

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y BIOTECNOLOGIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Harina de mango (*Mangifera indica*): Efecto del secado
convencional sobre el contenido de compuestos bioactivos**

Autor(a): Br. Luis Alberto Ruiz Flores

Asesor: Dr. Luis Alfredo Espinoza Espinoza

CO-asesor (a): Mg. Zury Mabell Sócola Juárez

Registro: PY-EPIIA-044

SULLANA – PERÚ

2022

Dedicatoria

Esta investigación va dedicada a:

- Mi madre Carmen Rosa Flores Cruz y mi Padre José Ruiz Rufino, quienes me apoyaron en todo momento para que siga mis sueños, y pudiese formarme profesionalmente.

Agradecimiento

Expresar mi profunda estima y gratitud:

Al Dr. Luis Alfredo Espinoza Espinoza y la Mg. Zury Mabell Sóloca Juárez, quienes, con sus conocimientos y experiencia, encaminaron y fortalecieron el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Heber Peleg Cornelio Santiago, por ser pieza fundamental para el cumplimiento de los objetivos propuestos en esta investigación.

A Carlos Rojas, Carlos Juárez, Jaime Valdiviezo, Maribel Arana, Enrique Mauricio, amigos del Laboratorio de Alimentos Funcionales y Bioprocesos por su apoyo en todo momento.

Asimismo, al PROCENCIA por el financiamiento del proyecto de investigación con fondos concursables con CONTRATO N.º 049-2021-PROCENCIA, liderado por la Universidad Nacional de Frontera, mi alma mater de formación profesional.

Visto bueno del asesor de tesis

Los docentes de la Universidad Nacional de Frontera, Dr. LUIS ALFREDO ESPINOZA ESPINOZA asesor, y Mg. ZURY MABELL SÓCOLA JUÁREZ co-asesora, designados según resolución N°214-2021-UNF-VPAC/FIIA, hacemos constar que hemos asesorado la tesis titulada “ **Harina de mango (*Mangifera indica*): Efecto del secado convencional sobre el contenido de compuestos bioactivos**”, del bachiller **Luis Alberto Ruiz Flores** de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología, Escuela profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias.

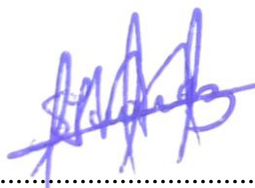
Los suscritos dan visto bueno del informe de investigación previo a su evaluación por el Jurado y posterior obtención de la constancia de aprobación por parte de las autoridades de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología.

Sullana, 19 de julio de 2022



.....
Dr. Luis Alfredo Espinoza Espinoza

Asesor



.....
Mg. Zury Mabel Socola Juárez

Co-asesor(a)

Jurado evaluador

Dr. William Miranda Rolando Zamora

Presidente



M.Sc. William Lorenzo Aldana Juárez.

Secretario



Dr. Luis Alfredo Espinoza Espinoza

Vocal



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

ANEXO 3-K

Acta de Evaluación de Sustentación del Informe de Tesis

Siendo las 9:30 horas del día 10 del mes de agosto del año 2022 se reunieron en la sala virtual <https://meet.google.com/mxf-jssd-mgb> de la Universidad Nacional de Frontera, los miembros del Jurado de Tesis para evaluar el Informe de Tesis denominado: "HARINA DE MANGO (*Mangifera Indica*): EFECTO DEL SECADO CONVENCIONAL SOBRE EL CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS"

Siendo sustentado en sesión pública por el autor: Bach. LUIS ALBERTO RUIZ FLORES como requisito para obtener el Título Profesional de INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.

Terminada la sustentación, se procedió a la defensa del Informe de Tesis, etapa en que los miembros del Jurado de Tesis formularon sus inquietudes y preguntas de manera individual, las que fueron respondidas por el sustentante.

Seguidamente, el Jurado solicitó el retiro de todos los asistentes y del (los) sustentante(s) de la sala virtual o física según sea el caso; el Jurado de Tesis determinó la calificación concedida a la sustentación del Informe de Tesis para la Obtención de Título Profesional, en términos de:

Aprobado (a) con el calificativo de diecinueve (19), levantándose la sesión a 10:30 horas del mismo día.

Seconcluye el acto de sustentación, suscribiendo el acta.

Presidente

Dr. William Rolando Miranda Zamora

Secretario

MSc. William Lorenzo Aldana Juárez

Vocal

Dr. Luis Alfredo Espinoza Espinoza

No.	DESCRIPCIÓN	RECOMENDAR	
		SI	NO
1.	Recomendar para presentar en eventos.		
2.	Recomendar para publicación.		
3.	Recomendar para patente		
4.	Recomendar para Meritorio		
5.	Recomendar para Laureado		

Código: PY-EPIIA-044

Índice

Dedicatoria	2
Agradecimiento	3
Visto bueno del asesor de tesis	4
Jurado evaluador	5
Índice	7
Índice de tablas	9
Índice de figuras	10
Resumen	11
Abstract	12
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Mango (<i>Mangifera indica</i>)	14
1.2. Composición nutricional del mango	16
1.3. Mango variedad <i>Kent</i>	18
1.4. Compuestos bioactivos	19
1.4.1. Vitamina C (AA)	19
1.4.2. Compuestos fenólicos	20
1.5. Aprovechamiento del descarte de mango	21
1.6. Harina de mango	22
1.7. Deshidratado de alimentos	22
1.7.1. Secado por aire caliente.	23
1.8. Antecedentes	23
1.9. Objetivos de investigación	25
1.9.1. Objetivo general	25
1.9.2. Objetivos específicos	25
II. MATERIAL Y MÉTODOS	26
2.1. Muestra	26
2.2. Variables de estudio	26
2.2.1. Variables independientes	26
2.2.2. Variables dependientes	27
2.3. Materiales, equipos y reactivos	27
2.3.1. Materiales	27

	8
2.3.2. Reactivos	28
1.1.1. Equipos	29
1.2. Métodos	29
1.2.1. Procedimiento para la obtención de harina de pulpa de mango (<i>Mangifera indica</i> var. Kent).	29
1.2.2. Métodos de análisis para la determinación de características fisicoquímicas de harina de mango	31
1.2.3. Métodos de análisis para la determinación de compuestos bioactivos.	33
1.2.4. Análisis de datos	35
II. RESULTADOS	37
2.1. Contenido de vitamina C en harina de pulpa de mango var. Kent, secado a distintas temperaturas y espesor de lámina de pulpa de mango.	37
2.2. Contenido de compuestos fenólicos total (CFT) en la harina de pulpa de mango var. Kent, secado a distintas temperaturas y espesor de lámina de pulpa de mango.	39
2.3. Características físico químicas de la harina de mango con mayor contenido de compuestos bioactivos	42
III. DISCUSIÓN	43
Contenido de vitamina C (AA)	43
Contenido fenólico total (CFT)	45
Características físico químicas	47
IV. CONCLUSIONES	48
V. RECOMENDACIONES	49
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
ANEXOS	57

Índice de tablas

Tabla 1. Composición química de la pulpa de mango de tres variedades (g/100g de peso fresco)	16
Tabla 2. Contenido de compuestos bioactivos presentes en la pulpa de mango.....	17
Tabla 3. Materiales utilizados para el desarrollo de la investigación	27
Tabla 4. Reactivos utilizados durante el desarrollo de la investigación	28
Tabla 5. Equipos utilización durante la ejecución de la investigación	29
Tabla 6. Plan experimental en la obtención de harina de pulpa de mango	35
Tabla 7. Contenido de vitamina C (mg/100g de muestra) en la harina de mango obtenida en los diferentes tratamientos	37
Tabla 8. Contenido de compuestos fenólicos total (mg GAE/100g de muestra) en la harina de mango obtenida en los diferentes tratamientos	39
Tabla 9. Análisis del mango fresco variedad Kent y harina de los tratamientos con mayor contenido de compuesto fenólicos	42

Índice de figuras

Figura 1. Consumo en el mundo de mango y otras frutas	13
Figura 2. Principales países exportadores de mango	14
Figura 3. Clasificación taxonómica del mango (<i>Mangifera ndica</i>).....	15
Figura 4. Partes del mango (<i>Mangifera indica</i>) variedad Kent	18
Figura 5. Ubicación del lugar donde se obtuvo la muestra para el estudio	26
Figura 6. Diagrama de flujo para la obtención de harina de pulpa de mango	31
Figura 7. Efecto de los factores: temperatura de secado y espesor de lámina de pulpa de mango sobre el contenido de vitamina C (mg/100g de muestra) de la harina de mango	38
Figura 8. Efecto de la Interacción de los factores sobre el contenido de vitamina C (mg/100g de muestra).....	38
Figura 11. Efecto de los factores: temperatura de secado y espesor de lámina de pulpa de mango sobre el contenido fenólico total (mg GAE/100g de muestra) en la harina de mango	40
Figura 12. Efecto de la interacción de los factores sobre contenido fenólico total (mgGAE/100g de muestra en base húmeda), en la harina de mango	41

Resumen

El mango es un fruto cuyo contenido en compuestos fenólicos y vitamina C es considerable, es ampliamente cultivado en la región Piura, aporta el 70% de la producción nacional; sin embargo, las pérdidas posteriores a la cosecha y procesamiento superan el 31%. Ante ello, la obtención de harina de mango se muestra como una alternativa viable de aprovechamiento. No obstante, el método de secado influye directa o indirectamente sobre el contenido de las moléculas bioactivas. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de los parámetros de secado sobre el contenido de compuestos bioactivos en harina de mango (*Mangífera indica*) var. Kent. Se recolectaron muestras de mango de descarte del distrito de Tambo Grande (pH:3.73 y 7.74°Brix), la pulpa fue laminada a diferentes espesores (2.5 y 5 mm) y deshidratada mediante secado convectivo a 40, 50 y 60°C, se pulverizaron, tamizaron y envasaron. La cuantificación de Vitamina C y compuestos fenólicos totales fueron realizados por el método de valoración con 2,6 diclofenolindofenol y ensayo colorimétrico de Folin Ciocalteu en un espectrofotómetro UV-Vis respectivamente. Se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos al 95% de significancia, el mayor contenido de vitamina C (126.95 mg ác. Ascórbico/100g de harina) fue en el tratamiento T3 (T:50°C y espesor: 2,5 mm) mientras que el T5 (T:60°C y espesor: 2.5mm) demostró mayor contenido en compuestos fenólicos totales (294.10 mg GAE/100 g de harina).

Palabras clave:

Mango, harina, compuestos bioactivos, ácido ascórbico, compuestos fenólicos, secado convectivo, temperatura de secado y espesor de lámina.

Abstract

Mango is a fruit with a considerable content of phenolic compounds and vitamin C. It is widely cultivated in the Piura region, accounting for 70% of national production; however, post-harvest losses exceed 31%. In view of this, obtaining mango flour is a viable alternative. However, the drying method directly or indirectly influences the content of bioactive molecules. The objective of this research was to determine the effect of drying parameters on the content of bioactive compounds in mango (*Mangifera indica*) var. Kent flour. Samples of discarded mango were collected from the Tambo Grande district (pH: 3.73 and 7.74°Brix), the pulp was laminated at different thicknesses (2.5 and 5 mm) and dehydrated by convective drying at 40, 50 and 60°C, pulverized, sieved and packaged. The quantification of vitamin C and total phenolic compounds were carried out by the titration method with 2,6 diclofenolindophenol and Folin Ciocalteu colorimetric assay in a UV-Vis spectrophotometer, respectively. Significant differences between treatments were evidenced at 95% significance, the highest vitamin C content (126.95 mg ascorbic acid/100 g flour) was in the T3 treatment (T:50°C and thickness: 2.5 mm) while T5 (T:60°C and thickness: 2.5 mm) showed the highest content of total phenolic compounds (294.10 mg GAE/100 g flour).

Keywords:

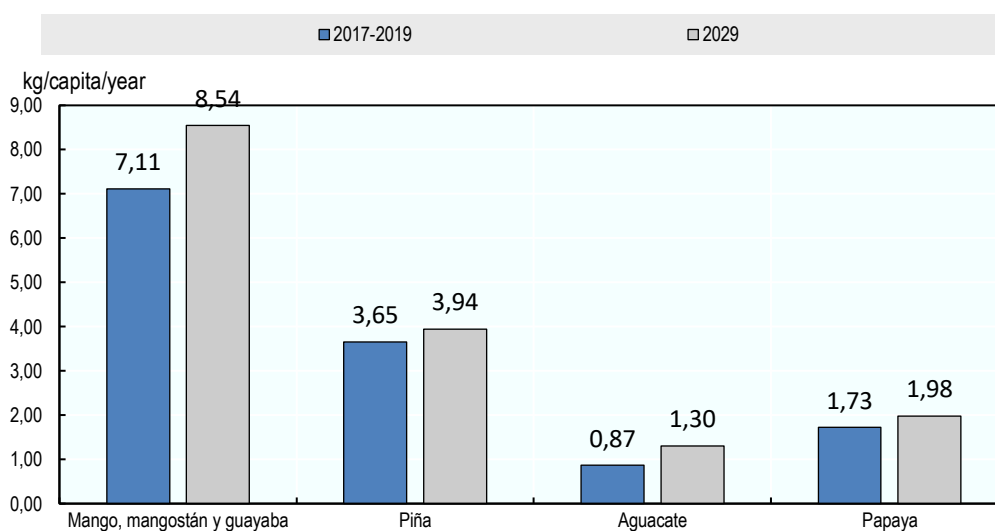
Mango, flour, bioactive compounds, ascorbic acid, phenolic compounds, convective drying, drying temperatura and sheet thickness.

I. INTRODUCCIÓN

El mango es una fruta tropical que presenta características de sabor únicas y un alto contenido de nutrientes (Matheyambath et al., 2016; Md Nor & Ding, 2020), su consumo en el mundo se incrementa anualmente; para el año 2029 se proyecta un aumento del 20% del consumo per cápita con respecto al periodo 2017 - 2019, tal como se muestra en la figura 1 (Organisation for Economic Co-operation Development [OECD] & Food and Agriculture Organization [FAO], 2020).

Figura 1

Consumo en el mundo de mango y otras frutas



Nota: Tomado de OECD & FAO (2020).

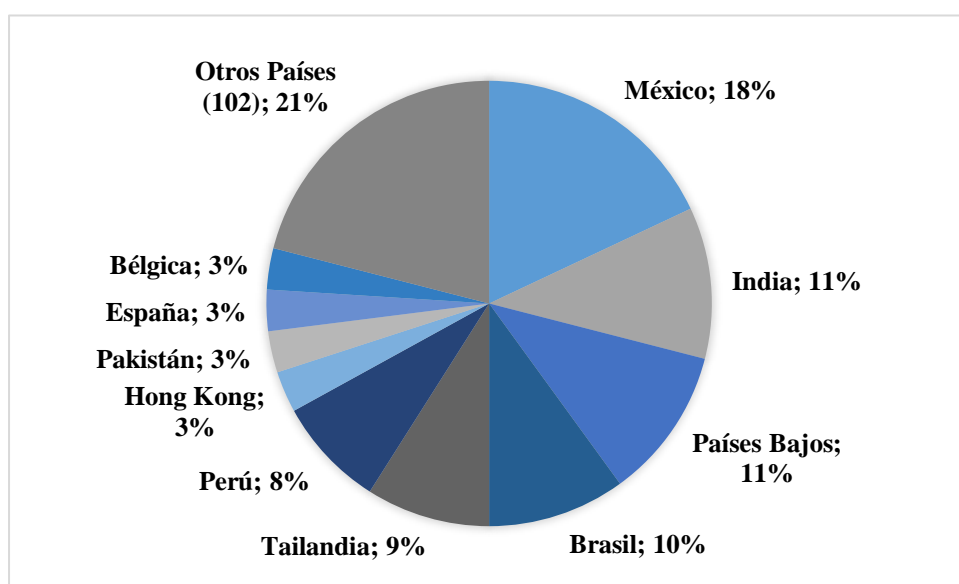
En cuanto a la producción en el mundo de mango, para el año 2018 fue de 52 millones de toneladas (Diomande et al., 2021). Perú alcanzó una producción de 494, 609 mil toneladas en el año 2020 (MIDAGRI, 2021), demostrando un aumento del 30% respecto al año 2018 (MINAGRI, 2019); escenario que refleja una productividad de hasta 17 TM/Ha (MIDAGRI, 2021).

