

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**  
**GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**



**“ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES Y  
FÍSICO-QUÍMICAS DE LA HARINA DE PIEL DE MANGO  
(*Mangifera indica* L. cv. Kent)”**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**Septiembre – 2017**

**Autor: Ana Isabel Caballero García**

**Tutor/es: Estefanía Valero Cases**

**María José Frutos**



**TÍTULO:** Estudio de las características funcionales y físico-químicas de la harina de piel de mango (*Mangifera indica* L. cv. Kent).

## RESUMEN

La eliminación de millones de toneladas de residuos vegetales (pieles y semillas) generadas en el procesamiento industrial de frutas es un gran problema. Por lo tanto, su utilización para el desarrollo de potenciales subproductos es importante. El objetivo de este estudio fue analizar los compuestos funcionales y físico-químicos de las harinas elaboradas a partir de la piel del mango (*Mangifera indica* L. cv. Kent) en diferentes etapas de maduración (0, 7, 14 y 21 días) y evaluar los cambios producidos durante el almacenamiento a 4 °C. Los resultados obtenidos mostraron un aumento significativo de la actividad antioxidante, así como de los polifenoles totales y la vitamina C durante el proceso de maduración, alcanzando las mayores concentraciones a los 21 días. Asimismo, la fibra dietética total en las harinas de piel de mango fue alta, representando ca. 38 %. El desarrollo de harinas de pieles maduras de mango representa un potencial ingrediente para el enriquecimiento de la capacidad antioxidante y fibra dietética de alimentos, lo que le otorga un alto valor añadido, a la vez que promueve la reducción de residuos.

**Palabras clave:** Piel, Harina, Madurez, Compuestos bioactivos, Fibra dietética.

**TITLE:** Study of the functional and physio-chemical characteristics of mango peel flour (*Mangifera indica* L. cv. Kent).

## **ABSTRACT**

The elimination of millions of tons of vegetable waste (peels and seeds) produced from the industrial processing of fruits is a big problem. As a consequence, its use for the development of potential by-products is important. The aim of this study was to analyze the functional and physicochemical compounds of the flour elaborated from the mango peels (*Mangifera indica* L. cv. Kent) in different stages of ripening (0, 7, 14 and 21 days) and evaluate the changes produced during storage at 4 °C. The results obtained showed a significant increase of the antioxidant activity, as well as of the total polyphenols and the vitamin C during the ripening process, reached the highest levels in 21 days. Likewise, the total dietary fibre in mango peel flours was high, representing ca. 38 %. The development of flours from mango ripe peels represents a potential ingredient for the enrichment of the antioxidant capacity and dietary fibre of food products, which gives a high added value, while it promotes the waste reduction.

**Keywords:** Peel, Flour, Maturity, Compounds bioactive, Dietary fibre.

## **Agradecer a:**

*Estefanía y María José por confiar en mí y dejarme formar parte de este proyecto de investigación, por su tiempo invertido en mi formación y por todas las enseñanzas adquiridas en el campo de la investigación durante los meses que estuve en el laboratorio.*

*Lucía, mi compañera y amiga, por toda la ayuda que recibí por su parte, haciendo que los inicios en el laboratorio fueran mucho más fáciles.*

*Las personas que compartieron conmigo estos cuatro años en la universidad, con especial cariño a las tecnólogas y a los integrantes del coche ilicitano.*

*Mi familia, mis padres, mi hermana, mis yayos, mi tío Diego y mi tío Antonio, por vuestra confianza depositada en mí a lo largo de la carrera y por transmitirme el apoyo y la fuerza para seguir hacia adelante y conseguir los objetivos propuestos.*

*Mis amig@s, por hacerme reír y disfrutar, olvidándome de los momentos de agobio, estrés y presión por la entrega de un trabajo o la realización de un examen.*

*Mi pareja, a ti Juan por estar en cada momento a mi lado, ya sea bueno o malo, y por contagiarme esas ganas de conseguir lo que uno se propone.*

*Termina una etapa maravillosa y comienza otra mejor todavía.*

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	10
<b>1.1. Cultivo del mango</b>	11
<b>1.1.1. Origen</b>	11
<b>1.1.2. Clasificación taxonómica y descripción morfológica</b>	12
<b>1.1.3. Clima</b>	14
<b>1.1.3.1. Temperatura</b>	14
<b>1.1.3.2. Precipitaciones</b>	15
<b>1.1.3.3. Luminosidad</b>	15
<b>1.1.3.4. Suelos</b>	15
<b>1.1.4. <i>Mangifera indica</i> L. cv. Kent</b>	16
<b>1.2. Valor nutricional</b>	17
<b>1.3. Importancia de los subproductos en la industria del mango</b>	19
<b>2. OBJETIVOS</b>	21
<b>2.1. Objetivo general</b>	22
<b>2.2. Objetivos específicos</b>	22
<b>3. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	23
<b>3.1. Material vegetal y elaboración de la harina de piel de mango</b>	24
<b>3.2. Extracción de compuestos bioactivos</b>	25
<b>3.3. Extracción de ácidos orgánicos, azúcares e inulina</b>	26
<b>3.4. Determinaciones analíticas</b>	26
<b>3.4.1. Propiedades antioxidantes</b>	26
<b>3.4.1.1. Capacidad antioxidante: Método ABTS</b>	26
<b>3.4.1.2. Capacidad antioxidante: Método DPPH</b>	27
<b>3.4.1.3. Capacidad antioxidante: Método FRAP</b>	27
<b>3.4.1.4. Polifenoles totales por FOLIN</b>	28
<b>3.4.2. Parámetros físico-químicos</b>	29
<b>3.4.2.1. Ácidos orgánicos, azúcares e inulina</b>	29
<b>3.4.2.2. Fibra dietética total (FDT), proteínas y cenizas</b>	29
<b>3.4.2.3. Humedad</b>	31

3.4.2.4. pH	31
3.4.2.5. Actividad de agua ( $a_w$ )	32
3.5. Análisis estadístico	32
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>33</b>
4.1. Características funcionales de la harina	34
4.1.1. Capacidad antioxidante	34
4.1.2. Polifenoles totales	36
4.1.3. Ácido ascórbico (vitamina C)	37
4.1.4. Correlación de la capacidad antioxidante con los polifenoles totales y el ácido ascórbico	38
4.2. Características físico-químicas de la harina	39
4.2.1. Ácidos orgánicos	39
4.2.2. Azúcares e inulina	41
4.2.3. $a_w$ y pH	42
4.2.4. Humedad, proteínas, cenizas y fibra dietética total (FDT)	43
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>47</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>49</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mango ( <i>Mangifera indica</i> L.)	11
<b>Figura 2.</b> Sudeste asiático	11
<b>Figura 3.</b> Árbol del mango	13
<b>Figura 4.</b> Morfología del árbol del mango	14
<b>Figura 5.</b> <i>Mangifera indica</i> L. cv. Kent	16
<b>Figura 6.</b> Piel de mango en fresco	24
<b>Figura 7.</b> Piel de mango tras 72 h en estufa a 50 °C	24
<b>Figura 8.</b> Harina de piel de mango	24
<b>Figura 9.</b> Harinas elaboradas a partir de piel de mango en diferentes días de almacenamiento refrigerado a 4 °C y envasadas al vacío	25
<b>Figura 10.</b> Extracciones con metanol de las harinas elaboradas en diferentes días de almacenamiento	25
<b>Figura 11.</b> Extracciones con agua ultrapura de las harinas elaboradas en diferentes días de almacenamiento	26
<b>Figura 12.</b> Método de Folin-Ciocalteu	28
<b>Figura 13.</b> Precipitación de la fibra dietética soluble con etanol de las muestras de harina	30
<b>Figura 14.</b> Equipo de Filtración del residuo resultante de las muestras de harina	30
<b>Figura 15.</b> Residuo tras filtración y lavado	30
<b>Figura 16.</b> Residuo tras secado	30
<b>Figura 17.</b> Residuo tras incineración	30



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica del mango. Fuente: (The plant List, 2017; Trópicos, 2017)	12
<b>Tabla 2.</b> Temperaturas para las distintas etapas del cultivo del mango. Fuente: (Mora <i>et al.</i> , 2002)	15
<b>Tabla 3.</b> Requerimientos fisioedáficos para el cultivo del mango. Fuente: (Mora <i>et al.</i> , 2002)	16
<b>Tabla 4.</b> Composición nutricional para 100 g de pulpa de mango en fresco. Fuente: (BEDCA, 2017)	18
<b>Tabla 5.</b> Capacidad antioxidante de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento	35
<b>Tabla 6.</b> Polifenoles Totales de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento	37
<b>Tabla 7.</b> Ácido ascórbico (vitamina C) de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento	38
<b>Tabla 8.</b> Coeficientes de correlación lineal entre los diferentes métodos de capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales y el ácido ascórbico (vitamina C) de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento	39
<b>Tabla 9.</b> Ácidos orgánicos de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento	40
<b>Tabla 10.</b> Azúcares e inulina de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento	42
<b>Tabla 11.</b> $a_w$ y pH de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento	43
<b>Tabla 12.</b> Humedad, Proteínas, Cenizas y Fibra Dietética Total de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento	46

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. CULTIVO DEL MANGO

El árbol del mango es originario del Sudeste Asiático. Es una especie subtropical y tropical, perteneciente a la familia de las Anacardiáceas y se le denomina botánicamente *Mangifera indica* L. El mango es una drupa con forma oval y cubierta de una piel repleta de lenticelas. Su piel tiene colores vivos, los cuales varían dependiendo del estado de maduración, siendo verde al principio y evolucionando a colores rojos, amarillos y tricolores en su madurez. En el interior, encierra una pulpa anaranjada carnosa (Jahurul *et al.*, 2015; Mora *et al.*, 2002) (Figura 1).



