

Madre de Dios Capital de la Biodiversidad Del Perú  
UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO DE ESCALDADO SOBRE EL  
CONTENIDO DE VITAMINA C, CAROTENOIDES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE  
EN LA PULPA DE MANGO (*Mangifera indica L.*) VARIEDAD HADEN

TESISTA: Bach. EDITH HUAMPA BARRETO  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL  
PUERTO MALDONADO-PERÚ

2016

Madre de Dios Capital de la Biodiversidad Del Perú  
UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

EFECTO DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO DE ESCALDADO SOBRE EL  
CONTENIDO DE VITAMINA C, CAROTENOIDES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE  
EN LA PULPA DE MANGO (*Mangifera indica L.*) VARIEDAD HADEN

TESISTA: Bach. EDITH HUAMPA BARRETO  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL  
PUERTO MALDONADO-PERÚ

2016

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a una persona que admiro por todas sus virtudes y su corazón con bondad infinita, a mi madre, la Sra. Silveria Barreto Tecsi quien con mucho amor y esfuerzo construyó un futuro para toda mi familia, inculcándonos siempre valores de unión, responsabilidad y deseos de superación personal y profesional.

A mi padre que con los libros que dejó, supo ciertamente que era una forma de mostrarnos el camino que debíamos tomar. Estoy segura que en vida hubiera estado feliz de ver a sus hijas formándose personas independientes, valientes y seguras de feliz.

Dedico de forma muy especial también a mis hermanas, Soledad, Nayda, Esmeralda y Emily quienes con su ejemplo y apoyo incondicional siempre me incentivan a seguir adelante.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios por ser la institución que me albergó durante mi formación académica, especialmente a los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Agradezco enormemente a mis asesores, el Dr. Rosel Quispe y el Ing. Julian Colquehuanca, por el apoyo constante en el desarrollo del presente trabajo.

Agradezco a la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, en especial al Mg. Ciro Tomaylla y el Mg. Leoncio Solis por el apoyo en los ambientes del laboratorio de bioquímica.

Agradezco a todas las personas que de alguna manera contribuyeron para la realización del presente trabajo, que mediante ejemplos de superación, honestidad y solidaridad demostraron que sólo se consigue ser un buen profesional siendo una buena persona.

## PRESENTACIÓN

Las actuales tendencias mundiales en alimentación muestran un interés reforzado al estudio de alimentos que además del valor nutritivo aporten beneficios a las funciones fisiológicas tales como actividad antioxidante.

Entre las frutas, el mango ha sido ampliamente estudiado debido a su valor nutritivo, así como también respecto a sus compuestos antioxidantes entre ellos la vitamina C, carotenos, polifenoles entre otros. Sin embargo estos compuestos presentan susceptibilidad a los cambios físicos y químicos debido a las modificaciones que se puedan producir a nivel conformacional o estructural. Las transformaciones en la industria buscan minimizar los efectos adversos del procesamiento sobre los alimentos, con la finalidad de mantener las propiedades antioxidantes, procurando un equilibrio que permita aumentar su biodisponibilidad sin ocasionar su degradación. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar el efecto del escaldado sobre el contenido de vitamina C, carotenoides y capacidad antioxidante en la preparación de pulpa de mango (*Mangifera indica L.*) de la variedad Haden provenientes del centro poblado de Isuyama, en la provincia y distrito de Tambopata, departamento de Madre de Dios. Los resultados obtenidos en este estudio coinciden y divergen con los valores encontrados en otros estudios. Frente a esto existen estudios que demuestran que los frutos pueden presentar comportamientos diferentes dependiendo del potencial de sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes y al efecto de sus relaciones moleculares, es decir, los enlaces químicos entre sí. Conforme el análisis fitoquímico cualitativo previamente realizado en este estudio, se reporta presencia de flavonoides y fenólicos en abundancia y azúcares reductores en condición de muy abundante lo que permite explicar la capacidad antioxidante.

Este trabajo consta de tres capítulos, en el primero describe el marco teórico, los antecedentes y los conceptos básicos, en el segundo capítulo se desarrolla los materiales y métodos empleados en la investigación, el tercer capítulo muestra los resultados y la discusión.

## INDICE GENERAL

	Pág.
INDICE DE FIGURAS .....	VIII
INDICE DE TABLAS .....	IX
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT .....	XII
INTRODUCCIÓN .....	XIII
CAPITULO I	
1. MARCO TEORICO .....	1
1.1 Generalidades del mango .....	1
1.1.1 Origen y clasificación científica .....	1
1.1.2 Descripción botánica .....	1
1.1.3 Mango de la variedad Haden .....	3
1.2 CONSTITUYENTES ANTIOXIDANTES EN LA PULPA DE MANGO .....	4
1.2.1 Vitamina C .....	5
1.2.2 Carotenoides .....	6
1.2.3 Polifenoles .....	7
1.3 INDUSTRIALIZACIÓN DEL MANGO .....	11
1.3.1 Definición de Pulpa de Fruta .....	11
1.3.2 Características sensoriales de la pulpa de mango .....	12
1.3.3 Etapas en el procesamiento de pulpa de fruta .....	12
1.4 CONSERVACIÓN TÉRMICA DE ALIMENTOS .....	15
1.4.1 Métodos de conservación por aplicación de frio .....	15
1.4.2 Conservación por aplicación de calor .....	16
1.4.3 La técnica del escaldado .....	16
1.4.4 Factores que determinan un proceso térmico .....	18
1.4.5 Efectos del tratamiento térmico sobre nutrientes, enzimas y compuestos con capacidad antioxidante .....	20
1.5 RADICALES LIBRES Y ANTIOXIDANTES .....	23
1.5.1 Capacidad Antioxidante .....	25

1.5.2	Métodos para la determinación la capacidad antioxidante .....	26
1.5.3	Método colorimétrico- Complejo azul del Fósforo-Molibdeno .....	26
1.6	HIPOTESIS, DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	28
1.6.2	Diseño experimental y análisis estadístico .....	29
CAPITULO II		
2	MATERIALES Y MÉTODOS .....	32
2.1	PREPARACIÓN DE PULPA DE MANGO .....	32
2.1.1	Materiales .....	32
2.1.2	Métodos .....	33
2.2	CUANTIFICACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO POR TITULACIÓN .....	36
2.2.1	Materiales .....	36
2.2.2	Método .....	36
2.3	CUANTIFICACIÓN DE CAROTENOIDES POR ESPECTROFOTOMETRÍA .....	38
2.3.1	Materiales .....	38
2.3.2	Método .....	38
2.4	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO COLORIMÉTRICO AZUL DE MOLIBDENO .....	40
2.4.1	Materiales .....	40
2.4.2	Método .....	40
CAPITULO III		
3	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	42
3.1	CONTENIDO DE VITAMINA C .....	42
3.2	CUANTIFICACIÓN DE CAROTENOIDES POR ESPECTROFOTOMETRÍA .....	49
3.3	CUANTIFICACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL .....	57
3.3.1	Curva de calibración .....	57
3.3.2	Capacidad antioxidante: análisis de varianza-ANOVA .....	59
4	CONCLUSIONES .....	68
5	RECOMENDACIONES .....	69
6	BIBLIOGRAFIA .....	70
ANEXOS		

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Corte Transversal del Fruto de Mango .....	02
Figura 2. Mango Haden .....	03
Figura 3. Fórmula Estructural de Ácido L-Ascórbico .....	05
Figura 4. Carotenos Comunes en los Alimentos, Estructura y Características ..	06
Figura 5. Estructura Química de Mangiferina (C2-B-Dglucopyranosyl-1,3,6,7-Tetrahydroxyxanthone) .....	07
Figura 6. Estructura Química de la Quercetina .....	08
Figura 7. Estructura Química del Kaempferol .....	09
Figura 8. Estructura Química del Ácido Gálico .....	09
Figura 9. Estructura Química del Galotanino Típico .....	11
Figura 10. Diagrama de Flujo de la Obtención de Pulpa de Mango .....	13
Figura 11. Flujograma de Elaboración de Pulpa de Mango y Preparado de las Muestras .....	33
Figura 12. Espectro de Absorción de los Pigmentos .....	39
Figura 13. Modelo de Primer Orden para los Valores de Ácido Ascórbico .....	48
Figura 14. Superficie de Respuesta de Influencia del Tiempo y Temperatura del Escaldado Sobre los Valores de Carotenoides .....	56
Figura 15. Curva Patrón de Ácido Ascórbico para Determinar la Capacidad Antioxidante .....	58
Figura 16. Superficie de Respuesta de Influencia del Tiempo y Temperatura del Escaldado Sobre los Valores de Capacidad Antioxidante .....	66



## INDICE DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación Científica del Mango ( <i>Mangifera Indica L.</i> ) .....	01
Tabla 2. <i>Vitaminas y Lípidos de la Parte Comestibles del Mango</i> .....	04
Tabla 3. Principales Efectos del Tratamiento Térmico Sobre los Nutrientes .....	20
Tabla 4. Diseño Experimental Factorial 2x3 Completamente Aleatorio .....	30
Tabla 5. Factorial Duplo (Tiempo y Temperatura) .....	31
Tabla 6. Resultados del Contenido de Vitamina C en Pulpa de Mango Haden .	42
Tabla 7. Análisis de Varianza-Anova Factorial para la Vitamina C .....	43
Tabla 8. Anova Factorial: Desdoblamiento del Tiempo en Cada Nivel de Temperatura para la Vitamina C .....	44
Tabla 9. Anova Factorial: Análisis de Desdoblamiento de la Temperatura en Cada Nivel de la Variable Tiempo para la Vitamina C .....	44
Tabla 10. Valores Medios del Contenido de Vitamina C (Ácido Ascórbico en Mg*100 g <sup>-1</sup> ) en la Pulpa de Mango E Interacción Factorial (A*B) .....	45
Tabla 11. Estadísticas de la Regresión Lineal Múltiple para los Valores de Ácido Ascórbico .....	47
Tabla 12. Resultados del Contenido de Carotenoides (Mg*100 G <sup>-1</sup> ) en la Pulpa de Mango Haden .....	49
Tabla 13. Análisis de Varianza-Anova para Carotenoides .....	50
Tabla 14. Anova Factorial: Análisis de Desdoblamiento del Tiempo en Cada Nivel de Temperatura para Carotenoides .....	51
Tabla 15. Anova Factorial: Análisis de Desdoblamiento de la Temperatura en Cada Nivel de la Tiempo para Carotenoides .....	51
Tabla 16. Valores Medios del Contenido de Carotenoides en (Mg *100 G <sup>-1</sup> ) en la Pulpa de Mango E Interacción Factorial .....	52
Tabla 17. Carotenoides: Niveles Alto y Bajo de los Factores Tiempo y Temperatura - Box-Behnken .....	55
Tabla 18. Anova para Variable de Respuesta Carotenoides .....	55
Tabla 19. Coeficientes del Modelo de Regresión para la Variable Respuesta Carotenoides .....	55
Tabla 20. Soluciones para obtener la curva patrón .....	57

Tabla 21. Valores Medios de las Concentraciones y de la Absorbancia para la Curva Patrón .....	57
Tabla 22. Coeficientes de Correlación de Absorbancia y la Concentración .....	59
Tabla 23. Resultados de la Capacidad Antioxidante total ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) en la Pulpa de mango Haden .....	59
Tabla 24. Análisis de Varianza-ANOVA Factorial en la Capacidad antioxidante	60
Tabla 25. Anova Factorial- Desdoblamiento del Tiempo en cada Nivel de la Temperatura en para la Capacidad Antioxidante .....	61
Tabla 26. Anova Factorial- Desdoblamiento de la Temperatura en Cada Nivel de la Variable Tiempo para la Capacidad Antioxidante .....	61
Tabla 27. Resultados del Contenido de Antioxidantes totales ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) en Pulpa de mango e interacción factorial (A*B) .....	62
Tabla 28. Capacidad Antioxidante: Niveles Alto y Bajo de los Factores Tiempo y Temperatura-Box-Behnken .....	65
Tabla 29. Anova para la Variable de Respuesta Capacidad Antioxidante .....	65
Tabla 30. Coeficientes del Modelo de Regresión para Capacidad Antioxidante	66

## RESUMEN:

EFECTO DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO DE ESCALDADO SOBRE EL CONTENIDO DE VITAMINA C, CAROTENOIDES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN LA PULPA DE MANGO (*Mangifera indica L.*) VARIEDAD HADEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar el efecto del escaldado sobre el contenido de vitamina C, carotenoides y capacidad antioxidante en la preparación de pulpa de mango (*Mangifera indica L.*) de la variedad Haden. Fueron utilizados mangos en estado de madurez organoléptica, los cuales fueron sometidos a escaldado por inmersión en agua a temperatura de 75°C y 85°C por 5 min, 10 min y 15 min, posteriormente fueron pulpeados y en ellos se determinó; valores de vitamina C por el método de titulometría; carotenoides por espectrofotometría y capacidad antioxidante por el método colorimétrico complejo azul de molibdeno. Fue aplicado análisis de regresión utilizando el Software Sisvar (versión 5.6. Trial). Adicionalmente para predecir el comportamiento de la vitamina C fue aplicado regresión lineal múltiple y para el comportamiento de los carotenoides y capacidad antioxidante fue aplicado la metodología de superficie respuesta mediante el Software Statistica (versión Trial-serial. StatSoft, Inc., Tulsa, USA). Los resultados demuestran que el contenido de vitamina C presentó una pérdida de 2,27%, el mejor valor obtenido en el tratamiento es a 85°C por 15 min, la regresión lineal múltiple consiguió explicar los resultados con un  $R^2$ : 63%. En los carotenoides la pérdida máxima fue de 25,12% a 85°C, el mejor valor obtenido en el tratamiento es a 75°C por 5 min, la metodología de superficie respuesta para el carotenoide mostró comportamiento cuadrático con un  $R^2$ = 76%. La capacidad antioxidante presentó aumento de 19,66% a 75°C, siendo el tratamiento a 75°C por 10 min el que presenta los mejores resultados, la capacidad antioxidante también mostró comportamiento cuadrático, con un  $R^2$ : 87%, por lo que desde el punto de vista tecnológico, el presente trabajo muestra que con el escaldado hubo un aumento de la capacidad antioxidante en la pulpa de mango.