Situación que le ha permitido al Perú, en cuanto a exportación de este fruto ocupar el sexto lugar, después de Tailandia, siendo México el principal el exportador (Figura 2) (SIICEX, 2022). De la producción nacional de mango orientada a la exportación, la región Piura participa

con el 70%, cultivo predominante principalmente en los valles de San Lorenzo, Chulucanas, Tambogrande y Sullana. Donde las variedades más destacadas son: Tommy Atkins, Haden y Kent, esta última es la más representativa con una participación del 82% aproximadamente (MINAGRI, 2019). Además se resalta que, de las diferentes presentaciones de mango con destino de exportación, el 93% corresponde al mango fresco (DIRCETUR, 2014).

Figura 2

Principales países exportadores de mango



Nota. Adaptado de Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior [SIICEX], (2022)

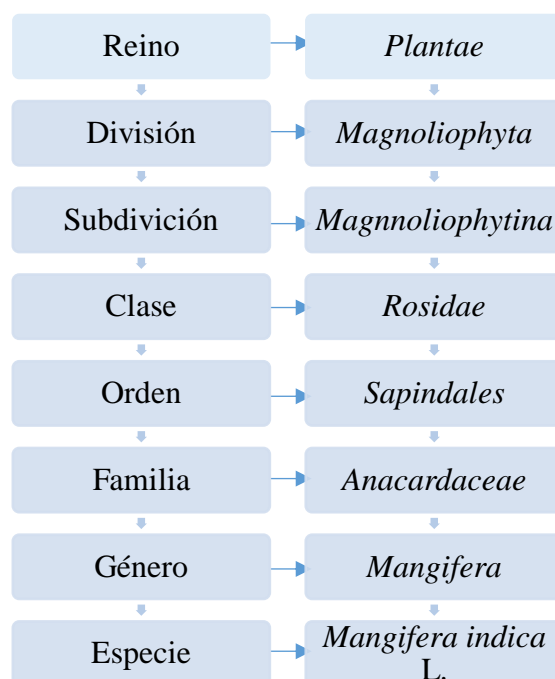
1.1. Mango (*Mangifera indica*)

Mangifera indica, comúnmente conocido como mango, se cultiva en grandes cantidades en Asia, África y América (Nyangena et al., 2019), es el integrante principal de la familia de las Anacardiáceas (ver figura 3). El género *Mangifera* incluye aproximadamente 50 especies. Sin embargo, solo alrededor de cuatro son las especies que dan frutos comestibles (Bello-Pérez & Agama-Acevedo, 2019).

El mango es habitualmente consumido en estado fresco o procesado (néctar y concentrados, encurtidos, pulpa en almíbar, pulpa congelada, rebanadas enlatadas, salsa, hojuelas y otros) (Coman et al., 2020; Diomande et al., 2021; Matheyambath et al., 2016).

Figura 3

Clasificación taxonómica del mango (Mangifera indica.)



Nota. Adaptado de Matheyambath et al. (2016).

El árbol de *M. indica* puede alcanzar una altura de hasta 45m, presenta follaje denso de forma oval, con abundantes ramificaciones a partir de un tronco robusto, las hojas son simples, alternas, sin estípulas, variables en forma y tamaño, generalmente oblongas. El árbol tiene una larga raíz que puede alcanzar los 5,5 m de profundidad (Derese et al., 2017).

Los frutos de *M. indica* de diferentes variedades son distintos en color, forma, textura y sabor del mesocarpio. La fruta del mango es una drupa y de forma variable que va desde la redonda, ovalada a oblonga y alargada con una compresión lateral variable. Los frutos pueden tener un peso que va desde 50 g a 2 kg, un tamaño próximo de 25 cm de largo y 10 a 15 cm de grosor (Bello-Pérez & Agama-Acevedo, 2019; Derese et al., 2017; Matheyambath et al., 2016).

Del mango, el mesocarpio (pulpa) corresponde a la parte carnosa, comestible y firme de la fruta, puede ser fibroso o sin fibra, con un sabor desde la trementina hasta el dulce y ligeramente ácido; el exocarpio (cáscara) es grueso y glandular; y el endocarpio es leñoso, grueso y fibroso. La piel suave pasa de un color verde a tonos exterior dorado, rojo carmesí, amarillo o rojo anaranjado cuando madura, dependiendo de la variedad (ver figura 4) (Derese et al., 2017).

1.2. Composición nutricional del mango

El mango se encuentra principalmente constituido por agua y carbohidratos, en cantidades más reducidas de fibra dietética, proteínas y lípidos (tabla 1); además, de contener importantes moléculas biológicamente activas (tabla 2) (Bello-Pérez & Agama-Acevedo, 2019; Encalada Rojas, 2017; Patiño-Rodríguez et al., 2020; Ribeiro & Schieber, 2010; Saleem Dar et al., 2016)

Tabla 1

Composición química de la pulpa de mango de tres variedades (g/100g de peso fresco)

Variedad	Haden	Tommy Atkins	Kent
Humedad	83,61	84,38	81,8
Proteína	0,64	0,55	0,5
Lípidos	0,15	0,007	0,1
Carbohidratos totales	15,31	14,67	16,4
Ceniza	0,29	0,29	1
Energía (Kcal)	65,15	61,51	131

Nota. Elaborado a partir de (DIRCETUR, 2014; Ribeiro & Schieber, 2010)

Dentro de los carbohidratos, el almidón es el principal constituyente, cuando el fruto se encuentra inmaduro; sin embargo, este es reemplazado por glucosa, sacarosa y fructuosa cuando la fruta alcanza la madurez (Bello-Pérez & Agama-Acevedo, 2019). Además, el mango contiene vitaminas C y A, antioxidantes como los carotenoides y compuestos fenólicos y fibra, tabla 2 (Bello-Pérez & Agama-Acevedo, 2019; Encalada Rojas, 2017; Ribeiro & Schieber, 2010).

El ácido cítrico y málico son los ácidos principales que confieren la acidez característica del mango. También existe un contenido muy significativo de ácido fólico (3,6 mg/100g), vitamina B1 (36 a 63 mg/100g), Vitamina B2 (37 a 73 mg/100g), y niacina (0,09 a 1.5 mg/100g mango maduro) (Encalada Rojas, 2017; Matheyambath et al., 2016).

Tabla 2

Contenido de compuestos bioactivos presentes en la pulpa de mango

Compuestos bioactivos	Detalle
Vitamina C	Ácido ascórbico y dehidroascórbico
Carotenoides	β -caroteno, caroteno, mutacromo, α -criptoxantina, violaxantina, luteoxantina, mutoxantina, auroxantina, zeaxantina, criptoxantina, neoxantina
Polifenoles	Isomangiferina, homomangiferina, quercetina, kaempferol, antocianinas, mangiferina, galato de mangiferina, galato de isomangiferina, galotaninos, isoquercetina, β -glucogalina, catequina, ramnetina, epicatequina, ramnetina 3-O-galactósido, ramnetina 3-O-glucósido, quercetina 3-galactósido, quercetina 3-glucósido, quercetina 3-arabinósido, quercetina aglicona, quercetina 3-O diglucósido, quercetina 3-Ogalactósido, quercetina 3-O-glucósido, quercetina 3-O-xilósido, quercetina 3-Oarabinopiranosido.
Ácidos fenólicos	Ácido gálico (ácido <i>m</i> -digálico y <i>m</i> -trigálico), ácido elágico, protocatequico, ferúlico, cafeico, cumárico, ácido <i>m</i> -cumárico, ácido <i>p</i> -cumárico, elágico, 4-cafeoilquínico, <i>p</i> -OH-benzoico, ácido 3,4-dihidroxibenzoico, ácido tánico, galato de propilo y metilo.
Fibra	Fibra dietética
Terpenoides	β -pineno, α -pineno, limoneno, <i>cis</i> -ocimeno, <i>trans</i> -ocimeno, terpineno, α -guaieno, canfeno, fencheno, β -humuleno y otros (lactonas, aldehídos, ácidos, sesquiterpenos, ésteres y alcoholes alifáticos)
Minerales antioxidantes	Potasio, cobre, zinc, manganeso, hierro, selenio

Nota. La pulpa de mango contiene una amplia gama de compuestos bioactivos, siendo una fuente rica de compuestos fenólicos. (Matheyambath et al., 2016; Ribeiro & Schieber, 2010; Saleem Dar et al., 2016)

Se ha demostrado que la mangiferina y el ácido gálico son los principales polifenoles presentes en la pulpa de mango; sin embargo, también se encuentra un importante contenido de galotaninos, en el fruto inmaduro y semillas (Matheyambath et al., 2016). Respecto a la fibra dietética, el contenido depende específicamente de la variedad y del estado de maduración, presentándose en un rango de 3,85% a 12,64% (Bello-Pérez & Agama-Acevedo, 2019).

1.3. Mango variedad *Kent*

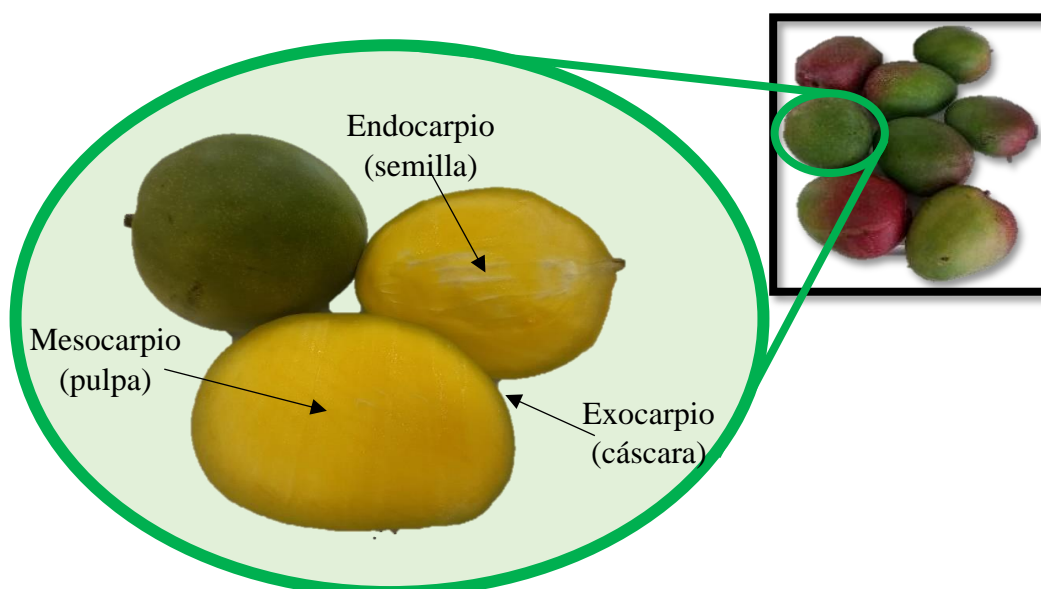
En el Perú, el cultivo de mango está dominado por distintas variedades, separadas por su coloración se encuentran: variedades verdes, rojas y amarillas. Dentro del grupo de las variedades verdes se encuentra el mango Kent, Edward, Haden y Tommy Atkins (Encalada Rojas, 2017).

El mango de variedad Kent (figura 4), se cultiva principalmente en Tambo Grande (Piura), presenta un tamaño relativamente grande, su peso aproximando varía desde los 400 a 800 g, con una longitud que va desde los 12 y 14 cm, a su vez 9.5 a 11 cm de grosor; cuando alcanza la madurez presenta tonalidad amarilla anaranjada con tono rojizo. La forma de este fruto es ovalada orbicular, jugoso de exquisito sabor, contiene un mesocarpio con reducida fibrosidad e ideal contenido de azúcar (AGROBANCO, 2007; DIRCETUR, 2014).

Respecto a su estacionalidad, la disponibilidad del mango Kent va desde diciembre a febrero incluso hasta las primeras semanas de marzo, debido a que es una variedad semi-tardía. Este fruto tiene como destino principal la exportación en estado fresco a EE. UU., Europa, Chile, China y Nueva Zelanda; por ello la cosecha se realiza cuando el contenido de sólido solubles se encuentra en 7 a 8.5 Brix; además, las características de la piel de mango le confieren alta resistencia al tratamiento hidrotérmico (Encalada Rojas, 2017).

Figura 4

Partes del mango (Mangifera indica) variedad Kent



1.4. Compuestos bioactivos

Se denominan compuestos bioactivos a las moléculas presentes en diversos alimentos de origen vegetal y animal; cuya funcionalidad radica en promover la salud modulando procesos metabólicos (Ponce Alvarado & Rodríguez Asto, 2014; Tovar Barrientos, 2018) y reducir los factores de riesgo de contraer algunas enfermedades crónicas y degenerativas (Ribeiro & Schieber, 2010).

Dentro de las características funcionales de los fitoquímicos (moléculas de origen vegetal), es que estimulan sistemas enzimáticos, el sistema inmunológico, actúan como antioxidantes, , alteran la producción de hormonas, producen un efecto antiviral y/o antibacterial, retardan el envejecimiento, e intervienen como reguladores de crecimiento (Pilco Ramirez, 2018; Tovar Barrientos, 2018).

Se han identificado una amplia gama de clases de compuestos bioactivos, estando incluidas las vitaminas y los compuestos fenólicos; así como los carotenoides, monoterpenos, fibra dietética, probióticos y prebióticos, esteroides de plantas, entre otros (Ponce Alvarado & Rodríguez Asto, 2014).

1.4.1. Vitamina C (AA)

La Vitamina C, comprende al ácido ascórbico (AA) y dehidroascórbico (AD); este puede convertirse en AA (Coronado Mayta, 2019; Ribeiro & Schieber, 2010). Esta vitamina, dentro de sus características destaca su termo sensibilidad y labilidad al entrar en contacto con oxígeno y por exposición a las radiaciones de tipo ultravioleta (Coronado Mayta, 2019). Además, en las frutas su degradación también esta relaciona con el contenido de humedad, acción enzimática y catalizadores metálicos (Červenka et al., 2018).

El contenido de AA en el mesocarpio de mango va desde 9,79 a 186 mg/100g de muestra fresca, esta variación es atribuida a factores climáticos, genotípicos, etapa de maduración y las prácticas agrícolas (Ribeiro & Schieber, 2010). Se ha demostrado que el contenido de vitamina C en mango inmaduro es mayor en comparación al fruto una vez alcanzada la madurez (Matheyambath et al., 2016; Saleem Dar et al., 2016).

La vitamina C, previene el escorbuto; además, es un potente antioxidante soluble en agua (dona un hidrógeno y forma un radical ascorbilo estable). El ascorbato (vitamina C) elimina

las ROS (especies reactivas de oxígeno), reacciona con radicales de hidroxilo, superóxido, peróxido de hidrógeno y oxígeno singlete; además, también previene las reacciones de nitración, debido a que elimina las especies reactivas de nitrógeno (RNS). (Njus et al., 2020; Ribeiro & Schieber, 2010; Saleem Dar et al., 2016).

