

Universidad Autónoma de Nayarit
Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT



SISTEMA DE BIBLIOTECAS

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE DURANTE
LA DESHIDRATACIÓN DE UN PURÉ DE PULPA Y CÁSCARA DE
MANGO SOBRE SU ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

PRESENTA:

IBQ José Orlando Jiménez Zurita

DIRECTOR DE TESIS:

Dra. Ma. Teresa Sumaya Martínez



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS Y PESQUERA
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

CBAP/325/12

Xalisco, Nayarit, 03 de octubre de 2012

Ing. Alfredo González Jáuregui
Director de Administración Escolar
Presente.

Con base al oficio de fecha 28 de septiembre de 2012, enviado por los CC. **Dra. María. Teresa Sumaya Martínez, Dra. Leticia Mónica Sánchez Herrera, M.C. María Luisa Machuca Sánchez, Dr. Rosendo Balois Morales y M.C. Sergio Jaubert Garibay**, donde se nos indica que el trabajo de tesis cumple con lo establecido en forma y contenido, y debido a que ha cumplido con los demás requisitos que pide el Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayarit, se autoriza al **C. José Orlando Jiménez Zurita**, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente

"Por lo Nuestro a lo Universal"



Dr. J. Diego García Parra
Coordinador del Posgrado

C.c.p.-Minutario.
C.c.p.-Expediente.
JGGP/rel.

Tepic, Nayarit; 28 Septiembre de 2012

DR. JUAN DIEGO GARCÍA PAREDES
COORDINADOR DEL POSGRADO CBAP
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
P R E S E N T E

Los que suscribimos, integrantes del consejo Tutorial del IBQ. José Orlando Jiménez Zurita, declaramos que hemos revisado la tesis titulada "Efecto de la temperatura y velocidad de aire durante la deshidratación de un puré de pulpa y cáscara de mango sobre su actividad antioxidante" y determinamos que la tesis puede ser presentada por el alumno para aspirar al grado de Maestro en Ciencias Biológico Agropecuarias con opción terminal en Ciencias Agrícolas

ATENTAMENTE
EL CONSEJO TUTORIAL



Dra. Ma. Teresa Sumaya Martinez
Director



Dra. Leticia Mónica Sánchez Herrera
Asesor



M.C. Ma. Luján Machuca Sánchez
Asesor



Dr. Rosendo Balois Morales
Asesor



M.C. Sergio Jaubert Garibay
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres, José María y María Natividad, por sus consejos y enseñanzas

A mis hermanos Denisse y Luis por su apoyo incondicional

A mis maestros, por lo que de ellos aprendí

A mis compañeros de maestría, por su amistad al compartir sus conocimientos y experiencias

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento y reconocimiento a mi directora de tesis, Dra. María Teresa Sumaya Martínez, por sus observaciones, recomendaciones, sugerencias, correcciones y orientaciones en la formulación y desarrollo de esta investigación.

Agradezco a mis padres José María y María Natividad y a mis hermanos Karinne Denisse y Luis Fernando, por su apoyo y motivación para continuar mejorando mi formación profesional.

Mi agradecimiento a la Dra. Leticia Mónica, al Dr. Rosendo Balois, a la M. en C María Luisa Machuca y al M. en C. Sergio Jaubert por sus observaciones y sugerencia en el desarrollo de la presente investigación.

Agradezco al Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma de Nayarit por haberme facilitado sus instalaciones para la realización de este proyecto de investigación

Agradezco al CONACYT por su apoyo al concederme la beca que me ha permitido llevar a cabo la realización de este proyecto de investigación.

Agradezco a la Universidad de Colima Campus Coquimatlan e investigadores, por haberme permitido llevar a cabo parte de mi proyecto de investigación.

A todas aquellas personas que me ayudaron y contribuyeron en la realización de la presente investigación

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
RESUMEN.....	xi
1. Introducción.....	1
2. Hipótesis.....	3
3. Objetivo general.....	3
3.1. Objetivos específicos.....	3
4. Antecedentes.....	4
4.1. Origen y botánica del mango.....	4
4.2. Contexto nacional.....	6
4.3. Superficie sembrada y cosechada.....	6
4.4. Producción y rendimiento.....	6
4.5. Estados productores.....	8
4.6. Producción estatal.....	9
4.7. Propiedades nutricionales y funcionales del mango.....	10
4.8. Radicales libres.....	12
4.9. Actividad antioxidante.....	13
4.10. Harinas de frutas.....	14
4.11. Deshidratación de alimentos.....	15
4.11.1. Métodos de secado o deshidratación.....	17
4.12. Reacción de Maillard o pardeamiento no enzimático.....	19
4.12.1. Productos tóxicos formados en la reacción de Maillard.....	21
4.12.2. Actividad antioxidante de los productos de la reacción de Maillard.....	21
4.13. Metodología de Superficie de Respuesta (MSR).....	23
4.13.1. Diseños experimentales para ajustar superficies de respuesta.....	23

4.13.2.	Diseños para ajustar modelos de segundo orden.....	23
4.13.3.	Diseño central compuesto (DCC).....	24
5.	Materiales y métodos.....	26
5.1.	Diagrama metodológico.....	26
5.2.	Metodología para la obtención del puré de pulpa y cáscara de mango y análisis de la actividad antioxidante.....	27
5.2.1.	Preparación de las muestras.....	27
5.2.2.	Determinación de pH y sólidos solubles totales (^o Bx).....	28
5.2.3.	Determinación de compuestos fenólicos totales.....	28
5.2.4.	Determinación de ácido ascórbico.....	29
5.2.5.	Determinación de manguiferina.....	29
5.2.6.	Determinación de flavonoides totales.....	30
5.2.7.	Determinación de la actividad antirradical por el método 1,1-difenil-2-picrilhidracil (DPPH•).....	30
5.2.8.	Determinación de la actividad antirradical por el método del ABTS•+.....	31
5.2.9.	Determinación de la actividad quelante.....	32
5.2.10.	Determinación de la capacidad reductora de Fe (III) a Fe (II) (FRAP).....	33
5.3.	Metodología para la elaboración y análisis de la actividad antioxidante de la harina de pulpa y cáscara de mango.....	33
5.3.1.	Procedimiento de secado.....	33
5.3.2.	Molienda de la pulpa deshidratada.....	34
5.3.3.	Preparación de la muestra.....	34
5.3.4.	Determinación de la actividad antioxidante y compuestos pardos en las harinas obtenidas.....	34
5.4.	Análisis estadístico.....	35
5.5.	Determinación de hidroximetilfurfural (HMF).....	36
5.6.	Análisis bromatológico.....	37
6.	Resultados.....	38
6.1.	Análisis fisicoquímicos.....	38
6.1.1.	pH.....	38
6.1.2.	Sólidos solubles totales (^o Bx).....	38
6.2.	Compuestos bioactivos de los purés de pulpa y cáscara de mango.....	40

6.2.1.	Compuestos fenólicos totales	40
6.2.2.	Ácido ascórbico	41
6.2.3.	Manguiferina	41
6.2.4.	Flavonoides totales	42
6.3.	Actividad antioxidante de los purés de pulpa y cáscara de mango.....	44
6.3.1.	Actividad antirradical por el método 1,1-difenil-2-picrilhidracil (DPPH*).....	44
6.3.2.	Actividad antirradical por el método del ABTS*+.....	44
6.3.3.	Actividad quelante.....	45
6.3.4.	Capacidad reductora de Fe (III) a Fe (II) (FRAP).....	46
7.	Análisis de superficie de respuesta	48
7.1.	Curvas de secado	48
7.2.	Concentración de compuestos fenólicos totales.....	49
7.3.	Concentración de ácido ascórbico	53
7.4.	Determinación de la actividad antirradical por el método 1,1-difenil-2-picrilhidracil (DPPH*).....	57
7.5.	Pardeamiento no enzimático	61
8.	Hidroximetilfurfural (HMF).....	64
9.	Análisis bromatológico.....	65
10.	Conclusiones.....	66
11.	Sugerencia.....	67
12.	Bibliografía	68
13.	Anexos.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Superficie sembrada y rendimiento de mango en México (2009)	6
Figura 2. Principales estados productores de mango en México, (2005-09)	8
Figura 3. Esquema de la reacción de Maillard (Mauron, 1981)	20
Figura 4. Diseño Central Compuesto para $k=2$	24
Figura 5. Gráficas de análisis fisicoquímicos de los purés de mango (Ataulfo, Tommy y Kent)	39
Figura 6. Gráficas de la concentración de compuestos bioactivos de los purés de mango (Ataulfo, Tommy y Kent)	43
Figura 7. Gráficas de la actividad antioxidante de los purés de mango (Ataulfo, Tommy y Kent)	47
Figura 8. Curvas de secado	48
Figura 9. Concentración de compuestos fenólicos totales de los tratamientos realizados para la MSR	49
Figura 10. Gráfica de superficie de concentración de compuestos fenólicos (EAG mg/mL) vs. temperatura, velocidad de aire	50
Figura 11. Gráfica de contorno de concentración de compuestos fenólicos (EAG mg/L) vs. temperatura, velocidad de aire	51
Figura 12. Gráfica comparativa de la concentración de compuestos fenólicos totales (mg EAG/g de muestra). Puré vs. Harina procesada a 80°C, 4 m/s	52
Figura 13. Concentración de ácido ascórbico de los tratamientos realizados para la MSR	53
Figura 14. Gráfica de superficie de mg/L de ácido ascórbico vs. temperatura, velocidad	54
Figura 15. Gráfica de contorno de mg/L de ácido ascórbico vs. temperatura, velocidad	55
Figura 16. Gráfica comparativa de la concentración de ácido ascórbico (mg de ácido ascórbico/g de muestra). Puré vs. Harina procesada a 80°C, 4 m/s	56
Figura 17. Actividad antirradical (DPPH•) de los tratamientos realizados para la MSR	57
Figura 18. Gráfica de superficie de actividad antirradical vs. temperatura, velocidad	58
Figura 19. Gráfica de contorno de actividad antirradical vs. temperatura, velocidad	59
Figura 20. Gráfica comparativa de la actividad antirradical ($\mu\text{mol ET/g}$ de muestra). Puré vs. Harina procesada a 80°C, 4 m/s	60
Figura 21. Pardeamiento no enzimático de los tratamientos realizados para la MSR	61
Figura 22. Gráfica de superficie de pardeamiento no enzimático vs. temperatura, velocidad	62
Figura 23. Gráfica de contorno de pardeamiento no enzimático vs. temperatura, velocidad	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de mango en México.....	7
Tabla 2. Variedades producidas en México.....	8
Tabla 3. Producción de mango en el estado de Nayarit.....	9
Tabla 4. Contenido nutricional de la fruta del mango.....	10
Tabla 5. Corridos experimentales resultantes del diseño DCC de la metodología de superficie de respuesta.....	36
Tabla 6. Análisis Bromatológicos.....	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cambios en los nutrimentos durante el secado de los alimentos.....	17
Cuadro 2. Clasificación de los métodos de deshidratación más utilizados para alimentos	18

RESUMEN

En la actualidad los subproductos del mango (cáscara, hueso y pulpa pegada al hueso) alcanzan hasta un 40% lo que implica un gran pérdida para la agroindustria, de ahí que se vea la necesidad de buscar nuevas alternativas para aprovechar y valorizar los subproductos del mango, ya que estos son una fuente importante de compuestos bioactivos tales como vitaminas (A, E y C), polifenoles, carotenos, minerales y fibra.

El objetivo de este estudio fue determinar por medio de la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) el efecto de la temperatura y velocidad de aire durante la deshidratación de un puré de pulpa y cáscara de mango sobre su actividad antioxidante. Se utilizó un diseño central compuesto evaluando el efecto de cinco temperaturas (50, 54, 65, 75 y 80°C) y cinco velocidades de aire (1, 1.87, 4, 6.12 y 7 m/s) sobre la concentración de compuestos fenólicos totales, ácido ascórbico y la actividad antirradical por el método DPPH•. Los resultados mostraron que el tratamiento a 80°C y 4 m/s presentó significativamente la mayor concentración de compuestos fenólicos, actividad antirradical y pardeamiento no enzimático, así como la menor concentración de ácido ascórbico. Los modelos matemáticos ajustados de las superficies de respuesta mostraron que el aumento de la temperatura incrementó la concentración de compuestos fenólicos, actividad antirradical y pardeamiento no enzimático, por otro lado disminuyó la concentración de ácido ascórbico.

Palabras claves: Deshidratación, puré de mango, actividad antioxidante, análisis de superficie de respuesta

1. Introducción

El mango (*Mangifera indica* L.) es uno de frutos de mayor importancia a nivel mundial, ya que ocupa el quinto lugar dentro de los principales productos frutícolas. Es originario del noroeste de la India, de la región Indio Birmánica y las montañas de Chittagong en Bangladesh, donde aún se le encuentra en estado silvestre. Se ha cultivado por más de 4,000 años en la India de donde se dispersó a otras áreas tropicales y subtropicales del mundo (Chávez-Contreras *et al.*, 2001).

La cadena agroindustrial del mango en nuestro país está dirigida en dos terceras partes al sector primario o venta en fresco y una tercera parte al sector secundario o preparación y envasado de frutas, del cual el 80% se dirige a la producción de pulpas, jugos y néctares (INEGI, 2007).

Uno de los problemas para el máximo aprovechamiento del mango en México es el mínimo desarrollo tecnológico para su industrialización, por lo que se ha privilegiado su venta en fresco, lo que implica que los productos finales tengan bajo valor agregado en el mercado y exista un alto desperdicio de materia prima (aproximadamente del 40%, en términos de cáscara, hueso y pulpa pegada al hueso). Estas pérdidas de mango son significativas por lo que es necesario buscar nuevas formas de aprovechamiento de dicha fruta, ya que desde el punto de vista del valor nutritivo, el mango es una fuente importante de compuestos bioactivos (Sumaya-Martínez *et al.*, 2012). La pulpa del mango presenta una concentración significativa de vitamina A, vitamina C, vitamina E, polifenoles, carotenos, entre otros, además de presentar una importante concentración de minerales como potasio y magnesio (los cuales intervienen en la transmisión nerviosa y muscular), también aporta pequeñas cantidades de hierro, fósforo y calcio. Así mismo, la pulpa del mango contiene fibra soluble (pectinas), ácidos orgánicos (cítrico y málico) y taninos. En su composición destaca igualmente la presencia de una sustancia denominada manguiferina, que en animales de experimentación parece ejercer una acción antioxidante, inmunomoduladora, antiviral y antitumoral (Guha *et al.*, 1996; Sánchez *et al.*, 2000).

Por otra parte, se ha reportado que la cáscara de mango es una importante fuente de compuestos bioactivos como polifenoles, carotenoides, vitaminas y fibra dietaria (Ajila *et al.*, 2007; Larrauri *et al.*, 1996). Asimismo, se ha incorporado en alimentos como fuente de fibra (Ajila *et al.*, 2010) y evaluado su capacidad anticancerígena (Kim *et al.*, 2009).

El aprovechamiento de esta materia prima es una oportunidad para emprender proyectos que generen un valor agregado, ya que estos desechos pueden transformarse en productos funcionales, los cuales no solo beneficiarían a los integrantes de la cadena productiva sino a la sociedad en general, la cual hoy en día busca productos que ayuden a su salud.

El propósito de este proyecto es a través de un análisis estadístico de superficie de respuesta estudiar el efecto de la temperatura y velocidad de aire durante la deshidratación de un puré de pulpa y cáscara de mango sobre su actividad antioxidante.

2. Hipótesis

La temperatura y la velocidad de aire durante la deshidratación de un puré de pulpa y cáscara de mango influyen sobre la actividad antioxidante de la harina obtenida.

3. Objetivo general

Estudiar el efecto de la temperatura y velocidad de aire durante la deshidratación de un puré de pulpa y cáscara de mango sobre su actividad antioxidante.

3.1. Objetivos específicos

- Determinar la actividad antioxidante, la concentración de compuestos fenólicos, ácido ascórbico, manguiferina y flavonoides totales de los purés de pulpa y cáscara de tres variedades de mango (Ataulfo, Tommy Atkins y Kent).
- Determinar la correlación entre su actividad antioxidante y la concentración de compuestos fenólicos, ácido ascórbico, manguiferina y flavonoides totales.
- Seleccionar el puré de pulpa y cáscara con mayor actividad antioxidante.
- Determinar mediante la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) el efecto de la temperatura y velocidad de aire durante el secado del puré sobre su actividad antioxidante.

4. Antecedentes

4.1. Origen y botánica del mango

El mango (*Mangifera indica* L.) es un árbol originario de Asia perteneciente a la familia de las anacardiáceas, está conformada por aproximadamente 50 especies pero sólo 3 o 4 producen frutos comestibles. Es un árbol perenne de tipo erecto con porte mediano a grande, puede alcanzar alturas desde los 10 m hasta más de 20 m (Mora *et al.*, 2002) o 30 m (Mukherjee, 1997), se han detectado mangos silvestres con alturas de hasta 54 m (Bompard y Schnell, 1997). La copa es redondeada y puede alcanzar hasta 38 m de diámetro (Morton, 1987), tiene raíces fuertes que pueden profundizar hasta 6-8 m. Los árboles son de larga vida, se han detectado especímenes con más de 300 años y aún están fructificando (Morton, 1987).

Las hojas son lanceoladas y están dispuestas de forma alterna, su longitud y anchura puede variar desde 10 a 32 cm y 2 a 5.4 cm, respectivamente (Morton, 1987), aunque otros autores indican que el rango de longitud de la hoja es de 15 hasta 40 cm y una anchura de 2 a 10 cm (Mora *et al.*, 2002). El color de las hojas varía con la edad, cuando jóvenes pueden ser rojizas o verde pálido, pero al ir creciendo van perdiendo esta coloración hasta alcanzar un verde más oscuro; no obstante, existen diferencias en la coloración de la hoja adulta entre los diferentes cultivares.

La flor del mango es pequeña alcanzando de 5-10 milímetros de diámetro (Mukherjee, 1997), de color verde amarillento o rojizo, se presentan en panículas terminales (inflorescencias) cuya longitud puede variar de unos cuantos centímetros hasta 30 o 40 cm, cada panícula es ramificada y tiene ejes primarios, secundarios y terciarios, sobre estos últimos es donde aparecen las flores. Cada panícula puede tener entre 400 y 5000 flores (Mora *et al.*, 2002) o hasta 6000 (Chávez-Contreras *et al.*, 2001), la mayoría de las cuales son flores imperfectas (estimándose hasta un 98%), es decir son flores que tienen solo el sexo masculino y por lo tanto no pueden dar origen a frutos; solo un bajo porcentaje de flores en cada panícula son flores perfectas o hermafroditas, las cuales pueden dar origen a frutos. La polinización de

las flores es cruzada, siendo los dípteros los principales insectos polinizadores, se considera que solo el 0.1% de las flores dan lugar a frutos (Mora *et al.*, 2002).

El fruto es una drupa carnosa, cuyo tamaño, forma, color y peso es variable. El tamaño varía desde unos cuantos centímetros hasta 25 cm, su forma puede ser alargada, ovalada, redonda, contiene clorofila, carotenos y antocianinas (Lakshminarayana, 1980) por lo que sus colores van desde verde, verde amarillento, amarillo, anaranjado rosados, rojos, púrpura y combinaciones de tonalidades. El peso del fruto puede ser desde menos de 100 g hasta más de 2 kg y tarda de 100 a 120 días en formarse desde la floración a la cosecha (Vázquez *et al.*, 2006).

Las características morfológicas de las principales variedades comerciales de mango son: peso promedio de 350 g; composición promedio de 56.39% de pulpa, 21.51% cáscara y 22.09% semilla. La pulpa es de consistencia firme, con sabor dulce y baja acidez; la cáscara es firme, de color amarillo y poco resistente al manejo poscosecha. El mango criollo presenta un peso medio de 230 g, una composición de 19% cáscara, 8.5% semilla y 69% de pulpa, la cual es de consistencia firme y fibrosa, con un sabor dulce y media acidez, la cáscara es firme y de color amarillo (FIRA, 1997).

El desarrollo y producción comercial del mango se da en climas tropicales o semitropicales debido a su alta sensibilidad al frío. Las temperaturas medias óptimas son de 25 a 30°C durante la floración y desarrollo del fruto, temperaturas mayores de 35°C dañan los árboles, especialmente si hay viento fuerte y baja humedad. Se obtiene una alta producción cuando la precipitación pluvial anual registra un rango de 500 a 1,000 mm. El árbol de mango es una de las especies más resistentes que se conocen para suelos superficiales e impermeables, sin embargo, los mejores suelos para una respuesta satisfactoria de este cultivo son los que tienen una textura limo-arenosa, con buena profundidad, adecuado drenaje y un pH entre 6 y 7 (Guzmán, 1996).

4.2. Contexto nacional

El mango ocupa el segundo lugar en superficie sembrada entre las frutas de nuestro país y el cuarto lugar en volumen de producción. Su participación en la superficie y el volumen producido de frutales alcanzó en promedio 13.0% y 9.4%, respectivamente, entre los años 2000-2009. Esta fruta es una de las preferidas en nuestro país y en el mundo debido a su sabor y nutrientes (SIAP- SAGARPA, 2010).

4.3. Superficie sembrada y cosechada

La superficie sembrada de mango alcanzó en el año 2009 las 184 mil hectáreas. Entre el año 2000 y 2009 la superficie aumentó 16.3%, lo que significó una tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 1.7% (SIAP- SAGARPA, 2010).