Palabras clave: pulpa de mango, escaldado, vitamina C, carotenoides, actividad antioxidante.

## ABSTRACT

EFFECT OF TEMPERATURE AND BLANCHING TIME ON THE CONTENTS OF VITAMIN C, CAROTENOIDS AND ANTIOXIDANT CAPACITY IN THE MANGO PULP (*Mangifera indica* L.) HADEN VARIETY

This research aims to evaluate the effect of blanching on the content of vitamin C, carotenoids and antioxidant capacity in the preparation of mango pulp (*Mangifera indica* L.) of the variety Haden. They were used mangos state organoleptic maturity, which were subjected to blanching for immersion in water at 75 ° C and 85 ° C for 5 min, 10 min and 15 min, were subsequently “stoning” and in them was determined; vitamin C values by the method of Titrimetry; spectrophotometrically and carotenoids; antioxidant capacity by blue molybdenum complex colorimetric method. It was applied regression analysis using the Sisvar Software (Version 5.6. Trial). In addition to predict the behavior of vitamin C it was applied multiple linear regression and for the behavior of carotenoids and antioxidant capacity was applied surface methodology response by the Software Statistica (Trial-serial version. StatSoft, Inc., Tulsa, USA). The results show that the vitamin C content presented a loss of 2.27%, the best value is obtained in the treatment at 85 ° C for 15 min, multiple linear regression explain the results obtained with R<sup>2</sup>: 63%. Carotenoids in the maximum loss was 25.12% at 85 ° C, the best value is obtained in the treatment at 75 ° C for 5 min, response surface methodology for carotenoid showed quadratic behavior with R<sup>2</sup> = 76%. The antioxidant capacity of 19.66% showed an increase to 75 ° C with treatment at 75 ° C for 10 min which presents the best results, the antioxidant capacity also showed quadratic behavior, with R<sup>2</sup>: 87%, so from the technological point of view, this paper shows that the blanching was an increase of antioxidant capacity in mango pulp.

Keywords: mango pulp, blanching, vitamin C, carotenoids, antioxidant activity.

## INTRODUCCIÓN

“Las tendencias mundiales en alimentación en los últimos años, indican un interés acentuado hacia ciertos alimentos, que además del valor nutritivo aporten beneficios a las funciones fisiológicas del organismo humano” (Juarez, Olano y Morais, 2005). La presencia de compuestos con capacidad antioxidante, está siendo estudiada actualmente por diversas áreas del conocimiento; como la medicina y la ingeniería de alimentos. Dichos compuestos, “son productos biológicos de gran complejidad en cuanto a su composición, fracción nutritiva y no nutritiva, esto les hace vulnerables a distintos ataques del tipo físico y/o químico, los cuales van implícitos en los diversos procesos tecnológicos industriales” (Málaga, Guevara y Araujo, 2013).

Diversos estudios infieren beneficios de estos compuestos en la salud humana asociada a su consumo. (Masibo & Quian, 2006) (Talcott & Talcott, 2009). El consumo diario de frutas y hortalizas, en cantidades suficientes, y siendo parte de una alimentación bien equilibrada, ayuda a prevenir o retrasar enfermedades degenerativas, así como deficiencias de importantes micronutrientes y vitaminas. (FAO, 2006). Sin embargo, la mayoría de frutos son estacionales, altamente perecederos, pueden sufrir en poco tiempo procesos de putrefacción, haciéndolos inadecuados para el consumo. Los productos derivados son una alternativa agroindustrial frente a esta característica. Entre los diversos derivados de las frutas, la pulpa de fruta presenta una opción con procesos simples, para evitar pérdidas post-cosecha, alargando su tiempo de vida útil y suministrarlos en época donde haya poca disponibilidad.

Estudios fitoquímicos en cinco variedades de mangos de gran demanda para la exportación concluyeron que las variedades Ataulfo y Haden presentaron los más altos niveles en polifenoles totales y vitamina C. (Manthey & Perkins-Veazie, 2009). Así mismo estudios “in vitro” sobre las propiedades fitoquímicas que contribuirían a la salud identifican a las dos variedades mencionadas como evidentes benefactoras en la salud debido a su capacidad antioxidante y anti cancerígena. (Talcott & Talcott, 2009). Estudios fitoquímicos en el mango

caracterizaron el compuesto fenólico como; manguiferina, catequinas, quercetinas, galotanino, entre otros compuestos.

En frutas, la técnica del escaldado es muy utilizada, ya sea por inmersión en agua caliente, escaldado químico o por sometimiento a vapor vivo por un corto tiempo, lo que permite conservar el frescor de la fruta. Según Vasconcelos y Filho (2010), la temperatura usada en el escaldado varía de 70° a 100°C y el tiempo de exposición de los alimentos a este procedimiento varía de 1 a 5 minutos, luego se realiza un enfriamiento a fin de cesar el proceso de cocimiento de estos vegetales. El escaldado no es una técnica de conservación propiamente dicha, es una operación previa muy importante para otros procesos de conservación. Por ejemplo, este tratamiento térmico previo al congelamiento, es muy recomendable porque reduce la carga microbiana, inhibe el oscurecimiento enzimático y permite eliminar el aire y o gases contenidos en los tejidos vegetales, reduciendo o eliminando los riesgos de deterioro por oxidación. (Aguilar, 2012).

El conocimiento de la posible degradación de los compuestos antioxidantes en la pulpa de mango de la variedad Haden, la cual goza de importancia comercial a nivel nacional e internacional, puede proporcionar apoyo a las acciones para mejorar la calidad nutricional, aporte de antioxidantes y características sensorial de los preparados que contienen esta fruta. Según Agostini, Morón, Ayala y Ramón (2004), “la mayoría de los compuestos polifenólicos que actúan en la actividad antioxidante de las frutas se caracterizan por ser hidrosolubles y estables a temperatura ambiente, pero son susceptibles a los cambios químicos (maduración de la fruta); físicos en el procesamiento del fruto (trituration y picado: estos compuestos forman parte de la organización tisular y de estructuras que al romperse se lixivian y se destruyen parcialmente al contacto con el aire), y térmicos, ya que el aumento excesivo del calor modifica el pigmento de los alimentos”. Estudios en la agroindustria frutícola de primera transformación, demuestran que es importante cuidar las características inherentes a la fruta. Soares y José (2013), evaluaron las pérdidas debido al tratamiento térmico y congelamiento sobre los niveles de carotenoides totales y ácido ascórbico en mangos de las variedades ‘Rosa’ y ‘Espada’, y la relación al tiempo de almacenamiento. En este estudio se aplicaron tratamientos con vapor

(por 3 minutos) o inmersión en agua caliente (75°C, por 3 minutos) y los resultados se analizaron en función a las pérdidas de ácido ascórbico. En su nivel más bajo fue de 35% para el primer tratamiento, y para el segundo tratamiento el nivel más alto fue de 100%. Los niveles de carotenoides totales también disminuyeron en relación a la fruta “in natura”, sin embargo, la pulpa de mango que fue tratada térmicamente mediante vapor presenta mejores condiciones de preservación de carotenoides totales en el almacenamiento, en relación a la que no fue tratada térmicamente.

La región de Madre de Dios del Perú, por sus condiciones ambientales y clima, es apropiado para la producción de frutas tropicales, en consecuencia, existen diferentes variedades de mango y abundancia en las épocas de estación que pasan a desperdiciarse por la escasa implementación de tecnologías para el procesamiento, falta de investigación en manejo de post-cosecha, entre otros. Actuar sobre estos aspectos permitirá, evitar el desperdicio, así como revalorizar las propiedades nutritivas y benefactoras de esta fruta. Siendo el mango (*Mangifera indica L.*) una fuente importante de compuestos antioxidantes, es relevante tomar en cuenta las posibles pérdidas durante el tratamiento térmico.

#### OBJETIVOS:

##### Generales

- Evaluar el efecto de la temperatura y tiempo de escaldado sobre la preservación del contenido de vitamina C, carotenoides y capacidad antioxidante en la pulpa de mango (*Mangifera indica L.*) de la variedad Haden.

##### Específicos

- Determinar el contenido de vitamina C, carotenoides y la capacidad antioxidante en pulpa de mango (*Mangifera indica L.*) de la variedad Haden, antes y después de ser sometida al escaldado.
- Analizar qué tiempos y temperaturas presentan mejores resultados en la preservación de dichos compuestos.

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEORICO

#### 1.1 Generalidades del mango

##### 1.1.1 Origen y clasificación científica

Este frutal se distribuye por todo el sureste de Asia y el Archipiélago Malayo, es originario probablemente del noroeste de India y norte de Burma, en las laderas del Himalaya. (Benavidez, Hernández, Ramírez y Sandoval, 2010). “Se estima que la mayoría de los cultivares comerciales provienen de materiales importados de la India donde hoy día se tienen reportados 998 cultivares avanzados procedentes de la India y Sr. Lanka y 102 cruza de mango” (Mora, Gamboa y Elizondo, 2002). En la tabla 1 se describe su clasificación científica.

Tabla 1  
*Clasificación Científica Del Mango (Mangifera indica L.)*

Reino	Plantae
Filo	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Sapindales
Familia	Anacardiaceae
Género	Mangifera
Especie	<i>Mangifera indica</i>

Fuente: Global Biodiversity Information Facility-GBIF (2013).

##### 1.1.2 Descripción botánica

El mango representativo es un árbol de porte mediano, de 10 a 30 m de altura, se considera un árbol fornido, que permite se desenvuelva en suelos poco profundos, relativamente pobres y hasta cierto punto impermeables (Mora, Gamboa y Elizondo, 2002). El tronco es más o menos recto, cilíndrico y de 75 a 100 cm de diámetro, las hojas son alternas de color verde oscuro, tienen nervaduras visiblemente reticuladas, las flores de color verde amarillento, se presentan en panículas ramificadas y terminales (Mora, Gamboa y Elizondo, 2002).



El fruto es una drupa carnosa de forma variable (ver figura 1), aunque habitualmente oblonga, que según la variedad pesa cerca de 150 g a 2,000 g. Su color va de amarillo hasta rojizo, pasando por diferentes grados de coloración dependiendo de la variedad. La fruta tarda, generalmente, de 100 a 120 días de floración a cosecha (Benavidez, Hernández, Ramírez y Sandoval, 2010).



*Figura 1:* Corte transversal del fruto de mango

Fuente: Crane y Campbell (1991)

En cuanto a las variedades existen principalmente dos tipos de mangos, los Hindúes y los Indochinos. Los del tipo Hindú tienen habitualmente semilla monoembrionica y comúnmente los frutos tienen colores vivos, son susceptibles a la antracnosis y a la descomposición interna del fruto (Crane y Campbell, 1991). La mayoría de las variedades que se manejan comercialmente en Florida pertenece a este tipo. Los del tipo Indochino tienen típicamente semillas poliembrionicas y necesitan de colores atractivos, son relativamente resistentes a la antracnosis (Crane y Campbell, 1991).

En el Perú se laboran dos tipos de mango: las plantas francas (no injertadas y poliembrionicas), como el Criollo de Chulucanas, el Chato de Ica, el Rosado de Ica, y las variedades mejoradas (injertadas y monoembrionicas), como Haden,

Kent, Tommy Atkins y Edward, estos tres últimos cultivos gozan de mayor importancia comercial (Maximixe Consult, 2003).