El ácido ascórbico tiene acción en la regeneración de la vitamina E (Ribeiro & Schieber, 2010). Otros autores afirman que, existe una relación entre la ingesta de AA y la probabilidad de contraer enfermedades cardiovasculares y cáncer (Block et al., 2008; Loria et al., 2000; Shenoy et al., 2018), se destaca que, el AA presenta un efecto significativo sobre los neurotransmisores y enzimas del sistema nervioso central (Malik et al., 2022), teniendo un efecto antidepresivo y mejora el estado de ánimo (Moritz et al., 2020). Además, el AA coadyuva a un mejor de la adsorción del hierro de tipo no hemínico; como consecuencia la carencia de ácido ascórbico puede generar anemia, hemorragias y lenta respuesta del sistema inmune (Ribeiro & Schieber, 2010).

1.4.2. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos (polifenoles) (CF) forman uno de las familias más grandes de fitoquímicos con diversas funciones biológicas en humanos. Los CF en los alimentos se encuentran en formas libres, solubles conjugadas formando glucósidos o insolubles ligados, en su mayoría ligados a la fibra (Santos et al., 2022).

Estos metabolitos secundarios presentan más de 10 000 estructuras distintas vinculadas con su bioactividad (Villegas-Aguilar et al., 2022). Desde una perspectiva estructural, son compuestos que presentan de uno a más anillos aromáticos que lleva al menos un grupo hidroxilo, que conforman un grupo fenólico (Coman et al., 2020).

Dentro de las características de los polifenoles, se resalta la sensibilidad a los cambios de pH; puesto que, en medios alcalinos induce a la degradación oxidativa; sin embargo, en medios por debajo del pH 5 estos compuestos tienen una mejor estabilidad (De León Monzón, 2019)

La importancia de los compuestos fenólicos dentro de la dieta, se debe a que exhiben numerosas propiedades de beneficio para la salud, tales como: antioxidantes, antialérgicas,

antimicrobianas, antiinflamatorias, antitrombóticas, anticancerígenos, efectos cardio protectores, vasodilatadores y neuroprotectores (Coman et al., 2020; Matheyambath et al., 2016).

Por ejemplo, la mangiferina tiene efectos sobre la reducción del peso en ratas, además protege los eritrocitos y glóbulos rojos de la producción de los ROS. También la mangiferina está asociada en el retraso de la descomposición de los carbohidratos a azúcares simples y ralentiza la absorción de la glucosa en el intestino; todo ello gracias a que, inhibe las enzimas glucosidasa, sacarasa, isomaltasa y maltasa en ratas (Matheyambath et al., 2016).

A raíz de lo anterior, la ingesta moléculas bioactivas como los compuestos fenólicos y vitamina C, tienen un papel de suma importancia en la salud, especialmente para la prevención de distintas enfermedades como las de tipo degenerativas debido a su alto potencial antioxidante.

1.5. Aprovechamiento del descarte de mango

Debido a la estacionalidad del mango, conduce a la escasez durante la temporada baja y a la sobreproducción durante los periodos de abundancia, lo que se atribuye a la limitada capacidad industrial para transformar la fruta en productos de larga duración (Nyangena et al., 2019). Además, el cultivo de mango arraiga problemas agronómicos como plagas, inflorescencia y malformaciones vegetativas, que generan una importante pérdida de los cultivos (Bello-Pérez & Agama-Acevedo, 2019).

Lo anterior, sumado a la rigurosidad de los estándares de calidad para su comercialización (especialmente exportación de frutos frescos), prácticas de manipulación ineficientes y las condiciones de almacenamiento y transporte sub óptimas generan pérdidas en países en vías de desarrollo (Bello-Pérez & Agama-Acevedo, 2019; Coman et al., 2020); se calcula que, las pérdidas post cosecha, acompañado del procesamiento, superan el 31% de la producción de mango en el Perú; lo cual supone un aproximado de 58 893 TM (MINAGRI, 2019).

En este escenario la diversificación del uso final de los frutos para obtención de nuevos alimentos es una vía atractiva para el aprovechamiento y reducción del descarte generado en la producción de mango de exportación en estado fresco; además, considerando que el mango es una fuente importante de compuestos bioactivos.

Frente a tal situación, la obtención de harina de pulpa de mango de descarte generado posterior a la cosecha se muestra como una vía atractiva de aprovechamiento.

1.6. Harina de mango

La harina de mango ha demostrado propiedades nutricionales y funcionales, gracias al contenido de carbohidratos no digeribles, que disminuye la respuesta glicémica, además del contenido en fibra y compuestos bioactivos que pueden absorberse en el aparato digestivo promoviendo efectos sistémicos (Bello-Pérez & Agama-Acevedo, 2019).

El contenido de amilosa del almidón en el mango inmaduro es mayor que en el caso del maíz, lo cual genera mayor gelatinización y viscosidad, repercutiendo en sus propiedades reológicas favorables para la industria de la panificación. Por lo tanto, en caso de buscar formulaciones alimentarias en forma de harina se evidenciará cierta dificultad debido al incremento de su viscosidad (Patiño-Rodríguez et al., 2020).

Considerando lo anterior, el estado de madurez de la fruta juega un papel fundamental para preservar las características deseadas; puesto que, la maduración trae consigo varios cambios fisiológicos, como cambios en la pared celular (microestructura y composición) y modificación enzimática de polisacáridos (almidón), celulosa y pectina; afectando el contenido de sólidos solubles, el pH y la firmeza, modificando en gran medida la bioaccesibilidad de algunos componentes, como los compuestos antioxidantes (Patiño-Rodríguez et al., 2020).

Dentro del proceso para la obtención de harina, las temperaturas utilizadas en el secado varían desde los 30 a 85°C, por un periodo que va desde las 4 a las 48 horas (Santos et al., 2022). Esta etapa es fundamental; ya que, repercute directamente sobre la calidad de la harina obtenida, y más aún sobre el contenido de micronutrientes y fitoquímicos; debido a que, el método de secado influye directamente o indirectamente sobre el contenido nutricional, y en especial sobre las moléculas bioactivas (Kolla et al., 2021; Lu et al., 2021; Mahayothee et al., 2020; Márquez-Cardozo et al., 2021; Zhao et al., 2021; Zzaman et al., 2021).

1.7. Deshidratado de alimentos

El secado es un proceso que se aplica principalmente con el objeto de extender la vida útil de los alimentos al disminuir su contenido de agua a un nivel lo suficientemente bajo como para

inhibir las reacciones de deterioro. El método de eliminación de agua considera 3 formas principalmente: secado térmico, secado osmótico y deshidratación mecánica (Sabarez, 2018).

Por lo general, los secadores convencionales aplican el calor principalmente por convección usando el aire caliente como medio, eliminándose vapor de agua y normalmente funcionan a presión atmosférica en condiciones de secado estables (Sabarez, 2018).

1.7.1. Secado por aire caliente.

En el secado convectivo de matrices alimenticias, ocurren dos mecanismos de transporte distintos simultáneamente, involucrando la transferencia de calor desde el aire de secado al material alimenticio y el transporte de agua del producto al aire por evaporación (Sabarez, 2018).

Dentro de este tipo de secado, la temperatura, humedad y velocidad del aire son factores que intervienen drásticamente sobre la velocidad de secado y la calidad que obtiene el producto final; así como también, la geometría de la matriz alimentaria que ingresa al secador (Jiménez Durán, 2015).

Para llevar a cabo, el secado convectivo por aire caliente es imprescindible contar con un secador por convección el cual puede ser alimentado por diversas fuentes energéticas: gas, petróleo, electricidad, etc., el aire al calentarse reduce su humedad relativa; posteriormente circula por la matriz alimentaria impulsado por ventiladores. La diferencia de temperatura generada entre el aire caliente y el alimento a deshidratar, es la que da lugar a la liberación del agua libre en forma de vapor, siendo extraída por evaporación. Esta técnica es la más recomendada al permitir mayor control del producto en menor tiempo (Encalada Rojas, 2017).

1.8. Antecedentes

Abdul Aziz et al. (2012) encontraron que la harina de cáscara y mesocarpio de mango (*Mangifera indica* var. Chokanan) obtenidas por secado convectivo a 60°C durante 24h, tuvieron un alto contenido de compuestos bioactivos. Tal es así que, el contenido fenólico total y vitamina C resultaron mayores en harina de fruto verde y los flavonoides se encontraron con mayor concentración en la harina de cáscara de este fruto.

Por otro lado, Kuno (2021) encontró que el secado convectivo (Temperatura de secado 60 °C y velocidad de aire 3m/s) influye negativamente sobre el contenido nutricional de la pulpa y semilla de *Passiflora tripartita* var. *mollissima* "tumbo serrano". Sin embargo, el secado favoreció el incremento del contenido compuestos bioactivos y en consecuencia la capacidad antioxidante; respecto a los valores demostrados por la muestra fresca. Obteniendo los siguientes hallazgos vitamina C aumentó un 61,33% (66,56 y 107,38mg/100g), polifenoles totales un 187,46% (147,16 y 423,02 mg GAE/g), flavonoides un 49,83% (8,67 y 12,99 mg quercetina/100g) y carotenos totales un 289,29% (0,28 y 1,09 mg/100g), respectivamente.

Pilco Ramirez (2018) encontró que la cantidad de ácido ascórbico de la harina de cáscara de *Miracyaria dubia* (camu camu) es influenciado significativamente por la temperatura de secado y velocidad de aire. A 50 °C de temperatura de secado y 2.0 m/s velocidad de aire se obtuvo una harina con el menor contenido AA (5235.48 ± 174.47 mg/100 g); sin embargo, el mayor contenido de AA (7920.24 ± 320.12 mg/100) g se logró cuando la temperatura se incrementa 10°C y la velocidad del aire 0,5 m/s, respectivamente.

Tovar Barrientos (2018) obtuvo la mayor retención de compuestos fenólicos (460.52 mg GAE/100g), capacidad antioxidante (5059.58 μ mol TEAC/100g) y carotenoides totales (35.27 mg β -caroteno/100g) al secar el níspero (*Mespilus germanica* L.) a 50 °C; sin embargo, existió una pérdida significativa de compuestos fenólicos, al ser comparado con la concentración de obtenida en el fruto fresco (759,81 mg EAG/100 g). El secado convectivo se realizó a tres temperaturas diferentes 40, 50 y 60 °C y velocidad de aire de 2.5 m/s.

Pedraza Guevara y Torres Armas (2015), obtuvieron harina de pulpa de guayaba mediante secado convectivo a tres temperaturas ($t_1=40$, $t_2=50$ y $t_3=60$ °C) y velocidades de aire ($v_1=3.0$; $v_2=3.5$ y $v_3=4.0$ m/s); siendo 50 °C de temperatura y velocidad de 3.5 m/s, condiciones de secado ideales para obtener harina de guayaba con la mayor concentración de vitamina C (168.33 mg/100 g).

Ponce Alvarado y Rodríguez Asto (2014) encontraron que la temperatura de deshidratación ejerce la mayor influencia en el contenido de compuestos fenólicos (CF) del aguaymanto (*Physalis peruviana*) maduro. Las concentraciones de CP que consiguieron fueron de 4.54, 3.50 y 5.05 mg GAE/100 g, a 50°C, 55°C y 60°C respectivamente. La capacidad antioxidante demostró un comportamiento similar a las diferentes temperaturas.

Se destaca que, dentro de la obtención de harina de pulpa de mango inmaduro, el secado convectivo puede afectar directa o indirectamente el contenido de compuestos bioactivos, sin embargo; excluyendo la liofilización, los métodos de secado que mejor preservan los compuestos fenólicos total y los carotenoides fueron el secado por infrarrojos y el secado por aire caliente (Marçal & Pintado, 2021).

A raíz de los antecedentes revisados, la presente investigación gira entorno a la siguiente interrogante **¿Qué efecto tienen los parámetros del secado convencional en el contenido de compuestos bioactivos en la obtención harina de mango (*Mangifera indica*) var Kent?**

La respuesta a esta interrogante de investigación abre una posibilidad de mejorar la producción de harina de mango; permitiendo diseñar alimentos que mantengan su contenido en compuestos bioactivos naturales, ideal para personas con necesidades dietéticas especiales a partir de frutos de mango var. Kent.

1.9. Objetivos de investigación

1.9.1. Objetivo general

Determinar el efecto de los parámetros de secado sobre el contenido de compuestos bioactivos en la harina de Mango (*Mangifera indica*) var Kent.

1.9.2. Objetivos específicos

- Determinar el contenido de vitamina C en harina de mango, secado a distintas temperaturas y espesor de lámina de pulpa.
- Determinar el contenido de compuestos fenólicos totales en harina de mango, secado a distintas temperaturas y espesor de lámina de pulpa.
- Determinar las características fisicoquímicas de la harina de mango para el tratamiento con mayor contenido en compuestos bioactivos.

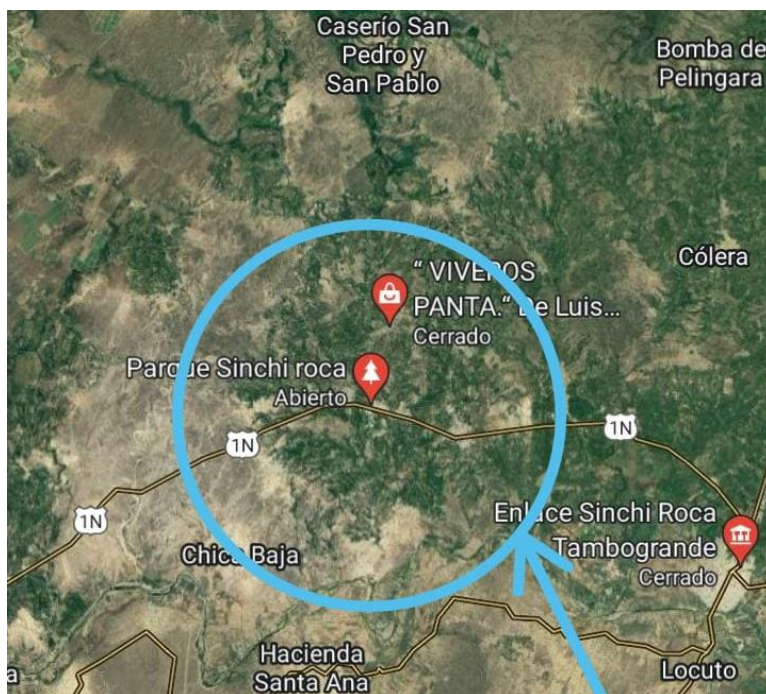
II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Muestra

Los frutos de mango variedad *Kent* fueron obtenidos de un centro de acopio ubicado en el centro poblado de Sinchi Roca Valle de los Incas, Distrito de Tambo Grande, Provincia de Piura, Departamento de Piura; (figura 5). La cantidad estimada para el estudio considerando el número de repeticiones, así como las mermas durante el proceso; fue de 60 kg de mango de descarte.