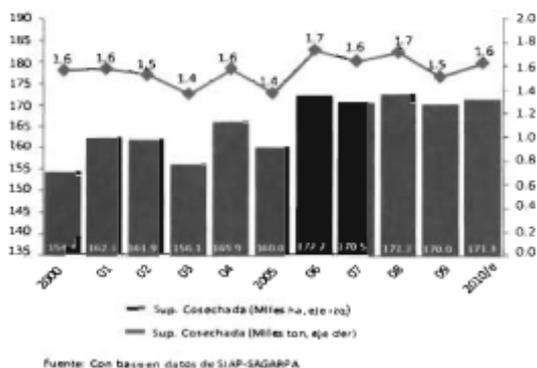


Figura 1 Superficie sembrada y rendimiento de mango en México (2009)

4.4. Producción y rendimiento

La producción de mango se ha mantenido relativamente constante entre el año 2000 y 2009. En el año 2009 se produjeron 1.51 millones de toneladas de mango en el

país, lo que representó una disminución de 12.1% respecto al año anterior. Sin embargo, en el año 2010 se estimó una producción de 1.62 millones de toneladas lo cual implicaría un incremento de 7.6% respecto al 2009 (SIAP- SAGARPA, 2010).

Tabla 1. Producción de mango en México

Año	Producción ¹	Superficie ²		Rendimiento ³			Precio medio rural ⁴
		Sembrada	Cosechada	Riego (R)	Temporal (T)	R+T	
2000	1559.4	158.2	154.3	10.3	10.0	10.1	1934.8
2001	1557.4	170.6	162.3	9.6	9.8	9.7	1958.1
2002	1523.2	169.5	161.9	9.4	9.4	9.4	2348.2
2003	1362.4	171.9	156.1	8.9	8.6	8.7	2311.4
2004	1573.3	176.8	165.9	8.8	9.8	9.5	2168.4
2005	1368.1	173.8	160.0	8.7	8.5	8.6	2488.9
2006	1734.8	181.5	172.2	9.3	10.4	10.1	2288.0
2007	1643.4	179.2	170.5	8.6	10.1	9.6	2495.1
2008	1716.5	183.0	172.3	11.3	9.2	10.0	2203.3
2009	1509.3	183.9	170.0	9.8	8.3	8.9	2644.9
2010 ⁵	1623.6	182.7	171.3	N/D	N/D	9.5	N/D

Fuente: Con base en Datos SIAP-SAGARPA (2009).

/1 Miles de toneladas, /2 Miles de ha, /3 ton/ha, /4 Peso por tonelada, /e Cifras estimadas, N/D datos de disponibles

Entre el año 2005 y 2009 el 35.4% de la producción de mango fue sembrada bajo la modalidad de riego (565 mil toneladas anuales) y el 64.6% restante fue altamente vulnerable a factores climáticos al cultivarse bajo condiciones de temporal (SIAP-SAGARPA, 2010).

Entre las variedades más producidas en el país se encuentran: mango Manila, que representó en 2009 el 23.6% de la producción y el 25.7% del valor generado; el mango Ataulfo, que representó el 19.5% de la producción y el 25.6% del valor; el mango Haden, con el 13.5% y 14.3% de la producción y valor, respectivamente; y el mango Tommy Atkins, que tuvo una participación del 12.8% y 10.4% de los conceptos antes mencionados. Entre estas cuatro variedades de mango se concentró el 69.4% del volumen de esta fruta en 2009 y el 76.1% del valor de producción (SIAP- SAGARPA, 2010).

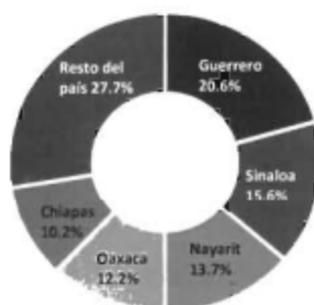
Tabla 2. Variedades producidas en México

Variedad	Superficie		Volumen		Valor		Precio	Rendimiento
	Sembrada (Miles ha)	Cosechada (Miles ha)	Producción (Miles ton)		Producción (Millones \$)		Medio Rural (\$)	
Ataulfo	42.5	40.2	371.9	19.5%	1,185.7	25.6%	3,187.9	9.3
Manila	39.4	37.5	387.4	23.6%	1,019.3	25.7%	2,631.4	10.3
Haden	25.0	22.6	184.4	13.5%	568.8	14.3%	3,085.4	8.2
Tommy atkins	21.9	18.9	184.4	0.1	396.7	0.1	2,413.4	8.7
Kent	18.0	15.1	115.9	9.0%	303.0	8.2%	2,813.8	7.7
Crolios	12.6	12.3	115.1	8.0%	214.7	6.1%	1,865.2	9.4
Keitt	8.4	8.2	42.6	3.8%	88.9	2.6%	2,088.9	5.2
Manililla	4.9	4.5	30.5	2.1%	46.6	1.4%	1,525.7	6.8
Oro	4.3	4.3	49.1	3.1%	44.2	1.2%	900.0	11.5
Paraíso (petacón)	1.4	1.4	6.8	0.2%	23.7	0.2%	3,482.8	4.9
Obo	0.9	0.9	3.9	0.3%	5.3	0.1%	1,347.7	4.4
Sin clasificar	4.8	4.3	37.3	4.2%	95.0	4.2%	2,544.8	8.7
Total	184.1	170.2	1,509.3	0.1	3,991.9	0.1	27,687.0	95.1

Fuente: Con base en datos SIAP-SAGARPA(2009)

4.5. Estados productores

Entre los principales estados productores de mango en el país se encuentran: Guerrero, Sinaloa, Nayarit, Oaxaca y Chiapas. En conjunto produjeron el 72.3% del mango nacional entre 2005-09 (1.2 millones de toneladas anuales). Es importante resaltar que el liderazgo del estado de Guerrero se debió tanto a la extensa superficie sembrada como al buen rendimiento del cultivo (SIAP- SAGARPA, 2010).



Fuente: Con Base en datos de SIAP-SAGARPA

Figura 2. Principales estados productores de mango en México, (2005-09)

4.6. Producción estatal

De acuerdo con SAGARPA el estado de Nayarit para el 2009 representó a nivel nacional el 11.82% con una superficie sembrada de 21,746.10 ha, la superficie cosechada fue de 20,889.20 ha representando el 12.28% y una producción 148,792.88 ton con un porcentaje del 9.85 % ubicándose en ese año en el sexto estado con mayor producción.

Tabla 3. Producción de mango en el estado de Nayarit

Ubicación	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)	PMR (\$/ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
ACAPONETA	1,842.00	1,842.00	13,754.00	7.47	2,469.49	33,990.00
AHUACATLAN	1.75	1.75	11.9	6.8	1,600.00	19.04
AMATLAN DE CAÑAS	8.25	8.25	61.8	7.49	1,183.50	73.14
BAHIA DE BANDERAS	1,465.90	1,190.00	8,995.93	7.56	3,360.27	30,228.74
COMPOSTELA	3,693.00	3,112.00	29,191.65	9.38	3,333.45	97,308.96
IXTLAN DEL RIO	6	6	48.00	8	1,533.33	73.6
NAYAR EL	1	1	6.00	6	4,550.00	27.3
ROSAMORADA	872.43	872.43	3,367.63	3.86	1,329.15	4,476.10
RUIZ	101.5	101.5	415.95	4.1	1,199.66	499
SAN BLAS	6,528.96	6,528.96	47,564.02	7.28	3,628.84	172,602.44
SANTA MARIA DEL ORO	4	4	30.40	7.6	1,369.08	41.62
SANTIAGO IXCUINTLA	2,971.00	2,971.00	13,516.20	4.55	3,033.66	41,003.58
TECUALA	1,914.00	1,914.00	14,776.00	7.72	2,491.47	2,491.47
TEPIC	2,247.81	2,247.81	16,545.90	7.36	3,670.51	60,731.87
TUXPAN	25	25	97.5	3.9	1,248.00	121.68
XALISCO	63.5	63.5	400	6.3	4,468.76	1,787.50
TOTAL	21,746.10	20,889.20	0.96	1,937.33	40,469.17	

Fuente: Con base en Datos SIAP-SAGARPA (2009).

Cierre de la producción agrícola por estado. Ciclo: Cíclicos y Perennes 2009

Modalidad: Riego + Temporal

4.7. Propiedades nutricionales y funcionales del mango

Desde el punto de vista del valor nutritivo, el mango es una fuente importante de fibra y vitaminas (Tabla 4). La pulpa del mango presenta una concentración significativa de compuestos bioactivos tales como vitamina A (esencial para el mantenimiento de los tejidos epiteliales piel y mucosas), así como de compuestos con una gran actividad antioxidante entre ellos la vitamina C, vitamina E, polifenoles, carotenos, entre otros, además de presentar una importante concentración de minerales como potasio y magnesio, los cuales intervienen en la transmisión nerviosa y muscular, también aporta pequeñas cantidades de hierro, fósforo y calcio. Así mismo, la pulpa del mango contiene fibra soluble (pectinas), ácidos orgánicos (cítrico y málico) y taninos. En su composición destaca igualmente la presencia de una sustancia denominada manguiferina, que en animales de experimentación parece ejercer una acción antioxidante, inmunomoduladora, antiviral y antitumoral (Guha *et al.*, 1996; Sánchez *et al.*, 2000).

Tabla 4. Contenido nutricional de la fruta del mango.

Contenido por 100 g de mango	
Agua	83 g
Proteínas	0.5 g
Grasas	0
Carbohidratos	15 g
Fibra	0.8 g
Calcio	10 mg
Hierro	0.5 mg
Vitamina "A"	600 i.u.
Tiamina	0.03 mg
Riboflavina	0.04 mg
Vitamina "C"	3 mg
Desechos (cáscara y hueso)	28-38 %

Fuente: (Cadena agroalimentaria del mango, 2003; Bangerth y Carle, 2002).

Investigaciones realizadas por Kuskoski *et al.*, (2005) reportan que la pulpa de mango presentó una mayor actividad antioxidante y una mayor concentración de compuestos fenólicos totales comparada con la pulpa de uva, guayaba y piña. Por su parte Robles-Sánchez *et al.*, (2009) reportaron que el consumo de mango en personas redujo el estrés oxidativo y los niveles de triglicéridos en plasma.

Las cáscaras y el hueso del mango (que suelen considerarse como desechos) pueden ser una fuente importante de compuestos bioactivos, tales como la pectina, polifenoles y manguiferina en las cáscaras, ácidos grasos poliinsaturados en el hueso y compuestos de naturaleza fenólica con actividad antioxidante y antiinflamatoria. Además, se ha reportado una importante actividad antimicrobiana en extractos de hueso de mango, debido a la naturaleza de los compuestos polifenólicos que contienen (Engels *et al.*, 2009).

Se ha reportado 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 (Schieber *et al.*, 2003; Sudhakar y Maini, 2000) así como fibra dietaria con un excelente equilibrio entre fibra soluble e insoluble (Larrauri *et al.*, 1996), por lo que puede ser un ingrediente en alimentos funcionales con actividad hipoglucemiante, hipocolesterolémica e hipotrigliceridémica. García (2003) reportó que las cáscaras de mango criollo presentan en promedio 4.8% de proteína cruda, 29% de fibra dietética soluble y 27% de fibra dietética insoluble, dicho balance entre los dos tipos de fibra son similar al de la avena; por lo que con su ingesta se podría lograr una funcionalidad similar a la reportada para la avena, tal como: una disminución en la concentración de colesterol y glucosa en la sangre, un incremento en la eliminación de ácidos biliares, así como el crecimiento y proliferación de la flora bacteriana. De igual manera, se ha reportado una significativa concentración de polifenoles y compuestos antioxidantes en la cáscara de mango (Ajila *et al.*, 2008; Ajila *et al.*, 2007; Schieber *et al.*, 2003).

Así mismo, en el hueso del mango se ha encontrado actividad antioxidante, inclusive más alta que en la pulpa misma (Maisuthisakula y Gordon, 2009; Ribeiroa *et al.*,

2008; Soong y Barlow, 2004;). Además, por su contenido de lípidos el aceite de la semilla del mango puede ser empleado en confitería y en la elaboración de cosméticos (Álvarez, 2004). Es así como la fibra de la cáscara o pulpa de mango, los extractos antioxidantes de la cáscara o hueso del mango podrían ser un ingrediente de alto valor agregado para la industria alimentaria, cosmética o farmacéutica.

4.8. Radicales libres

Las especies reactivas del oxígeno (EROs) son agentes oxidantes fácilmente convertidos en radicales libres, los cuales son átomos o grupo de átomos inestables de alta energía que poseen uno o más electrones desapareados o libres en sus orbitales exteriores, por lo que son muy reactivos ya que tienden a captar un electrón de moléculas estables con el fin de alcanzar su estabilidad electroquímica (Palomo *et al.*, 2009). Dentro de los EROs se encuentran los intermediarios de la reducción parcial del O_2 , estos son: el anión superóxido (O_2^-), el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y el radical hidroxilo (HO^{\cdot}) junto al oxígeno singulete (1O_2) (Possa-Marroni, 2002).

El metabolismo oxidativo, proceso biológico normal, es capaz de generar radicales libres, sin embargo, el origen de estas especies también es exógeno, la contaminación atmosférica, el humo del cigarro, aceites vegetales hidrogenados, ácidos grasos trans, entre otros, producen radicales libres. Cuando los radicales libres no son suficientemente neutralizados oxidan macromoléculas fundamentalmente en las células, como fosfolípidos, proteínas y ADN, lo que causa alteraciones celulares que se pueden expresar en patologías, entre ellas enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades crónicas no transmisibles (Palomo *et al.*, 2009).

4.9. Actividad antioxidante

Un antioxidante es una molécula que previene la formación descontrolada de radicales libres o inhibe sus reacciones con estructuras biológicas (Rhian, 2004; Chihuilaf *et al.*, 2002).

Los antioxidantes pueden clasificarse en enzimáticos y no enzimáticos (Rhian, 2004). En los antioxidantes enzimáticos se encuentran, la superóxido dismutasa, la catalasa y el glutatión peroxidasa. Los antioxidantes no enzimáticos constituyen un grupo heterogéneo de moléculas hidrófobas e hidrofílicas que atrapan radicales libres. Tales como las vitaminas, glutatión, ergoteína y flavonoides polifenólicos, estos últimos pertenecientes al grupo de los compuestos fenólicos en donde también encontramos flavanoles, flavonoles (taninos o proantocianidinas) y flavonoides (ácidos fenólicos, ácidos benzoicos y cinámicos, estibenos y resveratrol) (Chihuilaf *et al.*, 2002).

Los compuestos fenólicos, debido a sus propiedades y estructura, presentan una importante actividad antioxidante (AAO); como ejemplo encontramos los polifenoles, flavonoides, derivados ácidos, cumarinas y antocianinas (Chihuilaf *et al.*, 2002; Shahidi *et al.*, 1992).

Las antocianinas son compuestos fenólicos coloridos, derivados de los flavonoides. Contribuyen a incrementar las propiedades antioxidantes de muchas frutas y vegetales, a las cuales les deben su color. Al igual que otros polifenoles, las antocianinas pueden actuar como atrapadoras de radicales libres y como agentes quelantes, presentando una alta AAO que puede cambiar dependiendo del número de sustituyentes en los anillos fenólicos y de su posición (Satué-García *et al.*, 1997).

Los antioxidantes dietarios disminuyen los efectos adversos de los EROs producidos en el proceso de envejecimiento normal del cuerpo humano. El ácido ascórbico también llamado vitamina C es un compuesto hidrosoluble que actualmente es considerado como un nutriente antioxidante (Katleen *et al.*, 1998). También existen antioxidantes sintéticos como el butilhidroxitolueno (BHT) y el

butilhidroxianisol (BHA) que se adicionan a los alimentos susceptibles a la oxidación lipídica, sin embargo, algunos estudios han demostrado que estos antioxidantes sintéticos poseen efectos citotóxicos (Lewis, 1989). Por lo que los antioxidantes naturales han despertado interés para emplearlos como sustitutos de los antioxidantes sintéticos (Tomás-Barberán *et al.*, 2004; Choi *et al.*, 2000; Azizah *et al.*, 1999; Oyeneho y Hettiarachchy, 1993).

Existe evidencia científica de que los compuestos antioxidantes de frutas y vegetales (principalmente de naturaleza fenólica) pueden prevenir el daño oxidativo celular, con lo cual se reduce el riesgo de cáncer, enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas, diabetes, etc. (Prior, 2003; Lee *et al.*, 2002; Stintzing *et al.*, 2001).

4.10. Harinas de frutas

Las frutas son fuentes de fibra dietética, como lo señala el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y del Comercio de Chile (Pak, 2001), en un estudio llevado a cabo en 38 frutas diferentes. Igualmente, Ramulu y Udayasekhara (2003) encontraron elevados contenidos de fibra en algunas frutas tropicales como la piña (20%), guanábana (23.61%) y guayaba (45.22%). Con respecto a esta última fruta, Jiménez-Escrig *et al.*, (2001) indican que es una buena fuente de fibra (49.42 \pm 2.25%), y además la consideran como antioxidante, debido al contenido de polifenoles extraíbles asociados a la matriz de los componentes de la fibra de esta fruta.

Algunos subproductos del procesamiento industrial de frutas han sido identificados como importantes fuentes de fibra. En cáscara de piña se ha encontrado valores de fibra dietética de 70.6%, asociada a un elevado contenido de miricetina, principal polifenol identificado y que puede ser el responsable de la actividad antioxidante encontrada en este subproducto (Larrauri *et al.*, 1996). Del orujo de uva se ha obtenido un polvo de fibra, bajo la denominación de Vitis Fiber, rico en fibra dietética

(64.6±0,5%), reportado como antioxidante por la presencia de procianidinas, flavonoides y ácidos fenólicos (Saura-Calixto, 1998).

Harinas obtenidas de las cáscaras de naranja, mandarina y toronja, también son una importante fuente de fibra dietética (49.78; 52.89 y 48.09%, respectivamente) con alto contenido de compuestos polifenólicos y carotenoides (Rincón *et al.*, 2005). Se ha confirmado que la fibra dietética presente en las frutas y vegetales tiene efectos positivos importantes en la salud en virtud de sus propiedades funcionales.

Numerosos estudios de los últimos años revelan que muchas de las enfermedades importantes en salud pública, incluyendo obesidad, enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2, pueden ser prevenidas y tratadas con el incremento en el consumo de alimentos con fibra (Ramírez y Pacheco, 2009).

En virtud del potencial terapéutico de la fibra dietética, están siendo desarrollados productos alimenticios con una mayor incorporación de fibra (Pacheco *et al.*, 2005; Villarroel *et al.*, 2003; Abdul y Luan, 2000).

4.11. Deshidratación de alimentos

El propósito principal de la deshidratación de alimentos es prolongar la durabilidad del producto final. El objetivo primordial del proceso de deshidratación es reducir el contenido de humedad del producto a un nivel que limite el crecimiento microbiano y las reacciones químicas. El aire caliente es usado en muchas operaciones de secado, por lo que los secadores de aire han estado en uso por muchos años alrededor del mundo (Barbosa-Cánovas, 1996).

En la actualidad, la deshidratación es uno de los métodos de conservación de alimentos mas ampliamente utilizados para la manufactura de productos, ya sean intermedios o finales, siendo un rubro de mucha importancia económica dentro de los alimentos procesados en todos los países del mundo. Para la distribución de alimentos obtenidos de la agricultura u otros medios de producción se utilizan con

mucha frecuencia productos deshidratados con objeto de asegurar la estabilidad de los productos durante el transporte y el almacenamiento (Colina-Irezabal, 2010).

Durante el secado de las frutas y hortalizas se produce una serie de cambios en sus componentes originales, los cuales afectan en la calidad del producto final. Una de las variables más importantes en el proceso de secado por aire caliente, es la temperatura, influyendo no sólo en el tiempo de secado sino en las reacciones degradativas que afectan las propiedades organolépticas y el valor nutricional de los alimentos. Con tiempos de secado prolongados se obtienen productos de baja calidad por la caramelización de azúcares, reacciones de Maillard, reacciones enzimáticas, degradación de pigmentos y oxidaciones de ácidos (Potter y Hotchkiss, 1999).

Los nutrientes de los alimentos se pueden degradar durante el secado y la magnitud del cambio depende del producto alimenticio y las condiciones de secado. Las pérdidas de nutrientes pueden ser minimizados mediante la aplicación de tratamientos previos adecuados, la selección de adecuados métodos de secado y la optimización de las condiciones de secado (Sablani, 2006). En general, la pérdida nutricional aumenta con la severidad de las condiciones del proceso durante el procesamiento (Rahman, 2005). En el cuadro 1 se muestra los cambios mas importantes en los nutrimentos que podrían ocurrir durante el secado (Perera, 2005).

Cuadro 1. Cambios en los nutrimentos durante el secado de los alimentos

Componente	Posibles Cambios
Contenido de calorías	No cambia, sino que se concentra en una masa menor a medida que la humedad se elimina
Fibra	No cambia
Vitamina A	Bastante bien conservada bajo métodos controlados de calor
Vitamina C	Parcialmente destruida durante el escaldado y secado de vegetales
Tiamina, riboflavina y niacina	Pérdidas mayores si el secado se hace sin inactivación enzimática
Proteína	Pueden sufrir desnaturalización térmica, degradación enzimática y pardeamiento no enzimático
Lípidos	Hidrólisis enzimática en la fase inicial de secado. Oxidación de lípidos
Carbohidratos	Son el principal sustrato del pardeamiento enzimático y del no enzimático. Caramelización, cambios en el sabor y color.