Figura 1. Mango (*Mangifera indica* L.).

### 1.1.1. ORIGEN

El origen del cultivo del mango (*Mangifera indica* L.) es señalado en la región Indo-Birmana y Sudeste de Asia (Figura 2), encontrándose en forma silvestre en toda la región tropical de Asia.



Figura 2. Sudeste Asiático.

Se introdujo al archipiélago malayo durante el cuarto y quinto siglo antes de Cristo, encontrándose hoy día en la India más de 1.000 variedades y aproximadamente 1,5 millones de hectáreas sembradas. De su lugar de origen primario, los portugueses lo llevaron de la India a Brasil durante el siglo XVII, de donde se dispersó por América del Sur. Posteriormente, los españoles lo llevaron a México y a las Indias Occidentales a comienzos del siglo XIX. En 1833 fue llevado de las Indias Occidentales (Cuba) a Miami (EE.UU.) y a inicios del siglo XX se establecieron plantaciones experimentales en Florida (EE.UU.), donde se instauró un centro de origen secundario debido a la producción de gran diversidad de mangos mono y poliembriónicos, que han sido distribuidos por todo el mundo. Los dos grupos de variedades se encuentran cultivadas en zonas tropicales y subtropicales. En Venezuela, los primeros cultivares comerciales se introdujeron en 1933. En 1941, el Instituto Experimental de Agricultura fundó una huerta y en el año 1952 importó desde Florida seis variedades, que han sido la base para el estudio del cultivo (Sergent, 1999).

### 1.1.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA Y DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

La **clasificación taxonómica** de *Mangifera indica* L. se refleja en la Tabla 1 (The Plant List, 2017; Tropicos, 2017):

Tabla 1. Clasificación taxonómica del mango.

▪ <b>CLASE:</b>	Equisetopsida C. Agardh.
▪ <b>SUBCLASE:</b>	Magnoliidae Novák ex Takht.
▪ <b>SUPERORDEN:</b>	Rosanae Takht.
▪ <b>ORDEN:</b>	Sapindales Juss. ex Bercht. & J. Presl.
▪ <b>FAMILIA:</b>	Anacardiaceae R. Br.
▪ <b>GÉNERO:</b>	<i>Mangifera</i> .
▪ <b>ESPECIE:</b>	<i>Mangifera indica</i> L.
▪ <b>SINÓNIMOS:</b>	<i>Mangifera austroyunnanensis</i> Hu.

Fuente: (The plant List, 2017; Trópicos, 2017).

La **descripción morfológica** del árbol del mango (Figura 4) se detalla a continuación:

El árbol del mango (Figura 3) es de gran porte, de 10 a más de 20 m de altura, simétrico, copa redondeada, siempre verde (hoja perenne) y de raíces fuertes (6-8 m de profundidad).



Figura 3. Árbol del mango

Las **hojas** son lanceoladas, alternas, coriáceas, lisas en ambas superficies, de 15 a 40 cm de largo y de 2 a 10 cm de ancho. Poseen un color verde oscuro brillante por el haz y verde-amarillento por el envés. Las hojas jóvenes presentan un intenso color violeta-rojizo, que se transforma posteriormente en verde oscuro en su madurez.

Las **flores** se dan en panículas terminales ramificadas, un árbol puede tener de 2000 a 4000 panículas, las cuales pueden poseer entre 400 y 5000 flores cada una; la mayoría son masculinas o estaminadas y unas pocas flores son perfectas. Son de color verde-amarillento con una longitud de 2 a 4 mm.

En cuanto al **fruto**, este es una drupa, de tamaño variable que va de 100 hasta más de 1500 g. Generalmente es ovoide-oblongo, visiblemente aplanado o redondeado. Su color va de amarillo hasta rojo o morado, pasando por distintos grados de coloración dependiendo de la variedad, siendo común la presencia de lenticelas amarillas. La pulpa es de color amarillo o anaranjado. La envoltura de la semilla es gruesa y leñosa con una capa

fibrosa externa, que se puede extender dentro de la propia pulpa. En términos generales, el tiempo que transcurre desde que se produce la floración hasta que se procede a la cosecha del fruto es de 100 a 120 días (MAPAMA, 2017; Mora *et al.*, 2002).



Detalle de las hojas jóvenes.



Detalle de las hojas maduras.



Haz de una hoja (cara superior o adaxial).



Inflorescencias.



Flor masculina.



Frutos.

Figura 4. Morfología del árbol del mango.

### 1.1.3. CLIMA

#### 1.1.3.1. Temperatura

El cultivo del mango está limitado a zonas de clima tropical y subtropical, debido principalmente a su susceptibilidad al frío. Las zonas cuya temperatura media anual oscila entre 22 y 27 °C son adecuadas para el desarrollo óptimo del mango. Existen diferencias dependiendo de la región de origen de las variedades.

Las temperaturas altas durante la noche (28-32 °C) hacen que la fruta sea dulce y madure bien, pero los días calurosos y las noches frescas (12 a 20 °C) ayudan a que la fruta desarrolle un color más atractivo (Tabla 2) (Mora *et al.*, 2002).



Tabla 2. Temperaturas para las distintas etapas del cultivo del mango.

ETAPA	T <sup>a</sup> MÍNIMA (°C)	T <sup>a</sup> ÓPTIMA (°C)	T <sup>a</sup> MÁXIMA (°C)
<b>Vegetativo</b>	18	25	35
<b>Floración</b>	12	25	35
<b>Maduración</b>	20	25	30

Fuente: (Mora *et al.*, 2002).

### 1.1.3.2. Precipitaciones

La distribución anual de la lluvia es muy importante, puesto que requiere de un clima en el cual se alternen la época lluviosa con la época seca, esta última debe coincidir con la época de prefloración. El rango de adaptación de la especie, va de 700 a 2.500 mm, pero lo óptimo es entre 1.000 y 1.500 mm de precipitación al año con una temporada seca aproximadamente de cuatro a seis meses de duración y bien definidos (Mora *et al.*, 2002).

### 1.1.3.3. Luminosidad

El mango no responde a las diferencias en la longitud del día, en cuanto a la diferenciación floral. Pero sí necesita de buena luminosidad para su crecimiento, desarrollo reproductivo y rendimiento. Es poco tolerante a la sombra. Los frutos expuestos a la luz desarrollan una mejor coloración que los que reciben menos luz (Mora *et al.*, 2002).

### 1.1.3.4. Suelos

Los suelos ideales para el cultivo del mango son aquellos de textura limosa, profundos y con una capa mínima de 75 cm de profundidad, aunque lo ideal serían suelos de 1 a 1,5 m de profundidad y un pH entre 5,5 y 7,0. Puede desarrollarse adecuadamente en suelos arenosos, ácidos o alcalinos moderados, siempre y cuando se fertilicen adecuadamente. El árbol de mango no se ve muy afectado por el tipo de suelo; sin embargo, en suelos mal drenados no crece, ni fructifica lo suficiente (Tabla 3) (Mora *et al.*, 2002).

Tabla 3. Requerimientos fisioedáficos para el cultivo del mango.

VARIABLE	APTO	NO APTO
<i>Pendiente (%)</i>	Plano a moderadamente ondulado de 0 a 5	Fuertemente ondulado >30
<i>Profundidad efectiva (m)</i>	Muy profundos >1,2	Moderadamente <0,9
<i>Textura</i>	Mediana a moderadamente fina	Muy fina >60 % de arcilla
<i>Fertilidad aparente</i>	Alta a media	Muy baja
<i>Pedregosidad (%)</i>	Sin pedregosidad <10	Muy pedregoso >30
<i>pH (acidez)</i>	5,5 – 7,0	<4,5 - >7,5
<i>Drenaje</i>	Bueno	Lento o excesivo

Fuente: (Mora *et al.*, 2002).

#### 1.1.4. *Mangifera indica* L. cv. Kent

La variedad “**Kent**” (Figura 5) proviene de una semilla del cultivar Brooks, la cual fue sembrada en Florida (EE.UU.) en 1932, obteniéndose los primeros frutos en 1938 y siendo descritos en 1945 (Sergent, 1999).

En cuanto a su fruto, tiene forma oval con la base redondeada, donde se inserta el pedúnculo en forma oblicua. Su ápice es redondeado y amarillento, no presenta pico, tiene piel delgada con color atractivo verde-amarillento y la base tiene una coloración rojo oscuro con numerosas lenticelas amarillas. Es un fruto grande, con peso entre 600 y 750 g, presentando una pulpa de color anaranjado, aromática, pequeñas fibras y moderada dulzura. La semilla es monoembrionica y representa el 9% del peso total del fruto (Sergent, 1999).



Figura 5. *Mangifera indica* L. cv. Kent.



## 1.2. VALOR NUTRICIONAL

Existe una gran variabilidad en la composición nutricional del mango debido a factores edafológicos, climáticos, estado de madurez, variedad e incluso en la posición de los frutos en un mismo árbol (Wall-Medrano *et al.*, 2015).