Figura 5

Ubicación del lugar donde se obtuvo la muestra para el estudio



Nota. Google Maps (2022)

2.2. Variables de estudio

2.2.1. Variables independientes

- Temperatura de secado: 40, 50 y 60°C
- Espesor lámina de pulpa de mango: 2.5 y 5 mm

2.2.2. Variables dependientes

- Compuestos fenólicos total: contenido mg GAE/100 g de muestra
- Vitamina C: contenido mg/100g de muestra

2.3. Materiales, equipos y reactivos

2.3.1. Materiales

Tabla 3

Materiales utilizados para el desarrollo de la investigación

Descripción	Cantidad
Bolsas Siplox, plástico doble cierre, cap 250 g	200
Bolws, Acero inoxidable cap. 3 litros	004
Bureta, vidrio cap. 50 ml	001
Cortador con plataforma ajustable	002
Crisoles de porcelana	012
Cubeta de plástico/ espectrofotómetro x 1.5 ml pqt und-Deltalab	002
Cuchara de acero inoxidable	001
Cuchillos	002
Fiola volumétrica ámbar C/ tapa de vidrio de 100 ml	006
Fiola volumétrica C/ tapa de pp de 1000 ml.	002
Fiola volumétrica C/ tapa de pp de 500 ml.	001
Gotero, plástico	001
Gradilla plastificada para 48 tubos- INTEK	002
Guardapolvo	001
Lunas de reloj	002
Matraz Erlenmeyer, vidrio cap. 100ml	004
Micropipeta BOECO capacidad 10-100 uL, 20-200 uL, 2 - 10 ml	003
Micropipeta DLAB capacidad 100-1000 uL, 5 . 50 uL.	002
Papel aluminio, 5 m	002
Papel Filtro, Whatman N°1. caja	001
Papel Parafilm	001
Pilón y mortero, porcelana	001

Pinza para bureta tipo mariposa, plástico	001
Probeta graduada B/ hexagonal D/ vidrio x 100 ml	001
Probeta graduada B/ hexagonal D/ vidrio x 250 ml	001
Soporte universal	001
Tabla de picar	001
Tamiz de acero inoxidable de 8" diámetro. Malla N° 70	001
Tubo cónico plástico/centrífuga graduado x 15 ml. KYNTEL	030
Tubos de prueba con tapa rosca de 16 x 125 ml	030
Vasos de Precipitado, vidrio cap. 250ml, 100ml y 25 ml	012
Pilón y mortero, porcelana	001
Pinza para bureta tipo mariposa, plástico	001
Probeta graduada B/ hexagonal D/ vidrio x 100 ml	001
Probeta graduada B/ hexagonal D/ vidrio x 250 ml	001
Soporte universal	001
Tabla de picar	001

2.3.2. Reactivos

Tabla 4

Reactivos utilizados durante el desarrollo de la investigación.

Descripción

Hidróxido de sodio (NaOH), P.M. 40.00

2,6 Diclorofenolindofenol (C₁₂H₆Cl₂NNaO₂*2H₂O), ACS, CAS 620-45-1

Patrón ácido ascórbico (C₆H₈O₆), ACS, CAS 50-81-7

Carbonato de sodio (Na₂CO₃), ACS, CAS 497-19-8

Etanol absoluto (C₂H₅OH), P.A-ACS, P.M. 46.07

Metanol (CH₃OH), P.A-ACS, P.M. 32.04

Patrón ácido gálico (C₇H₆O₅), CAS 149-91-7, M.W. 170.12 g/mol

Ácido oxálico (C₂H₂O₄*2H₂O), ACS, reag. ISO, reag. Ph. Eur., M.W. 126.07 g/mol

Reactivo de Folin & Ciocalteu's phenol, d:1.240 g/cm³ a 20°C

1.1.1. Equipos

Tabla 5.

Equipos utilizados durante la ejecución de la investigación.

Descripción	Cantidad
Agitador magnético, Ingenieurburo Cat, M. Zipperer GmbH D-79282 Ballrechten-Dottingen	1
Agitador Vórtex, Vórtex mixer, SAB, VWR - 97043-566	1
Anemómetro, Anemometer, CMM/CFM, 8 in 1 SP-7000	1
Balanza analítica digital, Kern AeJ 220-AM, e=0.001g d=0.0001 g	1
Balanza de precisión, 0.01g, PCE-BS 300	1
Balanza digital, cap 50 kg, Precix - Weight - 8513	1
Batidora de inmersión, Taurus - Robot 500 plus inox-PE9160100A	1
Centrífuga de 12 tubos de 15 ml, Isolab Laborgerate GmbH, 603.05.001	1
Deshidratador de bandejas, Dehydrator ST-01, 40 -90°C, 0-15 h	2
Espectrofotómetro UV-visible, Thermoscientific Genesys 150	1
Estufa, Memmert, Mod: UN110, col, cromado	1
Horno mufla, SEL-HORN "R-8 L"	1
Molino de paletas, DamaI High-speed Multifunción Grinder, cap. 1000 g	1
pH-metro, Hanna-HI991001- portable pH	1
Refractómetro, Hanna-H196801 0-85°brix 20°C	1
Termómetro	1

1.2. Métodos

1.2.1. Procedimiento para la obtención de harina de pulpa de mango (*Mangifera indica* var. Kent).

La metodología para la producción de harina de pulpa de mango se observa en la figura 6, la cual consta de las siguientes etapas:

Pesado. La fruta fue pesada en la balanza (Precix - Weight – 8513) de capacidad de 50 kg al momento de la recepción, así como también las mermas durante el procesamiento para la obtención de harina de mango.

Acondicionamiento. Se evaluaron los mangos recepcionados y se seleccionaron aquellos que no presentaron enfermedades, ni daños mecánicos de consideración, posteriormente, se realizó una limpieza con agua para eliminar impurezas y desinfectaron con hipoclorito de sodio (30 ppm); además, se determinó el pH, grados Brix y acidez titulable.

Pelado. El mango fue despojado de la cáscara, mediante un pelado manual haciendo uso de cuchillos.

Cortado en láminas. El mango pelado, fue cortado en tajadas transversales, obteniendo láminas de 2.5 y 5 mm de espesor, con dimensiones uniformes, haciendo uso de un cortador de plataforma ajustable, para garantizar la homogeneidad del espesor de las láminas.

Pretratamiento. La pulpa laminada fue sumergida en una solución de ácido cítrico al 0.1% durante 10 min.

Secado de la pulpa de mango. El mesocarpio de mango laminado y pretratado, fue deshidratado en secador de bandejas (Dehydrator ST-01, 40 -90°C, 0-15h) a tres temperaturas diferentes (40, 50 y 60°C), a velocidad de aire constante (2,5 m/s), cuya densidad de carga por bandeja fue de 200g, el secado se detuvo cuando las láminas de mango alcanzaron el peso constante, temperatura de secado dentro del equipo se determinó haciendo uso del termómetro.

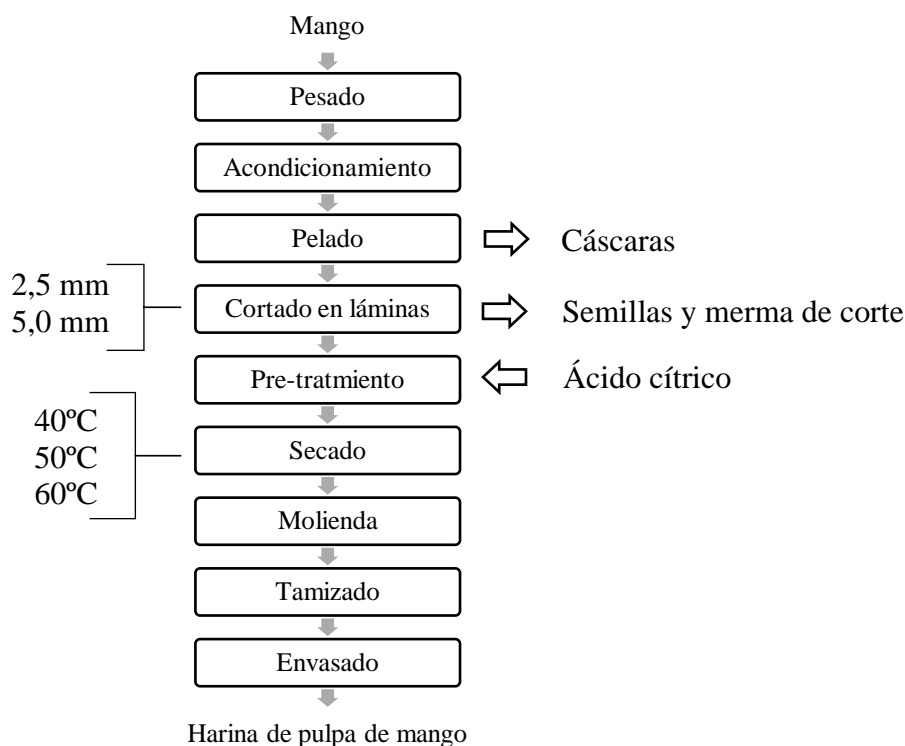
Molienda. Para la reducción del tamaño de partícula se utilizó el molino pulverizador de paletas (DAMAI High-speed Multifunción Grinder, cap. 1000g), por intervalos de 2 minutos, tratando a cada muestra dos veces, siendo un total de 4 minutos de tratamiento.

Tamizado. El producto de la etapa anterior fue tamizado haciendo uso de un Tamiz N°70, con ello se obtuvo la harina con el tamaño de partícula especificado en la Norma Técnica Peruana NTP 205.064:2015 (INDECOPI, 2015).

Envasado. La harina de mango obtenida fue envasada en bolsas de polietileno de 250g con doble cierre, almacenadas a temperatura ambiente en lugar ventilado, cada muestra debidamente rotulada para los posteriores análisis.

Figura 6

Diagrama de flujo para la obtención de harina de pulpa de mango



1.2.2. Métodos de análisis para la determinación de características fisicoquímicas de harina de mango

Para determinar las características fisicoquímicas de la harina de mango obtenida, se realizaron los siguientes análisis de pH, acidez titulable, % de sólidos solubles, % de humedad y % de cenizas de acuerdo con la norma NTP 011.042:2012, cuya exigencia hace referencia a los parámetros referidos.

Determinación de pH

El pH se evaluó en concordancia con el método descrito por Coronado Mayta (2019) y Encalada Rojas (2017) con algunas modificaciones, para ello se preparó una solución de 100 ml de muestra, en una proporción de 1:10 respecto a la muestra, posteriormente se agitó en agitador magnético a 500 rpm, durante 10 min. La medición se realizó inmersión del electrodo del pH metro (Hanna-HI991001), de

forma directa, el equipo previamente se calibró con solución búfer, cada lectura se realizó por triplicado.

Determinación de acidez titulable. Se realizó según lo desarrollado por Encalada Rojas (2017) y Sogi et al., (2015) para ello se diluyó 10g de muestra en agua destilada (100 ml), la solución se agitó en agitador magnético (Ingenieurburo M. Zipperer GmbH D-79282) durante 20 min a temperatura ambiente, luego se filtró en papel Whatman N°1, recuperando 20 ml de muestra. Para la titulación se utilizó NaOH 0,1 N, y como indicador se agregó 3 gotas de fenolftaleína. También, se midió el pH, el cual estaba en rango de 8,2 a 8,5.

Para calcular el porcentaje de acidez se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ acidez} = \frac{N \times Vg \times Meq \times VD}{M \times VT} \times 100$$

Donde:

- N= Normalidad del NaOH (0.1 N).
- Vg= Volumen de gasto NaOH en la titulación.
- Meq= Miliequivalente del ácido predominante (ácido cítrico).
- VD= Volumen de dilución (100ml).
- VT= Volumen empleado en la titulación (20 ml).

Determinación de sólidos solubles. Según lo desarrollado por Encalada Rojas, (2017) con adaptaciones; para ello se pesaron 10 g de muestra, para diluir en agua destilada (100 ml) a 20 °C, posteriormente se homogenizó mediante agitación. Posteriormente, se agregaron 2 gotas de la solución en el prisma del refractómetro digital (Hanna-H196801 0-85°brix 20°C) y se registró el valor, el cual fue multiplicado por el factor de dilución, con ello se determinó el porcentaje de sólidos solubles de la muestra analizada.

Determinación de humedad. Se desarrolló siguiendo el método gravimétrico replicado por Taype Castillo y Sarcco Mamani, (2020). En un crisol de porcelana

previamente secado en estufa (Memmert, UN110) a 105°C, se agregó 3g + 0.0099 de harina de pulpa de mango, se rotula con lápiz y registró el peso. El secado se realizó en estufa a 105°C durante 4 horas, posterior a ello las muestras se colocaron en el desecador durante 1 hora para homogenizar la temperatura y se registró el peso.

Para el cálculo del porcentaje de humedad se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{\text{masa inicial} - \text{masa final}}{\text{masa inicial}} \times 100$$

Determinación de cenizas. La determinación del contenido de cenizas se realizará según la descripción realizada por Díaz, (2019). Para ello se colocaron 5g de muestra en un crisol, el cual se rotuló con lápiz, y se introdujeron en el horno mufla (Sel-Horn "R-8 L) a $550 \pm 15^\circ\text{C}$, hasta que la muestra torne un color blanquecino, lo cual tomó un periodo de 5 horas, posteriormente la muestra calcinada se introdujo en el desecador, registró el peso.

Cálculo del contenido de cenizas expresado en porcentaje:

$$\%cenizas = \frac{\text{masa de las cenizas}}{\text{masa de la muestra}} \times 100$$

1.2.3. Métodos de análisis para la determinación de compuestos bioactivos.

Los análisis están enfocados a la determinación del contenido de vitamina C y compuestos fenólicos total en los diferentes tratamientos con ello evaluar el comportamiento y degradación de los mismos.

Determinación del contenido ácido ascórbico (vitamina C)

La metodología empleada para la cuantificación de ácido ascórbico fue propuesta por Sogi et al. (2015); Arroyo Cajacuri & Vicuña Ñaupari (2020) con ligeras modificaciones, el contenido de ácido ascórbico fue expresado en mg/100 g de muestra.

Preparación de la muestra. Los polvos de mango se extrajeron con ácido oxálico al 0.4% utilizando una proporción de 1:10 p/v; para ello en un tubo de cónico 15 ml se agregó 1g de harina (previamente se homogeniza) y diluyo con 5 ml de ácido

oxálico al 0.4%, posterior, se agitó en vortex durante 20 min a 2500 rpm, seguido se centrifugó por el mismo tiempo de agitación a 4500 rpm, terminado este proceso, se recuperó el sobrenadante 1; se repitieron todas las operaciones anteriores hasta obtener el sobrenadante 2; seguido se combinaron ambos sobrenadantes y homogenizaron, cubrieron con papel aluminio y almacenaron en refrigeración para su posterior análisis.

Cuantificación de ácido ascórbico

Para el análisis de contenido de ácido ascórbico se valoró con indofenol colorante (2, 6 dicloroindofenol, sal sódica), las lecturas se realizaron con un espectrofotómetro uv-visible (marca Thermoscientific, modelo Genesys 150) a 520 nm de longitud de onda. Para ello, los extractos obtenidos, se diluyeron en diferentes proporciones 1:4, 1:5 y 1:6 con el objetivo de que los valores de absorbancia se encuentren dentro de la curva de calibración que fue obtenida previamente con el patrón de ácido ascórbico. Primero se determinó el L1, se utilizó como blanco 2 ml de agua destilada, y se combinó 200 uL de ácido oxálico a 0.4% más 1800 uL de solución colorante (solución de 2,6 dicloroindofenol). En segundo orden segundo se determinó el L2 utilizando como blanco 200 uL de extracto más 1800 uL de agua destilada; posteriormente se realizó la lectura de la combinación de 200 uL de extracto y 1800 uL de solución coloreada. La diferencia entre L1-L2, es la absorbancia que se utilizó para cuantificar según la ecuación de la curva de calibración, teniendo en cuenta los factores de diluciones utilizados. Las lecturas se realizaron después de 15 segundo de haber combinado la solución coloreada con el ácido oxálico y las muestras.