Fuente: (Sachin *et al.*, 2010)

4.11.1. Métodos de secado o deshidratación

El sabor, color, textura, aroma y propiedades de rehidratación son los atributos de calidad más importantes en los alimentos deshidratados. La selección de las condiciones de secado apropiadas son necesarias para minimizar el choque térmico, y mantener los componentes que determinan la calidad del producto final (Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000).

Existen muchos métodos y tecnologías que pueden emplearse para deshidratar alimentos. Sin embargo, la producción de alimentos deshidratados de calidad aceptable (que conserven sus propiedades por largo tiempo en el estado deshidratado, y que al ser reconstituídos recuperen lo más posible sus características originales) requiere una adecuada selección de la materia prima y de las operaciones de acondicionamiento, previo a la deshidratación del alimento, una cuidadosa selección del equipo y condiciones de deshidratación así como un envasado y almacenamiento correctos (Colina-Irezabal, 2010).

En el cuadro 2 se presenta una clasificación de los métodos de deshidratación con base en el modo en el que se transfiere calor, así como algunos de los equipos de deshidratación más comunes y ejemplos de los alimentos que por lo general se deshidratan en ellos (Colina-Irezabal, 2010).

Cuadro 2. Clasificación de los métodos de deshidratación más utilizados para alimentos

Método de deshidratación	Equipo de deshidratación	Tipos de productos por deshidratar
<p>Por aire (convección)</p> <p>En cama o banda</p> <p>de partículas</p>	<p>Deshidratador de charolas</p> <p>Deshidratador de banda</p> <p>Deshidratador de túnel</p> <p>Deshidratador por aspersion</p> <p>Deshidratador por espuma</p> <p>Deshidratador de lecho fluidizado</p>	<p>Sólidos (piezas, trozo) fluidos con sólidos de tamaño grande en suspensión y en menor proporción fluidos viscosos</p> <p>Fluidos con pequeños sólidos en suspensión</p> <p>Fluidos con pocos sólidos en suspensión</p> <p>Sólidos de pequeño tamaño</p>
Por conducción	Deshidratador de tambor	Fluidos viscosos (pastas)
Por radiación	<p>Deshidratador por infrarrojo</p> <p>Deshidratador dieléctrico</p> <p>Deshidratador por microondas</p>	Cualquier tipo de alimento
Por congelación	Liofilizador	Sólidos de tamaño pequeño y suspensiones

Fuente: (Colina-Irezabal, 2010)

4.12. Reacción de Maillard o pardeamiento no enzimático

La reacción de Maillard, también conocida como de pardeamiento no enzimático, es una de las reacciones que se dan con más frecuencia durante el procesado de los alimentos, principalmente en el calentamiento pero también durante el almacenamiento a temperatura ambiente o incluso, aunque de forma mucho más moderada, a bajas temperaturas (Somoza, 2005; Mlotkiewicz, 1998).

Se origina entre el grupo amino de un aminoácido, péptido o proteína y el grupo carbonilo de un azúcar reductor o un lípido oxidado que sufren una serie de complejas reacciones químicas, originando los denominados productos de la reacción de Maillard (PRM), compuestos presentes en la mayoría de los alimentos que se consumen diariamente en la dieta habitual (Koschinsky *et al.*, 1997; Ho, 1996; Baxter, 1995).

Esta reacción es especialmente importante para la industria alimentaria, ya que se da frecuentemente en los alimentos, durante procesos como el horneado, tostado, fritura, etc., confiriéndoles nuevos colores, olores, sabores y texturas agradables para el consumidor (Rizzi, 1994), aunque también pueden originarse sustancias aromáticas y compuestos pardos indeseados (Baltes, 1982). Además la reacción de Maillard puede disminuir el valor nutritivo de los alimentos, principalmente al afectar la calidad de las proteínas, debido a la destrucción de aminoácidos o disminución de su disponibilidad (Castrillón *et al.*, 1996), y la de otros nutrientes (Finot, 1993). Sin embargo, las consecuencias nutritivas de la reacción no están estandarizadas debido a que varían en función de una serie de parámetros como la estructura química de los reactantes, sus concentraciones, la temperatura, el pH, la presión, el tiempo y la actividad de agua (Naranjo *et al.*, 1998; Wijewickreme y Kitts, 1997; Friedman, 1996).

Otra reacción responsable de la coloración de los alimentos que puede darse simultáneamente con la reacción de Maillard es la caramelización, la cual se lleva a cabo a partir de la degradación térmica de los azúcares reductores. Los factores que influyen en esta reacción son la temperatura, el pH y la actividad de agua (Kroh, 1994). La caramelización se presenta al reaccionar los grupos carbonilos de dos

azúcares reductores. Cuando se trata de disacáridos, existe una hidrólisis previa que produce los correspondientes monosacáridos y estos se transforman en enoles. Seguidamente aparece una deshidratación del enol que produce derivados furánicos que se polimerizan finalmente dando lugar a pigmentos de alto peso molecular llamados melanoidinas (Diaz y Clotet, 1995).

La reacción de Maillard puede dividirse en tres etapas (Figura 3):

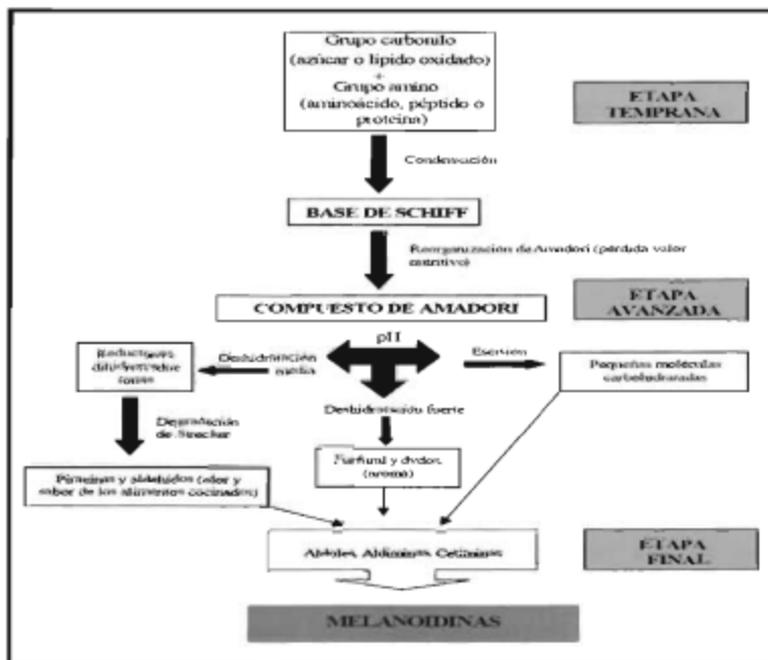


Figura 3. Esquema de la reacción de Maillard (Mauron, 1981)

4.12.1. Productos tóxicos formados en la reacción de Maillard

En los estados avanzados de la reacción de Maillard, se pueden encontrar compuestos indeseables como furfurales (Chávez-Servin *et al.*, 2005) entre los que se encuentran el 2-Furfural (2-F) derivado de azúcares de pentosa, y el 5-Metilfurfural (5-MF) y 5-Hidroximetilfurfural (5-HMF) derivados de los azúcares de hexosa. Dichos compuestos se pueden producir en muchos alimentos tales como galletas, pan, mermelada, cereales para el desayuno y la miel (Teixido *et al.*, 2006).

Por otra parte, el 5-HMF también puede formarse como resultado de la deshidratación de cetopentosas y hexosas, sobre todo en ambientes ácidos o al incrementar la temperatura (Teixido *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 1986). Los estudios *in vitro* han demostrado que el 5-HMF es citotóxico, mutagénico, carcinogénico y genotóxico (Teixido *et al.*, 2006; Murkovic *et al.*, 2006).

4.12.2. Actividad antioxidante de los productos de la reacción de Maillard

Además de las propiedades organolépticas asociadas con los productos de la reacción de Maillard (PRM), estos pueden ser capaces de ejercer actividad antioxidante (Manzocco *et al.*, 2001). Las propiedades antioxidantes de los PRM permiten proteger a los alimentos de la oxidación lipídica, que es el mecanismo primario por el que se deterioran en presencia de oxígeno. Además, podrían considerarse protectores frente al daño oxidativo asociado a una gran variedad de enfermedades como la diabetes, cáncer y envejecimiento celular (Martins *et al.*, 2001; Lee *et al.*, 2001). Los mecanismos de acción antioxidante de los PRM, pueden ser: por captación de oxígeno libre, captación de oxígeno activo (radicales hidroxilo, superóxidos y peróxido), actuando como agentes reductores (dando hidrógeno o electrones) o por quelación de metales (Ames, 2001). Por otra parte, se ha visto que determinados PRM tienen capacidad prooxidante, es decir, son capaces de promover o aumentar las reacciones de oxidación según las condiciones y los materiales de partida que han reaccionado para su formación (Huang *et al.*, 2002).

Debido a esta capacidad, se ha propuesto que algunos de estos compuestos podrían utilizarse como aditivos alimentarios que se incorporarían directamente al alimento, o bien se formarían durante la aplicación de tratamientos térmicos, contribuyendo así a la estabilidad oxidativa de algunos alimentos y a la mejora de sus propiedades (Sumaya-Martinez *et al.*, 2005b; Bressa *et al.*, 1996).

Los estudios sobre la actividad antioxidante de los PRM formados en los alimentos son más escasos, y muchos de ellos han sido llevados a cabo en bebidas como el café (Ruiz, 2009). Estos PRM muestran actividad antioxidante (Chang *et al.*, 2011; Rao *et al.*, 2011; Acar *et al.*, 2009; Chawla *et al.*, 2009; Summa *et al.*, 2008), debido a la formación de melanoidinas en el tostado del café, la cuales ejerce un efecto protector contra el estrés oxidativo en las células de hepatoma humano (Martin *et al.*, 2009; Goya *et al.*, 2007).

En cuanto a la actividad antioxidante del café, más del 50% de la actividad antioxidante observada se debe a los compuestos de bajo peso molecular, por otro lado la capacidad quelante de los PRM también ayudan en la vida de anaquel del producto (Delgado-Andrade y Morales, 2005).

Las propiedades antioxidantes de los PRM permiten proteger a los alimentos de la oxidación lipídica, que es el mecanismo primario por el que se deterioran en presencia de oxígeno (Palazzi *et al.*, 2010).

La actividad antioxidante de los PRM se ha observado en alimentos tratados térmicamente, como leche, carne, productos horneados y café (Ames, 2001). Manzocco *et al.*, (2001) encontraron una correlación entre el color y las propiedades antioxidantes, que puede ser lineal positiva o no lineal, dependiendo de la composición, las propiedades físico-químicas y el proceso tecnológico aplicado al producto.

En bebidas como el vino, el proceso de cocción del mosto favorece la activación de reacciones de pardeamiento no enzimático, con la consecuente formación de PRM

(Di Mattia *et al.*, 2007) que incluso se forman durante el secado de las uvas utilizadas en la fabricación del vino dulce (Moreno *et al.*, 2007).

La reacción entre la formación de color de los PRM y la actividad antioxidante fue también confirmada en comestibles como el café, tomate y cerveza, por la habilidad que tienen estas fracciones de quelar metales (Borrelli *et al.*, 2002).

4.13. Metodología de Superficie de Respuesta (MSR).

La Metodología de Superficies de Respuesta (MSR) es un conjunto de técnicas matemáticas utilizadas en el tratamiento de problemas en los que una respuesta de interés está influida por varios factores de carácter cuantitativo. El propósito inicial de estas técnicas es diseñar un experimento que proporcione valores razonables de la variable respuesta y, a continuación, determinar el modelo matemático que mejor se ajusta a los datos obtenidos. El objetivo final es establecer los valores de los factores que optimizan el valor de la variable de respuesta (Montgomery, 1998).

4.13.1. Diseños experimentales para ajustar superficies de respuesta.

El ajuste y análisis de una superficie de respuesta se facilita con la elección apropiada de un diseño experimental. Un diseño es el conjunto específico de combinaciones de los niveles de las k variables que se utilizará al llevar a cabo el experimento.

4.13.2. Diseños para ajustar modelos de segundo orden.

Un diseño experimental para ajustar un modelo de segundo orden debe tener al menos tres niveles de cada factor (-1, 0, +1). Así como en el diseño de primer orden se desea la ortogonalidad, en éste se desea que sea un diseño rotable. Se dice que un diseño es rotable cuando la varianza de la respuesta predicha en algún punto es función sólo de la distancia del punto al centro y no es una función de la dirección.

La rotabilidad es una propiedad importante, dado que la finalidad de la Metodología de Superficies de Respuesta, es optimizar y desconocemos la localización del óptimo, tiene sentido utilizar un diseño que proporcione estimaciones precisas en todas direcciones.

Dentro de los diseños rotables de segundo orden se incluyen:

1. Diseño central compuesto
2. Diseño equirradial
3. Diseños Box-Behnken

4.13.3. Diseño central compuesto (DCC)

Este diseño consiste en un factorial o factorial fraccionado 2^k , donde los factores son codificados de tal manera que el centro sea $(0,0,\dots,0)$, aumentado por $2k$ puntos axiales $(\pm\alpha, 0, 0,\dots, 0)$, $(0, \pm\alpha, 0,\dots, 0)$, $(0, 0, \pm\alpha,\dots, 0)$, $(0, 0, 0,\dots, \pm\alpha)$, y nc puntos centrales $(0,0,\dots,0)$. De acuerdo a Montgomery (1998) este diseño es probablemente el más usado.

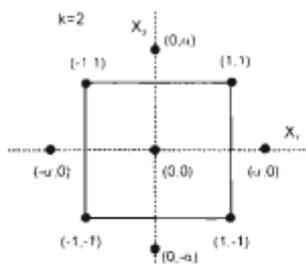


Figura 4. Diseño Central Compuesto para $k=2$

Este diseño se convierte en rotable mediante la elección de α , ésta se calcula de la siguiente manera (Montgomery, 1998):

$$\alpha = (nf)^{1/4}$$

Donde f es el número de puntos en la porción factorial del diseño.

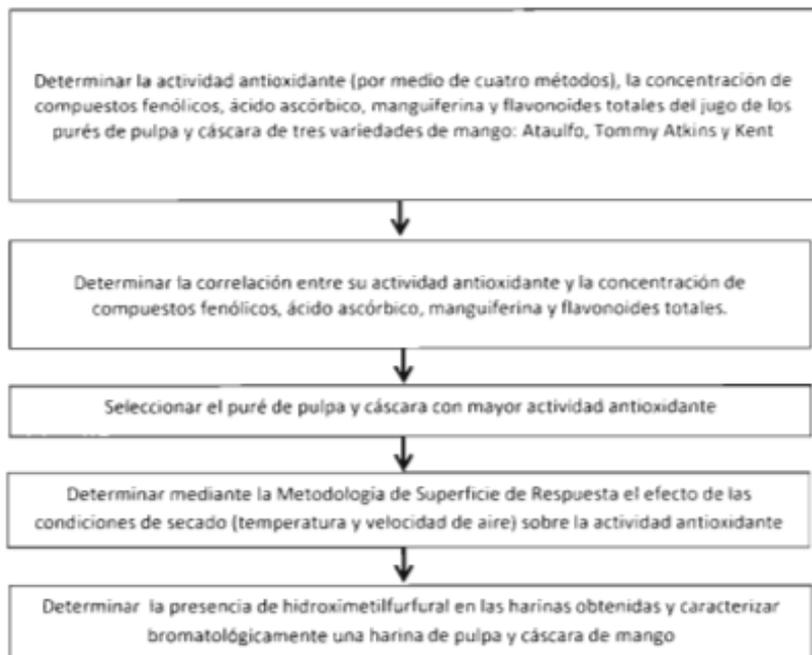
Otra propiedad útil del diseño es que puede "crecer" a partir de un diseño 2^k de primer orden, agregando puntos axiales y quizá algunos puntos centrales (Montgomery, 1998).

Con la elección del número de puntos centrales (n_0), el diseño puede hacerse ortogonal o se puede transformar en uno de precisión uniforme.

En un diseño de precisión, la varianza de la respuesta predicha en el origen es igual a la predicha a una distancia unitaria del origen. Este proporciona mayor protección que el ortogonal contra el sesgo de los coeficientes, debido a la presencia de términos de tercer y mayor orden.

5. Materiales y métodos

5.1. Diagrama metodológico



5.2. Metodología para la obtención del puré de pulpa y cáscara de mango y análisis de la actividad antioxidante

Se realizó un estudio previo en tres variedades de mango de mayor producción en el estado de Nayarit (Ataulfo, Tommy Atkins y Kent) identificando el puré de pulpa y cáscara de mango con mayor actividad antioxidante y posteriormente se llevó a cabo la producción de harina, estudiando el efecto de las condiciones del procesamiento (temperatura y velocidad) sobre su actividad antioxidante por medio de la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR).

5.2.1. Preparación de las muestras

Se utilizaron lotes de mango de tres variedades diferentes (Ataulfo, Tommy Atkins y Kent) producidas en el municipio de Tepic, Nayarit que fueron cosechadas en el periodo Mayo-Junio de 2010; recolectadas a mano en el punto de maduración de consumo y transportada al laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma de Nayarit, donde se almacenaron a 4°C para su posterior utilización.

Se seleccionaron y lavaron por triplicado mangos de cada una de las variedades utilizadas (Ataulfo, Tommy Atkins y Kent), se separó la pulpa y cáscara cortando con un cuchillo de forma paralela al hueso, posteriormente la pulpa y cáscara se procesaron en un extractor doméstico, obteniendo muestras por triplicado de puré, el cual se almacenó a -18°C para su posterior análisis.

A las muestras de puré obtenidas se les determinó pH y sólidos solubles totales (°Bx). Para la determinación de compuestos bioactivos y actividad antioxidante las muestras de puré se centrifugaron dos veces a 10000 rpm durante 10 minutos a temperatura ambiente en una microcentrífuga (Eppendorf AG 22331 Hamburg), se tomó el sobrenadante y se ultrafiltró con filtros de PVDF de 0.22 µm de tamaño de poro y posteriormente las muestras se almacenaron a -18°C para su posterior análisis.

5.2.2. Determinación de pH y sólidos solubles totales (°Bx)

Se utilizó un potenciómetro marca (Denver Instruments, modelo 250) para la medición de pH del puré de pulpa y cáscara de mango.

Los sólidos solubles totales (°Bx) se midieron con un refractómetro marca (Spectronic Instruments, modelo 334610) el cual se calibró con agua y posteriormente se tomó la lectura de la muestra de puré de pulpa y cáscara de mango.

5.2.3. Determinación de compuestos fenólicos totales

Los compuestos fenólicos totales se determinaron de acuerdo al método de Stintzing *et al.*, (2005), el cual utiliza el reactivo de Folin-Ciocalteu. El reactivo de Folin-Ciocalteu es una mezcla de ácidos fosfotúngstico y fosfomolibdico, la cual es reducida a óxidos azules de tungsteno y molibdeno durante la oxidación fenólica. Esta reducción ocurre bajo condiciones alcalinas mediante la presencia de carbonato de sodio. La coloración azul se lee a una longitud de onda de 765 nm y refleja la cantidad total de polifenoles expresado como equivalentes de ácido gálico (EAG) (Georgé *et al.*, 2005).

Para la determinación de compuestos fenólicos totales se utilizaron los factores de dilución indicados en el Anexo 2.

La técnica se inició colocando 50 µL de muestra en viales eppendorf, se agregó 250 µL de solución de Folin-Ciocalteu (v/v 1:10 en agua desionizada) y 200 µL de solución de carbonato de sodio (7.5%), inmediatamente después las muestras se agitaron en el vortex y se incubaron a temperatura ambiente durante 30 minutos. Al término del tiempo se midió la absorbancia en un lector de microplacas (modelo Power Wave XS, Biotek) a una longitud de onda de 765 nm.

Curva estándar de ácido gálico

Para la determinación de la concentración de las muestras se utilizó una curva estándar expresada en mg EAG/L (Anexo 1)

5.2.4. Determinación de ácido ascórbico

Se utilizó el método colorimétrico descrito por Dürüst *et al.*, (1997). Para la determinación de la concentración de ácido ascórbico se prepararon las siguientes soluciones:

- DCPI (2,6 diclorofenolindofenol sal disódica) a 24 mg/L de agua desionizada; ácido oxálico al 0.4% en agua desionizada; amortiguador de acetatos compuesto por 3 g de acetato de sodio, 7 mL de agua desionizada y 10 mL de ácido acético glacial; solución madre de 100 mg/L de ácido ascórbico diluido en ácido oxálico al 0.4%.

Para la determinación de ácido ascórbico se utilizaron los factores de dilución indicados en el Anexo 2.

El procedimiento consistió en colocar en viales eppendorf 50 μ L de cada una de las muestras diluidas con ácido oxálico al 0.4% más 50 μ L de amortiguador de acetatos y 400 μ L de DCPI. Se determinó la absorbancia 520 nm, utilizando como blanco ácido oxálico al 0.4% en un lector de microplacas (modelo Power Wave XS, Biotek).