### 1.1.3 Mango de la variedad Haden

Una semilla de la variedad Mulgoa procedente de la India, dio origen al Haden, producto de un programa de mejoramiento del Departamento de Agricultura de Estados Unidos en Florida. El fruto de esta variedad presenta una amplia aceptación, por su excelente calidad para el consumo (Mukerjee, 1997 en Soto, Avilán, Unai, Rodríguez y Ruiz, 2004).

En el Perú, los meses de producción de mango son el primer y último trimestre del año, y el mango Haden es una variedad de media estación. El fruto de esta variedad (ver figura 2), obtiene en la madurez un color rojo-amarillo, con chapa rojiza, presenta un fruto de tamaño medio a grande (380 – 700 g), y tiene una forma ovalada, de pulpa firme, de color y de sabor agradable (Maximixe Consult, 2003).



*Figura 2: Mango Haden*  
Fuente: Frutos Olmos Perú (2013).

### 1.1.4 Características nutricionales

A partir el punto de vista del valor nutritivo, el mango es una fuente significativa de fibra y vitaminas (ver tabla 2). La pulpa del mango muestra una concentración significativa de vitamina A, básica para el sustento de los tejidos epiteliales piel y mucosas (Talcott & Talcott, 2009). Una significativa concentración de minerales como magnesio y potasio, los cuales actúan en la transmisión nerviosa y muscular, también aporta pequeñas cantidades de fósforo, hierro y calcio

(Talcott & Talcott, 2009). Así mismo, “la pulpa del mango contiene fibra soluble (pectinas), ácidos orgánicos (cítrico y málico) y taninos así como de compuestos con una gran actividad antioxidante entre ellos la vitamina C, vitamina E, polifenoles, carotenos, entre otros” (Masibo & Quian, 2006); (Talcott & Talcott, 2009).

Tabla 2  
*Vitaminas y Lípidos de la Parte Comestibles del Mango.*

<b>Vitaminas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant. (g)</b>
Vitamina C, ácido ascórbico total	mg	36,4
Tiamina	mg	0,03
Riboflavina	mg	0,04
Niacina	mg	0,67
Vitamina B-6	mg	0,12
Folato, DFE	µg	43
Vitamina B-12	µg	0
Vitamina A, ERA	µg	54
Vitamina A, IU	IU	1082
Vitamina E (alfa-tocoferol)	mg	0,9
Vitamina D (D2+D3)	µg	0
Vitamina D	IU	0
Vitamina K (filoquinona)	µg	4,2
<b>Lípidos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant. (g)</b>
Ácidos grasos saturados totales	g	0,092
Ácidos grasos monoinsaturados totales	g	0,14
Ácidos grasos poliinsaturados totales	g	0,071
Colesterol	mg	0

Vitaminas y lípidos por 100 g. de la parte comestible de fruta fresca.  
Valores basados en el análisis de Tommy Atkins, Keitt, Kent, y/o cv. Haden  
Fuente: USDA- *Agricultural Research Service* (2013).

## 1.2 CONSTITUYENTES ANTIOXIDANTES EN LA PULPA DE MANGO

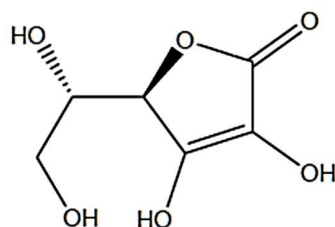
Lo estudios de los frutos de la zona intertropical se han incrementado en aspectos relacionados a sus constituyentes

fitoquímicos<sup>1</sup> de interés (Juarez, Olano y Morais, 2005). En la pulpa de mango se pueden mencionar los siguientes:

### 1.2.1 Vitamina C

La vitamina C, llamado también ácido ascórbico es considerado uno de los antioxidantes naturales menos tóxicos y más potentes. Se trata de un captador de radicales muy eficaz, tales como el anión superóxido, peróxido de hidrógeno radical hidroxilo y oxígeno singlete (ver figura 3). En soluciones acuosas también lucha eficazmente contra especies reactivas de nitrógeno, la prevención de la nitrosación de moléculas (Murray, Mayes & Granner, 2013). “Muestra una configuración de lactona, en la que los grupos hidroxilos asociados al doble enlace funcionan como agentes con alto potencial reductor” (Murray, Mayes & Granner, 2013).

El ácido ascórbico también puede actuar como pro-oxidante. En la presencia de metales con más de un estado de valencia, tales como  $Fe^{2+}$  y  $Cu^{+}$ , los radicales de ascorbato e hidroxilo se pueden generar, a partir del proceso de lipídica<sup>11</sup> peroxidación (Manthey & Perkins-Veazie, 2009).



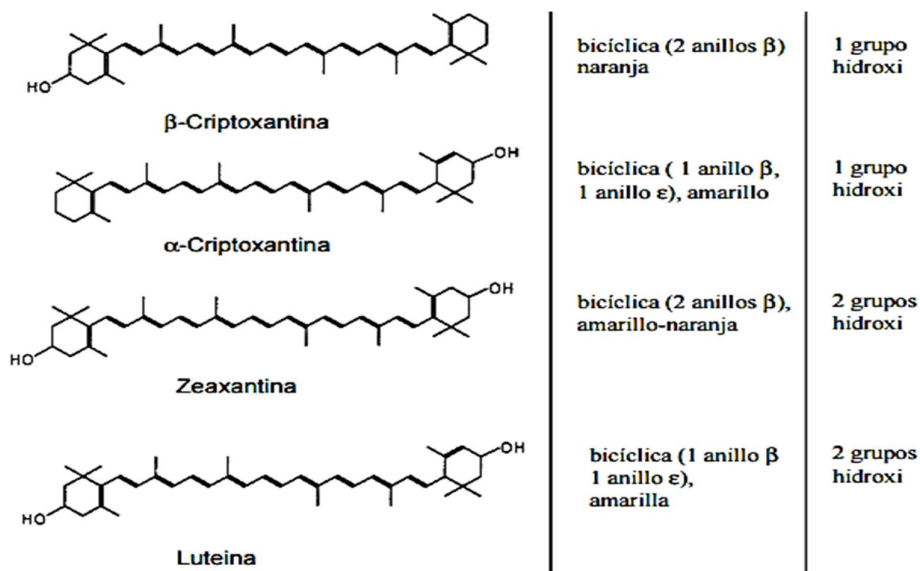
*Figura 3:* Fórmula estructural de ácido L-ascórbico.  
Fuente: Bobbio y Bobbio (1992).

<sup>1</sup> El término fitoquímico es el nombre general para una amplia variedad de compuestos producidos por las plantas. Los fotoquímicos denominados constituyentes bio-activos no nutricionales, se pueden agrupar en sustancias polifenólicas o polifenoles, terpenoides y compuestos azufrados (Juarez, Olano y Morais, 2005).

Estudios fitoquímicos en cinco variedades de mangos de gran demanda para la exportación concluyeron que las variedades Ataulfo y Haden presentaron los más altos niveles en vitamina C, así como en polifenoles totales (Manthey & Perkins-Veazie, 2009).

### 1.2.2 Carotenoides

“Los carotenoides son pigmentos naturales grandemente distribuidos, responsables del color rojo, naranja y amarillo, de las frutas, flores, pescados, invertebrados y pájaros” (Rodríguez-Amaya, 1999). Los carotenoides suceden invariablemente en los cloroplastos de las plantas superiores, aunque en este tejido fotosintético su color esté enmascarado por el de la clorofila (Rodríguez-Amaya, 1999). “La estructura esencial de los carotenoides es un tetraterpeno de 40 carbonos, lineal y simétrico (Ver tabla 3) desarrollado a partir de ocho unidades isoprenoides de 5 carbonos unidas de manera tal que el orden se invierte al centro” (Rodríguez-Amaya, 1999).



*Figura 4:* carotenos comunes en los alimentos, estructura y características  
Fuente: Rodríguez-Amaya (1999).

Los carotenoides hidrocarbonados se denominan carotenos y los que contienen oxígeno se denominan xantofilas. Las funciones oxigenadas más comunes son los grupos hidroxilo (OH) y epoxi (epóxidos 5,6- Û 5,8-)" (Rodríguez-Amaya, 1999).

### 1.2.3 Polifenoles

Según Schieber *et al* (2000) en Masibo & Qian (2008), algunos de los compuestos polifenólicos ya identificadas en la pulpa de mango, son; mangiferina, ácidos gálico ( - m digálico y ácidos - m trigallic ), galotaninos, flavonides, quercetina, isoquercetina y ácido elágico y  $\beta$  – glucogalin.

- Mangiferina

La Mangiferina es una xantona, y, las xantonas tienen las características antioxidantes más potentes que se conocen; que se cree que son más potentes que tanto la vitamina C o la vitamina E y, a veces se hace referencia de manera no oficial como " súper antioxidantes". Las xantonas son moléculas estables al calor. La Mangiferina, generalmente llamado xantonas C- glucosilo, se encuentra ampliamente distribuido en las plantas superiores (Sánchez *et al*, 2000 en Masibo & Qian, 2008) en las que proporciona protección a las plantas de producción frente a diferentes formas de esfuerzos estáticos y dinámicos, incluyendo el ingreso de microorganismos patógenos (Muruganandan *et al*, 2002 en Masibo & Qian, 2008).

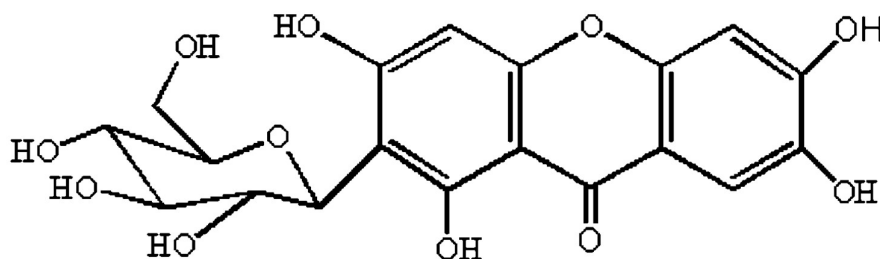


Figura 5: Estructura química de mangiferina (C2- $\beta$ -Dglucopyranosyl-1,3,6,7-tetrahydroxyxanthone)

Fuente: Masibo & Qian (2008).

Se encontró Mangiferina en la pulpa de mango, alrededor de 4,4 mg / kg (Schieber *et al*, 2000 en Masibo & Qian, 2008). En la corteza del tallo de mango, la mangiferina , fue el compuesto más abundante , que se estima en alrededor de 71,4 g / kg (Masibo & Qian, 2008) .

- Quercetina

De los flavonoides la quercetina es en gran parte responsables de los colores de muchas frutas, flores y verduras. Schieber, *et al*, 2000 en Masibo & Qian (2008), demostraron la presencia de quercetina (Figura 5) y glicósidos relacionados en la pulpa de mango con el glucósido de flavonol predominante, siendo la quercetina 3 - galactosidasa que asciende a 22,1 mg / kg, seguido de quercetina 3 – glucósido (16,0 mg/kg) y quercetina 3 - arabinósido ( 5,0 mg / kg).

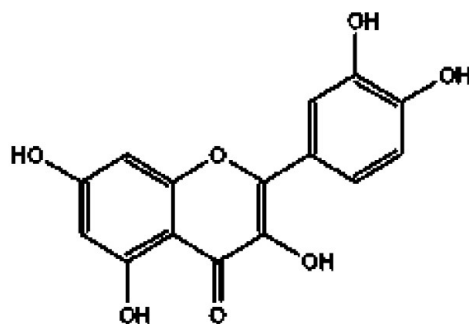


Figura 6: Estructura química de la Quercetina  
Fuente: Masibo & Qian (2008).

- Kaempferol

Bernardini *et al*, 2005 en Masibo & Qian (2008), encontraron 36 mg / kg de kaempferol-3-O-glucósido, y según Schieber *et al* (2000) en Masibo & Qian (2008) Kaempferol y sus conjugados relacionados se encuentran en casi las mismas cantidades en la pulpa de mango. En otros estudios, el kaempferol há demostrado ser un potente antioxidante con estudios in vitro por Kowalski, *et al*, 2005 en Masibo & Qian, 2008.

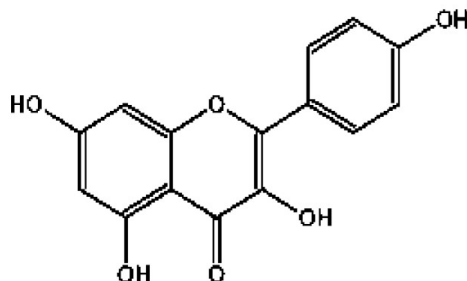


Figura 7: Estructura química del Kaempferol  
Fuente: Masibo & Qian (2008).

- Acido gálico, ácido elágico y sus derivados

El ácido gálico (3, 4, ácido 5-trihidroxibenzoico) (Figura 7) y su derivado dimérico, conocido como ácido elágico, existen ya sea en forma libre o unido como galotaninos y/o elagitaninos, respectivamente (Masibo & Qian, 2008). Dado que el ácido gálico tiene grupos hidroxilo y un grupo ácido carboxílico en la misma molécula, sus 2 moléculas pueden reaccionar uno con el otro para formar un éster, ácido digálico. El ácido gálico no se combina con proteínas y, por tanto, no tiene sabor astringente (Masibo & Qian, 2008).