Determinación de compuestos fenólicos totales

El contenido de fenólicos totales se determinó empleando el ensayo colorimétrico de Folin-Ciocalteu (FC), con base a lo planteado por Singleton y Rossi (1965), replicado por Cornelio-Santiago et al. (2019). El contenido fenólico fue expresado en equivalente de ácido gálico (EAG)/100g de muestra.

Preparación de la muestra. La extracción se realizó usando metanol al 80% como solvente en una relación de 1:10 p/v, con respecto a la muestra. A 1g de muestra se

agregó 5 ml de solvente, se agitó en vórtex durante 20 min a 2500 rpm, posteriormente se llevó a centrifugar durante 20 min a 4500 rpm, se recuperó el primer sobrenadante, se repitió el mismo procedimiento para obtener el segundo sobrenadante, ambos extractos del primer y segundo lavado se combinaron y homogenizaron, posterior se protegieron los extractos de la luz, y almacenaron en congelación hasta su análisis.

Análisis para cuantificar fenólicos total

A 1.364 ml de agua destilada se agregó 300 μ L de muestra (extracto) y 136 μ L de FC, se agitó suavemente y se dejó reposar durante 8 min. Se agregó 1.2 ml de carbonato de sodio al 7.5%, seguidamente, las muestras se incubaron durante 2h en un lugar oscuro a temperatura ambiente, para que se completara la reacción. Las mediciones fueron realizadas en un espectrofotómetro UV-visible (marca Thermoscientific, modelo Genesys 150) a 760 nm.

1.2.4. Análisis de datos

Para el desarrollo de la presente investigación se empleó un diseño estadístico completamente al azar con arreglo factorial de tipo 3Ax2B; el factor temperatura (40, 50 y 60 °C) y el factor espesor de la lámina de pulpa de mango (2.5 y 5 mm) como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6

Plan experimental en la obtención de harina de pulpa de mango

Tratamiento	Temperatura (°C)	Espesor de lámina de mango (mm)
T1	40	2,5
T2	40	5,0
T3	50	2,5
T4	50	5,0
T5	60	2,5
T6	60	5,0

Cada tratamiento tuvo dos repeticiones; y se expresaron tomando los promedios \pm desviación estándar. Los datos que fueron obtenidos en la experimentación fueron

analizados utilizando el análisis de varianza (ANOVA); puesto que cumplieron con los supuestos requeridos para utilizar los métodos paramétricos, lo que permitió establecer diferencias significativas entre los tratamientos.

II. RESULTADOS

2.1. Contenido de vitamina C en harina de pulpa de mango var. Kent, secado a distintas temperaturas y espesor de lámina de pulpa de mango.

Se realizó la determinación del contenido de vitamina C (ácido ascórbico) de la harina de mango obtenida en los diferentes tratamientos, cuyo tamaño de partícula corresponde al tamiz N°70. Para el análisis estadístico, se efectuó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, la misma que arrojó un p-Valor mayor al 0.05 al igual que la prueba de Bartlett; lo que permitió realizar análisis de varianza a los resultados obtenidos, siendo significantes los niveles de los factores como su interacción (figura 7 y 8). Además, la diferencia significativa existente entre los tratamientos se determinó a través de la prueba de comparación múltiple de Tukey. El contenido de vitamina C se expresó en mg/100g de muestra, en la tabla 7 se observan los resultados obtenidos.

Tabla 7

Contenido de Vitamina C (mg/100g de muestra) en la harina de mango obtenida en los diferentes tratamientos

Factor A: Temperatura de secado	Factor B: Espesor de pulpa de mango lámina de mango	
	2,5 mm	5 mm
40°C	98,09 ± 2,87 ^b	78,78 ± 0,86 ^c
50°C	126,95 ± 3,45 ^a	99,66 ± 2,07 ^b
60°C	85,45 ± 1,21 ^c	48,00 ± 1,55 ^d

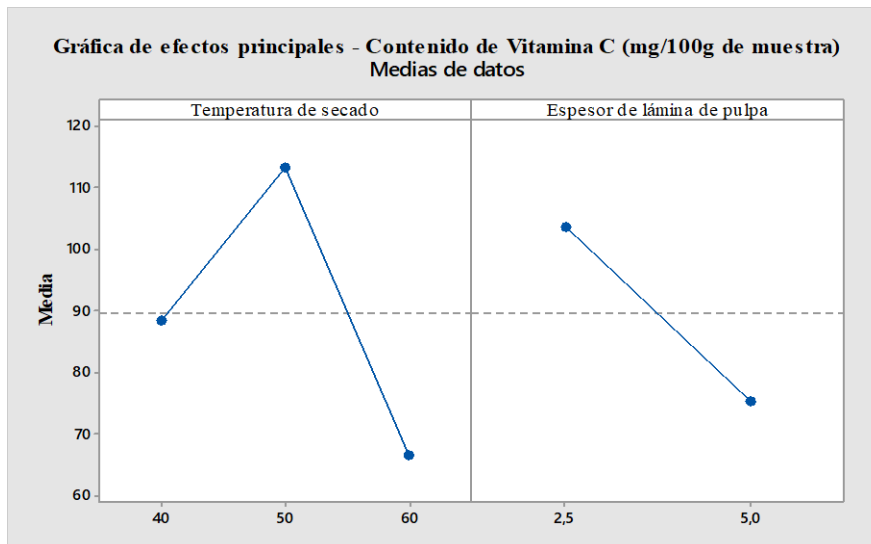
Nota. En la tabla se observan 4 conjuntos homogéneos resultantes de la prueba de Tukey, a, b, c y d. El tratamiento de 60°C de temperatura de secado y 5 mm de espesor de lámina, demostró el menor contenido promedio de vitamina C (AA). A 50°C y 2,5 mm de espesor se logró el mayor contenido promedio de vitamina C.

En la figura 7, se visualiza el efecto que tiene cada uno de los factores sobre la variable respuesta (AA). También, la figura 8 evidencia el efecto de la interacción de las variables

independientes. Ambas figuras evidencian la significancia demostrada con el análisis estadístico.

Figura 7

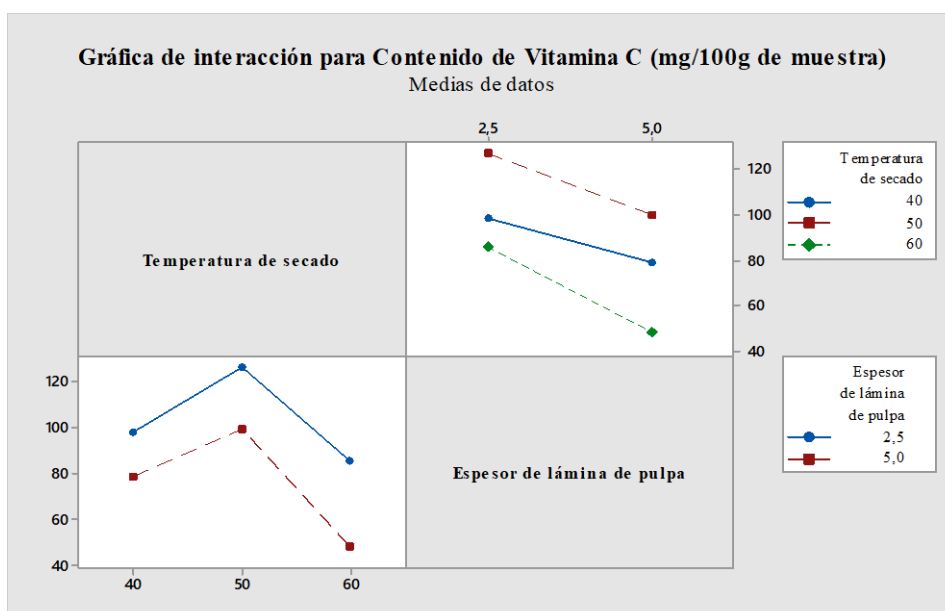
Efectos principales de los factores: temperatura de secado y espesor de lámina de pulpa de mango sobre el contenido de vitamina C (mg/100g de muestra) de la harina de mango.



Nota. Respecto a la temperatura de secado, 50°C es ideal para obtener harina de mango con un contenido de vitamina C por encima de los 100mg/100g de muestra, y respecto al espesor, hay un efecto negativo sobre esta vitamina al incrementar el espesor.

Figura 8

Efecto de la Interacción de los factores sobre el contenido de vitamina C (mg/100g de muestra)



Nota. En esta figura se evidencia el comportamiento que tiene lugar de la interacción de los factores, observándose un efecto positivo para tratamientos a temperatura de secado de 50°C, en comparación a 40 y 60°C, respecto a espesor de lámina, el efecto positivo se evidencia a menor espesor. La combinación ideal en función de ambos factores es la temperatura de secado intermedia (50°C) y menor espesor (2,5 mm).

2.2. Contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) en la harina de pulpa de mango var. Kent, secado a distintas temperaturas y espesor de lámina de pulpa de mango.

El contenido de fenólico total se realizó en la harina obtenida en los diferentes tratamientos, cuyo tamaño de partícula correspondía al tamiz N° 70; los resultados fueron expresado en mg GAE/100g de muestra. La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianza de Bartlett, arrojaron que los resultados cumplen con los supuestos de normalidad. Por consiguiente, se aplicó el análisis de varianza ANOVA como prueba paramétrica, demostrando la significancia de los factores y su interacción; además, mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey se estableció la diferencia significativa existente entre los tratamientos, la tabla 8 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 8

Contenido de Compuestos fenólicos total (mg GAE/100g de muestra) en la harina de mango obtenida en los diferentes tratamientos.

Factor A: Temperatura de secado	Factor B: Espesor de pulpa de lámina de pulpa de mango	
	2,5 mm	5,0 mm
40°C	204,35 ± 5,96 ^b	178,43 ± 1,70 ^d
50°C	243,49 ± 6,82 ^c	203,74 ± 3,41 ^b
60°C	294,10 ± 3,41 ^a	232,66 ± 1,70 ^c

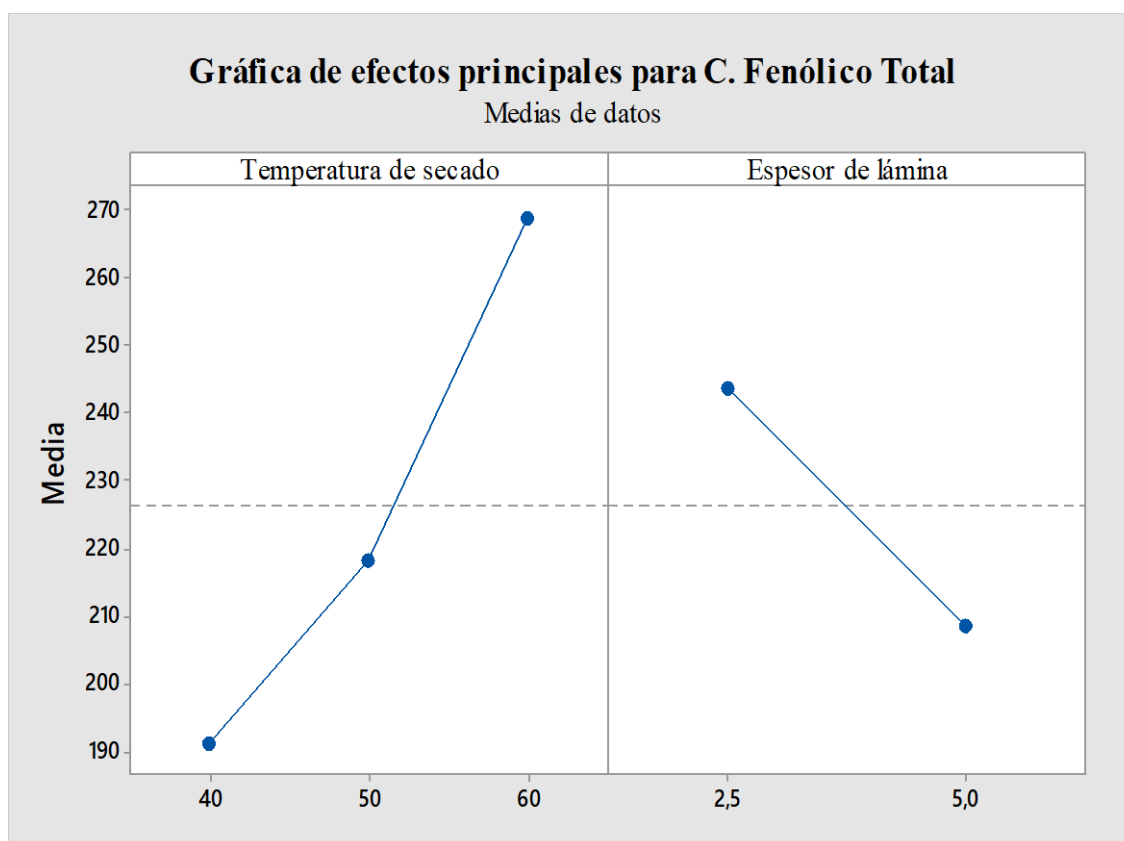
Nota. Los datos de la tabla, se expresan en promedio ± desviación estándar. Se muestran 4 conjuntos homogéneos, a, b, c y d. A 40°C de temperatura de secado y el mayor espesor de lámina de pulpa de mango demostraron el menor contenido fenólico; a 60°C y 2,5 mm de espesor, se obtiene una harina con alto contenido compuestos fenólicos. El CFT incrementa

al aumentar la temperatura de secado; sin embargo, este disminuye al incrementar el espesor de lámina de pulpa de mango.

La figura 9, evidencia el efecto generado por los factores sobre la variable respuesta, contenido fenólico total; a su vez, la figura 10 muestra la interacción de los factores, evidenciándose la significancia resultante del análisis de varianza.

Figura 9

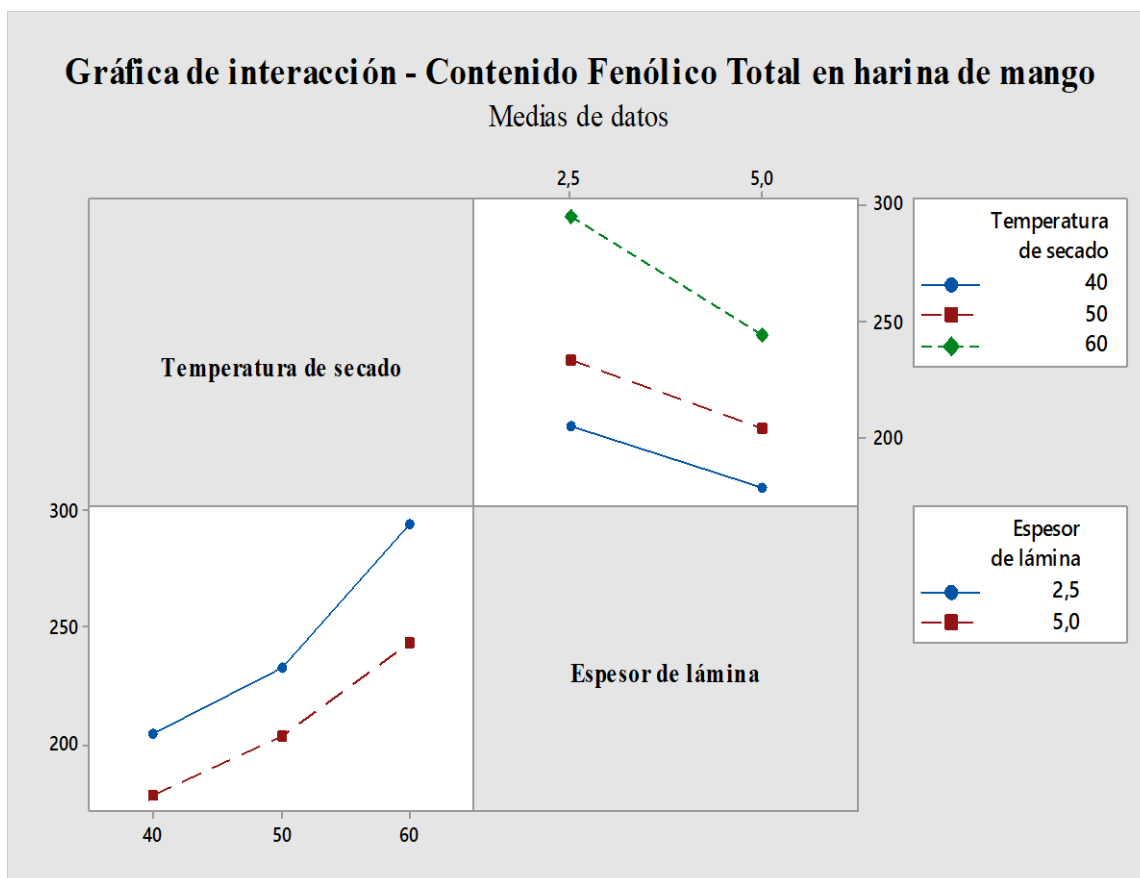
Efecto de los factores: temperatura de secado y espesor de lámina de pulpa de mango sobre el contenido fenólico total (mg GAE/100g de muestra) en la harina de mango var Kent.