Curva estándar de ácido ascórbico

Para la determinación de la concentración de las muestras se utilizó una curva estándar expresada en mg de ácido ascórbico/L (Anexo 1)

5.2.5. Determinación de manguiferina

Se utilizó el método colorimétrico descrito por Chang *et al.* (2002). El método consiste en tomar 100 μ L de cada una de las muestra en viales eppendorf diluidas con 300 μ L etanol más 20 μ L de $AlCl_3$ al 10% y 600 μ L de acetato de potasio (0.03 M) inmediatamente las muestras se agitaron en vortex y se incubaron a 30°C por una hora. Transcurrida la hora se midió la absorbancia a una longitud de onda de 410 nm.

Curva estándar de manguiferina

Para la determinación de la concentración de las muestras se utilizó una curva estándar expresada en mg de manguiferina/mL (Anexo 1)

5.2.6. Determinación de flavonoides totales

El contenido de flavonoides totales se determinó de acuerdo al método descrito por Zhishen (1999) ligeramente modificado. En un vial eppendorf se colocaron 50 μ L de muestra más 100 μ L de agua destilada, posteriormente se adicionaron 10 μ L de NaNO_2 al 15% y se agitó en un vortex dejando en reposo por 6 min a temperatura ambiente. Transcurrido el tiempo se agregaron 15 μ L de AlCl_3 al 10% y se agitó nuevamente en el vortex dejando en reposo por 6 minutos. Una vez que paso el tiempo se le adicionaron 200 μ L de NaOH al 4%. La lectura de absorbancias se realizó a una longitud de onda de 510 nm.

Curva estándar de quercetina

Para la determinación de la concentración de las muestras se utilizó una curva estándar expresada en μ g de quercetina/mL (Anexo 1)

5.2.7. Determinación de la actividad antirradical por el método 1,1-difenil-2-picrilhidracil (DPPH•)

La actividad antirradical con base en el DPPH• se evaluó de acuerdo al procedimiento reportado por Morales y Jiménez-Pérez (2001). La actividad antioxidante se expresó en μ mol equivalente de Trolox/L (μ mol ET/L). El Trolox (Carboxílico 6-hidroxi-2, 5, 7,8-tetrametilcromo) es una molécula que presenta una fuerte actividad antirradical.

Para la determinación de la actividad antirradical DPPH• se utilizaron los factores de dilución indicados en el Anexo 2.

La técnica consistió en preparar una solución de DPPH• a una concentración de 7.4 mg/100 mL en etanol y se agitó por 10 min. Posteriormente se colocaron 50 μ L de las

muestras en viales, se les agregó 250 μL de la solución de DPPH \cdot , se agitaron vigorosamente y se dejaron reposar a temperatura ambiente durante una hora.

Transcurrido este tiempo los viales se centrifugaron en una microcentrífuga a 10000 rpm durante 5 min a temperatura ambiente y posteriormente se midió la absorbancia del sobrenadante a una longitud de onda de 520 nm.

Curva estándar de Trolox

Para la determinación de la concentración de las muestras se utilizó una curva estándar expresada en $\mu\text{mol ET/L}$ (Anexo 1).

5.2.8. Determinación de la actividad antirradical por el método del ABTS $^{++}$

La capacidad de atrapamiento del catión estable ABTS $^{++}$ fue determinada de acuerdo al método reportado por Re *et al.*, (1999) y Kuskoski *et al.*, (2004). El radical ABTS $^{++}$ se obtiene tras la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato potásico (2.45 mM), a una relación (v/v) 1:0.5, incubados a 4°C en la oscuridad durante 16 h. Una vez formado el radical ABTS $^{++}$ se diluyó con etanol hasta obtener un valor de absorbancia comprendido entre 0.70 ($\pm 0,1$) a 754 nm. Se añadieron 20 μL de la muestra a 980 μL de dilución del radical ABTS $^{++}$. Se dejó reposar 7 min y se midió la absorbancia a 754 nm. Los resultados se expresaron en EVC (equivalente a vitamina C). Las muestras se diluyeron (factores de dilución indicados en el Anexo 2) adecuadamente con agua hasta que se produjo una inhibición del 20 al 80% del color inicial de la solución de ABTS $^{++}$.

Curva estándar de Ácido Ascórbico

Para la determinación de la concentración de las muestras se utilizó una curva estándar expresada en mg EVC/100mL (Anexo 1).

5.2.9. Determinación de la actividad quelante

Para la determinación de la actividad quelante se utilizó el método reportado por Guicin *et al.*, (2003), el cual se basa en la reacción de la molécula quelante de referencia con el ion ferroso (Fe_2^+) posteriormente el ion ferroso que no fue quelado o secuestrado reacciona con la ferrozina generando color, el cual es medido espectrofotométricamente a una longitud de onda de 562 nm.

Para la determinación de la actividad quelante se realizaron las siguientes soluciones:

- Solución de cloruro férrico II tetrahidratado 2 mM; solución de ferrozina (sal ácida de sodio 3(2-piridil)-5,6-difenil-1, 2, 4-triazina-4',4'') 5 mM; Solución de EDTA (Ácido etilendiaminotetracético) 0.1 M

Para la determinación de la actividad quelante se utilizaron los siguientes factores de dilución indicados en el Anexo 2.

Se colocaron 50 μ L de muestra en viales, se agregaron 25 μ L de una solución de cloruro férrico II tetrahidratado (2 mM) y 225 μ L de metanol; se agitó en vortex dejando en reposo por 5 min a temperatura ambiente. Posteriormente se adicionaron 200 μ L de Ferrozina (5mM), se agitó en vortex y se dejó en reposo por 10 min a temperatura ambiente. La lectura de absorbancia se realizó a una longitud de onda de 562 nm. Como agente quelante de referencia se empleó EDTA a 0.001 M y como muestra control se utilizó agua desionizada, bajo las mismas condiciones.

Curva estándar de EDTA

Para la determinación de la concentración de las muestras se utilizó una curva estándar expresada en EDTA M/L (Anexo 1).

5.2.10. Determinación de la capacidad reductora de Fe (III) a Fe (II) (FRAP)

La habilidad de los compuestos para reducir el hierro (III) a hierro (II) se determinó por el método de Hinneburg *et al.*, (2006). La mayoría de las actividades antioxidantes de carácter no enzimático involucran procesos redox. El ensayo de FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) se basa en la capacidad de los polifenoles de reducir moléculas de Fe (III) a Fe (II) (Benzie & Strain, 1996).

Para la determinación de la capacidad reductora de Fe (III) a Fe (II) se utilizaron los factores de dilución indicados en el Anexo 2.

En un vial eppendorf se colocaron 25 μL de la muestra, 63 μL de buffer de fosfatos (PBS) con una concentración de 0.2 M, pH 6.6 y 63 μL de hexacianoferrato de potasio ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$). Se incubaron durante 30 minutos a 50°C , posteriormente se agregaron 63 μL de ácido tricloroacético al 1%, se agitaron en el vortex por 2 minutos e inmediatamente después se centrifugaron durante 10 minutos a 10 rpm. Después de esto se tomó un alícuota de 63 μL de sobrenadante y se colocó en otro eppendorf y se procedió a agregarle 63 μL de agua destilada y 12.5 de FeCl_3 al 0.1%. Finalmente se leyó la absorbancia a 700 nm.

Curva estándar de ácido ascórbico

Para la determinación de la concentración de las muestras se utilizó una curva estándar expresada en mg de ácido ascórbico/100 mL (Anexo 1)

5.3. Metodología para la elaboración y análisis de la actividad antioxidante de la harina de pulpa y cáscara de mango

5.3.1. Procedimiento de secado

Los ensayos de secado se realizaron en un secador de flujo horizontal marca Terlab bajo condiciones variadas de velocidad de aire (1, 1.88, 4, 6.12 y 7 m/s) y temperaturas de (50, 54, 65, 76 y 80°C). En cada ensayo, la pulpa se distribuyó en una superficie de acrílico de 20 cm de ancho por 20 cm de largo formando una

película de un grosor de 0.5 mm. El secado finalizó cuando la muestra llegó a peso constante.

5.3.2. Molienda de la pulpa deshidratada

La pulpa deshidratada se pulverizó en un mortero de laboratorio hasta obtener un polvo fino.

5.3.3. Preparación de la muestra

Se pesó 0.1 mg de harina en un eppendorf y se diluyó en 1 ml de agua destilada. Posteriormente se agitó en el vortex por 7 minutos, inmediatamente después los eppendorf se metieron a una microcentrifuga a 10000 rpm por 10 min a temperatura ambiente. El sobrenadante que se obtuvo se extrajo con una jeringa y se ultrafiltró con un filtro de PVDF de 0.22 μm de tamaño de poro. Posteriormente las muestras se almacenaron a -18°C para su posterior análisis.

5.3.4. Determinación de la actividad antioxidante y compuestos pardos en las harinas obtenidas

Se realizaron tres técnicas anteriormente descritas:

1. Determinación de compuestos fenólicos.
 2. Determinación de ácido ascórbico.
 3. Determinación de la actividad antirradical por el método 1,1-difenil-2-picrilhidracil (DPPH•). La actividad antirradical solo se determinó por este método porque está correlacionada ($p \leq 0.01$) con las otras técnicas (ABTS•+ y el método FRAP).
- La determinación de compuestos pardos se llevó a cabo mediante la medición de la absorbancia a 420 nm (Sumaya-Martinez *et. al.*, 2005a).

5.4. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en las diferentes determinaciones fueron analizados por pruebas de ANOVA con arreglos de media de Duncan ($p \leq 0.05$), así mismo se realizaron correlaciones entre las distintas determinaciones para lo cual se utilizó el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 18. La recopilación de los datos se llevó a cabo por medio de Excel versión 2010.

Se utilizó la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR), para la determinación del diseño experimental y optimización de condiciones se escogió el Diseño Central Compuesto (DCC), de segundo orden, a cinco niveles de variación. Las variables de proceso seleccionadas fueron: temperatura de secado y velocidad de aire. Los niveles bajo y alto fueron: 50 y 80°C para la temperatura y 1 y 7 m/s para la velocidad de aire, resultando 11 corridas experimentales. Las variables de respuesta seleccionadas fueron la concentración de compuestos fenólicos totales, concentración de ácido ascórbico, actividad antirradical (DPPH•) y pardeamiento no enzimático. La Tabla 5 muestra las corridas y condiciones de proceso.

El análisis de superficie de respuesta y el DCC para ajustar dicha superficie se llevaron a cabo en el paquete estadístico Minitab 16.

Las temperaturas y velocidades de aire que se establecieron para este experimento se encuentran dentro de los rangos reportados por diferentes autores (Dissa *et al.*, (2008); Yan *et al.*, (2008); Ocampo, 2006; Reis *et al.*, 2006; Azeredo *et al.*, (2005); Kohayakawa *et al.*, 2004) para la deshidratación o secado de pulpa de mango.

Tabla 5. Corridos experimentales resultantes del diseño DCC de la metodología de superficie de respuesta.

Corridos	Tratamientos		Variables de respuesta			
	Temperatura °C	Velocidad m/s	Compuestos fenólicos totales (mg EAG/L)	Ácido ascórbico (mg de ácido ascórbico/L)	Actividad antirradical (μ mol ET/L)	Pardeamiento no enzimático (Abs a 420 nm)
1	54	1.87	592.436	54.476	3962.98	0.1117
2	54	6.12	587.949	115.048	4994.56	0.0910
3	75	1.87	657.821	54.119	7413.86	0.1403
4	75	6.12	694.679	102.687	5307.72	0.1497
5	65	1	568.077	46.619	3956.84	0.1360
6	65	7	616.795	104.095	5148.07	0.1207
7	50	4	603.333	121.238	4448.07	0.1147
8	80	4	843.077	78.381	8703.33	0.1650
9	65	4	636.026	68.857	5841.93	0.1250
10	65	4	696.603	104.571	5964.74	0.1300
11	65	4	687.949	95.048	6136.67	0.1387

5.5. Determinación de hidroximetilfurfural (HMF)

Para la preparación de las muestras se realizó una extracción líquido-líquido (v/v agua-hexano 1:4). Se pesaron 0.05 g de harina en un tubo de ensayo, posteriormente se le adicionó 1 mL agua destilada y se agitó por 7 minutos, después de la agitación se le agregaron 4 mL de hexano y nuevamente se agitaron por 7 minutos y se dejaron en reposo por 10 minutos hasta que la fase acuosa se separó de la fase orgánica, la fase líquida se extrajo con una micro jeringa y se inyectó en el equipo cromatográfico.

Se utilizó un cromatógrafo de gases (GC) modelo 3900, acoplado a un detector de espectrometría de masas (MS) modelo 2100T ambos marca Varian (Milford, MA, USA). Para la adquisición y el análisis estadístico de los datos se utilizó el Software System control versión 6.9, marca Varian (Palo Alto, CA, USA).

La inyección se realizó en modo splitless durante 5 minutos. La temperatura del puerto de inyección del cromatógrafo de gases se fijó a 190°C. El GC-MS estaba equipado con una columna capilar VF-5MS, 30 m x 0.25 mm x 0.25 μ m marca

Agilent. Se empleó helio como fase móvil a un flujo de 1 ml/min. El horno se programó a 50°C durante 1 minuto, luego una rampa de 20 °C/min hasta alcanzar los 250°C y se mantuvo por 20 minutos. El detector de masas operó en un rango de 40 a 650 masa/carga (m/z).

5.6. Análisis bromatológico

Para las diferentes determinaciones se utilizaron las siguientes técnicas: Humedad NMX-F-83-1986; minerales Método 7009 de AOAC 1994; grasa NMX-F-089-1978; fibra NMX-F-090-S-1978; proteína NOM-F-068-S-1980 y la cantidad de carbohidratos se obtuvo por diferencia.

6. Resultados

6.1. Análisis fisicoquímicos

6.1.1. pH

Los valores obtenidos y las diferencias de pH de los purés de mango de las tres variedades analizadas (Ataulfo, Tommy y Kent) se pueden observar en la figura 5, gráfica A.

Se observa que los purés de mango no tuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los niveles de pH, el puré de mango la variedad Ataulfo presentó en promedio un pH de 3.79, y las variedades de Tommy y Kent presentaron en promedio un pH de 3.42 y 3.75, respectivamente.

Los valores obtenidos fueron muy semejantes a los reportados por Perkins-Veazie *et al.*, (2007) quien analizó el pH en tres variedades de mango, Ataulfo, Tommy y Kent, obteniendo para la variedad Ataulfo 4.08, en la variedad Tommy 3.78 y la variedad Kent 3.54.

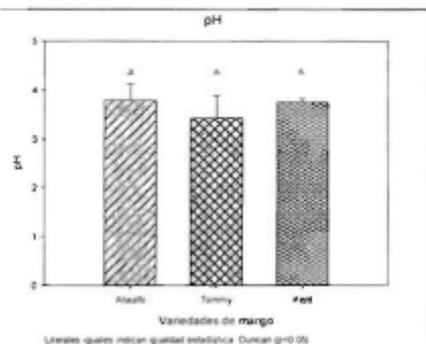
6.1.2. Sólidos solubles totales (°Bx)

El promedio de °Bx del puré de la variedad Ataulfo fue de 16 ± 1 %, la variedad Tommy presentó 15.1 ± 0.17 % y para la variedad Kent el resultado obtenido fue de 15.46 ± 1.22 % (Figura 5 gráfica B). No hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la concentración de sólidos solubles.

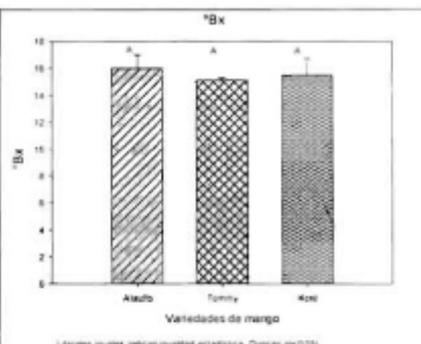
De acuerdo a la norma NMX-FF-058-SCFI-2006 los °Bx del mango Ataulfo con calidad comercial no debe ser menor a 2.9%, para la variedad Tommy el valor mínimo de °Bx es de 7.3% y en la variedad Kent la mínima cantidad es de 7.4%.

Perkins-Veazie *et al.*, (2007) analizó los °Bx en tres variedades de mango Ataulfo, Tommy y Kent, obteniendo para la variedad Ataulfo 18.5%, en la variedad Tommy 13.9% y la variedad Kent 16.2%.

Los resultados obtenidos están dentro de los valores reportados en la norma NMX-FF-058-SCFI-2006 y los presentados por Perkins-Veazie *et al.*, (2007).



Gráfica A



Gráfica B

Figura 5. Gráficas de análisis fisicoquímicos de los purés de mango (Ataulfo, Tommy y Kent)

6.2. Compuestos bioactivos de los purés de pulpa y cáscara de mango

6.2.1. Compuestos fenólicos totales

Se determinó la concentración de compuestos fenólicos totales para los purés de las diferentes variedades de mango utilizadas, donde se observa que el puré de mango Ataulfo mostró mayor cantidad de compuestos fenólicos con 885.23 ± 49.50 mg EAG/L mientras que la de menor concentración fue la variedad Tommy con 237.33 ± 43 mg EAG/L (Figura 6, gráfica A).

Aplicando la comparación de medias por el método de Duncan ($p \leq 0.05$) se obtuvo que las medias de los tres purés de las variedades de mango estudiadas son diferentes.

De acuerdo con un análisis de correlación, la concentración de compuestos fenólicos está correlacionada ($p \leq 0.01$) con la actividad antirradical DPPH• ($r^2=0.91$), ABTS•+ ($r^2=0.94$), FRAP ($r^2=0.91$), así mismo, esta correlacionada a un nivel de significancia ($p \leq 0.05$) con la concentración de ácido ascórbico ($r^2= 0.77$) y la concentración de flavonoides totales ($r^2=0.79$).

La actividad antirradical que aportan los compuestos fenólicos en el puré al atrapar los radicales DPPH•, ABTS•+, así como la capacidad que tiene de reducir moléculas de Fe (III) a Fe (II) se correlacionan fuertemente. El ácido ascórbico y los flavonoides pueden actuar de igual manera proporcionando capacidad antirradical.

Schieber *et al.*, (2000) reportó que dentro de la composición polifenólica de la pulpa de mango *sp.* se encuentra la manguiferina, ácido gálico (m-digálico y ácido m-trigálico), galotaninos, quercetina, isoquercetina, ácido elágico, y β -glucogalin. Por su parte Kim *et al.*, (2007) reportaron que el ácido gálico es el principal polifenol presente en el mango. Estudios realizados por Perkins-Veazie *et al.*, (2007) en tres variedades de mango (Ataulfo, Tommy y Kent), mostraron que la variedad Ataulfo presentó la mayor concentración de compuestos fenólicos expresados en EAG mg/kg (806 a 1309 EAG mg/kg) con respecto a las otras dos variedades.

6.2.2. Ácido ascórbico

El puré de la variedad Ataulfo presentó mayor concentración de ácido ascórbico con un promedio de 424.72 ± 50.14 mg/L, el puré de la variedad Kent mostró un promedio de 148.70 ± 44.38 y el puré de la variedad Tommy mostró la menor cantidad de ácido ascórbico con un promedio de 6.5 ± 1.12 mg/L (Figura 6, gráfica B).

Con un nivel de significancia ($p \leq 0.05$) se obtuvo que existen diferencias significativas de la cantidad de ácido ascórbico de los purés de las tres variedades estudiadas.

Mediante un análisis de correlación se obtuvo que la concentración de ácido ascórbico está correlacionada ($p \leq 0.01$) con la actividad antirradical DPPH• ($r^2=0.90$) y a un nivel de significancia ($p \leq 0.05$) con la concentración de compuestos fenólicos ($r^2=0.77$), la actividad antirradical ABTS•+ ($r^2=0.72$) y FRAP ($r^2=0.73$).

El ácido ascórbico presente en el jugo proporciona la capacidad de atrapamiento de los radicales DPPH• y ABTS•+ y tiene la capacidad de reducir el Fe (III) a Fe (II). Los compuestos fenólicos junto con el ácido ascórbico pueden aportar de manera importante la actividad antioxidante total del jugo.

Perkins-Veazie *et al.*, (2007) analizaron la concentración de ácido ascórbico en tres variedades de mango (Ataulfo, Tommy y Kent) y demostraron que la variedad Ataulfo presentó la mayor concentración de este compuesto (125.4 mg/100g) con respecto a las otras dos variedades.

6.2.3. Manguiferina

La determinación de manguiferina promedio del puré de la variedad Ataulfo fue de 41.83 ± 32.42 mg de manguiferina/mL, mientras que el puré de la variedad Tommy promedió 44.27 ± 4.53 y el puré de la variedad Kent con un promedio de 57.33 ± 0.70 mg de manguiferina/mL (Figura 6, gráfica C).

A un nivel de significancia ($p \leq 0.05$), no existen diferencias significativas entre los tres purés de las variedades estudiadas. Para el análisis de correlación no se obtuvo ninguna correlación positiva con las otras determinaciones realizadas.

Diferentes estudios realizados en el fruto de mango *sp.* indican que el contenido de manguiferina en pulpa de mango se encontró alrededor de 4.4 mg/kg (Schieber *et al.*, 2000), de almendra de la semilla 42 mg/kg (Ahmed *et al.*, 2007), mientras que en la cáscara de mango seca fue de 1.690 mg/kg (Berardini *et al.*, 2005a). En la corteza del tallo del árbol de mango, la manguiferina fue el compuesto fenólico más abundante, que se estima en alrededor de 71.4 g/kg (Rastraelli *et al.*, 2002)

6.2.4. Flavonoides totales

La determinación de flavonoides totales promedio del puré de la variedad Ataulfo fue de 41.76 ± 3.07 mg/mL de μg de quercetina/mL, mientras que el puré de la variedad Tommy promedió 18.43 ± 3.94 y el puré de la variedad Kent con un promedio de 23.82 ± 12.21 μg de quercetina/mL (Figura 6, gráfica D).