Según Kim *et al*, 2007 en Masibo & Qian (2008) el ácido gálico se ha identificado como el principal polifenol presente en frutos de mango, seguido de 6 taninos hidrolizables y 4 compuestos menores, p- OH - benzoico , ácido m-cumárico , ácido p- cumárico , ácido ferúlico. Según Schiebe *et al* (2000) en Masibo & Qian (2008), entre los ácidos fenólicos, el ácido gálico era el compuesto principal (6,9 mg / kg) que se encuentra en la pulpa de mango.

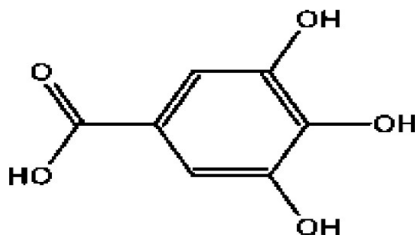


Figura 8: Estructura química del Ácido gálico  
Fuente: Masibo & Qian (2008).

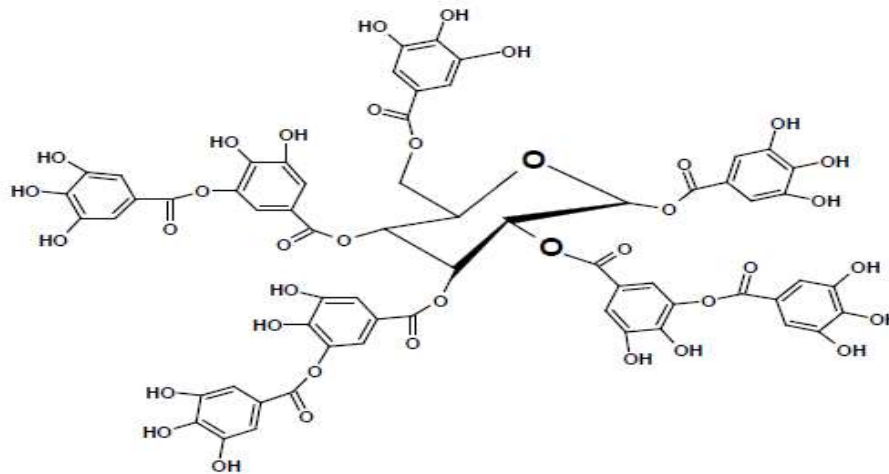


- Galotaninos

Los galotaninos forman parte de los taninos, que en general son fenólicos solubles en agua. “Los taninos están clasificados en cuatro grupos de acuerdo a su similitud estructural, siendo: galotaninos, elagitaninos, taninos complejos y taninos condensados” (Mingshu *et al*, 2006 en Talcott & Talcott, 2009). Denominados como metabolitos secundarios, los taninos son conocidos por su habilidad de ligar proteínas y formar complejos solubles o insolubles. (Hangerman *et al* 1989 en Talcott & Talcott, 2009). “Están compuestos de azúcar, principalmente glucosa, rodeada de varias unidades de ácido gálico que pueden además estar unidas a otras unidades de ácido gálico por medio de enlaces m-dipside”. (Mueller-Harvey, 2001 en Talcott & Talcott, 2009).

Según Berardini *et al* (2004) en Talcott & Talcott (2009), “los galotaninos son la principal clase de taninos identificados en la pulpa del mango y varían en tamaño de los 787 hasta los 1243 una (unidades de masa atómica)”.

Talcott & Talcott (2009), estudiaron las propiedades fitoquímicas del mango que contribuyen en la salud, para tal efecto varios compuestos de los extractos de la pulpa de mango fueron específicamente identificados y caracterizados por espectroscopia de masas acoplada a ESI (Ionización en Electrospray) en modo negativo. Identificaron una gran cuantía de galotaninos de alto peso molecular, en tamaños que varían desde 332 una (mono-*O*-galloglucosa) hasta 1,852 una (undeca-*O*-galloglucosa), y probablemente en tamaños mayores.



*Figura 9:* Estructura química del Galotanino típico  
Fuente: Talcott & Talcott (2009).

### 1.3 INDUSTRIALIZACIÓN DEL MANGO

El mango es industrializado en puré, en pulpa congelada, en néctar, en pulpa congelada, pulpa concentrada-congelada, en pulpa con alta concentración de azúcar entre otras diversas maneras. También puede utilizarse en forma de pulpa, como deshidratado, produciendo unas barras. Así mismo, se consumen las rebanadas en almíbar o deshidratadas. Es excelente para producir encurtidos y entre otros derivados.

#### 1.3.1 Definición de Pulpa de Fruta

En el procesamiento, según el CODEX STAN 192-1995, “la pulpa de fruta no se destina generalmente al consumo directo”, “es una pasta de fruta fresca cocida ligeramente al vapor y colada, con o sin conservantes añadidos”. En cuanto a la composición, la pulpa de fruta debe presentar la misma composición de la porción comestible de la fruta de origen, sana, fresca y madura.

Para el presente estudio, no se encontró ninguna normativa peruana específica para la pulpa de fruta de mango donde se defina su padrón de identidad.

La importancia de estas normas permite establecer las características mínimas de calidad que debe cumplir este producto.

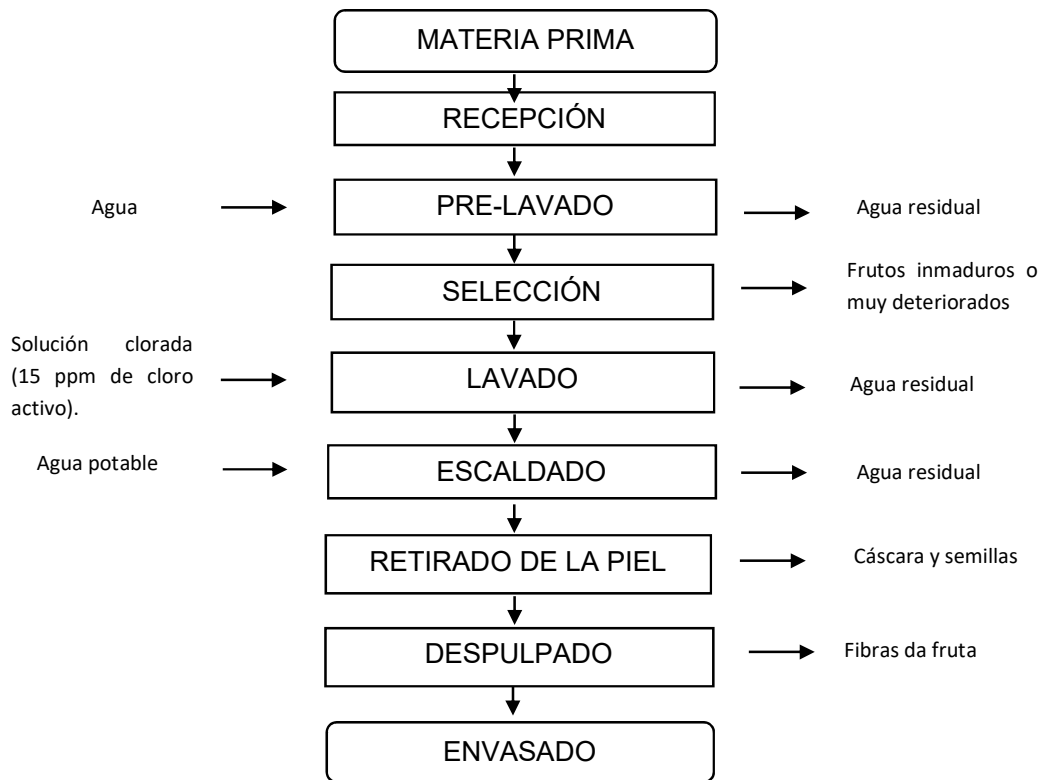
### 1.3.2 Características sensoriales de la pulpa de mango

En la Ficha Técnica Comercial de la pulpa de mango, comercializada por la Central Piurana de Cafetaleros- CEPICAFE, se referencia las siguientes características:

- a) Apariencia: Color amarillo con diferentes tonalidades para cada variedad.
- b) Sabor: Característico referencial a fruta fresca, madura de mejor calidad.
- c) Textura: Puré libre de grumos, consistencia cremosa, libre de fragmentos de cáscara y/o cualquier elemento extraño.
- d) Puntos negros: máximo 4/ml.
- e) Características químicas: °Brix mínimo: 13. Acidez titulable natural: 0.24 +/-0.10, pH (rango): 3.8 - 4.6

### 1.3.3 Etapas en el procesamiento de pulpa de fruta

El proceso tecnológico para la obtención de pulpa de fruta, consta de operaciones de limpieza, separación de la parte comestible de la fruta, desintegración, mediante la reducción de tamaño mediante fuerzas mecánicas, y refinado para obtener una masa homogénea (ver figura 10).



*Figura 10:* Diagrama de flujo de la obtención de pulpa de mango

Fuente: Adaptada de Bastos, Souza- Filho, Machado, Oliveira y Abreu (1999).

Conforme el diagrama de flujo descrita por Souza- Filho, Machado, Oliveira y Abreu (1999), las etapas para la obtención de pulpa de fruta comienza de la siguiente manera:

a) Materia Prima.- Según Tolentino y Gomes (2009), en lo que respecta a la materia prima para la preparación de pulpa de fruta, debe provenir de frutos sanos, sin lesiones de cosecha (que sirven de entrada a microorganismos), deben presentar un estado óptimo de maduración para consumo, en el que se aprecie un desarrollo completo del color, textura, sabor y aroma.

b) Recepción.- Las frutas a la llegada de la industria deben ser pesadas y evaluadas en su calidad (grado de madurez, grados Brix y color). El éxito de esta operación se inicia en el campo donde se cosechan las frutas; destinadas a la transformación de las pulpas. Los productores y los proveedores de frutas deben

ser asesorados acerca de las condiciones de transporte y el punto ideal de cosecha para que los frutos no lleguen a su destino con un bajo nivel de calidad. Generalmente las frutas deben ser procesadas en el plazo máximo de 12 horas después de la cosecha Bastos (Souza- Filho, Machado, Oliveira y Abreu, 1999).

c) Prelavado.- El primero de lavado tiene por objeto eliminar la suciedad y otros residuos adheridos a la superficie de la fruta. Es realizada bajo inmersión en agua limpia y no necesita ser tratada con cloro, debido a la gran cantidad de materia orgánica presente. Tanques de lavado deben ser preferentemente de acero inoxidable y pueden ser baldosas u otro material que no absorbe humedad. Deben mantenerse limpios y sin ranuras y utilizados específicamente para este propósito (Souza- Filho, Machado, Oliveira y Abreu, 1999).

d) Selección.- Las frutas deben ser seleccionadas de acuerdo a su estado de maduración y la integridad física, es decir, que deben desecharse toda la fruta verde o con etapa de maduración inadecuada, podrido, fermentado, excesivamente golpeado, partidas y mordido por los insectos. Las frutas dañificadas podrían ser aceptadas siempre que se eliminen las partes inútiles. La selección de frutas debe realizarse en mesas específicas, en un área bien iluminada (Souza- Filho, Machado, Oliveira y Abreu, 1999).

e) Lavado.- Los frutos seleccionados deberán enjuagarse con otro tanque con agua limpia que contiene 15 ppm de agua de cloro activo, para un tiempo de exposición de 15 minutos. Para mejores resultados puede aplicarse aún un segundo lavado; las frutas deben ser lavadas en otro tanque que contiene 0,5 ppm de cloro activo, para un tiempo de exposición de 5 minutos (Souza- Filho, Machado, Oliveira y Abreu, 1999).

f) Escaldado.- Existe biografía que considera este proceso antes o después del despulpado. En ambos casos este procedimiento va facilitar el despulpado. La principal finalidad de inactivar enzimas, y reducir la carga microbiana. Consiste en someter la fruta a temperaturas inferiores a los 100°C por tiempos cortos (Souza- Filho, Machado, Oliveira y Abreu, 1999).

g) Retirado de la piel o pelado.- En el caso de frutas con el endocarpio igual al mango, puede ser realizado manualmente con la ayuda de cuchillos de acero inoxidable sobre tablas no permeables o ser separadas por las máquinas despulpadoras (Souza- Filho, Machado, Oliveira y Abreu, 1999).

h) Despulpado.- Es la desintegración de la pulpa mediante fuerzas mecánicas. Se realizan en maquinarias despulpadoras en la que también se puede separar semillas y otros de acuerdo a la necesidad de la fruta (Souza- Filho, Machado, Oliveira y Abreu, 1999).

i) Envasado: Los envases que entran en contacto con la pulpa deben ser de grado alimenticio, resistentes y que no confieran sabor indeseable y aroma al producto. Este proceso depende del método de conservación aplicado. Según Ramos, Souza y Benevides, 2004 en Rozane, Darezzo, Aguiar, Aguilera y Zambolim (2004), entre los métodos de conservación de pulpa de frutas, pueden ser citados, aséptico, *Hot fill* (llenado en caliente), por uso de frío, por uso de aditivos químicos y por procesos mixtos.