El mango contiene un elevado porcentaje de humedad (74-87%) e hidratos de carbono (15-23%) y escaso contenido de proteínas (0,4-0,8%) y lípidos (0,3-1,0%). Además de su alto contenido en fructosa, sacarosa y glucosa, es una importante fuente de fibra dietética, siendo esta particularmente soluble en la pulpa (pectinas, almidones) e insoluble en la piel (ligninas y hemicelulosa) (Wall-Medrano *et al.*, 2015), lo que le confiere propiedades laxantes, además de ayudar a reducir el colesterol y controlar la glucemia (Illescas *et al.*, 2008).

Cabe destacar la alta aportación de vitamina C (ácido ascórbico), además de vitamina A ( $\beta$ -caroteno) y vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol). Su alto contenido en ácido ascórbico y  $\beta$ -caroteno, junto con los compuestos fenólicos (taninos y mangiferina) aporta a la dieta humana cantidades significativas de compuestos bioactivos con actividad antioxidante, que permiten proteger las células humanas contra el daño debido al estrés oxidativo que conduce a la peroxidación de lípidos, daño al ADN y enfermedades degenerativas, así como reducir el riesgo de cáncer y enfermedades cardiovasculares (Dembitsky *et al.*, 2011; Masibo *et al.*, 2008). En menor medida, contiene vitaminas del grupo B, entre las que destaca la niacina. Entre los minerales, predomina la presencia de potasio, fósforo, calcio y magnesio (Tabla 4). También cabe destacar que es un fruto rico en ácidos orgánicos, entre los que destacan el cítrico y málico, los cuales también le confieren propiedades antioxidantes en la lucha contra los radicales libres (Dembitsky *et al.*, 2011).

Tabla 4. Composición nutricional para 100 g de pulpa de mango en fresco.

	Componente	Valor	Unidad
<b>MACRONUTRIENTES</b>	<b>Energía total</b>	245/59	kJ/kcal
	<b>Agua (humedad)</b>	83	g
	<b>Lípidos totales</b>	0,2	g
	AGS	0,05	g
	AGMI	0,07	g
	AGPI	0,03	g
	<b>Proteínas</b>	0,6	g
	<b>Hidratos de carbono</b>	13,4	g
	<b>Fibra dietética total</b>	2,3	g
	<b>Colesterol</b>	0	mg
<b>VITAMINAS</b>	<b>Vitamina A</b> (equivalentes de retinol de actividades de retinos y carotenoides)	25	µg
	<b>Vitamina D</b>	0	µg
	<b>Vitamina E</b> (equivalentes de α-tocoferol de actividades de vitámeros E)	1,8	mg
	<b>Folato</b>	31	µg
	<b>Equivalentes de niacina totales</b>	0,4	mg
	<b>Riboflavina</b>	0,05	mg
	<b>Tiamina</b>	0,03	mg
	<b>Vitamina B<sub>12</sub></b>	0	µg
	<b>Vitamina B<sub>6</sub></b>	0,08	mg
<b>Vitamina C</b> (ácido ascórbico)	44	mg	
<b>MINERALES</b>	<b>Calcio</b>	20	mg
	<b>Hierro</b>	1,2	mg
	<b>Potasio</b>	150	mg
	<b>Magnesio</b>	9	mg
	<b>Sodio</b>	2	mg
	<b>Fósforo</b>	22	mg
	<b>Ioduro</b>	0	µg
	<b>Selenio</b>	0,6	µg
<b>Zinc</b>	0,1	mg	

Fuente: (BEDCA, 2017).

### 1.3. IMPORTANCIA DE LOS SUBPRODUCTOS EN LA INDUSTRIA DEL MANGO

El consumidor de hoy no es el mismo que el de hace una década, factores como la evolución tecnológica, el binomio salud-alimentación y la situación económica y social a nivel mundial han modificado su comportamiento. El consumidor comienza a demandar productos más saludables, seguros y medioambientalmente sostenibles.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la salud como un “estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades”. Con esta filosofía y con el objetivo de dotar de más calidad a los años de vida, en la actualidad, la alimentación no se considera solamente un medio para satisfacer las necesidades de nutrientes básicos del organismo, sino también una fuente de compuestos bioactivos capaces de proporcionar determinados beneficios para la salud, que mejoran el bienestar físico y reducen el riesgo de padecer ciertas enfermedades (Cámara-Hurtado, 2012).

Asimismo, una creciente población mundial lleva a una creciente demanda de producción de alimentos, lo que conlleva a la generación de grandes cantidades de residuos alimentarios. En los países desarrollados, el 39 % de los residuos de alimentos es producido por las industrias transformadoras de alimentos. Este problema se intensifica debido al lento progreso en el desarrollo de estrategias y medidas eficaces de gestión de residuos para el tratamiento adecuado y la eliminación de los residuos, lo que se traduce en graves problemas medioambientales, entre otras cosas porque el material vegetal es propenso al deterioro microbiano, además de importantes pérdidas económicas (Mirabella *et al.*, 2014; Ravindran *et al.*, 2016; Van Dyk *et al.*, 2013).

En los últimos años, diferentes estudios de investigación han puesto de manifiesto que los subproductos que se obtienen en la industria alimentaria pueden ser una buena fuente de compuestos bioactivos potencialmente valiosos. Ejemplo de ello son las

industrias que elaboran productos a partir de la pulpa de mango (puré de mango, rodajas en almíbar, zumo, néctar, encurtidos, conservas rebanadas y salsa picante), las cuales utilizan solo las partes comestibles del mango, obteniéndose cantidades considerables de subproductos (pieles y semillas), que dependiendo de los cultivares y de los productos elaborados pueden llegar a representar entre un 30-35 % del peso total del fruto (Olivas-Aguirre, 2014) y que son desechados como residuos industriales generando un gran impacto medioambiental, pudiendo ser considerados una fuente asequible de alimentos valiosos e ingredientes nutracéuticos (Jahurul *et al.*, 2015).

Por lo tanto, la utilización de los subproductos del mango y la recuperación de los compuestos valiosos que contienen, se ha convertido en un reto importante para los científicos que debe ser estudiado de forma más exhaustiva para que puedan tener una mayor aplicación dentro de la industria alimentaria. A la vez, es un gran potencial para las empresas, ya que es un aspecto importante en la gestión de residuos para contribuir a una producción más sostenible en la industria de alimentos y ofrecer alimentos con un gran valor añadido nutricional y funcional (Jahurul *et al.*, 2015).



## 2. OBJETIVOS

## 2.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal del presente trabajo fue estudiar los cambios en la composición funcional y en las propiedades físico-químicas de harinas elaboradas a partir de piel de mango durante su almacenamiento en condiciones de refrigeración, con la finalidad de evaluar su potencial uso como ingrediente funcional elaborado a partir de subproductos de la industria alimentaria.

## 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para conseguir el objetivo principal, se llevaron a cabo los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar el efecto del estado de madurez del mango sobre las *propiedades antioxidantes* y los *parámetros físico-químicos* de la piel de mango sometida a un proceso de secado, triturado y tamizado.
2. Analizar las *propiedades antioxidantes* de las harinas mediante 3 métodos de ensayo diferentes (ABTS, DPPH y FRAP), los polifenoles totales (Método de Folin-Ciocalteu) y vitamina C (Cromatografía líquida de alta eficacia, HPLC).
3. Analizar los *parámetros físico-químicos* que muestran las harinas, tales como fibra dietética total, proteínas y cenizas (Métodos oficiales de análisis de la AOAC), ácidos orgánicos, azúcares e inulina (Cromatografía líquida de alta eficacia, HPLC), humedad, pH y  $a_w$ .

# 3. MATERIAL Y MÉTODOS

### 3.1. MATERIAL VEGETAL Y ELABORACIÓN DE LA HARINA DE PIEL DE MANGO

Los mangos (*Mangifera indica* L. cv. Kent) (12 frutos ca. 500 g / pieza) se adquirieron en el mercado local de Orihuela (Alicante) siendo todos provenientes del mismo lote, para poder garantizar su trazabilidad, asegurando de este modo el mismo lugar de procedencia y tiempo de recolección.

Para las determinaciones analíticas, los mangos se lavaron con agua potable e hipoclorito de sodio durante 5 minutos y se enjuagaron inmediatamente con agua potable. Los frutos se almacenaron en una cámara frigorífica a una temperatura controlada de 4 °C durante 3 semanas. Con la finalidad de obtener pieles en diferentes estados de madurez, se seleccionaron al azar 3 mangos como muestra a los 0, 7, 14 y 21 días de almacenamiento. Los mangos se pelaron con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable, separando la piel de la pulpa y el hueso.

La piel obtenida durante los diferentes días de almacenamiento (0, 7, 14 y 21 días), se pesó (Kern KB, Máx. 1210 g, d= 0,01 g) y colocó en bandejas de aluminio (Figura 6). Se secaron en una estufa a temperatura controlada de 50 °C (J.P. Selecta) durante 72 horas hasta que alcanzaron un peso constante (Figura 7). Las pieles secas, se trituraron en un molinillo (Taurus Aromatic Inox 908503) y se tamizaron en un tamiz de malla 0,1 mm (Figura 8). Las harinas elaboradas a partir de la piel del mango en diferentes días de almacenamiento (0, 7, 14 y 21 días), se envasaron al vacío y se mantuvieron a temperatura ambiente en oscuridad hasta la preparación de los extractos y posteriores determinaciones analíticas (Figura 9).

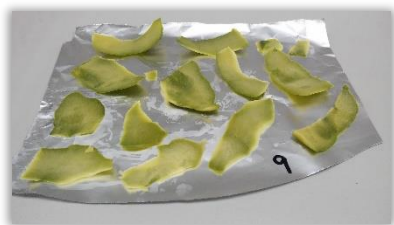


Figura 6. Piel de mango en fresco.