A un nivel de significancia ($p \leq 0.05$) se obtuvo que las medias de los tres purés de las variedades de mango estudiadas son diferentes.

De acuerdo con un análisis de correlación de los tres purés de las variedades de mango estudiadas los flavonoides totales están correlacionados ($p \leq 0.01$) con la actividad antirradical (ABTS^{•+}) ($r^2 = 0.91$), capacidad reductora de Fe (III) a Fe (II) (FRAP) ($r^2 = 0.87$) y a un nivel de significancia ($p \leq 0.05$) con el contenido de compuestos fenólicos ($r^2 = 0.79$).

La cantidad de flavonoides presentes en el puré confieren el atrapamiento del radical ABTS^{•+} y al mismo tiempo proporciona capacidad reductora de Fe (III) a Fe (II) de ahí que estén correlacionados fuertemente. Los compuestos fenólicos junto con los flavonoides pueden aportar de manera importante la actividad antirradical total del puré.

Harborne, (1994) reportó los flavonoides que se encuentran presentes en el fruto de mango *sp.*, siendo principalmente la catequina, epicatequina, quercetina, isoquercetina (quercetina-3-glucósido), fisetina y astragalina (kaempferol-3-glucósido). Schieber *et al.*, (2000) demostraron la presencia de quercetina y glicósidos relacionados en la pulpa de mango *sp.*, reportando 22.1 mg/kg de quercetina 3-galactósido, seguida de la quercetina 3-glucósido (16.0 mg/kg) y quercetina 3-arabinósido (5.0 mg/kg). Berardini *et al.*, (2005b) reportaron que en la cáscara de mango *sp.*, se encontraron mayores cantidades de quercetina

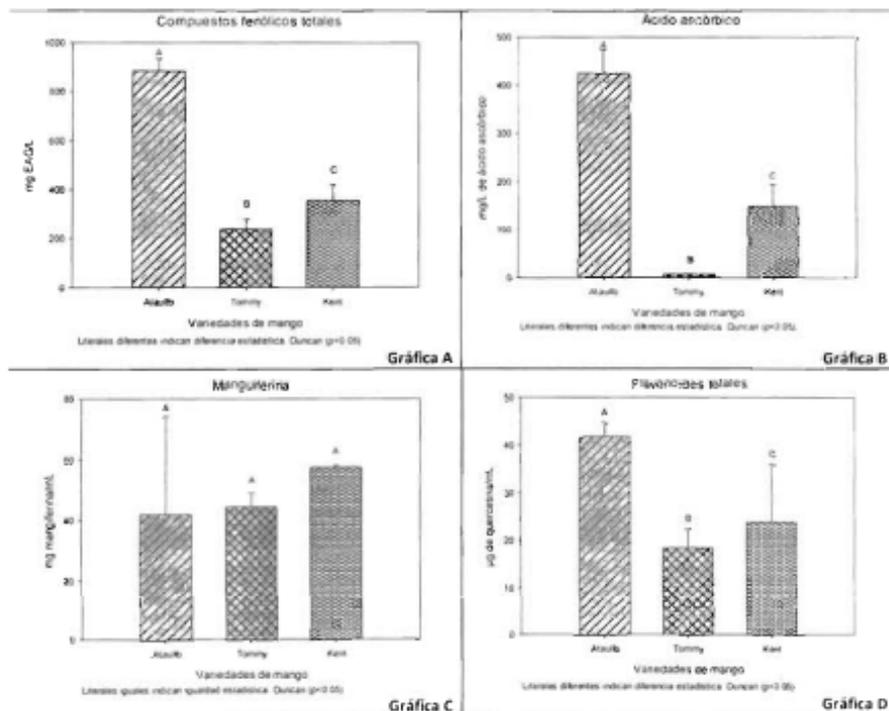


Figura 6. Gráficas de la concentración de compuestos bioactivos de los purés de mango (Ataulfo, Tommy y Kent)

6.3. Actividad antioxidante de los purés de pulpa y cáscara de mango

6.3.1. Actividad antirradical por el método 1,1-difenil-2-picrilhidracil (DPPH•)

El puré de la variedad Ataulfo presentó la mayor actividad antirradical con $7323.16 \pm 1674.18 \mu\text{mol ET/L}$, el puré de la variedad Kent mostró una actividad antirradical de $3768.5 \pm 290.69 \mu\text{mol ET/L}$ y por último el puré de la variedad Tommy presentó la menor actividad antirradical con 1236.16 ± 253.77 (Figura 7, gráfica A).

Mediante el método de Duncan de comparación de medias ($p \leq 0.05$) nos indica que las medias de los tres purés de las variedades de mango estudiadas son diferentes entre si.

De acuerdo con un análisis de correlación de los tres purés de las variedades de mango estudiadas la actividad antirradical está correlacionada ($p \leq 0.01$) con la actividad antirradical de los métodos ABTS•+ ($r^2 = 0.89$), FRAP ($r^2 = 0.91$), con la concentración de compuestos fenólicos ($r^2 = 0.91$), el contenido de ácido ascórbico ($r^2 = 0.90$) y a un nivel de significancia ($p \leq 0.05$) con el contenido de flavonoides totales ($r^2 = 0.78$).

La concentración de compuestos fenólicos, ácido ascórbico y flavonoides en conjunto pueden aportar la actividad antioxidante capaz de atrapar el radical DPPH•, ABTS•+ y la capacidad de reducir el Fe (III) a Fe (II) presente en el puré.

Kuskoski *et al.*, (2005) determinaron la actividad antioxidante (TEAC), equivalente a Trolox, de pulpa de frutos tropicales aplicando el método DPPH•, obteniendo en pulpa de mango sp. $13.7 \mu\text{mol ET/g}$ peso muestra. Estudios realizados por Poovarodom *et al.*, (2010) reportaron la actividad antioxidante por el método DPPH• de la pulpa de mango (Nam Dok Mai No. 4), presentando $27.31 \pm 1.3 \mu\text{mol ET/g}$ peso muestra.

6.3.2. Actividad antirradical por el método del ABTS•+

Los resultados obtenidos de la actividad antirradical por el método del ABTS•+ se pueden observar en la figura 7, grafica B, presentando un promedio de 50.06 ± 1.9

mg EVC/100mL para el puré de la variedad Ataulfo, el puré de la variedad Kent mostró una actividad antirradical de 23.49 ± 3.79 mg EVC/100mL y por último el puré de la variedad Tommy presentó un promedio de 21.57 ± 3.79 mg EVC/100mL.

Mediante una comparación de medias ($p \leq 0.05$) nos indica que la media del puré de mango Ataulfo fue diferente con respecto a las otras dos variedades.

Mediante un análisis de correlación de los tres purés de las variedades de mango estudiadas la actividad antirradical está correlacionada ($p \leq 0.01$) con la actividad antirradical DPPH• ($r^2=0.89$) y FRAP ($r^2=0.91$), con la concentración de compuestos fenólicos ($r^2 = 0.94$) y la cantidad de flavonoides totales ($r^2 = 0.91$) y a una significancia ($p \leq 0.05$) con el contenido de ácido ascórbico ($r^2 = 0.72$).

La concentración de compuestos fenólicos, ácido ascórbico y flavonoides en conjunto pueden aportar la actividad antioxidante presente en el puré, capaz de atrapar el radical DPPH•, ABTS•• y la capacidad de reducir el Fe (III) a Fe (II).

Poovarodom *et al.*, (2010) reportaron la actividad antioxidante por el método ABTS•• en pulpa de mango (Nam Dok Mai No. 4), presentando 25.54 ± 1.3 μ mol ET/g peso muestra. Kuskoski *et al.*, (2005) determinó la actividad antioxidante equivalente a vitamina C de pulpa de frutos aplicando el método ABTS••, obteniendo en pulpa de mango *sp.* 224.7 mg EVC/100g peso muestra.

6.3.3. Actividad quelante

Se observa que el puré de la variedad Ataulfo mostró el mayor porcentaje de actividad quelante (0.00076 ± 0.00026 equivalentes EDTA M/L), mientras que el puré de la variedad Kent presentó el menor porcentaje ($0.00034 \pm 8.4 \times 10^{-5}$ equivalentes EDTA M/L) de actividad quelante.

En la figura 7, grafica C se puede observar los resultados de la actividad quelante de los purés de las tres variedades de mango estudiadas, representados como equivalentes EDTA M/L.

A un nivel de significancia ($p \leq 0.05$), existen diferencias significativas entre el puré de la variedad Ataulfo con respecto al puré de la variedad Kent, por su parte el puré de la variedad Tommy no fue significativamente diferente a las medias de los purés de las variedades Ataulfo y Kent. Para el análisis de correlación no se obtuvo ninguna correlación positiva con las otras determinaciones realizadas.

No se encontraron reportados de estudios sobre la actividad quelante en mango.

6.3.4. Capacidad reductora de Fe (III) a Fe (II) (FRAP)

La capacidad reductora de Fe (III) a Fe (II) promedio del puré de la variedad Ataulfo fue de 38.58 ± 4 mg/mL de ácido ascórbico, mientras que el puré de la variedad Tommy promedió 17.56 ± 2.8 mg/mL de ácido ascórbico y el puré de la variedad Kent con un promedio de 26.31 ± 3.5 mg/mL de ácido ascórbico (Figura 7, gráfica D).

Aplicando la comparación de medias por el método de Duncan ($p \leq 0.05$) se obtuvo que las medias de los purés de las tres variedades de mango estudiadas son diferentes.

Realizando un análisis de correlación de los tres purés de las variedades de mango estudiadas la actividad antirradical está correlacionada ($p \leq 0.01$) con la actividad antirradical de los métodos DPPH• ($r^2=0.91$) y ABTS•+ ($r^2=0.91$), la concentración de compuestos fenólicos ($r^2 = 0.91$) y la cantidad de flavonoides totales ($r^2 = 0.87$) y a una significancia ($p \leq 0.05$) con el contenido de ácido ascórbico ($r^2 = 0.73$).

La capacidad de reducir el Fe (III) a Fe (II) puede estar dada por la concentración de compuestos fenólicos, flavonoides y ácido ascórbico presentes en el puré, además de aportar actividad antirradical al atrapar el radical DPPH• y ABTS•+.

Corral-Aguayo *et al.*, (2008) analizó la actividad antioxidante por el método de capacidad reductora de Fe (III) a Fe (II) (FRAP) ocho cultivos hortícolas entre los cuales se encontraba el mango *sp.*, presentando este una actividad antioxidante aproximada de 1250 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ peso muestra. Poovarodom *et al.*, (2010)

reportaron la actividad antioxidante por el método FRAP en pulpa de mango (Nam Dok Mai No. 4), presentando $11.85 \pm 0.5 \mu\text{mol ET/g}$ peso muestra.

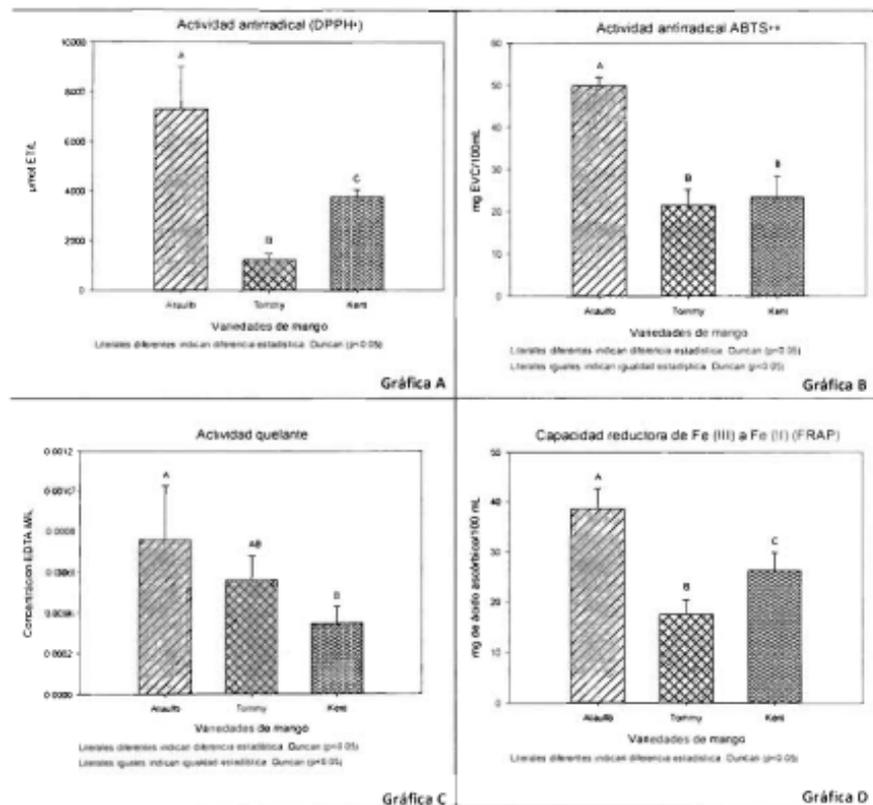


Figura 7. Graficas de la actividad antioxidante de los purés de mango (Ataulfo, Tommy y Kent)

7. Análisis de superficie de respuesta

De los resultados anteriores se eligió el puré de pulpa y cáscara del mango Ataulfo para llevar a cabo el análisis de superficie de respuesta donde se analizó el efecto de la temperatura y velocidad de flujo de aire sobre la concentración de compuestos fenólicos totales, ácido ascórbico y actividad antirradical (DPPH•).

7.1. Curvas de secado

En la figura 8 se presenta la pérdida del peso con respecto al tiempo de los diferentes tratamientos, se puede observar que todos los tratamientos llegaron a un peso constante de 5.08 ± 0.1 g.

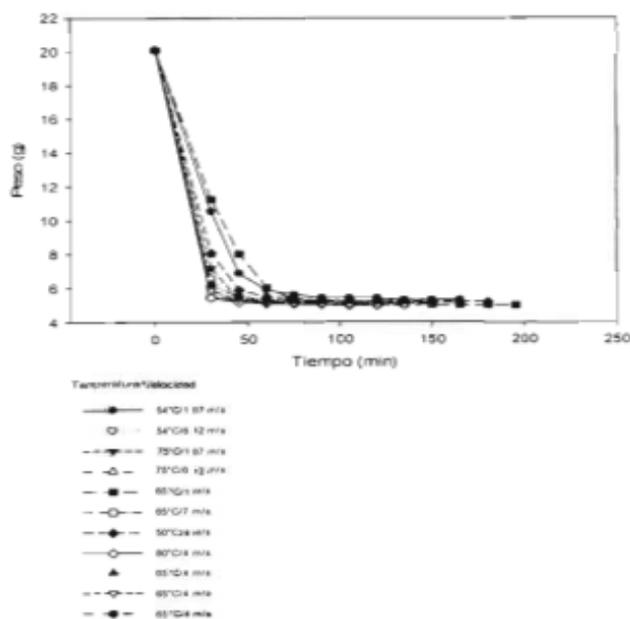


Figura 8. Curvas de secado

7.2. Concentración de compuestos fenólicos totales

La concentración de compuestos fenólicos totales para las diferentes harinas analizadas expresados en equivalentes de ácido gálico (EAG) nos indican que el tratamiento 8 (80°C, 4 m/s) presentó la mayor concentración de compuestos fenólicos 843.07 ± 9.27 mg EAG/L. Por su parte el tratamiento 5 (65°C, 1 m/s) mostró la menor cantidad de compuestos fenólicos 568.07±11.08 mg EAG/L (Figura 9).

Con un nivel de significancia $p \leq 0.05$ se obtuvo que existe diferencia significativa del tratamiento 8 con respecto a las medias de todos los tratamientos restantes. De acuerdo con un análisis de correlación la concentración de compuestos fenólicos está correlacionada a un nivel de significancia del 0.01 con la actividad antirradical DPPH• ($r^2=0.80$) y con el pardeamiento no enzimático ($r^2= 0.75$).

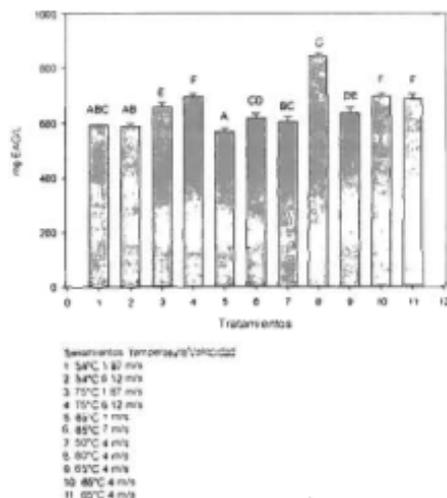


Figura 9. Concentración de compuestos fenólicos totales de los tratamientos realizados para la MSR

Los resultados experimentales de la concentración de compuestos fenólicos expresados en mg EAG/L (Z) fueron procesados estadísticamente (Minitab 16). Se obtuvo un $R^2=0.86$ y una probabilidad de F de $p \leq 0.022$, para el siguiente modelo matemático ajustado.

$$Z = 913.417 + 59.119 \cdot V - 17.410 \cdot T - 10.376 \cdot V^2 + 0.166 \cdot T^2 + 0.459 \cdot V \cdot T$$

Los términos que mayormente influyen en la concentración de compuestos fenólicos totales durante el secado fueron: la temperatura (T, $p \leq 0.005$) y la velocidad de aire (V^2 , $p \leq 0.031$).

A través de este modelo se obtuvo la gráfica de superficie de respuesta mostrada en la figura 10.

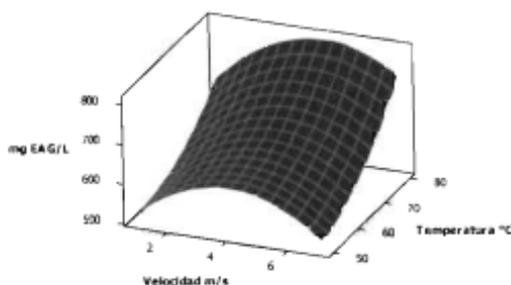


Figura 10. Gráfica de superficie de concentración de compuestos fenólicos (EAG mg/mL) vs. temperatura, velocidad de aire

La superficie de respuesta muestra que las menores concentraciones de compuestos fenólicos se obtuvieron a temperaturas de 50°C y velocidades de 1 y 7 m/s, ya que probablemente a esas condiciones de proceso no se fomentó la formación de dichos compuestos a través de la reacción de Maillard. Sin embargo, los compuestos

fenólicos presentes en la pulpa y cáscara de mango con la que se elaboró la harina pudieron haberse mantenido sin modificaciones ya que existe evidencia que indican que los flavonoides, muestran una alta estabilidad molecular y soportan temperaturas hasta de 300 °C debido a la elevada resonancia conferida por los anillos bencénicos presentes en su estructura química (Magloire *et al.*, 2006; Tesoriere *et al.*, 2005; Kuti, 2004; Badui, 1996).

En la gráfica de contorno (Figura 11) se observó que la máxima concentración de compuestos fenólicos (valores > 800 mg EAG/L) se obtuvo a velocidades de aire de 4 a 5.2 m/s y temperaturas desde los 79.5°C hasta las 80°C. Sumaya-Martinez *et al.*, (2005a) señala que el tratamiento térmico en los alimentos puede fomentar la formación de compuestos fenólicos formados durante las reacciones de Maillard y de caramelización.

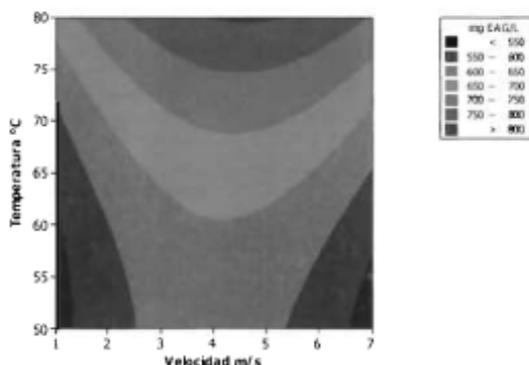


Figura 11. Gráfica de contorno de concentración de compuestos fenólicos (EAG mg/L) vs. temperatura, velocidad de aire

En la Figura 12, se presenta la concentración de fenólicos totales del puré antes del proceso de secado y de la harina procesada a las condiciones de 80°C, 4 m/s. En términos de base seca se obtuvo 7.94 ± 0.31 mg de EAG/g en el puré inicial con que se elaboró la harina, mientras tanto en la harina obtenida se tuvo 9.13 ± 0.09 mg de EAG/g. Por lo tanto, se observa que la concentración de compuestos fenólicos aumento un 13%.