#### 1.4 CONSERVACIÓN TÉRMICA DE ALIMENTOS

La conservación térmica se ubica dentro de los métodos físicos, que en general modifican menos el valor nutritivo y la calidad sensorial, sin embargo presenta un costo alto de energía.

##### 1.4.1 Métodos de conservación por aplicación de frío

“Implica el descenso de las temperaturas del alimento, con lo que se produce una detención más o menos intensa de los procesos químicos y enzimáticos y de la proliferación bacteriana” (Hernández y Sastre, 1999). Se pueden considerar dos técnicas que se diferencian por el nivel de la intensidad del frío aplicado, obteniéndose productos finales de durabilidad muy distinta: la refrigeración y la congelación.

#### 1.4.2 Conservación por aplicación de calor

Se distingue principalmente dos técnicas, que en función a la temperatura y el tiempo de aplicación son la esterilización y la pasteurización. Sin embargo, debido a que; cada alimento es diferente, siendo también diferentes las exigencias para el procesamiento, se aplican diversas técnicas basadas en el uso de calor como la tindalización, apertización (preparación en un envase estanco a la acción de líquidos, tratamiento térmico, entre otros), secado, escaldado, concentración, entre otros (Hernández y Sastre, 1999).

En la esterilización se aplican temperaturas superiores a 100°C con el propósito de eliminar la actividad microbiana y enzimática, este proceso estabiliza el sistema y puede obtenerse productos con una vida útil superior a seis meses (Hernández y Sastre, 1999).

En la pasteurización se emplean temperaturas inferiores a 100°C, regularmente entre 65°C y 70°C. Considerando la naturaleza del alimento, el pH es un factor intrínseco que determina en parte la intensidad del tratamiento térmico y el grado de prolongación de la vida útil (Hernández y Sastre, 1999).

Para alimentos ácidos (pH menor 4,5), en los que se procura eliminar todos los microorganismos causantes de su alteración y a su vez la inactivación de enzimas, no es preciso un tratamiento térmico más intenso [...], debido al efecto conservador que por sí mismo ejerce el pH ácido. Los productos pasteurizados necesitan condiciones de mantenimiento determinadas (generalmente refrigeración) poseen tiempo de conservación inferior a los esterilizados, sin embargo muestran características nutritivas y sensoriales mejores debido a que sus componentes están menos afectados por la temperatura (Hernández y Sastre, 1999).

#### 1.4.3 La técnica del escaldado

El escaldado es un tipo de pasteurización generalmente aplicado en frutas y hortalizas con la principal finalidad de inactivar enzimas. Es muy común en

hortalizas que serán congeladas, porque la congelación no evita la actividad enzimática completamente (hasta ciertos límites) y en frutas que tengan alta actividad de enzimas indeseables (Gava, 1984). Después del tratamiento térmico, el producto en cuestión, debe ser enfriado para evitar la sobre cocción. Según Aguilar (2012), el escaldado consiste en someter al alimento (materia prima) a alguno de los siguientes procesos, todo depende del alimento a tratar.

a) Escaldado con agua caliente.- El alimento pasa por una inmersión en agua caliente a una temperatura de 85°C a 98°C. Este proceso se puede controlar fácilmente y presenta uniformidad y eficiencia. Por otra parte, presenta desventajas en el gran volumen de agua requerido y el riesgo de lixiviación (extracción) de algunas vitaminas y minerales presentes en el alimento (Aguilar, 2012).

b) Escaldado por vapor.- El alimento es expuesto al vapor vivo, ofrece ventajas en la preservación del valor nutricional, sin embargo la desventaja es que resulta menos eficiente, ya que requiere mayor tiempo para la inactivación de enzimas. Otra desventaja es el desafío en controlar el tiempo y temperatura, pudiendo presentarse daños en el producto (Aguilar, 2012).

c) Escaldado químico.- Este método es utilizado cuando los otros métodos puedan causar daños graves al alimento. El proceso consiste en la adición de un químico como dióxido de azufre, sulfitos, entre otros, que reaccionan con compuestos fenólicos, inactivando enzimas (Aguilar, 2012).

Según Aguilar (2012), los beneficios del escaldado dependen del tipo de alimento, básicamente puede mencionarse los siguientes:

a) Contribuye en la inhibición de la acción enzimática, peroxidasa y catalasa que producen oscurecimiento en el alimento, impidiendo las reacciones químicas y de oxidación del alimento. Colabora en la preservación del valor nutricional y la calidad



b) Remoción de gases ( $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ ) formados por el proceso natural de respiración de los alimentos, consiguiendo un mejor vacío al momento de envasar.

c) Suavización del alimento, consiguiendo un producto más adaptable para el proceso de envasado.

d) Contribuye a las operaciones preliminares como el pelado, troceado, extracción de pulpa, etc., adaptadas al alimento.

e) Afianzamiento del color natural de algunos productos, mejorando el aspecto para el consumidor.

f) Expulsión de olores y sabores indeseables de la materia prima, que pudieron obtener en el almacenamiento.

g) Otorga limpieza al producto.

h) Reduce la cantidad de microorganismos contaminantes, especialmente levaduras, mohos y algunas bacterias de la superficie de los alimentos.

La aplicación de calor permite la estabilización de los alimentos, y las técnicas que derivan de estos métodos, por lo general se combinan con otras. Según Alzamora, Guerrero, Nieto, Vidales y Mejía (2004), “las tecnologías combinadas se están usando cada día más en el diseño de alimentos, tanto en los países industrializados como en los países en desarrollo, con varios objetivos de acuerdo a las necesidades”.

#### 1.4.4 Factores que determinan un proceso térmico

Según Aguilar (2012), “los procesos térmicos se enfocan esencialmente en dos aspectos: La resistencia de los microorganismos y la velocidad para modificar las propiedades de los alimentos, ya sea de calor o frío”.

Los microorganismos asociados a frutas pueden provenir de hongos y levaduras causantes del deterioro post cosecha. Según Alzamora, Guerrero, Nieto, Vidales y Mejía (2004) "los causantes de ennegrecimiento de los tejidos (antracnosis), podredumbre marrón, azul, rosada y gris causada por hongos, podredumbre del tallo, podredumbre por levaduras y otras". Las levaduras y los hongos se desarrollan muy bien en bajos niveles de pH, sin embargo, según Alzamora, Guerrero, Nieto, Vidales y Mejía (2004), las levaduras y hongos, mismo estando presentes en gran cantidad sobre las superficies de las frutas frescas, no poseen los mecanismos necesarios para invadir los tejidos de las plantas, siendo por lo tanto agentes secundarios de deterioro. Los microorganismos también pueden provenir de microorganismos asociados a la manipulación y contacto con materiales de producción. Según Alzamora, Guerrero, Nieto, Vidales y Mejía (2004) los espacios expuestos en la superficie de la fruta son contaminadas a través del agua, suelo, aire, insectos, animales, excrementos, etc., y también a través del contacto con los equipos e materiales de procesamiento.

En el control microbiológico es importante mencionar, que el proceso de escaldado es muy recomendado porque elimina los microorganismos patógenos asociados al alimento y reduce las tasas de alteraciones microbiológicas y enzimáticas, aumentando su vida en anaquel (Richardson, 2001). Según Andrade (2004), los rangos de temperatura ideales para el desarrollo de los microorganismos son:

De 45 °C a 70 °C : Termófilos (bacterias solamente)

De 5 °C a 47 °C : Mesófilos (bacterias, levaduras y mohos)

De -15 °C a 20 °C : Psicrófilos (bacterias, levaduras y mohos)

De 20 °C a 40 °C : Catálisis de la actividad microbiana, química y enzimática.

Según Pascual y Calderón (2000), el límite de crecimiento de *Escherichia coli* es de 10°C a 37°C, de *Salmonella sp.* Desde 2.5 °C hasta 44 °C, y un desarrollo óptimo de *Listeria monocytogenes* se da entre 1°C a 45°C, así mismo, se puede

apreciar que la aplicación de temperaturas sobre los 70 °C, son útiles para inhibir mesófilos, psicrófilos y termófilos, entre otros microorganismos.

#### 1.4.5 Efectos del tratamiento térmico sobre nutrientes, enzimas y compuestos con capacidad antioxidante

Las reacciones producto del tratamiento térmico son de gran importancia para algunos alimentos en los que permite el desarrollo de texturas, la producción de aroma, sabor y color (ver tabla 3). En el caso de los vegetales, estas alteraciones deben ser reducidas a un mínimo debido a la necesidad en mantener una apariencia fresca y natural. Andrade (2004), sostiene que un calor excesivo desnaturaliza las proteínas, destruye las vitaminas, rompen las emulsiones, carameliza azúcares y promueve procesos oxidativos. En contraposición, el frío excesivo desnaturaliza las proteínas (criogenia), rompe los tejidos de los alimentos, afecta el gel formado en ciertos alimentos, neutraliza la capacidad de gelidificación de las pectinas y almidones.

Tabla 3: *Principales Efectos Del Tratamiento Térmico Sobre Los Nutrientes*

Nutrientes	Efectos
	Destrucción de algunos aminoácidos, sobre todo sulfurados.
Proteínas	Disminución de la digestibilidad de proteínas por formación de nuevos enlaces intra o intermoleculares entre proteínas o con otros componentes de los alimentos (pardeamiento enzimático).
Glúcidos	Pérdida de la digestibilidad por reacciones de pardeamiento Alteraciones del tipo lipolítico, oxidativo y de polimerización.
Lípidos	Destrucción de ácidos grasos esenciales. Aparición de aromas y sabores desagradables.
Vitaminas	Pérdida de vitaminas, sobre todo C, y algunas del complejo B.
Minerales	En general, poco afectados, aunque en algunos casos se puede modificar su absorción por formación de complejos insolubles.

Fuente: Hernández y Sastre (1999).

En lo que respecta a la actividad enzimática, según Mendoza y Herrera (2012), en temperaturas superiores a los 50°C, se aprecia una considerable baja en la actividad por causa de la desnaturalización de su estructura proteínica. Según

Andrade (2004), los rangos de temperatura ideales para el desarrollo de algunas reacciones químicas son:

De 20° C a 40 °C: Catálisis de la actividad enzimática, microbiana y química.

De 3 °C a 35 °C → Intensa actividad enzimática

De -10 °C a 3 °C → Actividad enzimática media.

Menor a - 10 °C → Actividad enzimática débil.

Menor a -20 °C → Actividad enzimática Insignificante.

Sin embargo, en vegetales como patrón indicador se toma el sistema de las peroxidasas, por ser la más termo resistente, mas no por estar necesariamente involucradas en las reacciones de deterioro (Barreiro y Sandoval, 2006). Según Araujo 1999 en De Oliveira (2006), la peroxidasa es considerada una de las enzimas más termoresistentes de tal modo que cuanto inactivada ciertamente las demás enzimas y los microorganismos patógenos serán destruidos. En la mayoría de casos, el escaldado entre 90°C a 100°C por 3 minutos, es suficiente para destruirla.

Los compuestos con capacidad antioxidante también podrían verse comprometidos por la influencia de los tratamientos térmicos. Soares y Sao-José (2013), estudiaron la implicancia del escaldado sobre el ácido ascórbico y carotenoides totales en la pulpa de mango de la variedad “rosa” y “espada”, el escaldado por inmersión (75°C durante 3 minutos) minimizó al 100%, el ácido ascórbico en ambas variedades, ya el tratamiento a vapor (durante 3 minutos) minimizó en 30% y 40% el ácido ascórbico. Respecto a los carotenoides las dos técnicas presentan una perdida pequeña; 15% y 21% respectivamente. Sin embargo, la pulpa de mango que fue tratada térmicamente presenta mejores condiciones de preservación de estos compuestos en el almacenamiento, en relación a la que no fue tratada térmicamente.

Según Manach, Scalbert, Morand, Rémésy, & Jiménez (2004) en diversos procesos industriales como; el retirado de la piel en frutas, descascarado de semillas, leguminosas, etc, pueden resultar en pérdida de algunos polifenoles. Por ejemplo, en el despulpado de frutas, la molienda de tejidos de las plantas puede conducir a la degradación oxidativa de polifenoles como resultado de la compartimentación celular y el contacto entre la polifenol oxidasa citoplasmática y sustratos fenólicos presentes en las vacuolas. Los polifenoles se transforman en pigmentos marrones que se polimerizan para diferentes grados (Manach, Scalbert, Morand, Rémésy, & Jiménez, 2004).