Figura 7. Piel de mango tras 72 h en estufa a 50 °C.



Figura 8. Harina de piel de mango.





Figura 9. Harinas elaboradas a partir de piel de mango en diferentes días de almacenamiento refrigerado a 4 °C y envasadas al vacío.

### 3.2. EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS

Para la extracción de compuestos bioactivos de las diferentes muestras de harina, se empleó una relación 1:20 (peso:volumen), utilizándose como agente extractante una solución de metanol (Methanol 99,9 % HPLC Gradient Grade J.T. Baker). Posteriormente, se homogeneizó en un Ultra turrax® digital (mod. Ika® T18) durante 2 minutos a 13.000 r.p.m. A continuación, las mezclas, se agitaron durante 60 minutos en un agitador magnético (Ovan, mod. MultiMix Heat D-MMH30E). A continuación, los extractos se introdujeron en un equipo de ultrasonidos durante 10 minutos. Las muestras se centrifugaron a 10.000 r.p.m. durante 10 minutos a 4 °C (Centrifuge C30P, B. Braun Biotech International). Los sobrenadantes se filtraron y almacenaron a -80 °C hasta sus posteriores análisis (Figura 10).



Figura 10. Extracciones con metanol de las harinas elaboradas en diferentes días de almacenamiento.

### 3.3. EXTRACCIÓN DE ÁCIDOS ORGÁNICOS, AZÚCARES E INULINA

La metodología para la extracción de ácidos orgánicos y azúcares de las diferentes harinas fue la misma que la empleada para los compuestos bioactivos, con la única diferencia que en este caso el agente extractante que se empleó fue el agua ultrapura (Figura 11).



Figura 11. Extracciones con agua ultrapura de las harinas elaboradas en diferentes días de almacenamiento.

### 3.4. DETERMINACIONES ANALÍTICAS

#### 3.4.1. PROPIEDADES ANTIOXIDANTES

##### 3.4.1.1. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE: MÉTODO ABTS

El método ABTS [2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)] se determinó siguiendo la metodología desarrollada por Re *et al.*, 1999, con ligeras modificaciones. El radical ABTS se preparó mezclando ABTS 7 mM (Sigma-Aldrich) con  $K_2S_2O_8$  2,45 mM (Sigma-Aldrich) y la mezcla se dejó reaccionar durante 16 horas en oscuridad a temperatura ambiente. Posteriormente, la solución de ABTS se diluyó en agua ultrapura hasta ajustar su absorbancia a  $0,700 \pm 0,020$  en el espectrofotómetro (Bio-Tek Instruments, mod. Uvikon XS) a 734 nm, realizándose el blanco con agua ultrapura.

La ecuación de la recta de calibrado que se obtuvo fue  $y = 0,2054x + 0,0721$  ( $R^2 = 0,9983$ ), empleando Trolox 10 mM como patrón de referencia (Sigma-Aldrich) en distintas concentraciones (0,01 - 5,00 mmol/L). Para los ensayos, se mezclaron 10  $\mu\text{L}$  de los diferentes extractos con 990  $\mu\text{L}$  de la solución ABTS y se dejó reaccionar durante 6 minutos en oscuridad. Posteriormente, se midió la absorbancia a 734 nm. Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como  $\mu\text{mol}$  equivalentes de Trolox / g de harina.

#### 3.4.1.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE: MÉTODO DPPH

El método DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) se realizó siguiendo la metodología desarrollada por Brand-Williams *et al.*, 1995, con ligeras modificaciones. El radical DPPH (Sigma-Aldrich) se preparó mezclando 0,0035 g del mismo con 10 mL de metanol. La solución se conservó en oscuridad durante 30 minutos. Seguidamente, se ajustó la absorbancia de la solución de DPPH a 1 a 515 nm, realizándose el blanco con metanol.

La ecuación de la recta de calibrado que se obtuvo fue  $y = 0,2267x + 0,0645$  ( $R^2 = 0,9948$ ), empleando Trolox 10 mM como patrón de referencia en diferentes concentraciones (0,01 - 5,00 mmol/L). Para los ensayos, se mezclaron 15  $\mu\text{L}$  de los distintos extractos con 60  $\mu\text{L}$  de metanol y se adicionaron 1425  $\mu\text{L}$  de la solución DPPH. Se llevó a oscuridad y se dejó reaccionar durante 10 minutos, se midió la absorbancia a 515 nm. Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como  $\mu\text{mol}$  equivalentes de Trolox / g de harina.

#### 3.4.1.3. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE: MÉTODO FRAP

El método FRAP se llevó a cabo siguiendo la metodología desarrollada por Benzie y Strain, 1996, con ligeras modificaciones. La solución FRAP se preparó con una relación en volumen de los reactivos 1:1:10 (2,5 mL TPTZ (Sigma-Aldrich): 2,5 mL  $\text{FeCl}_3$ : 25 mL solución buffer).

La ecuación de la recta de calibrado que se obtuvo fue  $y = 0,3994x + 0,075$  ( $R^2 = 0,9988$ ), empleando Trolox 10 mM como patrón de referencia en diferentes concentraciones (0,01 - 5,00 mmol/L). Para los ensayos, se mezclaron 10  $\mu$ L de los distintos extractos con 900  $\mu$ L de la solución FRAP. Se llevó a oscuridad y se dejó reaccionar durante 10 minutos, se midió la absorbancia a 593 nm, empleándose como blanco la solución buffer. Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como  $\mu$ mol equivalentes de Trolox / g de harina.

#### 3.4.1.4. POLIFENOLES TOTALES POR FOLIN

Para la determinación del contenido de polifenoles totales, se empleó la metodología de Folin-Ciocalteu. La ecuación de la recta de calibrado que se obtuvo fue  $y = 5,8716x + 0,0062$  ( $R^2 = 0,9999$ ), empleando pirogalol 1 mM (Sigma-Aldrich) como patrón de referencia en distintas concentraciones. Para los ensayos, se mezclaron 20  $\mu$ L de los diferentes extractos con 480  $\mu$ L tampón fosfato 50 mM. Se añadieron 2,5 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu (Reactivo del fenol según Folin-Ciocalteu, Merck). Se agitó y se dejó reposar durante 2 minutos. Se añadieron 2 mL de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Se introdujo en un baño termostático (Raypa, serie BAE) previamente calentado a 50°C durante 10 minutos. Se midió la absorbancia a 760 nm, tomando como blanco el tampón fosfato 50 mM (Figura 12). Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como mg equivalentes de Pirogalol / 100 g de harina.



Figura 12. Método de Folin-Ciocalteu.

### 3.4.2. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

#### 3.4.2.1. ÁCIDOS ORGÁNICOS, AZÚCARES E INULINA

Los ácidos orgánicos, azúcares e inulina se determinaron de manera simultánea por *Cromatografía Líquida de Alta Resolución*. El cromatógrafo que se empleó fue el modelo Hewlett Packard HP-1100, con una columna Supelcogel C-610H (7,8 mm x 300 mm) (Sigma-Aldrich, Madrid, España) y una guarda columna Supelco guard C-610H (4,6 mm x 50 mm) (Sigma-Aldrich, Madrid, España). Los ácidos se monitorizaron a 210 nm con un visible-ultravioleta (vis-UV) detector de diodos (DAD G1315A). Para la fase móvil se empleó ácido ortofosfórico (Sigma-Aldrich, Madrid) al 0,1 % y el volumen de inyección fue de 10  $\mu$ L con un flujo de 0,5 mL / minuto en condiciones isocráticas.

La identificación y cuantificación se obtuvo mediante curvas de calibración usando patrones de azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa), inulina y ácidos orgánicos (ascórbico, cítrico, málico y shikímico). Los análisis se realizaron por duplicado y los resultados se expresaron como g por 100 g de harina, excepto para el ácido ascórbico que se expresó como mg por 100 gramos de harina.

#### 3.4.2.2. FIBRA DIETÉTICA TOTAL (FDT), PROTEÍNAS Y CENIZAS

El procedimiento para la determinación de la fibra dietética total se basa en el método publicado en la edición 16 de los métodos oficiales de análisis de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 1998). Dicho método determina el contenido total de fibra dietética de los alimentos mediante una combinación de métodos enzimáticos y gravimétricos.

Las muestras, desecadas y libres de grasas, se gelatinizaron con  $\alpha$ -amilasa (Sigma, A3306-10ML,  $\alpha$ -amylase heat-stable) y posteriormente, se digirieron con amilogucosidasa (Sigma, A9913-10ML, Amylogucosidase solution from *Aspergillus niger*) y con proteasa (Sigma, P3910-500MG, Protease from *Bacillus licheniformis*) para eliminar el almidón, y las proteínas presentes en las muestras. Posteriormente, se añadió etanol para precipitar la

fibra dietética soluble (Figura 13). A continuación, el residuo resultante, se filtró (J.P. Selecta, mod. Dosi-fiber 4000599) (Figura 14), se lavó con etanol y acetona (Figura 15), se secó (Figura 16) y se pesó. La mitad de las muestras fueron utilizadas para la determinación de las proteínas no digestibles (Kjeldahl, 1883) y las otras fueron incineradas en una mufla a 525 °C (Hobersal, mod. 12 PR/300 serie 8B) (Figura 17) para determinar el contenido de cenizas.