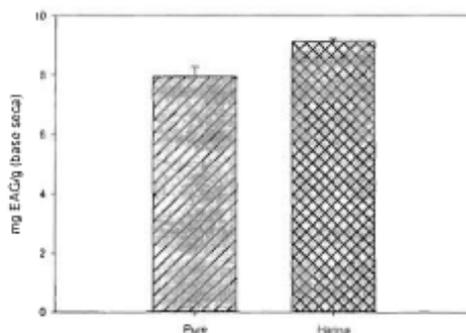


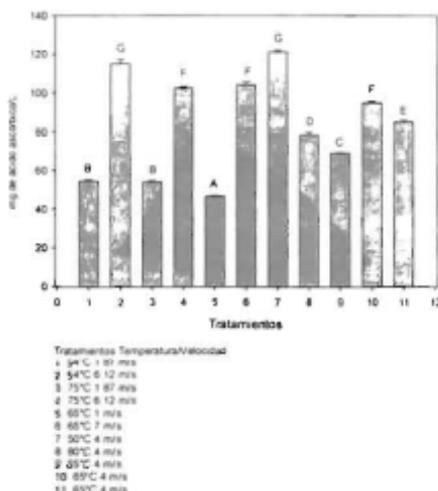
Figura 12. Gráfica comparativa de la concentración de compuestos fenólicos totales (mg EAG/g de muestra). Puré vs. Harina procesada a 80°C, 4 m/s

7.3. Concentración de ácido ascórbico

Las harinas que presentaron la mayor concentración de ácido ascórbico fueron los tratamientos 2 (54°C, 6.12 m/s) y 7 (50°C, 4 m/s) presentando 115.04 ± 2.06 y 121.23 ± 0.89 mg de ácido ascórbico/L, respectivamente. La menor cantidad de ácido ascórbico se presentó en los tratamientos 1 (54°C, 1.87 m/s), 3 (75°C, 1.87 m/s) y 5 (65°C, 1 m/s) con una concentración de 54.47 ± 0.74 , 54.11 ± 0.54 y 46.61 ± 0.54 mg de ácido ascórbico/L, respectivamente (Figura 13).

Con un nivel de significancia ($p \leq 0.05$) se obtuvo que la media de los tratamientos 2 y 7 son diferentes significativamente con respecto a los demás tratamientos y presentan la mayor cantidad de ácido ascórbico.

A un nivel de significancia del 0.01 no hubo correlación significativa con la concentración de compuestos fenólicos y la actividad antirradical (DPPH[•])



Letras diferentes indican diferencia estadística (Duncan $p < 0.05$)
Letras iguales indican igualdad estadística (Duncan $p > 0.05$)

Figura 13. Concentración de ácido ascórbico de los tratamientos realizados para la MSR

Los resultados experimentales de la concentración de ácido ascórbico expresados en mg de ácido ascórbico/L (Z) fueron procesados estadísticamente (Minitab 16). El análisis de regresión nos indica que el termino que mayormente influye en la concentración de ácido ascórbico fue la velocidad de aire (V , $p \leq 0.007$), el modelo matemático ajustado resultante obtuvo un $R^2 = 0.83$ y una probabilidad de F de $p \leq 0.048$.

$$Z = 174.074 + 35.051 \cdot V - 4.614 \cdot T - 1.897 \cdot V^2 - 0.134 \cdot V \cdot T + 0.0331 \cdot T^2$$

A través de este modelo se obtuvo la gráfica de superficie de respuesta mostrada en la figura 14. La superficie de respuesta de la concentración de ácido ascórbico muestra que la máxima concentración se obtuvo a temperaturas bajas y velocidades de aire altas (50°C, 7 m/s), esto quizás se puede deber a que la degradación de este compuesto es fuertemente dependiente de la temperatura del proceso tal y como lo indican Zaroni *et al.*, (1999) donde reporta la pérdida de este compuesto durante el secado de tomates a 80 y 100°C, de igual forma Sindoni (2008) indica que la degradación del ácido ascórbico se da por efecto del calor y del oxígeno.

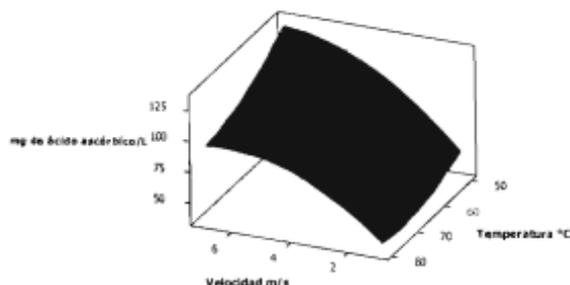


Figura 14. Gráfica de superficie de concentración de ácido ascórbico (mg de ácido ascórbico/L) vs. temperatura, velocidad de aire

De acuerdo a la gráfica de contorno de la Figura 15, la máxima concentración de ácido ascórbico (valores > 120 mg/L de ácido ascórbico) se logra a velocidades de 4.9 a 7 m/s y temperaturas desde los 50°C hasta las 55°C.

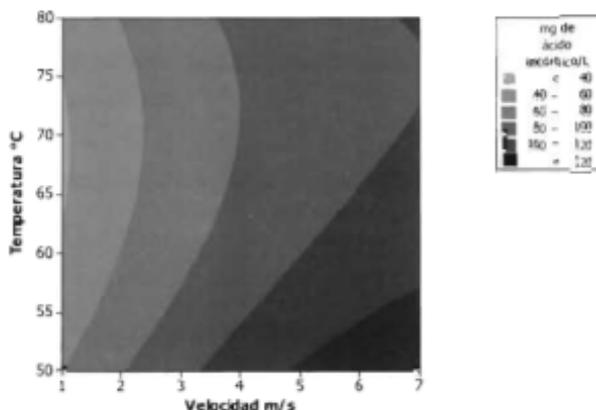


Figura 15. Gráfica de contorno de concentración de ácido ascórbico (mg de ácido ascórbico/L) vs. temperatura, velocidad de aire

La mínima concentración de ácido ascórbico se obtuvo a temperaturas altas (80°C) y bajas (50°C) con velocidades bajas (1 m/s) lo cual pudo deberse a que las muestras estuvieron mayor tiempo en contacto con el aire caliente dentro del secador. Estudios señalan que la degradación del ácido ascórbico es mayor en la medida que se incrementa el tiempo de exposición a factores oxidantes, como el oxígeno, y su efecto es aún mayor a temperaturas elevadas (Ramos, 2002).

En la Figura 16, se presenta la concentración de ácido ascórbico del puré antes del proceso de secado y de la harina procesada a las condiciones de 80°C, 4 m/s. En términos de base seca se obtuvo 1.110 ± 0.15 mg de ácido ascórbico/g de muestra del puré inicial con que se elaboró la harina, por otro lado la harina obtenida tuvo 0.693 ± 0.03 mg de ácido ascórbico/g, por lo tanto, se observa que la concentración de ácido ascórbico disminuyó 38%.

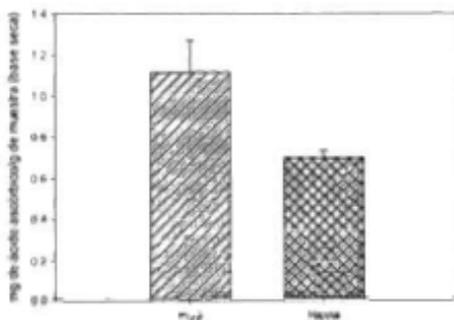
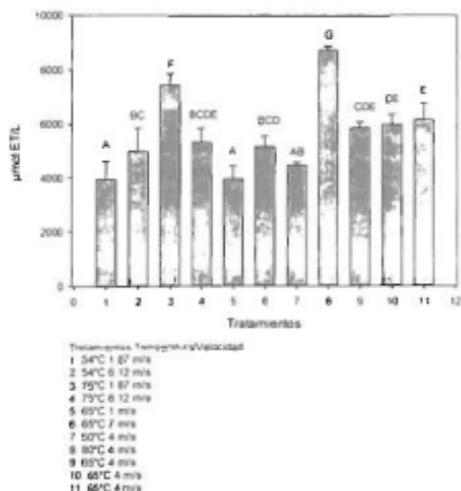


Figura 16. Gráfica comparativa de la concentración de ácido ascórbico (mg de ácido ascórbico/g de muestra). Puré vs. Harina procesada a 80°C, 4 m/s

7.4. Determinación de la actividad antirradical por el método 1,1-difenil-2-picrilhidracil (DPPH•)

Las harinas que presentaron la mayor actividad antirradical fueron los tratamientos 8 (80°C, 4 m/s) y 3 (75°C, 1.87 m/s) mostrando 8703.33 ± 167.14 y 7413.85 ± 442.23 expresados en $\mu\text{mol ET/L}$, respectivamente. Los tratamientos 1 (54°C, 1.87 m/s), 5 (65°C, 1 m/s) y 7 (50°C, 4 m/s) promediaron la menor actividad antirradical presentando 3962.98 ± 667.83 , 3956.84 ± 476.46 y 4448.07 ± 107.93 expresados en $\mu\text{mol ET/L}$ respectivamente (Figura 17).

Con un nivel de significancia ($p \leq 0.05$) se obtuvo que la media del tratamiento 8 es significativamente diferente a las media de todos los demás tratamientos. De acuerdo con un análisis de correlación la actividad antirradical está correlacionada a un nivel de significancia del 0.01 con la concentración de compuestos fenólicos ($r^2 = 0.80$) y con el pardeamiento no enzimático ($r^2 = 0.60$).



Letras diferentes indican diferencia estadística: Duncan ($p < 0.05$)
 Letras iguales indican igualdad estadística: Dunnett ($p < 0.05$)

Figura 17. Actividad antirradical (DPPH•) de los tratamientos realizados para la MSR

Los resultados experimentales de la actividad antirradical expresados en $\mu\text{mol ET/L}$ (Z) fueron procesados estadísticamente (Minitab 16). Los términos que mayormente influyen en la actividad antirradical durante el secado fueron: (T, $p \leq 0.002$) y la velocidad de aire (V^2 , $p \leq 0.027$) y la interacción entre la velocidad y la temperatura ($V \cdot T$, $p \leq 0.042$). Obteniéndose un $R^2 = 0.91$ y una probabilidad de F de $p \leq 0.009$, para el siguiente modelo matemático ajustado.

$$Z = -3578.34 + 3636.13 \cdot V - 47.11 \cdot T - 166.75 \cdot V^2 - 34.86 \cdot V \cdot T + 2.32 \cdot T^2$$

A través de este modelo se obtuvo la gráfica de superficie de respuesta mostrada en la figura 18.

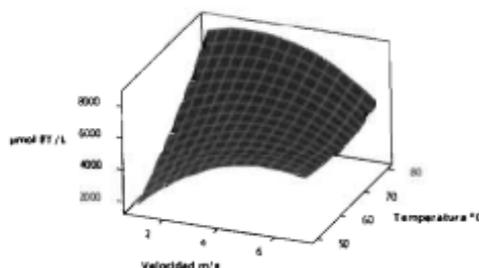


Figura 18. Gráfica de superficie de actividad antirradical ($\mu\text{mol ET/L}$) vs. temperatura, velocidad de aire

La superficie de respuesta de la actividad antirradical muestra que la máxima actividad antirradical se logró a temperaturas altas y velocidades bajas, esto quizá se deba a la formación de compuestos originados en la reacción de Maillard, los cuales se ha demostrado que contribuyen a la actividad antioxidante de los alimentos (Delgado-Andrade *et al.*, 2001; Navarro *et al.*, 2000; Seiquer *et al.*, 2000). Estos

compuestos también se forman durante el tratamiento térmico utilizado en la fabricación de otros alimentos, y son capaces de neutralizar la actividad de radicales libres como el DPPH• y el ABTS••, en función del grado de tostado (Summa *et al.*, 2006; 2008). En bebidas como el vino, el proceso de cocción del mosto favorece la activación de reacciones de pardeamiento no enzimático, con la consecuente formación de productos de la reacción de Maillard (Di Mattia *et al.*, 2007). De manera contraria a la máxima actividad antirradical la menor actividad antirradical se obtuvo a temperaturas bajas y velocidades de aire bajas (50°C, 1 m/s) muy posiblemente esto se deba a que no se fomentó la reacción de Maillard.

En la gráfica de contorno (Figura 19) se observa que la máxima actividad antirradical se alcanzó a velocidades de 1 a 4.3 m/s y temperaturas de 77 a 80°C obteniendo concentraciones > 80000 de $\mu\text{mol ET/L}$.

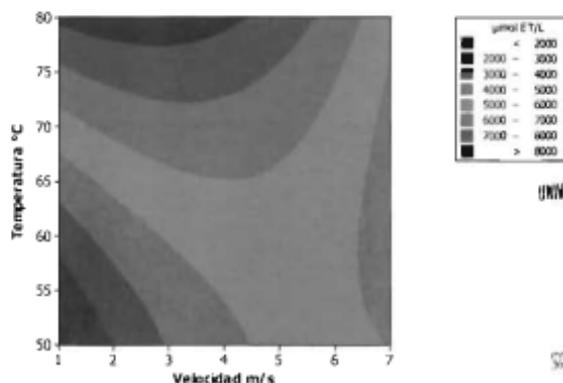


Figura 19. Gráfica de contorno de actividad antirradical vs. temperatura, velocidad de aire

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT



SISTEMA DE BIBLIOTECAS

En la Figura 20, se presenta la actividad antirradical del puré antes del secado y de la harina procesada a las condiciones de 80°C, 4 m/s. En términos de base seca se obtuvo $672.85 \pm 122.26 \mu\text{mol ET/g}$ en el puré inicial con que se elaboró la harina, por otro lado la harina obtenida tuvo $845.54 \pm 41.63 \mu\text{mol ET/g}$. Por lo tanto, se observa que la actividad antirradical aumento un 28%.

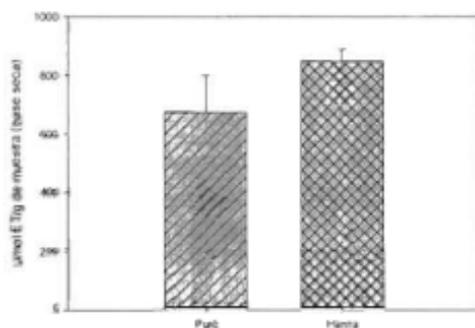


Figura 20. Gráfica comparativa de la actividad antirradical ($\mu\text{mol ET/g}$ de muestra). Puré vs. Harina procesada a 80°C, 4 m/s

7.5. Pardeamiento no enzimático

La harina que presentó el mayor pardeamiento no enzimático expresada como absorbancia a 420 nm fue el tratamiento 8 (80°C, 4 m/s). Con un nivel de significancia $p \leq 0.05$ se obtuvo que existe diferencia significativa del tratamiento 8 con respecto a las medias de todos los tratamientos restantes. De acuerdo con un análisis de correlación el pardeamiento no enzimático está correlacionada a un nivel de significancia del 0.01 con la concentración de compuestos fenólicos ($r^2 = 0.75$) y con la actividad antirradical DPPH• ($r^2 = 0.60$).

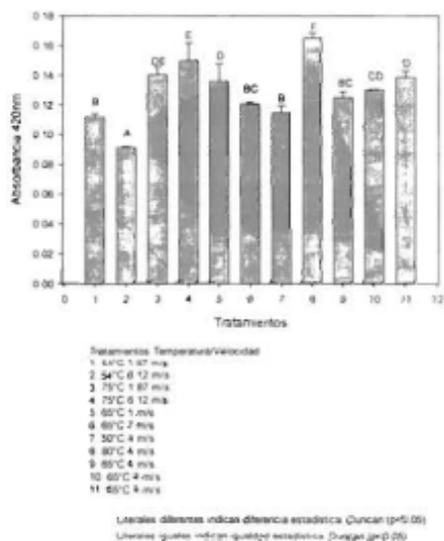


Figura 21. Pardeamiento no enzimático de los tratamientos realizados para la MSR

Los resultados experimentales del pardeamiento no enzimático expresados en absorbancia a 420 nm (Z) fueron procesados estadísticamente (Minitab 16). El análisis de regresión nos indica que el término que mayormente influye en el pardeamiento no enzimático fue la temperatura (T, $p \leq 0.001$). El modelo matemático ajustado resultante presentó un $R^2 = 0.90$ y una probabilidad de F de $p \leq 0.013$.

$$Z = 0.1486 - 0.0161 \cdot V - 0.0012 \cdot T - 9.27E-04 \cdot V^2 + 0.0003 \cdot V \cdot T + 1.40E-05 \cdot T^2$$

A través de este modelo se obtuvo la gráfica de superficie de respuesta mostrada en la figura 22.

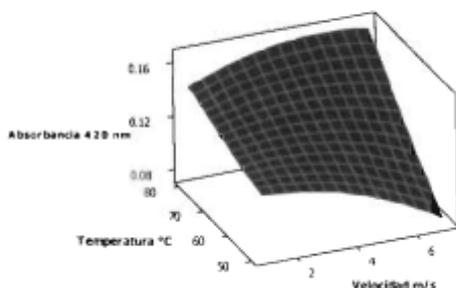


Figura 22. Gráfica de superficie de pardeamiento no enzimático vs. temperatura, velocidad de aire

La superficie de respuesta del pardeamiento no enzimático muestra que la máxima absorbancia se obtuvo a temperaturas elevadas (75 a 80°C) y velocidades de aire altas (7 m/s) por lo que se sugiere que se llevó a cabo la reacción de Maillard, estudios realizados con anterioridad (Mlotkiewicz, 1998; Somoza, 2005) muestran que la reacción de Maillard o pardeamiento no enzimático, se fomenta mientras aumenta la temperatura del procesamiento de los alimentos.

En la gráfica de contorno de la Figura 23 se observa que las condiciones donde se fomenta mayormente la reacción de Maillard o pardeamiento no enzimático se obtiene a partir de velocidades de 3.5 hasta 7 m/s y temperaturas de 78 a 80°C.

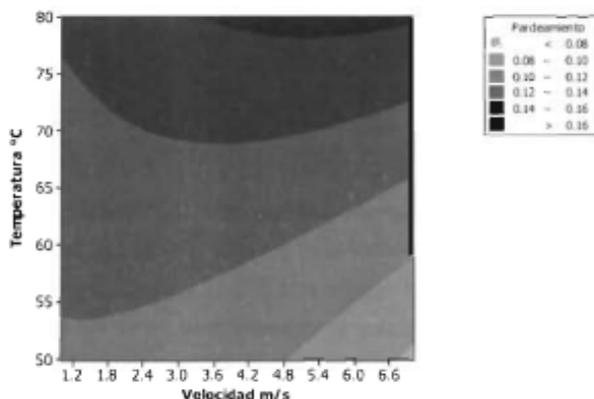


Figura 23. Gráfica de contorno de pardeamiento no enzimático vs. temperatura, velocidad de aire

Estudios realizados en miel indican que el incremento de la actividad antioxidante va acompañado tanto de la formación de pigmentos pardos, expresada como absorbancia a 420 nm, como del aumento en el tiempo y temperatura de calentamiento (Turkmen *et al.*, 2006), asimismo la capacidad antioxidante aumenta en forma paralela al índice de pardeamiento (Nicoli *et al.*, 1997; Yen *et al.*, 1995). La relación entre la formación del color y la actividad antioxidante también fue confirmada en los productos como café, productos de tomate y en la cerveza (Nicoli *et al.*, 1997).

8. Hidroximetilfurfural (HMF)

El lote de harinas a las cuales se les determinó la presencia de HMF fueron deshidratadas bajo las mismas condiciones que los tratamientos de la MSR y se obtuvieron en un secador piloto ubicado en la Unidad Académica de Agricultura (UAN), se les realizó un análisis mediante cromatografía de gases en la Universidad de Colima y no se encontró la presencia de HMF.

Es importante mencionar que la presencia de este compuesto en los alimentos tiene un efecto citotóxico, mutagénico y carcinogénico tal y como lo reportaron Teixido *et al.*, (2006) y Murkovic *et al.*, (2006), por otro lado estudios realizados por Zambón *et al.*, (2010), Erbersdobler y Somoza, (2007) indican que la presencia en los alimentos de este compuesto es un factor que deteriora la calidad de los mismos, de ahí la importancia de que no se haya encontrado la presencia de este compuesto.

9. Análisis bromatológico

Para conocer el valor nutricional de la harina de pulpa y cáscara de mango Ataulfo se realizó un análisis bromatológico en la Universidad Tecnológica de Nayarit, presentando los siguientes resultados.

Tabla 6. Análisis Bromatológicos

	Por 100 g de muestra
CONTENIDO ENERGÉTICO	1442 kJ (339.5 kcal)
CARBOHIDRATOS	81.61 g
FIBRA	3.37 g
MINERALES	2.56 g
PROTEÍNA	2.15 g
GRASA	0.50 g

Resultados expresados en base húmeda

García (2003) reportó la composición química de residuos fibrosos deshidratados (cáscara, semilla y pulpa) de mango criollo presentando 1.98% de grasa, 4.82% de proteína, 12.06% de fibra y 75.71% de carbohidratos. Comparando los resultados reportados por García (2003), el contenido de grasa, proteína y fibra fue más alto que el obtenido en la harina de mango, esto quizás se deba a la inclusión que hizo García (2003) de la semilla del mango.