Según Andrade (2004), la degradación oxidativa en polifenoles puede ejemplificarse en la siguiente reacción.

Taninos + Fe → Tanatos de ferro (compuestos oscuros)

Taninos + [O] → Quinonas (compuestos oscuros)

El oscurecimiento del tejido debido a la degradación de fenoles, catalizada por la enzima polifenol oxidasa, afecta la apariencia del producto, además de disminuir la actividad antioxidante debido a la pérdida de esos compuestos (Salveit, 1997 en Robles-Sanchez, Gorinstein & Martinbeloso, 2007).

Estudios realizados por Lima, Oliveira, Almeida y Almeida (2010) demuestran que los factores tiempo y temperatura, así como su interacción, fueron significativos para la reducción del contenido de vitamina C en muestras de néctares de mango. La interacción de 24 horas y 7 obtuvo los valores más bajos en pérdida 0,5% y la interacción de 96 horas y 60 obtuvo los valores más altos de pérdida 88,8%. Respecto al contenido de carotenoides, según Alves, *et al* (2010), quienes realizaron estudios en mango variedad Palmer mínimamente procesados observaron una disminución en la intensidad del color, debido a la deposición de lignina en la superficie de la zona de corte, además una coloración amarillenta puede resultar de la oxidación enzimática, por medio de la interacción entre sustratos y enzimas, y también, la degradación de las vitaminas, especialmente pigmento carotenoide que confiere colores que van del amarillo al rojo,

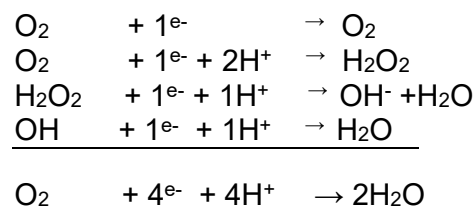
especialmente beta-caroteno están asociados con la pigmentación amarilla. Siendo las frutas una fuente importante de compuestos fenólicos, tal como lo demuestra el mango (*Mangifera indica L.*), es relevante tomar en cuenta las posibles pérdidas durante el tratamiento térmico.

### 1.5 RADICALES LIBRES Y ANTIOXIDANTES

Los radicales libres están conformados por átomos o grupos de átomos que presentan un electrón desapareado o libre, ésta característica los vuelve altamente reactivos y tienden a captar un electrón de moléculas estables con el propósito de lograr su estabilidad electroquímica. Según Avello y Suwalsky (2006), a partir de la sustracción del electrón por el radical libre, la molécula estable que se lo concede pasa ser un radical libre por resultar con un electrón desapareado, iniciándose de esta forma una reacción en cadena que destruye nuestras células. “Los radicales libres no son intrínsecamente deletéreos; de hecho, nuestro propio cuerpo los produce en cantidades moderadas para luchar contra bacterias y virus”. (Avello y Suwalsky, 2006).

El oxígeno es el principal agente en la creación de especies reactivas de oxígeno (EROs), es una molécula elementalmente oxidante. Entre las EROs podemos mencionar a los radicales; ión superóxido ( $O_2^-$ ), radical hidroxilo ( $\cdot OH$ ), alcoxilo ( $RO\cdot$ ), peroxilo ( $ROO\cdot$ ) y óxido de nitrógeno ( $NO\cdot$ ) y a los no radicales; peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), oxígeno singlete (especie electrónicamente excitada de la molécula de oxígeno  $\cdot O_2$ ) y peroxinitrito ( $ONOO^-$ ). Estas especies pueden ser generadas de forma endógena o exógena (Avello y Suwalsky, 2006).

Según Montero (1996), “las EROs se originan como consecuencia de la reducción parcial del oxígeno a través de una serie de transferencias monoeléctricas”.



“Como podemos ver, la reducción monoelectrónica del oxígeno da lugar al radical anión superóxido, la dielectrónica al peróxido de hidrógeno y la dielectrónica al radical hidroxilo” (Montero, 1996).

Un antioxidante es definido como una sustancia cualquier que presente en bajas concentraciones en relación al sustrato retarda significativamente o previene la oxidación de dicho sustrato. El término "sustrato oxidable" contiene varios tipos de biomoléculas: proteínas, glúcidos, lípidos, y DNA. Substancialmente, las defensas antioxidantes, están divididas en dos grandes grupos: los enzimáticos y los no enzimáticos (Halliwell y Gulleridge, 1989, en Montero, 1996).

Las EROs son procedentes del metabolismo son 3 principales: la superóxido dismutasa, la catalasa y la glutatión peroxidasa. La protección frente a ellos son las defensas antioxidantes enzimáticas presentes en el organismo de los seres vivos (Montero, 1996). Los antioxidantes no enzimáticos son obtenidos por la dieta de los seres vivos, principalmente en las frutas y verduras. Entre las características más resaltantes tenemos; la capacidad de neutralizar un único radical libre por molécula (cazadores estequiométricos), Únicamente tienen acción a concentraciones elevadas (Kappus y Sies, 1981, en Montero, 1996).

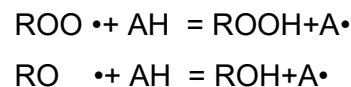
Un primer conjunto de antioxidantes no enzimáticos lo componen moléculas reductoras de pequeños tamaños e hidrosolubles, dentro de ellas tenemos el ascorbato o vitamina C y el glutatión reducido. Los antioxidantes no enzimáticos se comportan como pro o antioxidantes, así, pueden autooxidarse, principalmente en presencia de metales, para producir EROs. Al ser hidrofílicos, no son efectivos en la peroxidación lipídica. Un segundo grupo de antioxidantes no enzimáticos son las vitaminas liposolubles, en este grupo se encuentran el alfa-tocoferol o vitamina E, que es competente de impedir las reacciones en cadena producida por los radicales hidroperoxilo durante la peroxidación lipídica y el alfa-caroteno. Ofrece una defensa eficaz frente al oxígeno singlete. (Kappus y Sies, 1981, en Montero, 1996).

En alimentos de origen vegetal se ha encontrado constituyentes bioactivos<sup>2</sup> no-nutricionales, que se pueden agrupar en sustancias polifenólicas o polifenoles, terpenoides y compuestos azufrados, a los que en diversos estudios se les ha atribuido actividad antioxidante (Juarez, Olano y Morais, 2005).

### 1.5.1 Capacidad Antioxidante

Se denomina capacidad antioxidante al sistema amortiguador antioxidante. En muestras biológicas, las técnicas desarrolladas para medir la capacidad antioxidante estiman la habilidad de los compuestos antioxidantes (donantes de un hidrógeno o un electrón) existentes en el fluido o célula, para reducir las especies oxidantes introducidas (iniciador) en el sistema de ensayo, por lo que son, en general, clasificados como métodos de inhibición directos o indirectos del poder oxidante de una molécula estándar determinada que es el iniciador (Quintanar y Calderón, 2009).

Según Pokorny (1987), la acción de los antioxidantes frente a los radicales libres puede ser apreciada en el siguiente esquema:



Donde:

$\text{RO} \cdot$  y  $\text{ROO} \cdot$  : Radicales libres.

$\text{AH}$  : Antioxidante.

$\text{A} \cdot$  : Radical libre de antioxidante

“Existe una evidencia epidemiológica creciente que asocia las dietas ricas en frutas y verduras con menores tasas de mortalidad debidas a enfermedades degenerativas, cardiovasculares y algunos tipos de cáncer” (Saura-Calixto y Goñi,

---

<sup>2</sup> Bioactivos son componentes minoritarios de alimentos, considerados no nutrientes. Estructural y físicamente se distinguen de los micronutrientes (vitaminas y minerales). Son biodisponibles, al menos parcialmente. Han mostrado algún efecto positivo en salud. Los mecanismos de su función biológica y/ o metabólica en el organismo humano no están completamente establecidos (Juarez, Olano y Morais, 2005).



2005 en Juárez, Olano y Morais, 2005). En condiciones *in vitro*, diversos alimentos de origen vegetal, y en particular las frutas y verduras presentan una gran capacidad para captar radicales libres, esta capacidad es atribuida a la presencia de compuestos llamados “bioactivos”, tales como; fenoles, flavonoides, antocianinos, terpenoides (carotenoides) entre otros (Saura-Calixto y Goñi, 2005 en Juárez, Olano y Morais, 2005). Sin embargo, según (Muñoz, Ramos-Escudero, Alvarado-Ortiz y Castañeda, 2007); (Kuskoski, Asuero, Troncoso, Mancini-Filho y Fett, 2005), en un alimento vegetal la capacidad antioxidante no está dada sólo por la suma de las capacidades antioxidantes de cada componente, depende también del microambiente en el que se encuentre el compuesto, pudiendo interactuar entre sí, provocando efectos sinérgicos o inhibitorios.

#### 1.5.2 Métodos para la determinación la capacidad antioxidante

Las pruebas antioxidantes en alimentos y sistemas biológicos se pueden clasificar en dos grupos: los ensayos utilizados para evaluar la peroxidación lipídica en la que un sustrato de lípidos o lipoproteínas se utiliza bajo condiciones estándar y se mide el grado de inhibición de la oxidación, y los ensayos utilizados para medir la capacidad de eliminar los radicales libres.(Sánchez-Moreno, 2002 en Alves, David, David, Bahia y Aguiar, 2010).

En las medidas *in vitro*, una de las estrategias más utilizadas es la capacidad antioxidante total de un combinado, mezcla o alimento, consiste en determinar la capacidad del antioxidante frente a sustancias cromógenas de naturaleza radical; la pérdida de color ocurre de forma proporcional con la concentración. Según Kuskoski, Asuero, Troncoso, Mancini-Filho y Fett (2005), diversos compuestos cromógenos son utilizados para comprobar la capacidad de los compuestos fenólicos presentes en los frutos mediante la captación de radicales libres generados, de esta forma se observa la función de los compuestos fenólicos al actuar en contra de los efectos de las EROs. El método colorimétrico, es otra forma de determina la actividad antioxidante mediante la formación de un complejo de reducción.

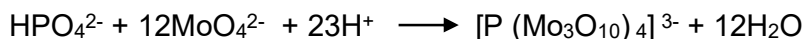
### 1.5.3 Método colorimétrico- Complejo azul del Fósforo-Molibdeno

Está basado en la formación de un complejo azul del Fósforo-Molibdeno y establece la actividad antioxidante a través de un método colorimétrico (V). El complejo tiene su inicio a partir de la reacción de tetraoxofosfato (3-) o formas protonadas del mismo ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) con molibdato en solución ácida y reducción hasta la formación de un compuesto heteropolio azul (Murphy & Riley, 1962). La reacción ocurre en dos etapas:

**Primera etapa:** formación el ácido 12-molibdofosfórico, 12-(MPA) en forma abreviada.

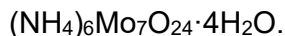
Estequiometría de la reacción:

Se puede simbolizar a través de la siguiente ecuación iónica:



Donde;

$\text{MoO}_4^{2-}$  es una abreviación utilizada para el heptamolibdato (6-)  $[\text{Mo}_7\text{O}_{24}]^{6-}$ , derivado de la sal comercial heptamolibdato (6-) de amonio de fórmula



En medio fuertemente ácido, se forma el ácido 12-(MPA). Una ecuación simplificada podría ser;

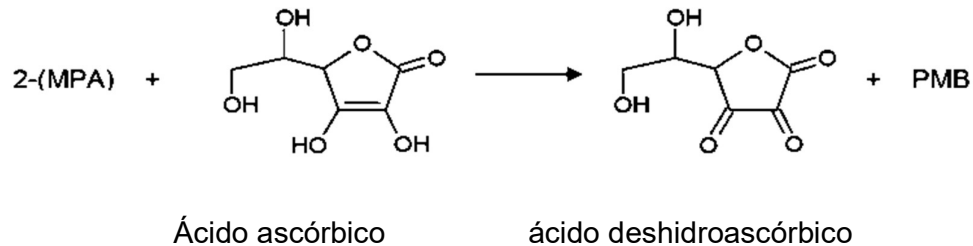


**Segunda etapa:** Reducción el ácido 12-molibdofosfórico al heteropolio azul (Murphy & Riley, 1962). El complejo formado de 12-(MPA) es reducido al complejo azul PMB, mediante la siguiente reacción.



Donde "n" en la reacción anterior, es la cantidad de moles del agente reductor (Red), requerido para reducir un mol de 12-(MPA) a azul de

fosfomolibdato, abreviado PMB de “fosfomolibdate blue”. Al usar ácido ascórbico como agente reductor la reacción es:



La fórmula del heteropolio PMB no es bien conocida, pero puede envolver al molibdeno en estados de oxidación de 3<sup>+</sup> y 5<sup>+</sup> (Murphy & Riley, 1962).