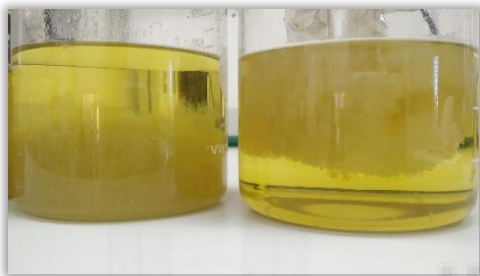


Figura 13. Precipitación de la fibra dietética soluble con etanol de las muestras de harina.



Figura 14. Equipo de filtración del residuo resultante de las muestras de harina.



Figura 15. Residuo tras filtración y lavado.



Figura 16. Residuo tras secado.



Figura 17. Residuo tras incineración.



El contenido de fibra dietética total de las muestras se calculó a partir de la siguiente ecuación (ec. 1) y los resultados se expresaron como %.

[ec.1]

$$\% \text{ FDT} = [\text{R} \times (100 - \text{P} - \text{C}) - \text{B}] / \text{PM}$$

Donde:

**FDT**= Fibra Dietética Total (%)

**R**= Peso promedio residuo (g)

**P**= Porcentaje promedio proteína (%)

**C**= Porcentaje promedio cenizas (%)

**B**= Blanco

[Cálculo B= Peso residuo control x [1 - ((% proteína control + % cenizas control)/100)]

**PM**= Peso promedio muestra (g)

### 3.4.2.3. HUMEDAD

El contenido de humedad de los diferentes tipos de pieles de mango utilizadas para elaborar la harina, se calculó introduciendo las pieles en la estufa a 50 °C hasta alcanzar un peso constante. El contenido en agua de las muestras se calculó por diferencia de peso y se expresó como % de humedad de acuerdo con la siguiente ecuación (ec. 2):

[ec.2]

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso final})}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

### 3.4.2.4. - pH

El pH de las diferentes muestras de harina se determinó por medio de un pHmetro (Crison, PH-Matic 23). Se tomó 1 g de harina y se adicionó 9 mL de agua destilada, se homogenizó durante unos minutos en un agitador magnético y se procedió a su medida.

#### 3.4.2.5. Actividad de agua ( $a_w$ )

La  $a_w$  de las diferentes muestras de harina se determinó a 25 °C utilizando un medidor de la actividad de agua (Novasina).

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todos los experimentos y análisis se realizaron por triplicado. Los resultados se expresaron como la media  $\pm$  la desviación estándar. La comparación de medias se realizó usando el software SPSS v 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA), mediante un análisis de varianza (ANOVA) y mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey. La diferencia significativa fue definida como  $p < 0,05$ .





## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LA HARINA

### 4.1.1. Capacidad antioxidante

La Tabla 5 muestra los valores de la capacidad antioxidante presentes en las harinas elaboradas a partir de la piel de mango en diferentes días de almacenamiento (0, 7, 14 y 21 días) a 4 °C. En los resultados obtenidos, se pudo observar que a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento, la capacidad antioxidante aumentó de manera significativa en los 3 métodos de capacidad antioxidante (ABTS, DPPH y FRAP) llevados a cabo.

En el método **ABTS** el aumento fue exponencial a medida que avanzó el periodo de almacenamiento. En las harinas de piel de mango elaboradas al inicio del almacenamiento (día 0), se obtuvieron valores más bajos de capacidad antioxidante (153  $\mu\text{mol}$  equivalentes de Trolox / g de harina). Sin embargo, la capacidad antioxidante aumentó de manera significativa para las harinas elaboradas con las pieles de mango en los posteriores días de almacenamiento (7, 14 y 21 días), llegando a alcanzar los valores más elevados de capacidad antioxidante en las harinas elaboradas con pieles de mango a los 21 días de almacenamiento (652  $\mu\text{mol}$  equivalentes de Trolox / g de harina).

En el caso del método **DPPH**, el aumento que se observó a lo largo del almacenamiento también fue gradual. Las harinas de piel de mango elaboradas a los 7 días aumentaron un 10 % el valor de la capacidad antioxidante respecto de las harinas elaboradas a día 0 (506 vs 466  $\mu\text{mol}$  equivalentes de Trolox / g de harina, respectivamente). Para las harinas de piel de mango elaboradas a los 14 días, el aumento fue del 35 %, mientras que para las elaboradas a los 21 días fue aproximadamente del 70 %, con respecto a las harinas de piel de mango elaboradas a día 0.

Del mismo modo que en los dos métodos anteriores, para el método **FRAP**, la capacidad antioxidante obtenida presentó diferencias significativas conforme los días de almacenamiento de las harinas aumentaban. De este modo, para las harinas de piel de mango elaboradas a día 0, los resultados obtenidos presentaron un valor de 239  $\mu\text{mol}$  equivalentes de Trolox / g de harina, el cual se vio incrementado en las harinas elaboradas

en los siguientes días de almacenamiento, con un aumento del 15 y 85 % para las harinas elaboradas a día 7 y 14, respectivamente. Al final del almacenamiento (21 días), las harinas de piel de mango elaboradas obtuvieron los valores más altos de capacidad antioxidante (506  $\mu$ mol equivalentes de Trolox / g de harina).

Al comparar los resultados obtenidos de capacidad antioxidante con un estudio donde se elaboró harinas a partir de pulpa y piel de mango (cv. Chokanan), se obtuvieron mayores actividades de barrido de los radicales libres y mayor poder reductor en las harinas elaboradas a partir de la piel (Aziz *et al.*, 2012). Las diferencias que puedan existir en cuanto a la capacidad antioxidante, pueden atribuirse a la degradación de los compuestos durante el procesamiento de obtención de la harina, a las diferentes metodologías utilizadas para la extracción y a las diferentes variedades (Ayala-Zavala *et al.*, 2004).

Tabla 5. Capacidad antioxidante de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento.

	ABTS	DPPH	FRAP
	<i>(<math>\mu</math>mol equivalentes de Trolox / g de harina)</i>		
<b>Día 0</b>	153 $\pm$ 14,4 <sup>a</sup>	466 $\pm$ 6,66 <sup>a</sup>	239 $\pm$ 3,13 <sup>a</sup>
<b>Día 7</b>	295 $\pm$ 5,84 <sup>b</sup>	506 $\pm$ 3,06 <sup>b</sup>	273 $\pm$ 3,78 <sup>b</sup>
<b>Día 14</b>	433 $\pm$ 22,1 <sup>c</sup>	624 $\pm$ 6,66 <sup>c</sup>	443 $\pm$ 6,25 <sup>c</sup>
<b>Día 21</b>	652 $\pm$ 3,37 <sup>d</sup>	788 $\pm$ 6,66 <sup>d</sup>	506 $\pm$ 2,29 <sup>d</sup>

Valores expresados como la media de tres determinaciones  $\pm$  desviación estándar. Valores seguidos por diferente letra, dentro de la misma columna, son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

#### 4.1.2. Polifenoles totales

La Tabla 6 muestra los valores de los polifenoles totales presentes en las harinas elaboradas a partir de la piel de mango en diferentes días de almacenamiento (0, 7, 14 y 21 días) a 4 °C. El contenido de **polifenoles totales** que se obtuvo en las harinas de piel de mango elaboradas al inicio del almacenamiento fue de 867 mg equivalentes de Pirogalol / 100 g de harina. Los valores obtenidos de polifenoles totales aumentaron significativamente a lo largo del periodo de almacenamiento, con un incremento del 20 % en las harinas de piel de mango elaboradas a los 7 días y con un aumento del 30 % para las harinas elaboradas a los 14 días, con respecto al valor de polifenoles totales obtenido en las harinas elaboradas a día 0. Las harinas elaboradas a los 21 días, mostraron un aumento significativo aproximadamente del 50 %, respecto de las harinas elaboradas al inicio del almacenamiento, con valores de 1276 y 867 mg equivalentes de Pirogalol / 100 g de harina, respectivamente. El aumento de la concentración de polifenoles totales a lo largo del almacenamiento, podría deberse a que los mangos pueden necesitar activar mecanismos de defensa antioxidante para evitar el estrés oxidativo durante su maduración, activando la síntesis de compuestos fenólicos (Palafox *et al.*, 2012). Por lo tanto, el proceso de maduración de los mangos afecta positivamente tanto al contenido en polifenoles como a su actividad antioxidante.

Al comparar estos resultados con estudios donde elaboraron harinas a partir de pulpa y piel verde y madura de mango (cv. Chokanan) secadas a 60 °C, se observó que las harinas elaboradas con piel verde de mango obtuvieron valores más bajos en el contenido en polifenoles que los del presente estudio (102,41 vs 866,5 mg / 100 g harina, respectivamente). Se realizó una comparación entre los valores de polifenoles totales obtenidos en la pulpa y en la piel, obteniéndose un aumento del 90 % en las harinas elaboradas con la piel, con respecto a las elaboradas con la pulpa (102,41 vs 54,36 mg / 100 g harina, respectivamente) (Aziz *et al.*, 2012). Estos cambios pueden estar influenciados por el crecimiento de la planta, el suelo, la preparación de la planta para la extracción, el proceso de extracción, la metodología utilizada para identificar compuestos y la elección del solvente (Madsen y Bertelsen, 1995).

Tabla 6. Polifenoles Totales de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento.