10. Conclusiones

- El puré de pulpa y cáscara del mango Ataulfo presentó la mayor actividad antioxidante con respecto a las variedades Tommy Atkins y Kent, dicha actividad estuvo correlacionada principalmente con la composición de fenólicos totales y ácido ascórbico.
- Para el rango de condiciones analizadas en la MSR, la temperatura y velocidad de aire durante el proceso de deshidratación del puré de pulpa y cáscara de mango Ataulfo tuvieron los siguientes efectos significativos:
 1. La concentración de compuestos fenólicos totales aumentó mientras la temperatura se incrementó.
 2. La actividad antirradical aumentó mientras la temperatura se incrementó y la velocidad de aire disminuyó.
 3. La menor pérdida de ácido ascórbico se presentó al incrementar la velocidad de aire.
 4. El pardeamiento no enzimático se presentó al incrementar la temperatura.
- La deshidratación del puré de pulpa y cáscara de mango Ataulfo a una temperatura de 80°C y a una velocidad de flujo de aire de 4 m/s, produjo un aumento de un 28% en la actividad antirradical con respecto al puré inicial.
- Para el lote de las harinas procesadas en el secador piloto no se detectó la presencia de hidroximetilfurfural.
- Los subproductos del mango (pulpa y cáscara) son una buena alternativa para la obtención de harinas con contenido de fibra y una alta actividad antioxidante

11. Sugerencia

Debido a que en este estudio se analizaron los compuestos hidrofílicos de los purés de pulpa y cáscara de mango, se sugiere que en estudios posteriores se lleve a cabo un análisis del efecto de la deshidratación sobre moléculas lipofílicas como carotenos y vitamina A.

12. Bibliografía

- Abdul-Hamid, A., Luan, Y., (2000). Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 68: 15-19.
- Açar, O.C., Gökmen, V., Pellegrini, N. y Fogliano, V., (2009). Direct evaluation of the total antioxidant capacity of raw and roasted pulses, nuts and seeds. *European Food Research and Technology*. 229 (6): 961-969.
- Ahmed, A., Saeid, D., Eman, A., Reham, E., (2007). Egyptian mango by-product 1. Compositional quality of mango seed kernel. *Food Chemistry*. 103: 1141-52.
- Ajila, C. M.; Leelavathi, K.; Prasada Rao, U. J., (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.
- Ajila, C. M.; Naidu, K. A.; Bhata S. G.; Prasada Rao U. J., (2007). Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 105 (3): 982-988.
- Ajila, CM., Aalami, M., Leelavathi, K. y Prasada-Rao, U.J., (2010). Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 11: 219-224.
- Álvarez, C. F., (2004). Obtención, caracterización y optimización del proceso de extracción del aceite de la semilla de mango. Tesis Licenciatura; Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química; México DF.
- Ames, J.M., (2001). Melanoidins as pro- or antioxidants. *Cerevisia*, 26 (4): 210-216.

- Azeredo, H., Brito, E. S., Moreira, G., Farias, V.L., Bruno, L. M., (2006). Effect of drying and storage time on the physico-chemical properties of mango leathers. *International Journal of Food Science and Technology*. 41: 635-638.
- Azizah, A. H., N. M. Nik Ruslawati y T. S. Tee., (1999). Extraction and characterization from cocoa by product. *Food Chemistry*. 64: 199-202.
- Badui, S. D., (1996). Vitaminas en: Química de los alimentos. Editorial Logman-Alhambra. 3ª edición. México, DF.
- Baltes, W., (1982). Chemical changes in food by the Maillard reaction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 9: 59-73.
- Bangerth, F.; Carle, R., (2002). Physical, chemical and sensory properties of 9 Thai mango cultivars and evaluation of their technological and nutritional potential. In: International symposium "Sustaining, food security and managing natural resources in Southeast Asia. Challenges for the 21st Century"; Chiang Mai, Thailand.
- Barbosa Canovas, G. y Vega Mercado, H., (2000). Deshidratación de alimentos. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza-España.
- Barbosa Canovas, G., (1996). Dehydration of foods. Editorial Chapman and Hall. 1ª edition. USA.
- Baxter, JH., (1995). Free amino acid stability in reducing sugar system. *Journal of Food Science*. 602: 405-408.
- Benzie, IFF., JJ Strain, (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. 239: 70-76.
- Berardini, N., Knoedler, M., Schieber, A., Carle, R., (2005a). Utilization of mango peels as a source of pectin and polyphenolics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 6: 442-52.

- Berardini, N., Schieber, A., Klaiber, I., Beifuss, U., Carle, R., Conrad, J., (2005b). 7-O-methylcyanidin 3-O-β-D-galactopyranoside, a novel anthocyanin from mango (*Mangifera indica* L.) cv. "Tommy Atkins" peels. *Chemical Science*. 60 (7): 801-804.
- Bompard, J. M. and Schnell, R. J., (1997). Taxonomy and Systematics. In: *The mango: Botany, production and uses*. Litz, R.E. (ed) CAB International. New York. 41-47.
- Borrelli, R., Fogliano, V., Monti, S., Ames, J., (2002). Characterization of melanoidins from a glucose-glycine model system. *European Food Research and Technology*. 215 (3): 210-215.
- Bressa, F., Tesson, N., Rosa, MD., Sensidoni, A., Tubaro, F., (1996). Antioxidant effect of Maillard reaction products: application to a butter cookie of a competition kinetics analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 44: 692-695.
- Castrillón, AM, Navarro, MP., García-Arias, MT (1996). Tuna protein nutritional quality changes alter canning. *Journal of Food Science*. 61: 1250-1253.
- Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M. & Chern, J.C., (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*. 10: 178-182.
- Chang, H.L., Chen, Y.C. y Tan, F.J., (2011). Antioxidative properties of a chitosan-glucose Maillard reaction product and its effect on pork qualities during refrigerated storage. *Food Chemistry*. 124 (2): 589-595.
- Chávez-Contreras, J., Vega-Piña A., Tapia-Vargas L M., Miranda-Salcedo M. A., (2001). Mango su manejo y producción en el trópico seco de México. Libro Técnico Núm. 1. INIFAP, División Agrícola de Apatzingán Michoacán. 17-22.

- Chávez-Servín, J. L., Castellote, A. I., & López-Sabater, M. C. (2005). Analysis of potential and free furfural compounds in milk-based formulae by high-performance liquid chromatography: Evolution during storage. *Journal of Chromatography A*. 1076 (1-2): 133-140.
- Chawla, S.P., Chander, R. y Sharma, A., (2009). Antioxidant properties of Maillard reaction products obtained by gamma-irradiation of whey proteins. *Food Chemistry*. 116 (1): 122-128.
- Chihuailaf, R., Contreras, P. y Wittwer, F., (2002). Patogénesis del estrés oxidativo: consecuencias y evaluación en salud animal. *Veterinaria Mexico*. 3: 265-283.
- Choi, Y., Lee, S. M., Chun, J., Lee, H. B. y Lee, J., (2006). Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinusedodes*) mushroom. *Food Chemistry*. 99 (2): 381-387.
- Colina-Irezabal M. L., (2010). *Deshidratación de alimentos*. Editorial Trillas. 1ª edición. México
- Corral-Aguayo R. D., Yahia E. M., Carrillo-Lopez A. y Gonzalez-Aguilar G., (2008). Correlation between some nutritional components and the total antioxidant capacity measured with six different assays in eight horticultural crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56 (22): 10498-10504.
- Delgado-Andrade, C. y Morales, F. J., (2005). Unraveling the contribution of melanoidins to the antioxidant activity of coffee brews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53 (5): 1403-1407.
- Delgado-Andrade, C., Seiquer, I., y Navarro, M. P., (2001). Cambios en la solubilidad del Fe y el Zn debidos a la presencia de mezclas de glucosa-lisina calentadas. *Nutrición Hospitalaria*. 16 (1): 203.

- Di Mattia, C., Sacchetti, G., Seghetti, L., Piva, A., Mastrocola, D., (2007). "Vino cotto" composition and antioxidant activity as affected by non-enzymatic browning. *Italian Journal of Food Science*. 19 (4): 413-424.
- Diaz N. y Clotet R., (1995). Departamento de Industrias Agroalimentarias (Bioquímica). Escola Superior d' Agricultura de Barcelona. Compte d'Urgell 187,08036 Barcelona. Cinética de la caramelización en soluciones azucaradas simples. *Revista de tecnología e higiene de los alimentos*. 259: 35-38.
- Dissa, A.O., Desmorieux, H., Bathiebo, J., Kouliadiati, J., (2008). Convective drying characteristics of Amelie mango (*Mangifera Indica* L. cv. Amelie) with correction for shrinkage. *Journal of Food Engineering*. 88: 429-437.
- Dürüst, N., Dogan, S., y Dürüst, Y., (1997). Ascorbic acid and element contents of foods of Trabzon (Turkey). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45 (6): 2085-2087.
- Engels, C., Knodler, M., Zhao, Y., Carle, R., Ganzle, M., Schieber, A., (2009). Antimicrobial activity of gallotannins isolated from mango (*Mangifera indica* L.) kernels. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 57 (17): 7712-7718
- Erbersdobler, H. y Somoza, V., (2007) Review: Forty years of furosine. Forty years of using Maillard reaction products as indicators of the nutritional quality of foods. *Molecular Nutrition Food Research*. 51 (4): 423-430.
- Finot, PA., (1993). Toxicology of nonenzymatic browning. In: R Macrae, RK Robinson, MJ Sadler (Eds.). *Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition*. London, UK: Academic Press. 1: 510-515.
- FIRA Boletín Informativo. Vol. XXX, Num. 301, 31 de diciembre 1997.
- Friedman, M., (1996). Food browning and its prevention: An overview. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 44: 631-653:

- Garcia, I., (2003). Caracterización fisicoquímica y funcional de los residuos de mango criollo (*Mangifera indica* L.) y su incorporación en galletas. (Tesis Licenciatura) Huajuapán de León, (Oaxaca). Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Georgé, S., Brat, P., Alter, P. y Amiot, M. J., (2005). Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53 (5): 1370-1373.
- Goya, L., Delgado-Andrade, C., Rufian-Henares, J.A., Bravo, L. y Morales, F.J., (2007). Effect of coffee melanoidin on human hepatoma HepG2 cells. Protection against oxidative stress induced by tert-butylhydroperoxide. *Molecular Nutrition & Food Research*. 51 (5): 536-545.
- Guha, S.; Ghosal, S.; Chattopadhyay, U., (1996). Antitumor, immunomodulatory and anti-HIV effect of mangiferin, a naturally occurring glucosylxanthone. *Chemotherapy*. 42: 443-451.
- Guicin, I., Buyukokuroglu, M.E. y Kufrevioglu, O.I., (2003). Metal chelating and hydrogen peroxide scavenging effects of melatonin. *Journal of Pineal Research*. 34: 278-281.
- Guzmán EC., (1996). Fruit growth on five mango cultivars in Sinaloa. En: Lavi U, Degani C, Gazit S, Lahav E, Pesis E, editors. *Proceedings of the 5th International Mango Symposium*; 1-6 septiembre de 1996, TelAviv, Israel: Society for Horticultural Science. 459-464.
- Harborne, J.B., (1994). *The flavonoids: advances in research since 1986*. London, UK: Chapman & Hall. 676.
- Hinneburg, I., Damien Dorman, H.J., y Hiltunen, R., (2006). Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 97: 122-129.

- Ho, C.T., (1996). Thermal generation of Maillard aromas. In: Ikan P (Ed.). The Maillard reaction: Consequences for the chemical and life science. John Wiley & Sons LTD, Chichester. 89-104.
- Huang, D., Ou, B., Hampsh-Woodill, M., Flanagan, J. A., Prior, R. L., (2002). High-throughput assay of oxygen radical absorbance capacity (ORAC) using a multichannel liquid handling systems coupled with a microplate fluorescence reader in 96-well format. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 4437-4444.
- INEGI, Encuesta Industrial Mensual, varios años y SIAP 2007.
- Jiménez-Escrig, A., Rincón, M., Pulido, R., Saura-Calixto, F., (2001) Guava fruit (*Psidium guava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49: 5489-5493.
- Kathleen, M. y Escott-Stump, S., (1998). Vitaminas en: Nutrición y dietoterapia de Krause. Mc Graw Hill. Mexico. 77-172.
- Kim, H., Moon, JY., Kim, H., Lee, D., Cho, M., Choi, H., Kim, YS., Mosaddik, A. y Cho, SK., (2009). Antioxidant and antiproliferative activities of mango (*Mangifera indica* L.) flesh and peel. *Food Chemistry*. 121: 429-436.
- Kim, Y., Brecht, JK., Talcott ST., (2007). Antioxidant phytochemical and fruit quality changes in (*Mangifera indica* L.) following hot water immersion and controlled atmosphere storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 105: 1327-34.
- Kohayakawa, M.N., Silveria-Junior, V., Telis-Romero, J., (2004) "Drying of mango slices using heat pump dryer." Paper presented at the proceedings of the 14th International Drying Symposium, Sao Paulo, Brazil. 22-25.
- Koschinsky, T., He C.J., Mitsuhashi, T., Bucala, R., Liu, C., Buenting, C., Heitmann, K., Vlassara H., (1997). Orally absorbed reactive advanced

glycation end products (glycotoxins): An environmental risk factor in diabetic nephropathy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 94: 6474-6479.

- Kroh, L.W., (1994). Caramelisation in food and beverages. *Food Chemistry*. 51: 373-379.
- Kuskoski, E., M., Asuero, A., G., Troncoso, A., M., García-Parilla, M., C., y Fett, R., (2004). Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. *Revista Brasileira Ciência y Tecnología de Alimentos*. 24 (4): 691-693.
- Kuskoski, E.M., Asuero, A.G., Troncoso, A.M., Mancini-Filho, J., Fett, R., (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Revista Brasileira Ciência y Tecnología de Alimentos*. Campinas 25 (4): 726-732.
- Kuti, J. O., (2004). Antioxidant compounds from four *Opuntia* cactus pear fruit varieties. *Food Chemistry*. 85(4): 527-533.
- Lakshminarayana, S., (1980). Mango. In: Nagy, S. and Shaw, P.E. (eds) *Tropical and subtropical fruit: Composition, properties and uses*. AVI Publishing, Westport. 309-327.
- Larrauri, J. A., Rupérez, P., Borroto, B., Saura-Calixto, F., (1996). Mango peels as a new tropical fibre: Preparation and characterization. *Lebensm.-Wiss. Technology*. 29: 729-733.
- Lee H., Roussef R., Nagy S., (1986). HPLC determination of furfural and 5-hydroxymethylfurfural in citrus juices. *Journal of Food Science*. 51: 1075.
- Lee, K., S-Manzocco L., Calligaris D., Mastrocola M., Leric C., (2001). Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Food Science and Technology Research*. 11:340-346.

- Lee, K., y Shibamoto, T., (2002). Toxicology and antioxidant activities of non-enzymatic browning reaction products: review. *Food Reviews International*. 18: 151-175.
- Lewis, R., (1989). *Food additives handbook*. Editorial Van Nostrand Reinhold. USA. 86: 96-102.
- Magloire, F. J., Konarski, P., Zou, D., Conrad, S. F. y Zou, C., (2006). Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia spp.*) cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience*. 11 (1): 2474-2589.
- Maisuthisakula, P., Gordon, M. H., (2009). Antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of mango seed kernel by product. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 117 (2): 332-341.
- Manzocco, L., Calligaris, D., Mastrocola, M., Lerici, C., (2001). Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Food Science and Technology Research*. 11: 340-346.
- Martín, M.A., Ramos, S., Mateos, R., Rufián-Henares, J.A., Morales, F.J., Bravo, L. y Goya, L., (2009). Biscuit melanoidins of different molecular masses protect human HepG2 cells against oxidative stress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57 (16): 7250-7258.
- Martins, S., Jongen, W., Boekel, M., (2001). Unravelling the Maillard reaction network by multiresponse kinetic modelling. *Food Science and Technology Research*. 11: 364-373.
- Mauron, J., (1981). The Maillard reaction in food: a critical review from de nutritional standpoint. *Progress in Food & Nutrition Science*. 5: 5-35.
- Mlotkiewicz, J.A., (1998). The role of the Maillard reaction in the food industry. In O'Brien J, Nursten HE, Crabbe MJC, Ames JM (Eds.). In: *The Maillard*

reaction in food and medicine. The Royal Society of Chemistry, Cambridge. 19-27.

- Montgomery D. C., (1998). Diseño y análisis de experimentos. Editorial Iberoamérica, México.
- Mora, M. J., Gamboa, P. J. y Elizondo, P. R., (2002). Guía para el cultivo del mango (*Mangifera indica* L.) en Costa Rica. 25.
- Morales, F. J., Jiménez-Pérez, S., (2001). Free radical scavenging capacity of maillard reaction products as related to colour and fluorescence. Food Chemistry. 72: 119-125.
- Moreno, J., Peinado, J., Peinado, RA., (2007). Antioxidant activity of musts from Pedro Ximénez grapes subjected to off-wine drying process. Food Chemistry. 104: 224-228.
- Morton, J. F., (1987). Mango. In: Fruit of warm climates. Published by Julia F. Morton Miami, FL. 221-239.
- Mukherjee, S. K., (1997). Introduction, botany and importance. In: The mango: botany, production and uses. Litz, R.E. (ed) CAB International. New York. 1-19.
- Murkovic M., Pichler N., (2006) Analysis of 5-hydroxymethylfurfural in coffee, dried fruits and urine. Molecular Nutrition & Food Research. 50: 842.
- Naranjo, GB., Malec, LS. y Vigo, MS., (1998). Reducing sugars effect on available lysine loss of casein by moderate heat treatment. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 62: 309-313.
- Navarro, M. P., Aspe, T. y Seiquer, I., (2000). Zinc transport in Caco-2 cells and zinc balance in rats: Influence of the heat treatment of a casein-glucose-fructose mixture. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48 (8): 3589-3596.

- Nicoli, MC., Anese, M., Manzocco, L., Lerici CR., (1997) Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 30: 292-7.
- Norma Oficial Mexicana. NMX-FF-058-SCFI-2006. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - fruta fresca - mango (*Mangifera indica* L.) - Especificaciones (Cancela a la NMX-FF-058-SCFI-1999)
- Ocampo, A. (2006) Modelo cinético del secado de la pulpa de mango. *Revista EIA*. 119-128.
- Oyeneho, S., Hettiarachchy, N., (1993) Antioxidant activity, fatty acids and phenolics acids compositions of potato peels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 62: 45-350.
- Pacheco, E., Jiménez P., Pérez E., (2005) Effect of enrichment with high content dietary fiber stabilized rice bran flour on chemical and functional properties of storage frozen pizzas. *Journal of Food Engineering*. 68: 1-7.
- Pak, N., (2001) Fibra dietética en alimentos chilenos. En fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y salud: Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicaciones en alimentos. 12: 179-185.
- Palazzi V. I., Mercadante A. Z., Rodriguez E., Borsarelli C. D., (2010). Capacidad reductora total y desactivación del radical peroxilo de los productos de reacción de Maillard entre glucosa-lisina. Lanus, BsAs: Lanus. Artículo Breve. Congreso. XXVIII Congreso Argentino de Química. 4to Workshop de Química Medicinal. Asociación Química Argentina.
- Palomo, I., Gutierrez, M., Astudillo, L., Rivera, C., Torres, C., Guzmán, L., Moore-Carrasco, R., Carrasco, G. y Alarcón, M., (2009). Efecto antioxidante de frutas y hortalizas de la zona central de Chile. *Revista Chilena de Nutrición*. 36 (2): 152-158.

- Perera, C.O., (2005). Selected quality attributes of dried foods. *Drying Technology*. 23: 717-730.
- Perkins-Veazie P. Departamento de Agricultura de Estados Unidos–Servicio de Investigación Agrícola, Lane, OK. Informe para National Mango Board. Cronografía. 1/4/2006 – 31/8/2008
- Poovarodom, S., Haruenkit, R., Vearasilp, S., Namiesnik, J., Cvikrova, M., Martincova, O., Ezra, A., Suhaj, M., Ruamsuke, P., & Gorinstein, S., (2010). Comparative characterisation of durian, mango and avocado. *International Journal of Food Science and Technology*. 45: 921–929.
- Possa-Marroni, N., (2002). *Estresse oxidativo e antioxidantes*. Editorial ULBRA. Brasil. 21-31.
- Potter, N. y Hotchkiss J., (1999). *Ciencia de los alimentos*. Editorial Acribia, S. A. 5ª edición. Zaragoza-España. 221.
- Prior, L., (2003). Fruits and vegetables in the prevention of cellular oxidative damage. *American Journal of Clinical Nutrition*. 78: 570-578.
- Rahman, M.S., (2005). Dried food properties: Challenges Ahead. *Drying Technology*. 23: 695-715.
- Ramírez, A. y Pacheco D., E., (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia* 34 (4): 293-298.
- Ramos, Z., (2002). Evaluación de factores de procesamiento y conservación de pulpa de *Myrciaria Dubia* H.B.K. (Camu-Camu) que reducen el contenido de vitamina C (ácido ascórbico). *Revista amazónica de investigación alimentaria* 2(2): 89-99.

- Ramulu, P., Udayasekhara P., (2003). Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of Indian fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*. 16: 677-685.
- Rao, M.S., Chawla, S.P., Chander, R. y Sharma, A., (2011). Antioxidant potential of Maillard reaction products formed by irradiation of chitosan-glucose solution. *Carbohydrate Polymers*. 83 (2): 714-719.
- Rastraelli, L., Selles AJN., Castro HTV., Agüero-Aguero J., González-González J., Naddeo F., Simone FD., (2002). Isolation and quantitative analysis of phenolic antioxidants, free sugars, and polyols from mango (*Mangifera indica* L.) stem bark aqueous decoction used in Cuba as a nutritional Supplement. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 762-6.
- 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 & Medicine*. 26: 1231-1237.
- Reis, R., Regazzi, A., Minim, V. y Stringueta, P., (2006). Almacenamiento de mango seco: Análisis fisicoquímico, microbiológico, color y sensorial. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 5 (3): 214-224.
- Rhian, M., (2004). Especies reactivas de oxígeno, estrés oxidativo vascular y señalización redox en la hipertensión. *Hipertensión*. 44: 248-252.
- Ribeiro, S. M., Barbosa, L. C., Queiroz, J. H., Knödler M., Schieber A., (2008). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. *Food Chemistry*. 110 (3): 620-626.
- Rincón, A., Vásquez, A., Padilla, (2005). Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulada*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 55: 305-310.