## 1.6 HIPOTESIS, DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Hipótesis:

H<sub>0</sub>: No existe diferencia significativa entre los diferentes niveles de temperaturas (A1, A2) y tiempos de escaldado (B1, B2, B3) y sus interacciones sobre el contenido de vitamina C, carotenoides y la capacidad antioxidante en la obtención de la pulpa de mango (*Mangifera indica L.*) variedad Haden.

$$H_0: A1 = A2$$

$$H_0: B1 = B2 = B3$$

$$H_0: (AB)_{11} = (AB)_{12} = (AB)_{13} = (AB)_{21} = (AB)_{22} = (AB)_{23}$$

H<sub>1</sub>: Existe diferencia significativa entre los diferentes niveles de temperaturas (A1, A2) y tiempos de escaldado (B1, B2, B3) y sus interacciones sobre el contenido de vitamina C, carotenoides y la capacidad antioxidante en la obtención de la pulpa de mango (*Mangifera indica L.*) variedad Haden.

$$H_1: A1 \neq A2$$

$$H_1: B1 \neq B2 \neq B3$$

$$H_1: (AB)_{11} \neq (AB)_{12} \neq (AB)_{13} \neq (AB)_{21} \neq (AB)_{22} \neq (AB)_{23}$$

### 1.7.2 Diseño experimental y análisis estadístico

En los experimentos factoriales resulta conveniente tener claro dos instancias: a) diseño de los tratamientos o estructura de tratamientos y b) el diseño experimental. El primero radica en el conjunto de tratamientos o poblaciones que el investigador seleccionó para comparar en el estudio, por tanto se refiere a la decisión de combinar los niveles de los diferentes factores para obtener los tratamientos combinados y elegir cuáles de ellos utilizar para evaluar efectos de interés.

De acuerdo a Montgomery y Runger (2003), si la investigación consiste en estudiar dos o más factores de interés en todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores simultáneamente, tenemos un experimento factorial. Como consta en la tabla 4, el experimento factorial utilizado fue 2x3, donde, tenemos dos factores; temperatura (A) y tiempo(B), el primero con dos niveles identificados como A1 y A2 (75°C y 85 °C) y el segundo con tres niveles identificados como B1, B2 y B3 (5 min, 10 min y 15 min). Adicionalmente fue evaluado un testigo (pulpa de mango sin ningún tratamiento) que será utilizado para hacer comparaciones con los resultados de los tratamientos.

El segundo es el plan formal para conducir el experimento, incluyendo la elección de los factores, niveles, respuestas, bloqueo, tamaño de muestras, repeticiones y aleatorización. Esta última se relaciona con la asignación de los tratamientos combinados a las unidades experimentales, la que se hace mediante alguno de los diseños básicos experimentales descritos (dispositivo experimental o arreglo geométrico de la distribución de los tratamientos en las unidades experimentales, esto es DCA: diseño con asignación de tratamientos completamente aleatorizado, DBA: diseño con asignación de tratamientos en bloques al azar; DCL: diseño de asignación de tratamientos con doble bloqueo aleatorizado).

En el presente estudio fue utilizado diseño completamente al azar-DCA, para lo cual fueron organizados 6 grupos, cada grupo conformado por 5 mangos colocados al azar, como el estudio se hizo por triplicado se tuvo un total de 18

grupos. En cada grupo se aplicó al azar los diferentes tratamientos de escaldado combinando temperaturas (A1, A2) y tiempos (B1, B2, B3) el cual obedece.

Tabla 4: *Diseño Experimental Factorial 2x3 Completamente Aleatorio Con 3 Repeticiones Aplicadas Al Mango.*

A1B1	A2B3	A1B1	A1B1	A2B1	A1B2
A1B3	A1B2	A1B2	A2B2	A2B2	A2B2
A2B1	A1B3	A2B1	A2B3	A2B3	A1B3

Fuente: Autoría propia.

Los resultados fueron sometidos al análisis de varianza-ANOVA para comparar las medias con nivel de confianza de 95%, además para resultados que presentaron diferencias estadísticas fue aplicado el test Scott Knott utilizando el Software Sisvar (versión 5.6. Trial). El procedimiento Scott Knott (1974) es una técnica que utiliza el test en razón de la verosimilitud para agrupar n tratamientos en k grupos.

Además, para apreciar gráficamente el comportamiento de las interacciones de temperaturas y tiempo de escaldado para los valores de ácido ascórbico fue utilizado modelo experimental de primer orden mediante regresión lineal múltiple. Para los valores de carotenoides y capacidad antioxidante se utilizó la metodología de superficie de respuesta (MSR). El planeamiento experimental de MSR es una herramienta efectiva regularmente utilizada para estudiar y separar efectos interactivos de sistemas de factores sobre determinada respuesta estudiada (Alizadeh, Hamedi & Khosroshahi, 2005). Para utilizar esta técnica se aplicó un delineamiento de tratamientos factorial incompleto  $3^2$ ; siendo 2 factores con 3 niveles cada uno (tabla 5) en el que se agregó el testigo para la comparación del efecto de los tratamientos. Según Zeviane (2011) experimentos factoriales con la adición de testigos pueden ser clasificados como factoriales incompletos y Vieira, Mantovani, Bonomo y Soares (2000) sostienen que para factores cuantitativos, en general, el tratamiento testigo es el valor nulo o cero. Por lo cual, realizamos un arreglo de los niveles y aplicamos 3 niveles para la temperatura (0°C, 75°C y 85°C) y 3 niveles para el tiempo (0, 5 y 15 min), teniendo un modelo  $3^2$ , nótese que el tiempo 10 min fue excluido.

Tabla 5: *Factorial Duplo (Tiempo Y Temperatura) Con El Testigo Como Tratamiento Adicional*

Temperatura (°C)	Tiempo (min)		
	0	5	15
<i>Control</i>	<i>Testigo</i>		
75	0	75x5	75x15
85	0	75x5	85x15

Fuente: Autoría propia.

Para el diseño de superficie de respuesta fue aplicado delineamiento Box-Behnken, el cual es indicado para variables con niveles menores o iguales que tres ( $k \leq 3$ ). Consiste de un conjunto de corridas donde cada par de factores es variado entre sus niveles bajo y alto. En nuestro experimento, tenemos como valores bajos ( $0^\circ\text{C}$  y 0 min; en los valores medios ( $75^\circ\text{C}$  y 5 min) y en los valores más altos ( $85^\circ\text{C}$  y 15 min). Fue aplicado el Software Statistica (versión Trial-serial. StatSoft, Inc., Tulsa, USA). Teniendo como entradas las variables; tiempo y la temperatura del tratamiento térmico y como variables respuesta; los valores de carotenoides y capacidad antioxidante en la pulpa de mango.

## CAPITULO II

### 2 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 PREPARACIÓN DE PULPA DE MANGO

##### 2.1.1 Materiales

i) Materia prima: mango Haden en estado de madurez organoléptica. Cosechados en horarios de mañana, evitando daños mecánicos. (Imágenes en el Anexo 2). Los frutos fueron cosechados en los meses de noviembre y diciembre 2015 en una plantación de 13 años aproximadamente, conformado por árboles mangos de diferentes fases vegetativas, plantados sin distribución linear, con distanciamiento adecuado y suficiente espacio disponible para acceso a la luz solar. La plantación está localizada en el centro poblado de Isuyama, en la provincia y distrito de Tambopata, departamento de Madre de Dios, (ver anexo 1: certificación de la identificación botánica y anexo 3: Plantaciones mango Haden).

Respecto a las condiciones ambientales en la zona, según MINAG-ANA-DCPRH-ASUP-ALA MALDONADO (2010), en la provincia de Tambopata, los datos ambientales son los siguientes; piso altitudinal de 200 msnm, el suelos arcillosos arenosos, el clima es clasificado como húmedo y cálido con valores extremos de pluviosidad que pueden variar de 900 a 3000 mm; a su vez, la humedad relativa tiene un promedio anual de 81.10%, la temperatura media anual es de 35,74°C.

ii) Herramientas:

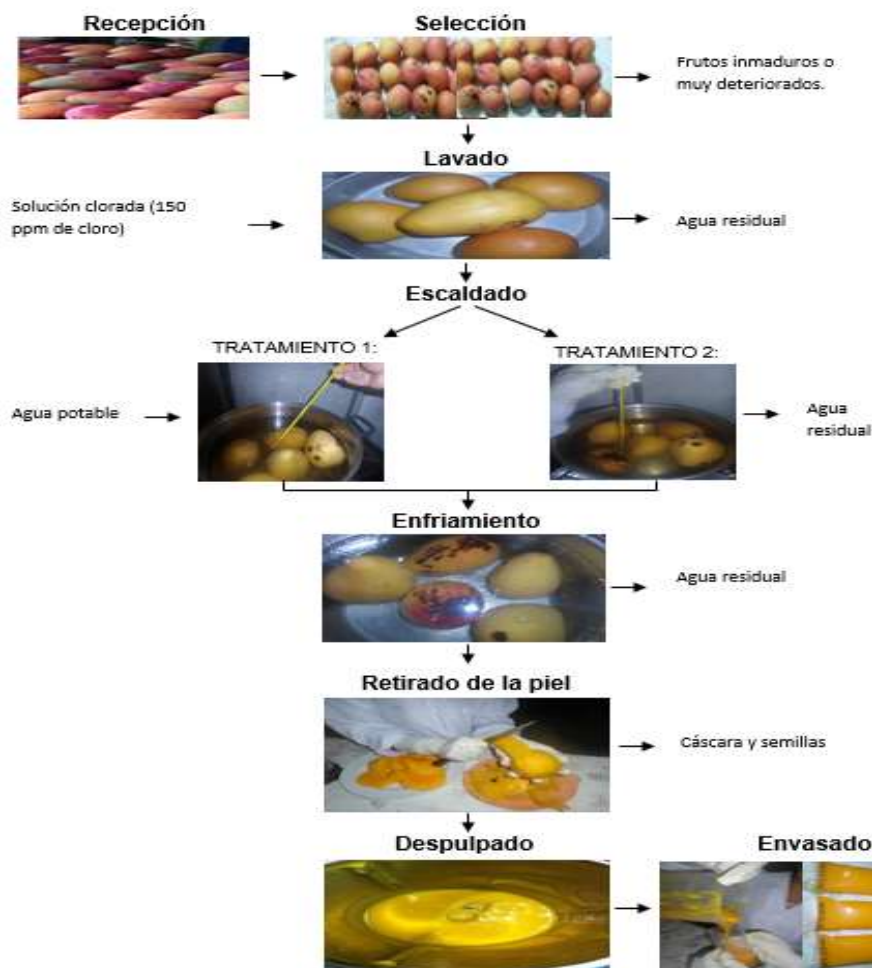
- Tablas de picar
- Cuchillos, contenedores
- Envases de plástico de grado alimenticio, proporcionados por la Compañía agroindustrial de frutas tropicales-Cafrut S.A.C.

iii) Equipos:

- Refractómetro de mano marca Bllingham Stanly, modelo –line AT. De rango 0 a 50.
- Cocina doméstica a gas marca Mabe, modelo EMP 6050IPO
- Licuadora marca Oster modelo 006885-051-000
- Balanza de plato marca Baxtran, modelo Cuenta piezas DSC30.

## 2.1.2 Métodos

La preparación de la pulpa de mango se explica a continuación.



*Figura 11:* Flujo grama de elaboración de pulpa de mango y preparo de las muestras

Fuente: Autoría propia (2016)



Recepción: se evaluó sensorialmente la madurez de la fruta y se midió los grados Brix, siendo 16 °Brix.

Selección: se retiraron las frutas inmaduras o deterioradas y cada fruta fue pesada, esto demostró que cada fruta por unidad pesaba de 250 a 380 g.

Lavado: se preparó una solución de agua con 160 ppm de cloro, se sumergió la fruta entera se dejó actuar por 5 minutos.

Escaldado: se realizó en la fruta, para lo que se aplicó 6 tratamientos térmicos de escaldado cada uno con 3 repeticiones, dando un total de 18 grupos conformados por 5 mangos cada uno. Como fue explicado, se aplicó diseño completamente al azar-DCA, para lo cual los 6 tratamientos fueron la combinación de dos temperaturas de escaldado, 75°C y 85°C por tres tiempos de 5 minutos, 10 minutos y 15 minutos. Para escoger las temperaturas de escaldo se tuvo como base la revisión bibliográfica sobre los factores que determinan un proceso térmico. Según Aguilar (2012), los procesos térmicos se enfocan esencialmente en dos aspectos: La resistencia de los microorganismos y la velocidad para modificar las propiedades de los alimentos. Siendo la capacidad antioxidante una propiedad de la pulpa de mango a ser mantenida, así como las condiciones microbiológicas, se optó por temperaturas mayores a 70 °C y tiempos cortos, pues según Málaga, Guevara y Araujo (2013) “los tratamientos a altas temperaturas y tiempos cortos, realizados inmediatamente después del pulpeado, protegen los compuestos fenólicos de la oxidación y en el caso de jugos y dulces de fruta, el tratamiento puede mejorar la biodisponibilidad de los compuestos fenólicos”. El enfriamiento de la fruta fue realizado inmediatamente después del escaldado, sumergiendo las frutas de mango en agua fría, manteniendo la temperatura de 10°C a 12°C. Posteriormente se retiró la piel y la semilla de la fruta utilizando chuchillos. Las pérdidas de ácido ascórbico y otras sustancias por efecto de la variación de la temperatura es expresado en varios estudios como un modelo lineal Alves, et al (2010),

Pulpeado: fue realizado en la licuadora, hasta obtener una masa homogénea (no se adicionó agua).