	<b>Polifenoles Totales</b>
	<i>(mg equivalentes de Pirogalol / 100 g de harina)</i>
<b>Día 0</b>	867 ± 16,3 <sup>a</sup>
<b>Día 7</b>	1035 ± 3,41 <sup>b</sup>
<b>Día 14</b>	1120 ± 2,60 <sup>c</sup>
<b>Día 21</b>	1276 ± 1,97 <sup>d</sup>

Valores expresados como la media de tres determinaciones ± desviación estándar. Valores seguidos por diferente letra, dentro de la misma columna, son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

#### 4.1.3. Ácido ascórbico (vitamina C)

La Tabla 7 muestra los valores del **ácido ascórbico** presentes en las harinas elaboradas a partir de la piel de mango en diferentes días de almacenamiento (0, 7, 14 y 21 días) a 4 °C. Las harinas de piel de mango elaboradas al inicio del almacenamiento (día 0), presentaron un valor de 220 mg de ácido ascórbico / 100 g de harina. Sin embargo, estos valores incrementaron significativamente a medida que avanzó el periodo de almacenamiento, llegando a alcanzar valores de 294 mg de ácido ascórbico / 100 g de harina en las harinas elaboradas al final del periodo de almacenamiento (21 días), lo que supuso un incremento del 35 % con respecto al contenido de ácido ascórbico obtenido en las harinas elaboradas a día 0.

En otro estudio realizado previamente, donde las pieles de mango cv. Tommy Atkins fueron sometidas a diferentes métodos de deshidratación: liofilización, aire caliente, vacío e infrarrojo, obtuvieron las siguientes concentraciones de ácido ascórbico: 75,48; 84,74; 68,49; 71,37 mg / 100 g, respectivamente (Sogi *et al.*, 2013). Se pudo comprobar que el contenido de ácido ascórbico más elevado fue en las muestras deshidratadas que usaron el mismo método de secado que en el presente estudio. El ácido ascórbico es la

principal forma biológicamente activa de la vitamina C. En anteriores estudios realizados demostraron que la vitamina C se encuentra principalmente en la piel de las frutas (Zeraik *et al.*, 2010), aumentando su contenido significativamente durante la maduración (Gil-Albert Velarde, 2006).

Tabla 7. Ácido ascórbico (vitamina C) de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento.

	<b>Ácido Ascórbico</b>
	<i>(mg equivalentes de ácido / 100 g de harina)</i>
<b>Día 0</b>	220 ± 2,02 <sup>a</sup>
<b>Día 7</b>	237 ± 2,21 <sup>b</sup>
<b>Día 14</b>	278 ± 4,01 <sup>c</sup>
<b>Día 21</b>	294 ± 0,11 <sup>d</sup>

Valores expresados como la media de dos determinaciones ± desviación estándar. Valores seguidos por diferente letra, dentro de la misma columna, son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

#### 4.1.4. Correlación de la capacidad antioxidante con los polifenoles totales y el ácido ascórbico

El aumento de la actividad antioxidante se atribuye a la capacidad de donar átomos de hidrógeno (ABTS y DPPH) así como al aumento de la actividad reductora del ion férrico (FRAP) de los alimentos, probablemente debido a la presencia de compuestos bioactivos (vitaminas, flavonoides y fenoles) (Ajila *et al.*, 2008; Aziz *et al.*, 2012; Saura-Calixto y Goñi, 2006). La Tabla 8 muestra los coeficientes de correlación lineal entre los diferentes métodos de capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales y el ácido ascórbico obtenidos en las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento. Se observó una alta correlación de los valores de capacidad antioxidante obtenidos por diferentes métodos, tanto con los polifenoles totales ( $> 0,80$ ) como con el ácido ascórbico ( $> 0,90$ ).

Tabla 8. Coeficientes de correlación lineal entre los diferentes métodos de capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales y el ácido ascórbico (vitamina C) de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento.

Coeficiente de correlación de pearson ( <i>r</i> )	ABTS	DPPH	FRAP
<b>Polifenoles totales</b>	0,88	0,84	0,92
<b>Ácido ascórbico</b>	0,97	0,95	0,99

## 4.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA HARINA

### 4.2.1. Ácidos orgánicos

La Tabla 9 muestra los valores de los ácidos orgánicos mayoritarios presentes en las harinas elaboradas a partir de la piel de mango en diferentes días de almacenamiento (0, 7, 14 y 21 días) a 4 °C. Los ácidos orgánicos mayoritarios presentes en las harinas se muestran en orden creciente a continuación: ácido cítrico < shikímico < málico (1,46; 2,01 y 4,07 g / 100 g harina, respectivamente).

El **ácido cítrico** mostró un incremento significativo conforme el periodo de almacenamiento aumentó. El aumento más significativo se observó en las harinas de piel de mango elaboradas a los 7 días de almacenamiento, con respecto a las harinas elaboradas a día 0 (2,57 vs 1,46 g / 100 g de harina), suponiendo un incremento del 75 %. Sin embargo, para las harinas elaboradas a los 14 y 21 días, el incremento entre ambos días fue menor (25 %), pero significativo, alcanzando valores de 3,19 y 3,90 g / 100 g harina, respectivamente.

Al mismo tiempo, en el **ácido málico** también se observó un incremento estadísticamente significativo en las harinas de piel de mango elaboradas a medida que aumentaba el periodo de almacenamiento. Observándose un aumento del contenido de ácido málico del 40% al comparar las harinas elaboradas a día 0 respecto a las harinas elaboradas a los 21 días (4,07 vs 5,66 g / 100 g harina).

En el caso del **ácido shikímico**, se observó un aumento gradual a lo largo del almacenamiento. Las harinas de piel de mango elaboradas al inicio del almacenamiento, mostraron un valor de 2,01 g / 100 g harina, el cual aumentó significativamente un 40 % en las harinas elaboradas a los 7 días y un 55 % en las harinas elaboradas a los 14 días. Al final del almacenamiento, las harinas elaboradas a los 21 días llegaron a alcanzar valores de 4,27 g / 100 g harina.

El aumento del ácido shikímico que se aprecia durante el periodo de almacenamiento podría estar directamente relacionado con el aumento observado de los polifenoles totales (Tabla 6), ya que una de las vías de síntesis de los compuestos fenólicos es a través de la ruta metabólica del ácido shikímico. Por la tanto, una de las vías que se podría activar para evitar el estrés oxidativo durante la maduración y, de esta manera, sintetizar compuestos fenólicos, sería la del ácido shikímico (Tomás-Barberán y Espín, 2001).

Tabla 9. Ácidos orgánicos de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento.

	Ácido Cítrico	Ácido Málico	Ácido Shikímico
	(g equivalentes de ácido / 100 g de harina)		
Día 0	1,46 ± 0,04 <sup>a</sup>	4,07 ± 0,15 <sup>a</sup>	2,01 ± 0,04 <sup>a</sup>
Día 7	2,57 ± 0,09 <sup>b</sup>	4,53 ± 0,04 <sup>b</sup>	2,79 ± 0,06 <sup>b</sup>
Día 14	3,19 ± 0,07 <sup>c</sup>	4,99 ± 0,09 <sup>c</sup>	3,08 ± 0,02 <sup>b</sup>
Día 21	3,90 ± 0,28 <sup>d</sup>	5,66 ± 0,01 <sup>d</sup>	4,27 ± 0,17 <sup>c</sup>

Valores expresados como la media de dos determinaciones ± desviación estándar. Valores seguidos por diferente letra, dentro de la misma columna, son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).



#### 4.2.2. Azúcares e inulina

La Tabla 10 muestra la evolución del contenido de los azúcares mayoritarios presentes en las harinas elaboradas a partir de la piel de mango en diferentes días de almacenamiento (0, 7, 14 y 21 días) a 4 °C. Los azúcares mayoritarios presentes en las harinas se muestran a continuación en orden creciente: glucosa < sacarosa < fructosa (13,8; 17,4 y 21,8 g / 100 g harina, respectivamente).

En la **sacarosa**, los resultados no mostraron diferencias significativas entre las harinas de piel de mango elaboradas al inicio del almacenamiento en comparación con las harinas elaboradas al final del mismo (17,4 vs 17,2 g / 100 g harina), observándose pequeñas oscilaciones en las harinas elaboradas en los días intermedios.

En la **glucosa**, los resultados mostraron pequeñas oscilaciones en las harinas elaboradas en los días 7 y 14. Sin embargo, al comparar entre las harinas elaboradas a día 0 y 21, se observó que las concentraciones de glucosa se mantuvieron relativamente estables (13,8 vs 13,3 g / 100 g harina, respectivamente).

En el caso de la **fructosa**, se observó una tendencia similar a los otros azúcares presentes en las harinas (sacarosa y fructosa). Los resultados mostraron pequeñas oscilaciones en las harinas de piel de mango elaboradas a día 7. Incrementando significativamente en los días 14 y 21. Mostrando las mayores concentraciones de fructosa en las harinas elaboradas al final del almacenamiento (21 días) (22,8 g / 100 g de harina).

La presencia de azúcares en las diferentes muestras de harina podría deberse a que durante la maduración, se produce la hidrólisis del almidón por la acción de las amilasas propias del fruto, que son normalmente dependientes del etileno. Estos compuestos al hidrolizarse producen azúcares libres de bajo peso molecular solubles en agua como son la glucosa, fructosa y sacarosa (Quintero C. *et al.*, 2013; White, 2002).

La **inulina** mostró un aumento significativo en las harinas de piel de mango elaboradas a los 7 y 14 días de almacenamiento del 10 y 70 %, respectivamente con respecto a las harinas elaboradas al inicio del almacenamiento. Sin embargo, en las harinas

de piel de mango elaboradas al final del almacenamiento (21 días) mostraron un 10 % de disminución con respecto a las harinas elaboradas a día 14.