Nota. La gráfica muestra que a medida que se incrementa la temperatura de secado de 50 a 60°C el aumento de fenólicos en la harina de mango es mucho mayor que de 40 a 50°C, sin embargo, el espesor de lámina muestra un comportamiento particular, el CFT decrece cuando este aumenta.

Figura 10

Efecto de la interacción de los factores sobre contenido fenólico total (mgGAE/100g de muestra en base húmeda), en la harina de mango.



Nota. De la interacción de los factores, se visualiza que una temperatura de secado de 60°C y 2,5 mm de espesor de pulpa de mango, son las condiciones de secado ideales para obtener harina con alto contenido fenólico.

2.3. Características físico químicas de la harina de mango con mayor contenido de compuestos bioactivos

Estos análisis se realizaron sobre la fruta fresca seleccionada y en la harina de mango obtenida en los tratamientos T3 y T5, correspondientes a: temperatura de secado de 50°C y 60°C con 2,5 mm de espesor de lámina de pulpa de mango, respectivamente. Tratamientos que demostraron el mejor contenido de compuestos bioactivos, lo que incluyó el contenido de vitamina C y fenólico total. La Tabla 13, muestra los valores para las características fisicoquímicas, respectivamente.

Tabla 9

Análisis de mango fresco variedad Kent y harina de los tratamientos con mayor contenido de compuesto bioactivos

Muestra	Análisis realizado				
	pH	Acidez (%)	Sólidos solubles (°Brix)	Humedad (%)	Cenizas (%)
Mango Fresco	3,73 ± 0,12	1,2 ± 0,03	7,75 ± 0,35	85,9 ± 0,33	0,91 ± 0,02
T3: 50°C y 2,5 mm*	3,52 ± 0,02	2,66 ± 0,1	24,49 ± 0,71	6,97 ± 0,19	2,91 ± 0,16
T5: 60°C y 2,5 mm**	3,57 ± 0,03	2,92 ± 0,16	24,99	6,55 ± 0,23	3,00 ± 0,08

* Tratamiento que demostró mayor contenido de vitamina C

** Tratamiento que demostró mayor contenido de compuestos fenólicos totales

Nota. Esta tabla muestra los valores expresados en promedio ± desviación estándar. Además, considerando el valor de pH y el porcentaje de acidez, la harina es ácida; y respecto a los grados Brix, presenta un alto contenido de sólido solubles; además, el contenido de humedad es bajo lo que aumenta la vida útil; respecto a los valores mostrados en mango fresco, es un fruto ácido bajo en sólidos solubles y con alto contenido de agua.

III. DISCUSIÓN

Contenido de vitamina C (AA)

Los factores influyeron en el contenido de vitamina C (AA) de harina de mango (*Mangifera indica*) de descarte de la variedad Kent. Los valores de vitamina C mostrados en la tabla 9, oscilaron entre 48 a 126,95 mg/100g de muestra en los diferentes tratamientos. Estos hallazgos demuestran valores inferiores a los evaluados por Osunde, (2017) y Yao et al., (2020) que oscilaron entre 97,59 a 225,38 mg/100 g y de 89,14 a 290,22 mg/100 g muestra seca, respectivamente. Sin embargo, el contenido de vitamina C en este estudio es superior a los valores encontrados por Dereje y Abera (2020) y Mishra et al. (2021), que oscilaron 33,18 y 41,24 mg/100g y entre 29,81 y 34,68 mg/100g, respectivamente en mango deshidratado. Se sostiene que estas diferencias, podrían atribuirse a la variedad de fruto en estudio, estado de madurez, condiciones de cultivo, el sistema de procesamiento y la geometría de las muestras, entre otros factores.

El mayor valor de vitamina C fue demostrado por la harina producida en el T3, temperatura de secado de 50°C y espesor de lámina de 2,5 mm; con un valor de AA 126,95 mg/100g de muestra (Figura 7 y 8), en este sentido las condiciones de secado, en función de ambos factores tiene un efecto significativo sobre el contenido de AA en la harina de mango. Yılmaz et al., (2017) reportaron un comportamiento similar en el deshidratado de granada, siendo significantes las condiciones de secado (temperatura de secado y espesor).

En el secado a 50°C, se acortó significativamente el período de secado y evitó la oxidación enzimática, no siendo significativa la degradación de la AA por la temperatura. Del mismo modo, para Pedraza Guevara y Torres Armas (2015) la temperatura de secado a 50°C es ideal para producir harina de mesocarpio de guayaba con alto contenido de AA. También, se reportó que a temperaturas 40 y 50°C se logra cerca del 90% de retención de vitamina C en el secado de fresa, en comparación a temperaturas de 60 y 70°C, donde la labilidad de la AA es muy alta (Gamboa-Santos et al., 2014).

A 60°C de temperatura de secado (TDS) no se logró obtener una harina con buen contenido de AA, mostrando un 69,18% menos de AA, respecto al contenido de vitamina C encontrado a 50°C; debido a que la AA es inestable y sensible al tratamiento térmico y oxígeno durante el

secado (Pedraza Guevara & Torres Armas, 2015; Wang et al., 2020; Yao et al., 2020). Mishra et al. (2021) reportaron la degradación de ácido ascórbico a medida que se incrementaba la temperatura de secado de 50, 60 y 70°C en polvo de mango verde variedad *Dasheri*; del mismo modo, Nyangena et al. (2019) informaron este comportamiento a temperaturas de secado de 50 a 65°C en rodajas de mango seco variedad *Apple* y *Ngowe*. Sin embargo, Pilco Ramirez, (2018) encontraron que 60°C TDS es ideal para producir harina de cáscara de *Myrciaria dubia* con alto contenido de AA, comportamiento atribuido, a que una mayor velocidad de secado permite reducir el tiempo de contacto entre la vitamina C con el agua. Además, Abdul Aziz et al. (2012) encontraron 109,71 mg/100g de vitamina C en harina de pulpa de mango inmaduro, utilizando 60°C de temperatura de secado, contenido mayor de lo demostrado en este estudio a la misma temperatura y a 2,5 mm ELP.

La obtención de harina de mango utilizando 40°C de temperatura de secado, tenía un 28,11% menos de AA, en comparación a 50°C de TDS; pero, la pérdida de ácido ascórbico es menor a la generada a 60°C; evidenciando la significancia de la degradación térmica. Sin embargo, a 40°C TDS no es suficiente para la inactivar la actividad de la enzima peroxidasa, en consecuencia no se desnaturaliza la enzima ácido ascórbico oxidasa, causante de la oxidación de la AA (Korbel et al., 2013; Wang et al., 2020); además, a 40°C de TDS la velocidad de secado se reduce en comparación a las otras temperaturas dando lugar a mayor contacto entre la AA y el agua. Para Červenka et al. (2018) la humedad de los productos tiene un papel fundamental durante la degradación térmica del ácido ascórbico, siendo este predominante al inicio del secado, mientras que el efecto de la temperatura prevalece a medida que continua el proceso. En el secado de tomate Goula Y Adamopoulos (2006) encontraron que la reducción de contenido de agua de 95 al 65% incrementa las reacciones de degradación de ácido ascórbico; sin embargo, en el rango de 65 a 70% de humedad se produjeron los picos más altos de degradación de AA, por debajo del 65% estas reacciones disminuyeron. En este sentido, el mecanismo por el cual el agua controla la reacción de degradación es muy complejo y depende de la complejidad del tejido vegetal, los tratamientos previos al procesamiento y, en particular el contenido de humedad (Gamboa-Santos et al., 2014). Además, se informó que la retención de AA depende más de la presencia de oxígeno que de las condiciones de secado más rápidas, por ello, la degradación del ácido ascórbico debería explicarse por otros factores como el O₂ y la luz. (Yılmaz et al., 2017).

Teniendo en cuenta el factor espesor de lámina de pulpa de mango (ELP); la harina obtenida con 2,5 mm ELP, presentó un 37% más de vitamina C; respecto al contenido AA demostrado en 5,0 mm de espesor de lámina; ya que las láminas de mango de mayor espesor demoraban más en secarse que las láminas de menor espesor. Según Treybal (1980) un menor espesor de la matriz alimentaria implica una mayor área superficial expuesta; ello repercute positivamente en la transferencia de calor y masa, ya que permite un mayor contacto con la fuente de calor y existe mayor área de remoción de agua, también se reduce la distancia para que el calor llegue al centro del alimento. Por lo tanto, la degradación de Vitamina C fue superior cuando aumentó el espesor de la lámina. Kumar et al. (2022), informaron que el que el contenido de vitamina C disminuye a medida que se incrementa el espesor en el secado de mango con espuma, del mismo modo en el secado papaya a espesores de 2, 4 y 6 mm (Abd El-Salam et al., 2021).

Contenido fenólico total (CFT)

Se ha realizado el análisis de compuestos fenólicos total (CFT) de la harina de mango (*Mangifera indica*) de descarte variedad Kent obtenida en los diferentes tratamientos. Los hallazgos mostrados en la Tabla 12, los valores de CFT se encuentran en un intervalo de 178,43 a 294,10 mg GAE/100g, contenido menor a lo demostrado por Yao et al., (2020) cuyos valores oscilaban entre 197 a 330 mg GAE/100g en mango deshidratado obtenido mediante secado convectivo. También, Patiño-Rodríguez et al. (2020) informaron valores elevados de fenólicos total (99,71 mg GAE/g) en harina de mango estenospermocárpico inmaduro var Ataulfo. Sin embargo, Kumar et al., (2022), Dereje & Abera, (2020), Nyangena et al., (2019) y Abdul Aziz et al., (2012) reportaron valores inferiores los que oscilaron 4,09 a 5,54 mgGAE/100g en polvo de mango maduro var. Amrapali; de 131,13 a 251,12 mg GAE/100g en rebanadas de mango seco var. Keit; 1,29 a 26,66 mg GAE/100g en mango seco var. Apple y Ngowe; y 102,41 mg GAE/100g en harina de mango inmaduro, respectivamente. Para Abdul Aziz et al., (2012) y Bello-Pérez y Agama-Acevedo, (2019) el mango en estado inmaduro presenta mayor contenido fenólico que el fruto una vez alcanzada la madurez. Dado que la maduración trae consigo diferentes cambios bioquímicos, además, la actividad enzimática causada principalmente por enzima polifenol oxidasa, aumenta con la maduración (Cheema & Sommerhalter, 2015).

Los factores y en consecuencia su interacción, influyeron en el contenido de compuestos fenólicos de la harina de mango (*Mangifera indica* var Kent), en las figuras 9 y 10, se muestra que el mayor CFT 294,10 mgGAE/100g de muestra, fue demostrado por el T5, 60°C de

temperatura de secado y 2,5 mm de espesor de lámina de pulpa de mango. Respecto al comportamiento demostrado por el factor temperatura de secado (TDS) se obtuvo que, el incremento de la temperatura de 40, 50 y 60°C repercute positivamente en el CFT, aumentando de 191.39, 223.62 y 263.38 mg GAE/100g de muestra, respectivamente. Hallazgos similares fueron reportados por Ponce y Rodríguez (2014) en el deshidratado de aguaymanto, Kuno (2021) en pulpa y semilla de tumbo serrano, Udomkun et al. (2015) en papaya pretratada osmóticamente y Uslu Demir et al. (2019) en cerezas deshidratadas. La degradación a baja temperatura se atribuye a que conlleva un mayor tiempo de secado lo que repercute negativamente sobre los fenoles y flavonoides. El contenido demostrado a 60°C de temperatura de secado puede deberse a la destrucción de los enlaces covalentes y constituyentes celulares liberando antioxidantes, como ácidos fenólicos, flavonas, fenoles y otros compuestos, que se encuentran unidos a macromoléculas (fracciones de carbohidratos y proteínas) causados por el tratamiento térmico, lo que repercute positivamente en el CFT por su facilidad de extracción (Udomkun et al., 2015; Yao et al., 2020). Además, Korbel et al. (2013) encontraron que después de 1 h de tratamiento térmico a 60°C se reduce el 82% de la actividad de la enzima polifenol oxidasa y a 50°C afecta solo en un 10% en el mismo tiempo en pulpa de mango reconstituida; además, la enzima peroxidasa se inactiva rápidamente a 60°C. Los autores mencionan; además, que una alta actividad de agua permite mayor estabilidad de la actividad enzimática, esto explica el contenido de CFT demostrado en la harina de mango a 40°C y 50°C de TDS. Desde esta perspectiva, 60°C es una temperatura ideal para obtener harina de mango con alto contenido fenólico; además, a temperaturas elevadas de secado se desencadena la reacción de Maillard lo que trae consigo el desarrollo de nuevos complejos fenólicos a partir de sus precursores (Nyangena et al., 2019); sin embargo, Kumar et al. (2022) reportaron que aumentar la temperatura de secado de 60°C a 80°C genera una degradación del 20,15% de CFT en polvo de mango maduro; además, el secado convectivo frente a otros tipos de secado (secado por infrarrojo lejano, microondas) conduce a mayor degradación oxidativa de compuestos antioxidantes debido a una exposición prolongada al aire (Yao et al., 2020). Lo mencionado anteriormente puede relacionarse con el factor espesor de lámina de pulpa de mango, en este estudio 5 mm de ELP condujo a mayor tiempo de secado, en comparación a 2,5 mm ELP; ello trajo consigo degradación con tendencia creciente de CFT a medida que se incrementó el espesor de lámina de pulpa, los valores oscilaron de 204,94 a 247,31 mg GAE/100g de muestra, para 5,0 y 2,5 mm de ELP. Por lo tanto, a menor espesor existe mayor área superficial expuesta,

esto explica la reducción de tiempo de secado. Hallazgos que fueron respaldados por Kumar et al., (2022) en el secado por espuma de mango maduro, donde a menor espesor de la espuma incrementa el CFT, debido a que existe menor tiempo de exposición al tratamiento de secado, del mismo modo reportaron Abd El-Salam et al. (2021) en el deshidratado por espuma de papaya.