- Rizzi GP., (1994). The Maillard reaction in foods. In: Maillard reaction in chemistry, food and health (TP Labuza, GA Reineccius, V Monnier, J O'Brien, J Baynes, eds). The Royal Society of Chemistry Publisher, Cambridge. 10-19.
- Robles-Sánchez, R. M., Rojas-Grau, M., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G. A., Martín-Belloso, O., (2009). Effect of minimally processing on bioactive compounds and antioxidant activity of fresh-cut 'Kent' mango (*Mangifera indica* L.). *Postharvest Biology and Technology*. 51(3): 384- 390.
- Ruiz, R. B., (2009). Propiedades antioxidantes de los productos de la reacción de Maillard y su influencia en la absorción de hierro y cobre. Relación con la capacidad quelante de metales. Tesis Doctoral. Granada, España. Unidad de Nutrición Animal Estación Experimental del Zaidín CSIC, Granada. Universidad De Granada.
- Sablani, S.S., (2006). Drying of fruits and vegetable: Retention of nutritional/functional quality. *Drying Technology*. 24: 123-125.
- Sachin, V., Jangam, Chung Lim Law and Arun S. Mujumdar., (2010). Drying of foods, vegetables and fruits. Volume 1. Editorial Jangam, Singapore.
- Sanchez, GM., Re, L., Giuliani, A., Nuñez-Selles, AJ., Davison, GP., Leon-Fernandez, OS., (2000). Protective effects of *Mangifera indica* L. extract, mangiferin and selected antioxidants against TPA-induced biomolecules oxidation and peritoneal macrophage activation in mice. *Pharmacological Research*. 42: 565-573.
- Satué-García, M. T., Heinonnen, M. y Frankel, E. N., (1997). Anthocyanins as antioxidants on human low-density lipoprotein and lecithin-liposome systems *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45: 3362-3367
- Saura, C., (1998). Antioxidant dietary fiber product: A new concept and a potencial food ingredient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46: 4303-4306.

- Schieber, A., Berardini, N., Carle, R., (2003). Identification of flavonol and xanthone glycosides from mango (*Mangifera indica* L. cv. 'Tommy Atkins') peels by high-performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 51: 5006-5011.
- Schieber, A., Ullrich W., Carle R., (2000). Characterization of polyphenols in mango puree concentrates by HPLC with diode array and mass spectrometric detection. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 1: 161-6.
- Seiquer, I., Delgado-Andrade, C. y Navarro, P., (2000). Effects of the heat treatment of casein on Zn transport and uptake by Caco-2 cells. *Proceedings of the Nutrition Society*. 59 (2): 134-139.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) – Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2010. Monografía del Mango.
- Shahidi, F., Janitha, P. y Wanasundara, P., (1992). Phenolic antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 67: 103.
- Sindoni, M., (2008). Efecto de la deshidratación sobre las características fisicoquímicas del merey (*Anacardium occidentale* L.). XX Congreso Brasileiro de Fruticultura.
- Somoza, V., (2005). Five years of research on health risks and benefits of Maillard reaction products: an update. *Molecular Nutrition & Food Research*. 49: 663-672.
- Soong Y. Y., Barlow, P. J., (2004). Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 88 (3): 411-417.
- Stintzing, F. C., Herbach, K.M., Mosshammer, M.R., Carle, R., Yi W., Sellappan, S., Akoh, C.C., Bunch, R. y Felker, P., (2005). Color, betalain

pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53 (2): 442-451.

- Stintzing, F., Shieber, A. y Carle, R., (2001). Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. *European Food Research and Technology*. 212: 396-407.
- Sudhakar, D.V., Maini, S.B., (2000). Isolation and characterization of mango peel pectins. *Journal of Food Process Preservation*. 24: 209-227.
- Sumaya-Martínez M.T., S. Thomas, B. Linard, A. Binet y F. Guerard (2005a). Effect of Maillard reaction conditions on browning and antiradical activity of sugar-tuna stomach hydrolysate model system. *Food Research International*. 38 (8-9): 1045-1050.
- Sumaya-Martínez, M. T., Padilla-Mendoza, N. P., Morales de Teresa, M. A.; Calderón-Ramos, Z. G., (2005b). Lo nuevo en la alimentación para personas con diabetes en México: Reducción del consumo de glicotoxinas alimentarias. *Revistas Biomédicas Latinoamericanas*. 7 (1): 1548-1550.
- 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*. 2-4.
- Summa, C., Cordeiro-Raposo, F., McCourt, J., Lo Scalzo, R., Wagner, KH., Elmadfa, I., Anklam, E., (2006). Effect of roasting on the radical scavenging activity of cocoa beans. *European Food Research and Technology*. 222: 368-375.
- Summa, C., McCourt, J., Cammerer, B., Fiala, A., Probst, M., Kun, S., Anklam, E. y Wagner, K., (2008). Radical scavenging activity, anti-bacterial and mutagenic effects of cocoa bean Maillard Reaction products with degree of roasting. *Molecular Nutrition & Food Research*. 52 (3): 342-351.

- Teixido E, Santos F.J, Puignon L, Galceran MT., (2006). Analysis of 5-hydroxymethylfurfural in foods by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. 1135: 85-90.
- Tesoriere, L., Fazzari, M., Allegra, M. y Livrea, M. A., (2005). Biothiols, taurine, and lipido-soluble antioxidants in the edible pulp of Sicilian cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruits and changes of bioactive juice components upon industrial processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53 (20): 7851-7855.
- Thaipong, K., Boonprakoba, U., Crosbyb, K., Cisneros-Zevallosc, L., Hawkins, B., D., (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*. 19: 669-675
- Turkmen, N., Sari, F., Poyrazoglu, ES., Velioglu, YS., (2006). Effects of prolonged heating on antioxidant activity and colour of honey. *Food Chemistry*. 95: 653-657.
- Villarroel, M., Acevedo, C., Yañez, E., Bioley, E., (2003). Propiedades funcionales de la fibra del musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación de productos de panadería. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 53: 400-407.
- Wijewickreme, AN., Kitts, DD., (1997). Influence of reactions on the oxidative behaviour of model Maillard reaction products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45: 4571- 4576.
- Yan, Z., Sousa-Gallagher, M.J., Oliveira, F.A.R., (2008). Shrinkage and porosity of banana, pineapple and mango slices during air-drying. *Journal of Food Engineering*. 84: 430-440.

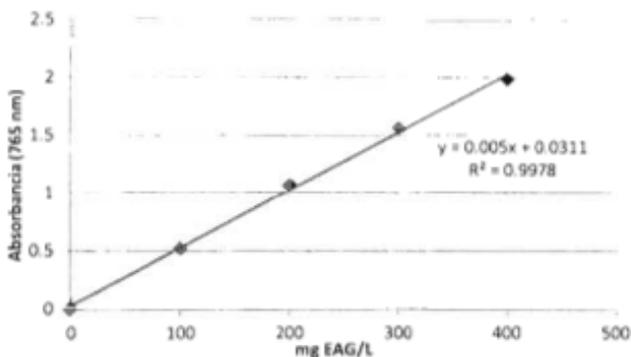
- Yen, GC., Hsieh, PP., (1995). Antioxidative activity and scavenging effects on active oxygen of xylose-lysine Maillard reaction products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 67: 415-420
- Zambón, S., Sáez, J., Cáceres, M., Vallejos, N. y Chamorro, E., (2010). Estudio del comportamiento del hidroximetilfurfural en mieles de distintas edades y distintos tiempos de exposición a diferentes temperaturas. XXVIII Congreso Argentino de Química, Lanus, 13 al 16 de Setiembre 2010.
- Zaroni, B., Peri, C., Nani, R., Lavelli, V., (1999). Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. *Food Research International*. 31 (5): 395-401.
- Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W., (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 64 (4): 555-9.

13. Anexos

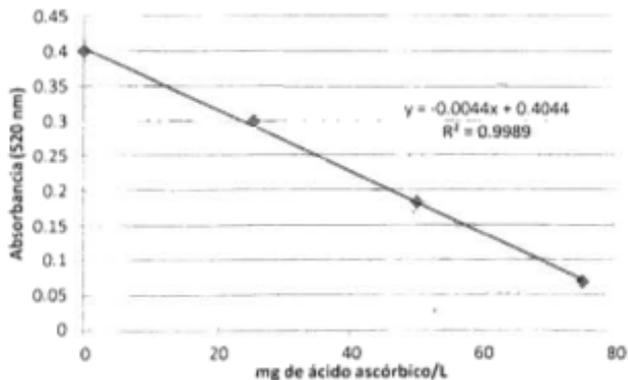
Anexo 1

Curvas estándar para la determinación de la actividad antioxidante y antirradical de jugos de mango.

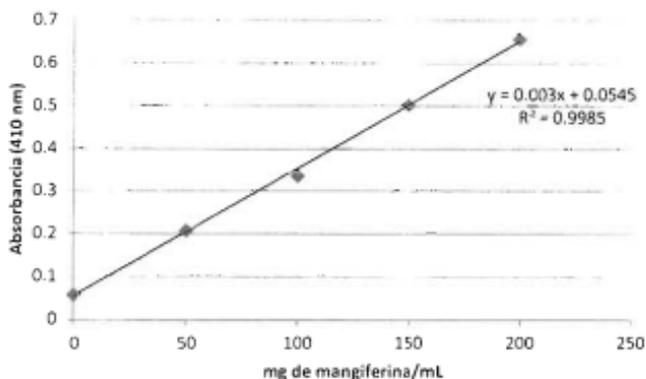
1.1. Curva estándar de ácido gálico utilizada durante el método de compuestos fenólicos totales



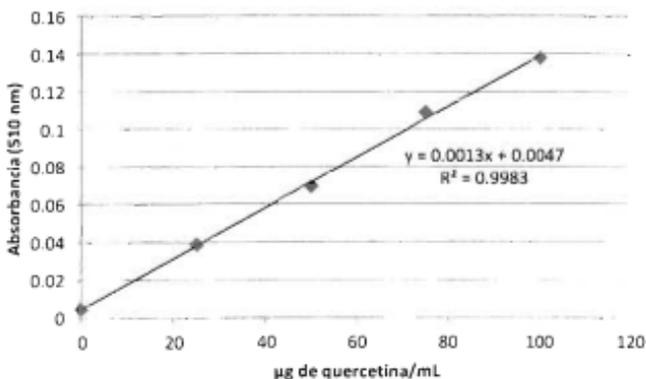
1.2. Curva estándar de ácido ascórbico utilizada en la determinación de ácido ascórbico



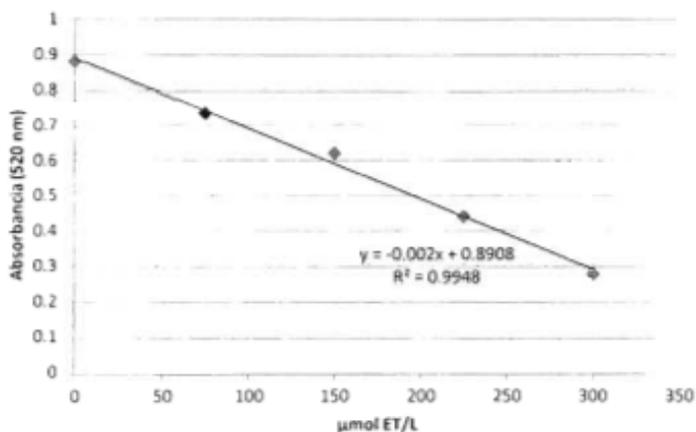
1.3. Curva estándar de mangiferina aplicada en la técnica de determinación de mangiferina



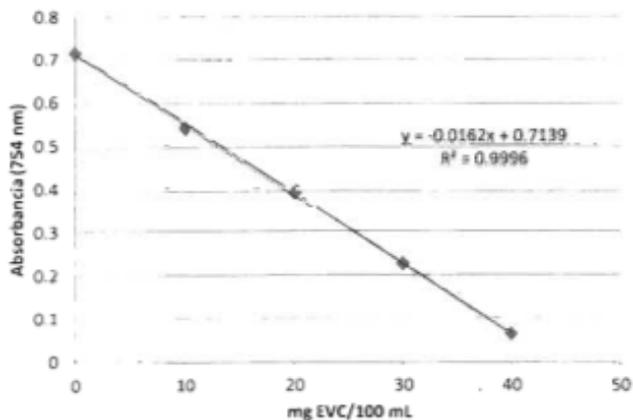
1.4. Curva estándar de quercetina aplicada en la técnica de flavonoides totales



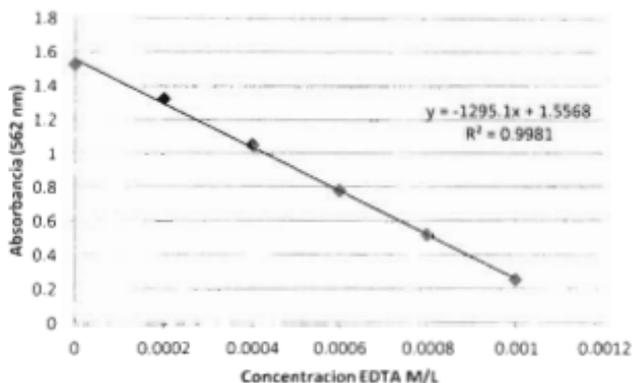
1.5. Curva estándar de Trolox utilizada durante el método de DPPH• para reportar la actividad antirradical en μmol equivalente de Trolox/L



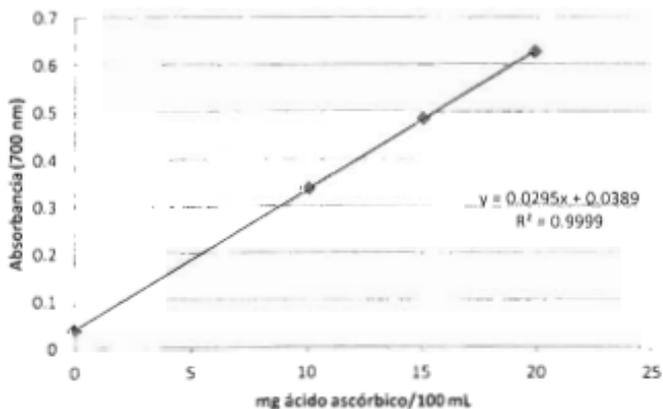
1.6. Curva estándar de ácido ascórbico utilizada en determinación de la actividad antirradical por el método del ABTS•+



1.7. Curva estándar de EDTA empleada en el método de determinación de actividad quelante



1.8. Curva estándar de ácido ascórbico aplicada en la técnica FRAP



Anexo 2

Factores de dilución para la determinación de la actividad antioxidante

2.1. Factores de dilución en determinación de compuestos fenólicos

Variedad	Muestras (triplicado)		
	1	2	3
Ataulfo	1:10	1:10	1:10
Tommy	1:15	1:15	1:15
Kent	1:5	1:5	1:5

2.2. Factores de dilución en determinación de ácido ascórbico

Variedad	Muestras (triplicado)		
	1	2	3
Ataulfo	Sin dilución	1:8	1:8
Tommy	Sin dilución	Sin dilución	Sin dilución
Kent	Sin dilución	1:2	1:4

2.3. Factores de dilución en actividad antirradical DPPH

Variedad	Muestras (triplicado)		
	1	2	3
Ataulfo	1:35	1:35	1:35
Tommy	1:5	1:5	1:5
Kent	1:15	1:15	1:15

2.4. Factores de dilución en actividad antirradical ABTS

Variedad	Muestras (triplicado)		
	1	2	3
Ataulfo	1:2	1:2	1:2
Tommy	Sin dilución	Sin dilución	Sin dilución
Kent	Sin dilución	Sin dilución	Sin dilución

2.5. Factores de dilución en determinación de actividad quelante

Variedad	Muestras (triplicado)		
	1	2	3
Ataulfo	Sin dilución	Sin dilución	Sin dilución
Tommy	Sin dilución	Sin dilución	Sin dilución
Kent	Sin dilución	Sin dilución	Sin dilución

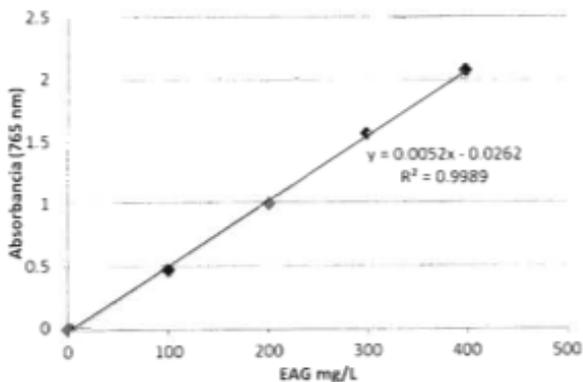
2.6. Factores de dilución en capacidad reductora Fe (III) a Fe (II) FRAP

Variedad	Muestras (triplicado)		
	1	2	3
Ataulfo	1:2	1:2	1:2
Tommy	1:2	1:2	1:2
Kent	1:2	1:2	1:2

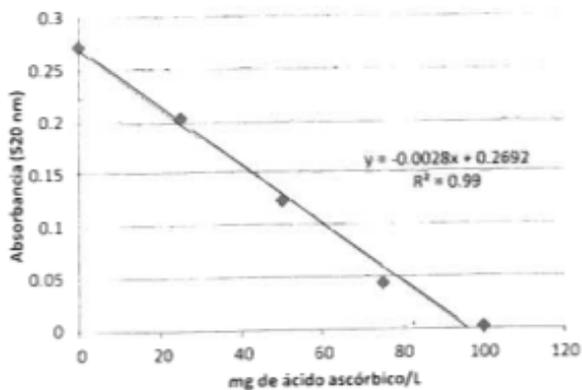
Anexo 3

Curvas estándar para la determinación de la actividad antioxidante y antirradical de las harinas de mango elaboradas.

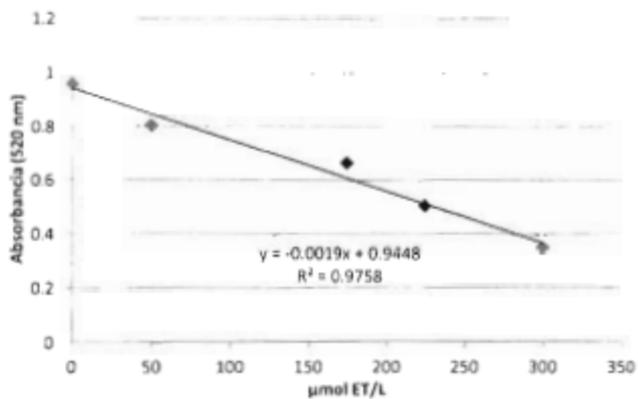
3.1. Curva estándar de ácido gálico utilizada durante el método de compuestos fenólicos totales



3.2. Curva estándar de ácido ascórbico utilizada en la determinación de ácido ascórbico



3.3. Curva estándar de Trolox utilizada durante el método de DPPH• para reportar la actividad antirradical en μmol equivalente de Trolox



Anexo 4

Reactivos y equipo

Reactivos

1,1-difenil-2-picrilhidracil (DPPH•) (Sigma-Aldrich); Etanol ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$) (Jalmek); Carboxílico 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo (Trolox) (Sigma-Aldrich); Carbonato de sodio (Na_2CO_3) (Sigma-Aldrich); Ácido gálico ($\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_3\text{COOH}$) (Megazyme); Cloruro férrico II tetrahidratado (Sigma-Aldrich); Ferrozina sal ácida de sodio disulfónico (3-(2-piridil)-5,6-difenil-1,2,4-triazina-4',4'') (Sigma-Aldrich); Ácido etilendiaminotetracético (EDTA) (Jalmek); Ácido oxálico (Megazyme); Acetato de sodio (Megazyme); Ácido acético glacial (Quimica Meyer); Ácido ascórbico (Megazyme); 2,6-diclorofenolindofenol (DCPI) (Sigma-Aldrich); Persulfato potásico (Megazyme); Metanol (Jalmek); Folin-Ciocalteu (Megazyme); Ácido-2,2'-anzinobis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico (ABTS++) (Biochemika); Quercetina (Sigma-Aldrich); Manguiferina (Sigma-Aldrich); Cloruro de aluminio $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Meyer); Acetato de potasio CH_3COOK (Meyer); Dimetilsulfóxido (DMSO) (Sigma-Aldrich); Nitrito de sodio NaNO_2 (Sigma-Aldrich); Hidroxido de sodio NaOH (Sigma-Aldrich)

Equipo

Extractor de jugos doméstico Breville; Licuadora doméstica marca Osterizer; Balanza gramera Ohaus; Balanza analítica BP 221S Sartorius; Vortex Type 16700 mixer Barnstead-Thermolyne; Microcentrifuga Eppendorf AG 22331 Hamburg ; Lector de microplacas espectrofotométrico modelo Power Wave XS, Biotek; Potenciómetro modelo 250 Denver Instruments; Refractómetro Spectronic Instruments; Secador de flujo horizontal marca Terlab; Mortero de laboratorio; Anemómetro y termómetro Digital VA8020 SINOMETER.