Tabla 10. Azúcares e Inulina de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento.

	<b>Inulina</b>	<b>Sacarosa</b>	<b>Glucosa</b>	<b>Fructosa</b>
	(g equivalentes de inulina / 100 g de harina)	(g equivalentes de azúcar / 100 g de harina)		
<b>Día 0</b>	3,46 ± 0,05 <sup>a</sup>	17,4 ± 0,27 <sup>a</sup>	13,8 ± 0,57 <sup>c</sup>	21,8 ± 0,20 <sup>b</sup>
<b>Día 7</b>	3,87 ± 0,05 <sup>b</sup>	19,7 ± 0,07 <sup>c</sup>	11,6 ± 0,23 <sup>a</sup>	19,9 ± 0,26 <sup>a</sup>
<b>Día 14</b>	5,88 ± 0,04 <sup>d</sup>	18,7 ± 0,40 <sup>b</sup>	12,4 ± 0,14 <sup>a,b</sup>	22,1 ± 0,07 <sup>b</sup>
<b>Día 21</b>	5,26 ± 0,05 <sup>c</sup>	17,2 ± 0,09 <sup>a</sup>	13,3 ± 0,05 <sup>b,c</sup>	22,8 ± 0,07 <sup>c</sup>

Valores expresados como la media de dos determinaciones ± desviación estándar. Valores seguidos por diferente letra, dentro de la misma columna, son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

#### 4.2.3. $a_w$ y pH

La Tabla 11 muestra la evolución del contenido de  $a_w$  y pH presentes en las harinas elaboradas a partir de la piel de mango en diferentes días de almacenamiento (0, 7, 14 y 21 días) a 4 °C. Los resultados reflejaron para las harinas de piel de mango elaboradas a día 0, una  $a_w$  de 0,34 y un pH de 3,90, observándose una disminución estadísticamente significativa en ambos parámetros en las harinas elaboradas al finalizar el periodo de almacenamiento a los 21 días, con una  $a_w$  de 0,30 y un pH de 3,76. Al comparar la  $a_w$  y pH de otros estudios realizados en harinas de piel y bagazo de kiwi (cv. Bruno y Monty) en dos etapas de maduración (verde y maduro), mostraron valores de  $a_w$  que variaron de 0,44 a 0,35 y valores de pH de 3,4 a 3,3 (Bromberger-Soquetta *et al.*, 2016).

La disminución del pH que se aprecia a lo largo del almacenamiento puede estar relacionada con el aumento que se observa en la concentración de ácidos orgánicos (Tabla 9) (Marschner, 2002). La disminución de la  $a_w$  podría ser debida a la liberación del agua y del  $CO_2$  de las cadenas de almidón durante el proceso de transpiración. Proceso que ocurre durante el periodo de maduración en las frutas climatéricas, como es el caso del mango (Saranwong *et al.*, 2004).

Por lo tanto, los resultados obtenidos de pH y  $a_w$ , podrían asegurar la conservación de las harinas elaboradas con piel de mango. Ya que un pH < 4,5 restringe el crecimiento de microorganismos, especialmente el de las bacterias (Aquino *et al.*, 2010), a la vez que se podrían evitar reacciones de deterioro que tienen lugar cuando hay una  $a_w > 0,65$  para la mayoría de los alimentos (Ethur *et al.*, 2010).

Tabla 11.  $a_w$  y pH de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento.

	$a_w$	pH
<b>Día 0</b>	$0,34 \pm 0,00^c$	$3,90 \pm 0,01^b$
<b>Día 7</b>	$0,30 \pm 0,00^a$	$3,77 \pm 0,01^a$
<b>Día 14</b>	$0,32 \pm 0,00^b$	$3,82 \pm 0,01^{a,b}$
<b>Día 21</b>	$0,30 \pm 0,00^a$	$3,76 \pm 0,06^a$

Valores expresados como la media de dos determinaciones  $\pm$  desviación estándar. Valores seguidos por diferente letra, dentro de la misma columna, son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

#### 4.2.4. Humedad, Proteínas, Cenizas y Fibra Dietética Total (FDT)

En la Tabla 12 se reflejan los valores en porcentaje de la humedad, proteínas, cenizas y FDT de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento (0, 7, 14 y 21 días).

En los valores de **humedad** se observó una disminución progresiva del contenido de agua de las pieles, propia del proceso de maduración. En las pieles de mango que se utilizaron para elaborar las harinas a día 0, se obtuvo un 74,5 % de humedad, valor que disminuyó en las pieles de mango utilizadas para elaborar las harinas a los 21 días, con un 72,1 % de humedad. Al comparar los resultados obtenidos con otros estudios realizados en piel de mango madura (cv. Badami y Raspuri), mostraron un contenido de humedad del 75,25 y 72,50 % (Ajila *et al.*, 2007). La disminución del contenido de humedad en la piel a medida que avanza el proceso de maduración podría atribuirse al aumento del contenido de azúcares en la pulpa que se produce durante dicho proceso, que modifica la presión osmótica, facilitando la migración del agua de la piel a la pulpa (Azil *et al.*, 2012).

En cuanto al contenido de **proteínas** presentes en las harinas de piel de mango elaboradas, los resultados mostraron una disminución gradual conforme el periodo de almacenamiento aumentaba, con valores de 3,86 % en las harinas elaboradas a día 0 y de 3,27 % en las harinas elaboradas a los 21 días. Al comparar con otros estudios donde sometieron a un proceso de liofilización las pieles de mango (cv. Tommy Atkins), evaluaron el contenido de proteínas, las cuales mostraron un valor de 3,88 % (Serna-Cock y Torres-León, 2015). En otro estudio, harinas de piel de mango maduras fueron deshidratadas en un secador de flujo cruzado a 50 °C, obteniéndose un valor proteico de 3,6 % (Ashoush y Gadallah, 2011). Esta disminución en el contenido en proteínas podría ser debido a la senescencia del fruto, ya que cuando los frutos maduran, se puede producir un aumento del contenido proteico, que se asocia con las enzimas metabólicas que participan en el proceso de maduración. A causa de dicho proceso, hay una síntesis de proteínas, aunque en la senescencia se produce una disminución (Barbosa-Gámez *et al.*, 2017).

En las **cenizas**, se observó un aumento significativo del 90 % en las harinas de piel de mango elaboradas al final del almacenamiento (día 21) con respecto a las harinas elaboradas al inicio del mismo (día 0), con valores de 12,4 y 6,46, respectivamente.

La **FDT** mostró un aumento exponencial conforme el periodo de almacenamiento incrementaba, obteniéndose un valor de 38,7 % en las harinas de piel de mango elaboradas a día 0 y un valor de 39,1 % en las harinas elaboradas a los 21 días. Al comparar los resultados obtenidos de fibra dietética total con otro estudio donde se determinó tanto la FDT, como las fracciones solubles (FDS) e insolubles (FDI) de pieles de mango (cv. Badami y Raspuri) verdes y maduras, se pudo observar un mayor contenido de FDI y FDS en las pieles maduras en comparación con las verdes (Ajila *et al.*, 2007).

Una de las características que presentan las pieles de mango es que tienen un alto contenido de fibra dietética soluble, fracción de fibra dietética que posee más efectos beneficiosos para la salud (Ajila *et al.*, 2007). La inulina es un componente de la fibra alimentaria, en particular de la fibra soluble, por lo que el aumento de la inulina que se observó en las harinas a lo largo del almacenamiento (Tabla 10) podría estar relacionado con el incremento observado en la fibra dietética total. La inulina es uno de los prebióticos más conocidos, estimulando el crecimiento de bacterias beneficiosas, por lo tanto, su presencia en las harinas podría aportar propiedades prebióticas, que confieren beneficios sobre el bienestar y la salud del huésped (Gibson *et al.*, 2004; Valero-Cases y Frutos, 2015).

En otros estudios realizados, donde las harinas de mango han sido utilizadas en la elaboración de productos de panificación, se observó un aumento del contenido en fibra dietética respecto a la formulación control donde se utilizó únicamente harina de trigo. Al adicionar un 30 % de harina de piel de mango, el contenido de fibra dietética fue del 8,1 %. Cuando se adicionó un 30 % de harina de pulpa de mango el contenido de fibra dietética fue del 6,29 %. Mientras que los valores más bajos de fibra dietética (1,85 %) se observó cuando se adicionó el 100 % de harina de trigo (muestras controles) (Noor *et al.*, 2011). Por lo tanto, el enriquecimiento de formulaciones tradicionales a base de harina de trigo es importante en vías de mejoramiento de su contenido nutricional (Torres-González *et al.*, 2014).

Estudio de las características funcionales y físico-químicas de la harina de piel de mango (*Mangifera indica* L. cv. Kent)

Tabla 12. Humedad, Proteínas, Cenizas y Fibra Dietética Total de las harinas de piel de mango elaboradas en diferentes días de almacenamiento.

