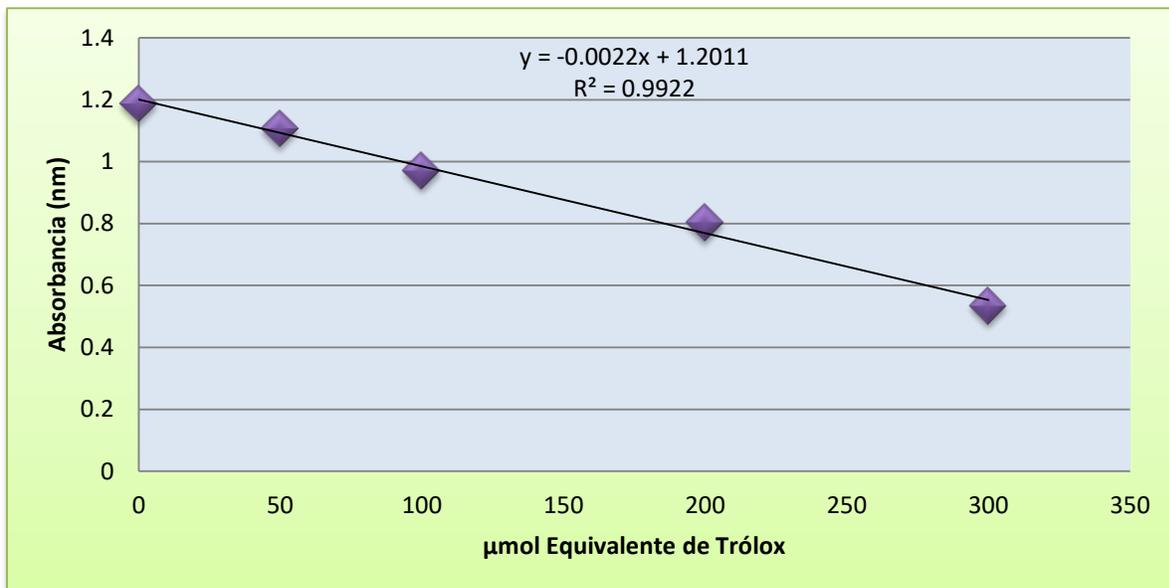
13.1 Curvas de calibración empleadas para la determinación de fenoles totales



13.2 Curvas de calibración empleadas para la determinación de ácido ascórbico



13.3 Curvas de calibración empleadas para la determinación de DPPH•



13.4 Curvas de calibración empleadas para la determinación de ABTS•+