Características físico químicas

Se determinaron las características fisicoquímicas: pH, porcentaje de acidez, sólidos solubles (°Brix), cenizas (%) y humedad (%) en el mango (*Mangifera indica* var Kent) fresco y en la harina obtenida en los tratamientos 3 y 5, que demostraron el mayor contenido de compuestos bioactivos en términos de vitamina C y compuestos fenólicos. En la Tabla 9, el mango fresco demostró valores dentro de los rango reportados por diferentes autores (Abbasi et al., 2015; Dereje & Abera, 2020; DIRCETUR, 2014; Encalada Rojas, 2017; Hailu & Worku, 2017). La harina de mango en ambos tratamientos, no presentó diferencia significativa, los valores obtenidos fueron respaldados por diversas investigaciones (Dereje & Abera, 2020; Encalada Rojas, 2017; Mishra et al., 2021; Osunde, 2017; Pedraza Guevara & Torres Armas, 2015; Sogi et al., 2015). La NTP 205.064:2015, sostiene que en la harina de trigo es necesario un contenido máximo de humedad del 15% (INDECOPI, 2015) y de 10% en harina de lúcuma, NTP 011.042:2012 (INDECOPI, 2012), para el caso de la presente investigación al no existir una NTP específica para la harina de mango, se tomó como referencia las mencionadas anteriormente, demostrando cumplir con la exigencia. El contenido de ceniza presentó los siguientes valores de 2,91 a 3,00 similar a lo encontrados por Pedraza Guevara y Torres Armas, (2015) en harina de guayaba, también Osunde, (2017) y Dereje y Abera, (2020) reportaron valores estrechamente en concordancia. Considerando que la NTP 011.042:2012, especifica que para harina de lúcuma el contenido de cenizas no debe exceder el 3%, los valores de la harina de mango se encuentran dentro de este rango.

IV. CONCLUSIONES

- El contenido de vitamina C (AA) (48 a 126,95 mg/100g de muestra) en la harina de mango, es influenciado de manera significativa por las condiciones de secado, mayor es el contenido cuando es menor el espesor de lámina, y temperatura intermedia afecta positivamente, el tratamiento que demostró mayor contenido de vitamina C fue 50°C de temperatura de secado y 2,5 mm de espesor de lámina de pulpa de mango variedad Kent.
- El contenido de compuestos fenólicos (CFT) (178,43 a 294,10 mgGAE/100g de muestra) en harina de mango, se vio significativamente afectado por las condiciones de secado, el CFT tiende a incrementar a medida que se aumenta la temperatura de secado y disminuye el espesor de lámina. El mayor contenido fenólico total, fue demostrado por la harina obtenida a 60°C y 2,5 mm de espesor de lámina de pulpa de mango variedad Kent
- Temperatura de secado de 50°C y 60°C y láminas de mango de 2,5 de espesor; fueron los tratamientos que mayores compuestos bioactivos demostraron. No presentando, diferencia significativa en las características fisicoquímicas.

V. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio comparativo del contenido de compuestos bioactivos en los diferentes estados de madurez de los frutos.
- Diseñar y formular nuevos alimentos que contemplen un enfoque de economía circular haciendo uso de subproductos del mango.
- Realizar un estudio que contemple la evaluación sensorial del producto; además, teniendo en consideración la rentabilidad y el impacto a escala de planta; y estudio de vida útil.
- Realizar una investigación que contemple la influencia de los pretratamientos en los compuestos bioactivos de interés.
- Investigar con diferentes métodos de secado y la influencia de los mismos, en los compuestos bioactivos.
- Considerar otros factores que intervienen en el secado (transferencia de calor, masa, velocidad de aire, densidad de carga, y otros) y en la degradación de los compuestos bioactivos (oxidación por presencia de oxígeno, luz entre otros).

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbasi, A. M., Guo, X., Fu, X., Zhou, L., Chen, Y., Zhu, Y., Yan, H., & Liu, R. H. (2015). Comparative Assessment of Phenolic Content and in Vitro Antioxidant Capacity in the Pulp and Peel of Mango Cultivars. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(6), 13507-13527. <https://doi.org/10.3390/ijms160613507>
- Abd El-Salam, E. A. E.-S., Ali, A. M., & Hammad, K. S. (2021). Foaming process optimization, drying kinetics and quality of foam mat dried papaya pulp. *Journal of Food Science and Technology*, 58(4), 1449-1461. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04657-2>
- Abdul Aziz, N. 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 terms of chemical composition, antioxidant compounds and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(3), 557-563. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4606>
- AGROBANCO. (2007). *Cultivo del mango*. http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/publicacionagroinforma/3_cultivo_del_mango.pdf
- Arroyo Cajacuri, P. R., & Vicuña Ñaupari, S. S. (2020). Efecto de la temperatura en la vitamina C del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), con aplicación de un secador solar automatizado. *Universidad Nacional del Centro del Perú*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6293>
- Bello-Pérez, L. A., & Agama-Acevedo, E. (2019). Chapter 12—Banana and Mango Flours. En V. R. Preedy & R. R. Watson (Eds.), *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention (Second Edition)* (pp. 153-164). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814639-2.00012-5>
- Block, G., Jensen, C. D., Norkus, E. P., Hudes, M., & Crawford, P. B. (2008). Vitamin C in plasma is inversely related to blood pressure and change in blood pressure during the previous year in young Black and White women. *Nutrition Journal*, 7(1), 35. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-7-35>
- Červenka, L., Červenková, Z., & Velichová, H. (2018). Is air-drying of plant-based food at low temperature really favorable? A meta-analytical approach to ascorbic acid, total phenolic, and total flavonoid contents. *Food Reviews International*, 34(5), 434-446. <https://doi.org/10.1080/87559129.2017.1307389>
- Cheema, S., & Sommerhalter, M. (2015). Characterization of polyphenol oxidase activity in Ataulfo mango. *Food Chemistry*, 171, 382-387. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.011>

- Coman, V., Teleky, B.-E., Mitrea, L., Martău, G. A., Szabo, K., Călinoiu, L.-F., & Vodnar, D. C. (2020). Chapter Five—Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. En F. Toldrá (Ed.), *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 91, pp. 157-225). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.07.001>
- Cornelio-Santiago, H. P., Mazalli, M. R., Rodrigues, C. E. C., & de Oliveira, A. L. (2019). Extraction of Brazil nut kernel oil using green solvents: Effects of the process variables in the oil yield and composition. *Journal of Food Process Engineering*, 42(7), e13271. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13271>
- Coronado Mayta, R. (2019). *Elaboración de Una Bebida con Extracto de Zanahoria (Daucus Carota) Combinado con Zumo de Mandarina (Citrus Reticulata) y Naranja Agria (Citrus Aurantium) y Evaluación de su Capacidad Antioxidante* [Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/3056/CORONADO%20MAYTA%20RICARDO.pdf?sequence=1>
- De León Monzón, R. M. (2019). *Determinación de la estabilidad en la capacidad antioxidante de la harina del epicardio de mango (Mangifera indica)* [Other, USAC]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12893/>
- Dereje, B., & Abera, S. (2020). Effect of pretreatments and drying methods on the quality of dried mango (*Mangifera Indica* L.) slices. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), 1747961. <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1747961>
- Dereese, S., Guantai, E. M., Souaibou, Y., & Kuete, V. (2017). Chapter 21—*Mangifera indica* L. (Anacardiaceae). En V. Kuete (Ed.), *Medicinal Spices and Vegetables from Africa* (pp. 451-483). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809286-6.00021-2>
- Diomande, M., Konan, K. H., Monnet, Y. T., Kanga, K. A., Fagbohoun, J. B., Gbotognon, J. O., Kouadio, E. J. P., & Kouamé, L. P. (2021). Bioactives and Antimicrobial Potential of Processing by Products of Four Mango Varieties (*Mangifera indica* Varieties Amelie, Kent, Keitt and Brooks) from the Poro Region (Ivory Coast). *International Journal of Biochemistry Research & Review*, 19-28. <https://doi.org/10.9734/ijbcrr/2021/v30i530266>
- DIRCETUR. (2014). *Catálogo exportador de la Región Piura* (p. 38). Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo. <https://www.regionpiura.gob.pe/documentos/grde/catalogo1.pdf>
- Encalada Rojas, H. J. (2017). *Efecto de la temperatura y el espesor en el proceso de deshidratado de mango (mangifera indica L.) variedad Kent*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2829458>
- Gamboa-Santos, J., Megías-Pérez, R., Soria, A. C., Olano, A., Montilla, A., & Villamiel, M. (2014). Impact of processing conditions on the kinetic of vitamin C degradation and 2-

- furoylmethyl amino acid formation in dried strawberries. *Food Chemistry*, 153, 164-170. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.004>
- Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2006). Retention of Ascorbic Acid during Drying of Tomato Halves and Tomato Pulp. *Drying Technology*, 24(1), 57-64. <https://doi.org/10.1080/07373930500538709>
- Hailu, Z., & Worku, T. (2017). Effects of Controlled Atmosphere Storage and Temperature on Quality Attributes of Mango. *Global Journal of Research In Engineering*. <https://engineeringresearch.org/index.php/GJRE/article/view/1567>
- INDECOPI (2015). Norma Técnica Peruana 205.064. Harina de Trigo para consumo humano. Condiciones generales. Definiciones y requisitos. Lima- Perú.
- INDECOPI (2012). Norma Técnica Peruana 011.042. Lúcumá. Harina de Lúcumá. Requisitos. 1ª Edición.
- Jiménez Durán, A. (2015). *Deshidratado de rebanadas de mango tomy atkins utilizando extractos de sus semillas y metabisulfito de sodio como pretratamientos*. <http://repositorio.utm.mx:8080/jspui/handle/123456789/76>
- Kolla, M. C., Laya, A., Bayang, J. P., & Koubala, B. B. (2021). Effect of different drying methods and storage conditions on physical, nutritional, bioactive compounds and antioxidant properties of doum (*Hyphaene thebaica*) fruits. *Heliyon*, 7(4), e06678. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06678>
- Korbel, E., Servent, A., Billaud, C., & Brat, P. (2013). Heat Inactivation of Polyphenol Oxidase and Peroxidase as a Function of Water Activity: A Case Study of Mango Drying. *Drying Technology*, 31(13-14), 1675-1680. <https://doi.org/10.1080/07373937.2013.808659>
- Kumar, A., Kandasamy, P., Chakraborty, I., & Hangshing, L. (2022). Analysis of energy consumption, heat and mass transfer, drying kinetics and effective moisture diffusivity during foam-mat drying of mango in a convective hot-air dryer. *Biosystems Engineering*, 219, 85-102. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.04.026>
- Kuno Aguilar, N. K. (2021). Efecto del secado convectivo sobre el valor nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en pulpa y semilla de *Passiflora tripartita* var. Mollissima «tumbo serrano». *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/16156>
- Loria, C. M., Klag, M. J., Caulfield, L. E., & Whelton, P. K. (2000). Vitamin C status and mortality in US adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(1), 139-145. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.1.139>
- Lu, J., Wang, Z., Qin, L., Shen, J., He, Z., Shao, Q., & Lin, D. (2021). Drying methods affect bioactive compound contents and antioxidant capacity of *Bletilla striata* (Thunb.)

- Reichb.f. Flower. *Industrial Crops and Products*, 164, 113388. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113388>
- Mahayothee, B., Thamsala, T., Khuwijitjaru, P., & Janjai, S. (2020). Effect of drying temperature and drying method on drying rate and bioactive compounds in cassumunar ginger (*Zingiber montanum*). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 18, 100262. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100262>
- Malik, M., Narwal, V., & Pundir, C. S. (2022). Ascorbic acid biosensing methods: A review. *Process Biochemistry*, 118, 11-23. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2022.03.028>
- Marçal, S., & Pintado, M. (2021). Mango peels as food ingredient / additive: Nutritional value, processing, safety and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 472-489. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.012>
- Márquez-Cardozo, C. J., Caballero-Gutiérrez, B. L., Ciro-Velázquez, H. J., & Restrepo-Molina, D. A. (2021). Effect of pretreatment and temperature on the drying kinetics and physicochemical and techno-functional characteristics of pumpkin (*Cucurbita maxima*). *Heliyon*, 7(4), e06802. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06802>
- Matheyambath, A. C., Subramanian, J., & Paliyath, G. (2016). Mangoes. En B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 641-645). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00442-6>
- Md Nor, S., & Ding, P. (2020). Trends and advances in edible biopolymer coating for tropical fruit: A review. *Food Research International*, 134, 109208. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109208>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2021). *Boletín estadístico mensual: «El Agro en cifras»*.
- MINAGRI. (2019). *Plan nacional de cultivos 2019 Campaña Agrícola 2019-2020*. Ministerio de Agricultura y Riego.
- Mishra, M., Kandasamy, P., Shukla, R. N., & Kumar, A. (2021). Convective Hot-air Drying of Green Mango: Influence of Hot Water Blanching and Chemical Pretreatments on Drying Kinetics and Physicochemical Properties of Dried Product. *International Journal of Fruit Science*, 21(1), 732-757. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1930626>
- Moritz, B., Schmitz, A. E., Rodrigues, A. L. S., Dafre, A. L., & Cunha, M. P. (2020). The role of vitamin C in stress-related disorders. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 85, 108459. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2020.108459>
- Njus, D., Kelley, P. M., Tu, Y.-J., & Schlegel, H. B. (2020). Ascorbic acid: The chemistry underlying its antioxidant properties. *Free Radical Biology and Medicine*, 159, 37-43. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2020.07.013>

- Nyangena, I. O., Owino, W. O., Imathiu, S., & Ambuko, J. (2019). Effect of pretreatments prior to drying on antioxidant properties of dried mango slices. *Scientific African*, 6, e00148. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00148>
- OECD, & FAO. (2020). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029*. Organisation for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2020-2029_1112c23b-en
- Osunde, Z. D. (2017). Effect of pretreatments and drying methods on some qualities of dried mango (*Mangifera indica*) fruit. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 19(1), 187-194.
- Patiño-Rodríguez, O., Bello-Pérez, L. A., Agama-Acevedo, E., & Pacheco-Vargas, G. (2020). Pulp and peel of unripe stenopermocarpic mango (*Mangifera indica* L. cv Ataulfo) as an alternative source of starch, polyphenols and dietary fibre. *Food Research International*, 138, 109719. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109719>
- Pedraza Guevara, S., & Torres Armas, E. (2015). *Temperatura y velocidad del aire en harina de guayaba (Psidium guajava) con máxima vitamina C*. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/48425>
- Pilco Ramirez, G. M. (2018). Efecto de la temperatura y velocidad de aire en el contenido de ácido ascórbico de la harina obtenida a partir de la cáscara del fruto de camu camu (*Myrciaria dubia* HBK), Pucallpa—Ucayali. *Universidad Nacional de Ucayali*. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3864>
- Ponce Alvarado, A. W., & Rodríguez Asto, F. D. (2014). Evaluación del efecto de secado en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). *Universidad Nacional del Centro del Perú*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1959>
- Ribeiro, S. M. R., & Schieber, A. (2010). Chapter 34—Bioactive Compounds in Mango (*Mangifera indica* L.). En R. R. Watson & V. R. Preedy (Eds.), *Bioactive Foods in Promoting Health* (pp. 507-523). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374628-3.00034-7>
- Sabarez, H. T. (2018). Thermal Drying of Foods. En A. Rosenthal, R. Deliza, J. Welti-Chanes, & G. V. Barbosa-Cánovas (Eds.), *Fruit Preservation: Novel and Conventional Technologies* (pp. 181-210). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3311-2_7
- Saleem Dar, M., Oak, P., Chidley, H., Deshpande, A., Giri, A., & Gupta, V. (2016). Chapter 19 - Nutrient and Flavor Content of Mango (*Mangifera indica* L.) Cultivars: An Appurtenance to the List of Staple Foods. En M. S. J. Simmonds & V. R. Preedy (Eds.), *Nutritional Composition of Fruit Cultivars* (pp. 445-467). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00019-2>