	<b>Humedad</b> (%)	<b>Proteínas</b> (%)	<b>Cenizas</b> (%)	<b>FDT</b> (%)
<b>Día 0</b>	74,5	3,86	6,46	38,7
<b>Día 7</b>	73,1	3,64	11,6	38,9
<b>Día 14</b>	72,3	3,57	7,02	39,0
<b>Día 21</b>	72,1	3,27	12,4	39,1



## 5. CONCLUSIONES

El proceso de maduración de la piel de mango afecta directamente a su contenido en polifenoles totales, ácido ascórbico (vitamina C) y fibra dietética total, mostrando un incremento considerable durante el periodo de almacenamiento, alcanzando las mayores concentraciones en las harinas elaboradas tras 21 días de almacenamiento refrigerado de frutos de mango, al igual que ocurre con la capacidad antioxidante, lo que resulta en altas correlaciones con los compuestos antioxidantes analizados (polifenoles y ácido ascórbico). Por lo tanto, la harina obtenida de las pieles de mango maduras sometidas a un proceso de secado en estufa, son una buena fuente de compuestos antioxidantes, compuestos fenólicos totales y fibra dietética total. De este modo, el desarrollo de harinas a partir de la piel de mango puede ser una alternativa eficiente para la obtención de ingredientes alimentarios de elevada calidad funcional, al mismo tiempo que se reutiliza y revaloriza este subproducto de la industria agroalimentaria, reduciendo así el impacto causado por su acumulación en el medio ambiente.





# 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajila, C. M., Bhat, S. G., & Prasada Rao, U. J. S.** (2007). Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chemistry*, *102*, 1006-1011.
- Ajila, C. M., Leelavathi, K., & Prasada Rao U. J. S.** (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*, 319–326.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists** (1998). *Official methods of analysis of the association of analytical chemists* (16th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Aquino, A. C. M. D. S., Mões, R. S., Leão, K. M. M., Figueiredo, A. V. D., & Castro, A. A.** (2010). Avaliação físico-química e aceitação sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados com farinha de resíduos de acerola. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, *69* (3), 379–386.
- Ashoush, I. S., & Gadallah, M. G. E.** (2011). Utilization of mango peels and seed kernels powders as sources of phytochemicals in biscuit. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, *6*(1), 35-42.
- Aziz, N. A. A., Wong, L. M., Bhat, R., & Cheng, L. H.** (2012). Evaluation of processed green and ripe mango peel and pulp flours (*Mangifera indica* var Chokanan) in term of chemical composition, antioxidant compounds and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *92*, 557–563.

**Barbosa Gámez, I., Caballero Montoya, K. P., Ledesma, N., Sáyago Ayerdi, S. G.,**

**García Magaña, M. L., Bishop von Wettberg, E. J., & Montalvo-González, E.**

(2017). Changes in the nutritional quality of five *Mangifera* species harvested at two maturity stages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. doi: 10.1002/jsfa.8377.

**Base de Datos Española de Composición de Alimentos (BEDCA).** (2007). *Mango, crudo*

(Id: 1186). <http://www.bedca.net/bdpub/index.php>

**Benzie, I. F. F., Strain, J. J.** (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a

Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76.

**Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C.** (1995). Use of a Free Radical Method

to Evaluate Antioxidant Activity. *Journal of Food Science and Technology*, 28, 25-30.

**Bromberger Soquetta, M., Santi Stefanello, F., da Mota Huerta, K., Sauthier**

**Monteiro, S., Severo da Rosa, C., Nascimento Terra, N.** (2016). Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). *Food Chemistry*, 199, 471–478.

**Cámara-Hurtado, M.** (2012). *Nuevos conceptos en relación al binomio alimentación y*

*salud*. Poscosecha - Frutas, hortalizas y ornamentales.

[http://www.poscosecha.com/es/noticias/nuevos-conceptos-en-relacion-al-binomio-alimentacion-y-salud/\\_id:79302/](http://www.poscosecha.com/es/noticias/nuevos-conceptos-en-relacion-al-binomio-alimentacion-y-salud/_id:79302/)

- Dembitsky, V. M., Poovarodom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Vearasilp, S., Trakhtenberg, S., Gorinstein, S.** (2011). The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites: A Review. *Food Research International*, 44, 1671–1701.
- Ethur, E. M., Zanatta, C. L., & Schlabitz, C.** (2010). Avaliação físico-química e microbiológica de farinhas obtidas a partir de vegetais não conformes à comercialização. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 21 (3), 459–468.
- Gibson, G. R., Probert, H. M., Loo, J. V., Rastall, R. A., & Roberfroid, M. B.** (2004). Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutrition Research Reviews*, 17 (2), 259-275.
- Gil-Albert Velarde, F.** (2006). *Tratado de arboricultura frutal. VOL. I. Morfología y fisiología del árbol frutal*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Illescas, J. L., Bacho, O., Ferrer, S. (Juste-Mata, A.).** (2008). *Frutas y Hortalizas. Guía práctica*. Madrid, España: Mercasa.
- Jahurul, M. H. A., Zaidul, I. S. M., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F. Y., Nyam, K. L., Norulaini, N. A. N., Sahena, F., Mohd Omar, A. K.** (2015). Mango (*Mangifera indica* L.) by-products and their valuable components: A review. *Food Chemistry*, 183, 173–180.
- Kjeldahl, J.** (1883). Neue Methode Zúr Bestimmung der Stickstoffs in organischen Körpern. *Z. Analytical Chemistry*, 22, 366 - 382.

**Masibo, M., & He, Q.** (2008). Major mango polyphenols and their potential significance to human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7, 309–319.

**Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).** (2017). *Material vegetal: Mango*.

<http://www.mapama.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?idFicha=2350>

**Mirabella, N., Castellani, V., & Sala, S.** (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: A review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 28–41.

**Mora Montero, J., Gamboa Porras, J., Elizondo Murillo, R.** (2002). *Guía para el cultivo del mango*. San José, Costa Rica.

**Noor, A., Lee, W., & Bhat, R.** (2011). Nutritional and sensory quality evaluation of sponge cake prepared by incorporation of high dietary fiber containing mango (*Manfigera indica* cv. Chokanan) pulp and peel flours. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62 (6), 559-567.

**Olivas-Aguirre, F., Velderrain-Rodríguez, G., Wall-Medrano, A., Gonzalez-Aguilar, G., Robles-Zepeda, R., y Astiazaran-García, H.** (2014). Antioxidant and anti-proliferative capacity of extractable phytochemicals from tropical fruits (pineapple, mango and papaya). *FASEB*, 28, 1045.18.

- Palafox-Carlos, H., Yahia, E., Islas-Osuna, M. A., Gutierrez-Martínez, P., Robles-Sánchez, M., González-Aguilar, G.A.** (2012). Effect of ripeness stage of mango fruit (*Mangifera indica* L., cv. Ataulfo) on physiological parameters and antioxidant activity. *Scientia Horticulturae*, 135, 7-13.
- Quintero C., V., Giraldo G., G., Lucas A., J., Vasco L., J.** (2013). Caracterización físicoquímica del mango común (*Mangifera indica* L.) durante su proceso de maduración. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11, 10-18.
- Ravindran, R., & Jaiswal, A. K.** (2016). Exploitation of Food Industry Waste for High-Value Products: A review. *Trends in Biotechnology*, 34, No. 1.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C.** (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 26, 1231-1237.
- Saranwong, S., Sornsrivichai, J., & Kawano, S.** (2004). Prediction of ripe-stage eating quality of mango fruit from its harvest quality measured nondestructively by near infrared spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 31, 137-145.
- Saura-Calixto, F., & Goñi, I.** (2006). Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. *Food Chemistry*, 94, 442-447.
- Sergent, E.** (1999). *El cultivo del mango (Mangifera indica L.): botánica, manejo y comercialización*. Caracas, Venezuela.

**Serna Cock, L., y Torres León, C.** (2015). Potencial agroindustrial de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) variedades Keitt y Tommy Atkins. *Acta Agronómica*, 64 (2), 110-115.

**Sogi, D. S., Siddiq, M., Greiby, I., Dolan K. D.** (2013). Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of ‘Tommy Atkins’ mango peel and kernel as affected by drying methods. *Food Chemistry*, 141, 2649-2655.

**The Plant List.** (2013). *Mangifera indica* L.

<http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-2362842>

**Tomás-Barberán, F.A., & Espín, J.C.** (2001). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 81, 853–876.

**Torres-González, M. P., Jiménez-Munguía, M. T., y Bárcenas-Pozos, M. E.** (2014). Harinas de frutas y/o leguminosas y su combinación con harina de trigo. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 8-1, 94-102.

**Tropicos.** (2017). *Mangifera indica* L.

<http://www.tropicos.org/Name/1300071>

**Valero-Cases, E., Frutos, M. J.** (2015). Effect of different types of encapsulation on the survival of *Lactobacillus plantarum* during storage with inulin and *in vitro* digestion. *LWT – Food Science and Technology*, 64, 824-828.

- Van Dyk, J. S., Gama, R., Morrison, D., Swart, S., & Pletschke, B. I.** (2013). Food processing waste: Problems, current management and prospects for utilisation of the lignocellulose component through enzyme synergistic degradation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 521–531.
- Wall-Medrano, A., Olivas-Aguirre, F. J., Velderrain-Rodríguez, G. R., González-Aguilar, A., de la Rosa, L. A., López-Díaz, J. A., y Álvarez-Parrilla, E.** (2015). El mango: aspectos agroindustriales, valor nutricional/funcional y efectos en la salud. *Nutrición Hospitalaria*, 31, 67-75. doi:10.3305/nh.2015.31.1.7701.
- White, P. J.** (2002). Recent advances in fruit development and ripening: an overview. *Journal of Experimental Botany*, 53, 1995-2000.
- Zeraik, M. L., Pereira, C. A., Zuin, V. G., & Yariwake, J. H.** (2010). Maracujá: um alimento funcional. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 20 (3), 459–471.