- Santos, D., Lopes da Silva, J. A., & Pintado, M. (2022). Fruit and vegetable by-products' flours as ingredients: A review on production process, health benefits and technological functionalities. *LWT*, *154*, 112707. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112707>
- Shenoy, N., Creagan, E., Witzig, T., & Levine, M. (2018). Ascorbic Acid in Cancer Treatment: Let the Phoenix Fly. *Cancer Cell*, *34*(5), 700-706. <https://doi.org/10.1016/j.ccell.2018.07.014>
- SIICEX. (2022). *Ficha Comercial: Mango*. https://www.siicex.gob.pe/siicex/portal5ES.asp?_page_=172.17100&_portletid_=sficha_productoinit&scriptdo=cc_fp_init&pproducto=118&pnomproducto=Mango
- Sogi, D. S., Siddiq, M., & Dolan, K. D. (2015). Total phenolics, carotenoids and antioxidant properties of Tommy Atkin mango cubes as affected by drying techniques. *LWT - Food Science and Technology*, *62*(1, Part 2), 564-568. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.015>
- Taype Castillo, L. V., & Sarcco Mamani, S. J. (2020). Caracterización físico-química y fotónica de la molienda de eucalipto (*eucalyptus globulus*) y camu camu (*myrciaria dubia*) en situaciones zoonóticas. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12572>
- Treybal, R. E. (1980). "Operaciones de transferencia de masa". Editorial Mc Craw – Hill 2da edición, México.
- Tovar Barrientos, S. R. (2018). Efecto de la temperatura de secado en los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del nispero (*Mespilus germanica* L.). *Universidad Nacional del Centro del Perú*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4787>
- Udomkun, P., Nagle, M., Mahayothee, B., Nohr, D., Koza, A., & Müller, J. (2015). Influence of air drying properties on non-enzymatic browning, major bio-active compounds and antioxidant capacity of osmotically pretreated papaya. *LWT - Food Science and Technology*, *60*(2, Part 1), 914-922. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.036>
- Uslu Demir, H., Atalay, D., & Erge, H. S. (2019). Kinetics of the changes in bio-active compounds, antioxidant capacity and color of Cornelian cherries dried at different temperatures. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *13*(3), 2032-2040. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00124-5>
- Villegas-Aguilar, M. del C., Fernández-Ochoa, Á., Leyva-Jiménez, F. J., Miranda-Segura, Á., Cádiz-Gurrea, M. de la L., & Segura-Carretero, A. (2022). Chapter 3—Phenolic compounds. En C. B. B. Cazarin, J. L. Bicas, G. M. Pastore, & M. R. Marostica Junior (Eds.), *Bioactive Food Components Activity in Mechanistic Approach* (pp. 27-53). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823569-0.00001-1>

- Wang, H., Zhang, Q., Mujumdar, A. S., Fang, X.-M., Wang, J., Pei, Y.-P., Wu, W., Zielinska, M., & Xiao, H.-W. (2020). High-humidity hot air impingement blanching (HHAIB) efficiently inactivates enzymes, enhances extraction of phytochemicals and mitigates brown actions of chili pepper. *Food Control*, *111*, 107050. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107050>
- Yao, L., Fan, L., & Duan, Z. (2020). Effect of different pretreatments followed by hot-air and far-infrared drying on the bioactive compounds, physicochemical property and microstructure of mango slices. *Food Chemistry*, *305*, 125477. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125477>
- Yılmaz, F. M., Yüksekaya, S., Vardin, H., & Karaaslan, M. (2017). The effects of drying conditions on moisture transfer and quality of pomegranate fruit leather (pestil). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *16*(1), 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.01.003>
- Zhao, C.-C., Ameer, K., & Eun, J.-B. (2021). Effects of various drying conditions and methods on drying kinetics and retention of bioactive compounds in sliced persimmon. *LWT*, *143*, 111149. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111149>
- Zzaman, W., Biswas, R., & Hossain, M. A. (2021). Application of immersion pre-treatments and drying temperatures to improve the comprehensive quality of pineapple (*Ananas comosus*) slices. *Heliyon*, *7*(1), e05882. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05882>

ANEXOS

Anexo 1. Pruebas de Normalidad

Tabla 10

Prueba de normalidad para contenido de Vitamina C

Temperatura de secado/Espesor de lámina de pulpa de mango	Estadístico	Shapiro-Wilk		
		gl	Sig.	
Vitamina C	40°C	0,915	4	0,508
	50°C	0,882	4	0,349
	60°C	0,886	4	0,363
	2,5 mm	0,843	6	0,138
	5,0 mm	0,813	6	0,077

Nota. Dado que el valor de la significancia calculada es mayor que el 5% mediante la prueba de Shapiro-Wilk, indica que los residuos de la variable respuesta, vitamina C, cumplen con los supuestos de normalidad; por lo tanto, se puede aplicar ANOVA como prueba paramétrica.

Tabla 11

Prueba de normalidad para el contenido de compuesto fenólicos total

Temperatura de secado/Espesor de lámina de pulpa de mango	Estadístico	Shapiro-Wilk		
		gl	Sig.	
Contenido fenólico total	40°C	0,927	4	0,574
	50°C	0,972	4	0,857
	60°C	0,969	4	0,832
	2,5 mm	0,935	6	0,622
	5,0 mm	0,929	6	0,574

Nota. Dado que el valor de la significancia calculada es mayor al 5% mediante la prueba de Shapiro-Wilk, indica que los residuos de la variable respuesta, contenido fenólico total, muestran una tendencia normal, por lo tanto, se puede aplicar ANOVA como prueba paramétrica.

Anexo 2. Pruebas de homogeneidad de varianza

Figura 11

Prueba de homogeneidad de varianza para la variable dependiente – Vitamina C

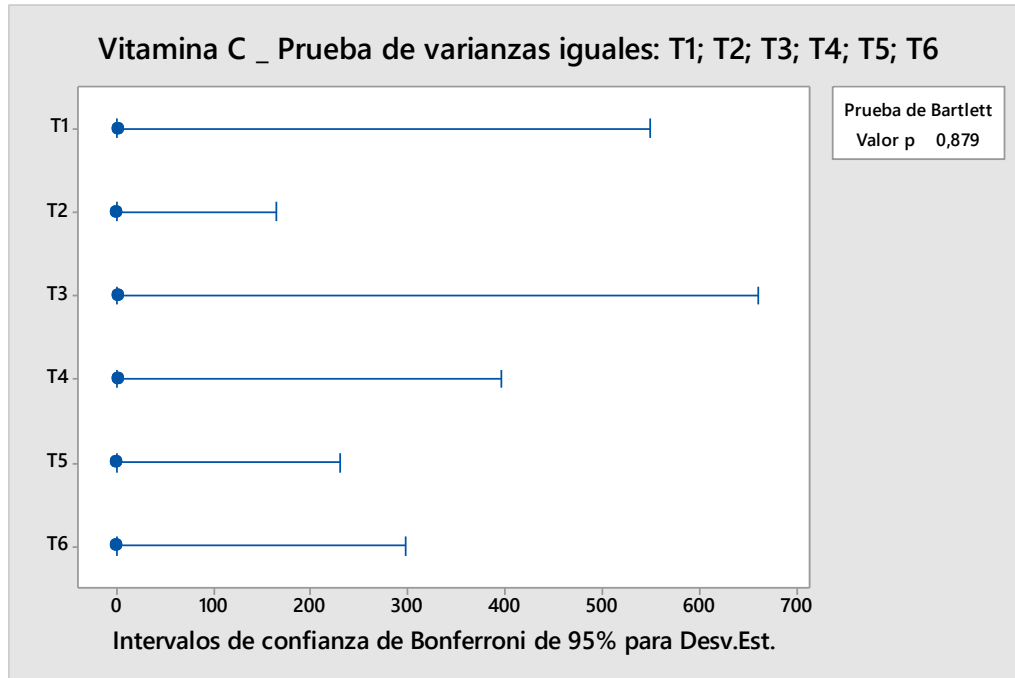
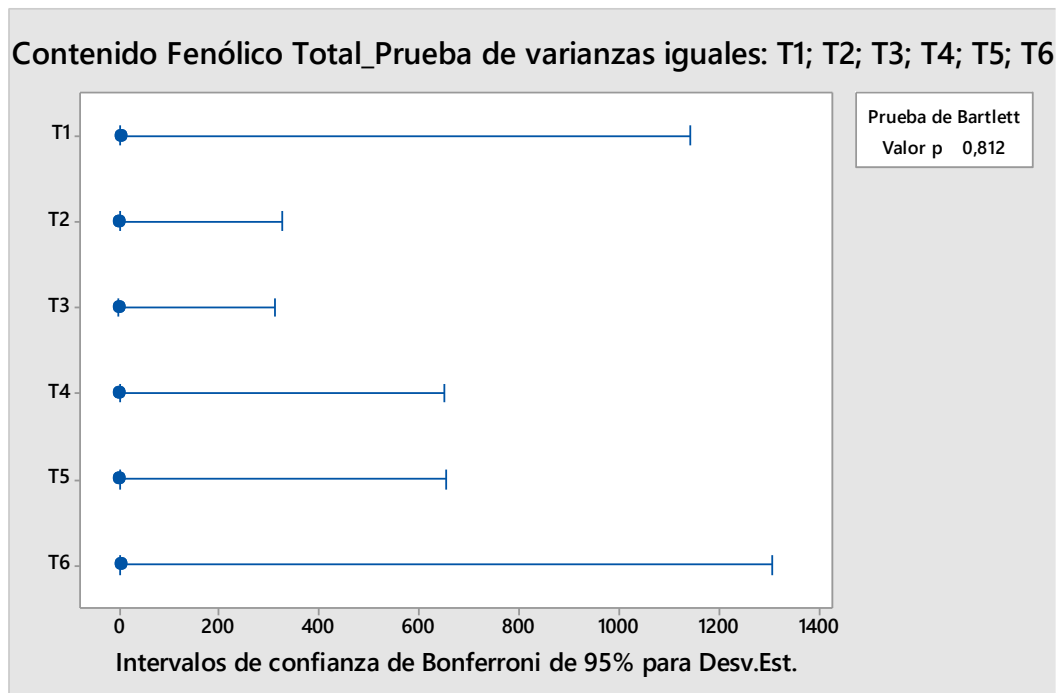


Figura 12

Prueba de homogeneidad de varianza para la variable dependiente – Contenido fenólico total



Anexo 3. Análisis de varianza para las variables dependientes.

Tabla 12

ANOVA del contenido de Vitamina C en la harina de pulpa de mango (Mangifera indica), secado a distintas temperaturas y espesor de lámina de pulpa.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Espesor de lámina (mm)	2355,238	1	2355,238	486,705	0,000
Temperatura de secado (°C)	4345,805	2	2172,903	449,025	0,000
E (mm) * T (°C)	165,375	2	82,688	17,087	0,003
Error	29,035	6	4,839		
Total	6895,454	11			

a. R al cuadrado = 0,996 (R al cuadrado ajustada = 0,992)

Nota. Se observa el ANOVA para la variable dependiente, contenido de vitamina C en la harina de pulpa de mango; considerando que las variables independientes son la fuente de la variación del modelo. La primera es, temperatura de secado (40, 50 y 60°C) y la segunda, espesor de lámina de pulpa de mango (2,5 y 5 mm), con 3 y 2 niveles respectivamente.

Tabla 13

ANOVA de contenido fenólico total en la harina de pulpa de mango (Mangifera indica), secado a distintas temperaturas y espesor de lámina de pulpa de mango.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Temperatura de secado (°C)	12361,926	2	6180,963	334,137	,000
Espesor de lámina (mm)	3705,162	1	3705,162	200,298	,000
Temperatura * Espesor	363,387	2	181,693	9,822	,013
Error	110,990	6	18,498		
Total	16541,464	11			

a. R al cuadrado = 0,993 (R al cuadrado ajustada =0,988)

Nota. Se observa el ANOVA para la variable dependiente, contenido fenólico total en la harina de pulpa de mango; considerando que las variables independientes son la fuente de la variación del modelo. La primera es, temperatura de secado (40,50 y 60°C) y la segunda, espesor de lámina de pulpa de mango (2,5 y 5 mm), con 3 y 2 niveles respectivamente.

Anexo 4. Panel fotográfico del proceso de producción de harina de mango

Figura 14

Pesado de materia prima



Figura 13

Acondicionamiento de materia prima



Figura 15

Pelado y laminado de pulpa de mango



Figura 16

Pretratamiento inmersión en solución de ácido cítrico



Figura 17

Secado de láminas de pulpa de mango en secador de bandejas



Figura 19

Molida de láminas de pulpa deshidratada y tamizado de la harina obtenida

**Figura 18**

Harina de mango



Anexo 5. Curvas de calibración utilizadas para la determinación de compuestos bioactivos

Figura 20

Curva de calibración para cuantificar vitamina C, usando como patrón ácido ascórbico.

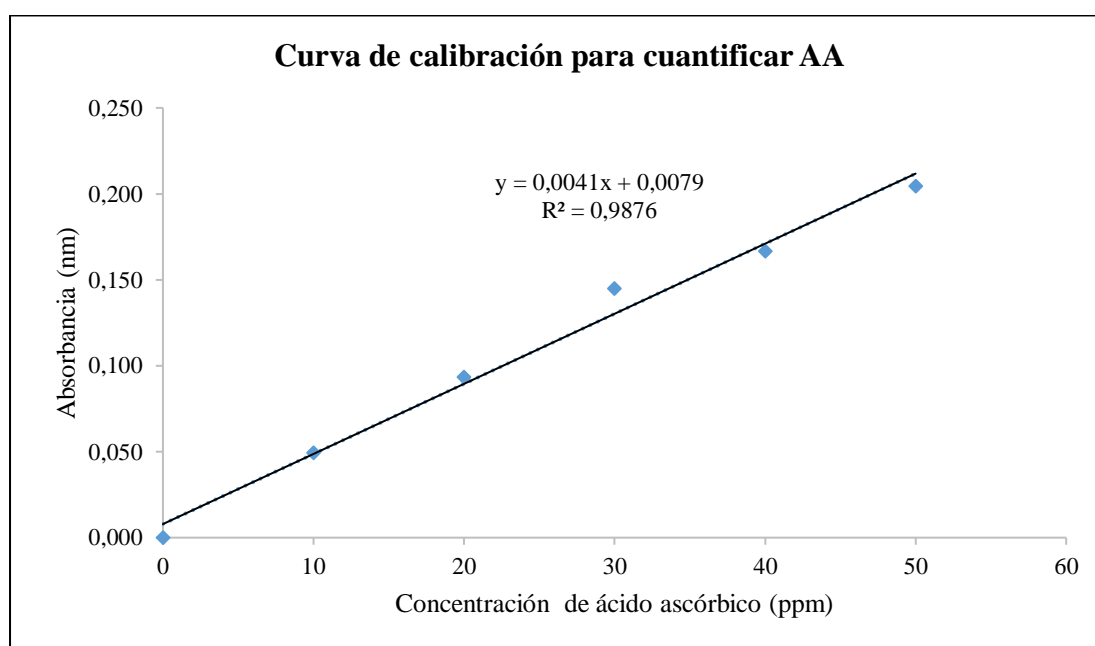


Figura 23

Determinación de pH, acidez titulable y sólidos solubles

**Figura 24**

Preparación de muestra para la determinación de compuestos bioactivos



Figura 25

Uso del equipo espectrofotómetro uv-visible para determinar compuestos bioactivos – Laboratorio de Alimentos Funcionales y Bioprocesos de la Universidad Nacional de Frontera.