Envasado: fue utilizado bolsas de plástico de grado alimenticio, en cada bolsa se colocó 200 g de pulpa y conforme el delineamiento, fue organizado de la siguiente manera:

Escaldado a 75°C



5 min,



10 min y



15°C

Escaldo a 85°C



5 min,



10 min y



15°C

Además de estos dos grupos se obtuvo una muestra testigo.

*Testigo*: es la pulpa de mango sin ningún tratamiento, que será utilizado para hacer comparaciones con los tratamientos.

Las muestras fueron tratadas en el Laboratorios de Fitoquímica de la Universidad Nacional San Antonio abad del Cusco- UNSAAC.

## 2.2 CUANTIFICACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO POR TITULACIÓN (Volumetría de óxido-reducción)

La cuantificación de ácido ascórbico fue determinado por titulación (volumetría de óxido-reducción) para lo cual se describe los materiales utilizados y posteriormente el procedimiento siguiendo dicho método.

### 2.2.1 Materiales

i) Muestras: pulpas de mango en envases de plástico de 200 g, las que fueron sometidas a escaldado así como el testigo.

ii) Herramientas:

- Matraz Erlenmeyer de 100 mL
- Bureta y soporte
- Funil de vidrio
- Pipeta graduada de 5mL, 10ML
- Pera de succión de material de goma
- Probeta de 50mL

iii) Insumos:

- Agua destilada
- Ácido clorídrico HCl (15% v/v)
- Almidón (1% w/v) que actúa como indicador
- Disolución de yodo 24,1 mM
- Disolución de almidón 1% (w/v)

### 2.2.2 Método:

i) Preparación de la muestra: abrir el envase de plástico y con la pipeta obtener 10mL de muestra.

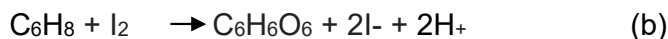
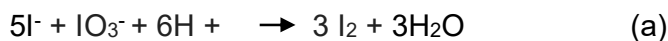
ii) Preparación de la disolución de almidón 1% (w/v): disolver 1 g de almidón soluble en 100mL de agua hirviendo. Homogeneizar la suspensión. Una vez fría, filtrarla utilizando algodón.

iii) Titulación del ácido ascórbico: poner en un Matraz Erlenmeyer de 100mL:

- 10mL de la muestra
- 15mL de agua destilada
- 0,25mL de HCl (15% v/v)
- 0,25mL de almidón (1% w/v) recién preparada, para actuar como indicador.

Llenar la bureta con 15mL de la disolución de yodo y titular lentamente agitando la disolución de zumo contenida en el Matraz Erlenmeyer, hasta que vire al azul.

Las reacciones que se llevan a cabo:



En la primera reacción (a) se observa que el yodato es reducido a yodo y en la segunda reacción (b) se observa la oxidación del ácido cítrico a ácido dehidroascórbico. El valor de yodato que se ha consumido hasta que la reacción tome el color azul intenso indica el final de la titulación.

iv) Calcular la cantidad de vitamina C: el contenido de vitamina C en la muestra (g/L) es calculada utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{g}}{\text{L}} = 0,424 \times \frac{\text{Volumen yodo consumido}}{\text{volumen de la muestra}}$$

Donde; el volumen de yodo consumido es el volumen añadido al Matraz Erlenmeyer desde la bureta al titular el preparado de vitamina C, el volumen de la muestra es el volumen que hemos puesto en el Matraz Erlenmeyer con una concentración de vitamina C desconocida.

## 2.3 CUANTIFICACIÓN DE CAROTENOIDES POR ESPECTROFOTOMETRÍA

La cuantificación de carotenoides fue determinado por espectrofotometría en el que se mide la absorbancia a una longitud de onda utilizada para carotenoides amarillos y rojos; 480nm a 750 nm (Fekete, Kozma, & Huszka, 1976). A continuación se describe los materiales utilizados y posteriormente el procedimiento siguiendo dicho método.

### 2.3.1 Materiales

i) Muestras: pulpas de mango en envases de plástico de 200 g, las que fueron sometidas a escaldado así como el testigo.

ii) Herramientas:

- Vasos precipitados de 100mL
- Probeta de 100mL
- Tubos de ensayo
- Pipeta de 5mL
- Funil de vidrio
- Matraz Erlenmeyer de 100mL
- Pera de succión de material de goma

iii) Insumos:

- Acetona al 90%
- Papel Whatman No. 4
- Agua destilada.

iv) equipos:

- Espectrofotómetro marca Thermo Scientific, modelo Evolution ® 600. Longitud de onda de 190 a 1100 nm (Imágen en anexo 5).

### 2.3.2 Método:

i) Extracción de carotenoides: para la determinación de color extractable de carotenoides las muestras de cada uno de los tratamientos y el testigo fueron sometidas a la extracción de color; se colocaron 0.5 g de cada muestra en

vasos de precipitado de 100mL, se agregaron 50mL de acetona y se mantuvieron en reposo por 1h, se filtraron dos veces en papel Whatman No. 4. En la muestra fue adicionado otros 50mL de acetona para conseguir la decoloración completa de las muestras, el volumen total de acetona fue de 100mL. La absorbancia se determinó por tres repeticiones a 480nm e 750 nm.

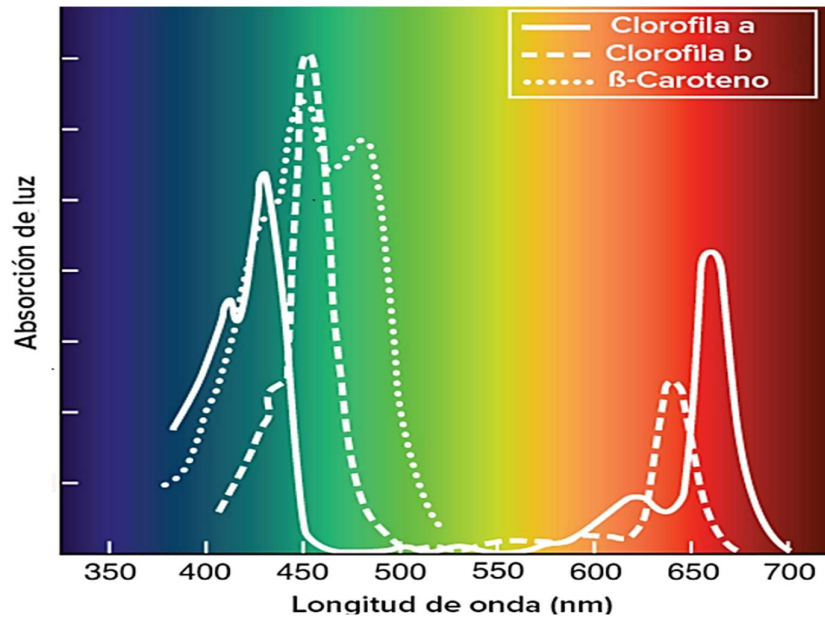


Figura 12: Espectro de absorción de los pigmentos

Fuente: Speer, 1997

Se utilizó el espectrofotómetro Thermo Scientific, modelo: Evolution® (Ver Anexo 5). Los resultados alcanzados fueron analizados mediante un Análisis de Varianza para detectar diferencias significativas entre los tratamientos y mediante comparación múltiple de medias.

ii) Calcular carotenoides totales: Realizado según la fórmula desarrollada por Strickland & Parsons (1972) y Britton (1985).

**Carotenoides Totales (g/L)** =  $(A_{480} - A_{750}) \cdot \text{Vol extracto mL} / (100 \cdot E_{1\text{cm}}^{1\%}) \cdot (\text{vol Filtrado en L})$

Donde,  $E_{1\text{cm}}^{1\%} = 2500(100\text{ml g}^{-1}\text{cm}^{-1})$  coeficiente de extinción específico para los carotenoides totales a 480 nm en acetona 90%.

## 2.4 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO COLORIMÉTRICO AZUL DE MOLIBDENO

La cuantificación de ácido ascórbico fue determinado por titulación (volumetría de óxido-reducción) para lo cual se describe los materiales utilizados y posteriormente el procedimiento siguiendo dicho método.

### 2.4.1 Materiales

i) Muestras: pulpas de mango en envases de plástico de 200 g, las que fueron sometidas a escaldado así como el testigo.

ii) Herramientas:

- Tubos de ensayo
- Baño maría
- Vasos precipitados de 100mL
- Probeta de 100mL
- Pipeta de 5mL
- Pera de succión de material de goma.

iii) Insumos:

- Agua destilada
- Ácido ascórbico a 2%
- Reactivo fósfolibdato (molibdato de amonio, fosfato de sodio dodecahidratado y ácido sulfúrico concentrado).

iv) equipos:

- Espectrofotómetro Thermo Scientific, modelo: Evolution®). Longitud de onda con rango de 190 a 1100 nm (Imagen en anexo 5).

### 2.4.2 Método

La evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos se basa en la formación de un complejo azul del Fósforo-Molibdeno (V), para lo cual se utiliza la técnica desarrollada por Prieto en Serrano (2004) con algunas adaptaciones. Está basada en la reacción del ión fosfato con molibdato ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) que da lugar al fósfolibdato ( $[\text{PO}_4\text{12MoO}_3]^{3-}$ ). Este último por reducción origina un compuesto

cuya estructura exacta se desconoce, denominado "azul de molibdeno". Como reductores se utilizan el sulfohidrato de hidrazina, el cloruro estanoso, el ácido 1,2,4-aminonaftosulfónico y el ácido ascórbico.

La curva patrón es preparada con soluciones de de 0,1 mg/mL de ácido ascórbico, reactivo fósfolibdato y agua (Ver Tabla 21). El reactivo se obtiene disolviendo 0.466g de molibdato de amonio, 0,1064 g fosfato de sodio dodecahidratado y 0.3mL de ácido sulfúrico concentrado con la adición de 5mL de agua destilada, los mismos que son calentados en baño maría por 55°C/45mim.



## CAPITULO III

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

## 3.1 CONTENIDO DE VITAMINA C

La siguiente tabla muestra los valores laboratoriales encontrados en los diferentes tratamientos.

Tabla 6: *Resultados Del Contenido De Vitamina C (Ácido Ascórbico En mg\* 100 g<sup>-1</sup>) En La Pulpa De Mango Haden*

	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Ácido ascórbico (mg 100g <sup>-1</sup> )
TESTIGO	-	-	8,76
	-	-	8,20
	-	-	8,16
TRATAMIENTO 1	75	5	5,72
	75	5	6,01
	75	5	5,96
	75	10	9,78
	75	10	10,88
	75	10	10,87
	75	15	8,22
	75	15	8,28
	75	15	7,86
TRATAMIENTO 2	85	5	11,91
	85	5	11,26
	85	5	11,15
	85	10	9,40
	85	10	10,43
	85	10	10,70
	85	15	17,42
	85	15	15,61
	85	15	15,93

Los resultados obtenidos en el laboratorio fueron sometidos análisis de varianza-ANOVA, así como al análisis de las interacciones en los diferentes niveles de las variables temperatura y tiempo para verificar la existencia de diferencia estadística.

Las tablas a seguir (7, 8 y 9) son realizadas para la prueba de la hipótesis, al encontrar diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,005$ ), se aplica el test Scott Knott. Para estos análisis fue utilizando el Software Sisvar (versión 5.6. Trial).

Tabla 7: *Análisis De Varianza-ANOVA Factorial Para La Vitamina C*

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TEMPERATUR	1	89.914050	89.914050	263.450	0.0000
TIEMPO	2	37.883678	18.941839	55.500	0.0000
TEMPERATUR*TRATAMIEN	2	57.205433	28.602717	83.807	0.0000
Erro	12	4.095533	0.341294		
Total corregido	17	189.098694			
CV (%) =	5.61				
Média geral:	10.4105556		Número de observações:	18	

Conforme se observa en la tabla 7, existe diferencia estadísticamente significativa al 95% de confianza en los niveles de la variable temperatura, al encontrar diferencia estadísticamente significativa en las variables y sus diferentes niveles. El error experimental fue bajo (CV=5,61%) lo que significa que existe una buena precisión de los datos en relación a la media general del ensayo. Por lo tanto se aprueba las siguientes hipótesis alternas:  $H_1: A_1 \neq A_2$ ;  $H_1: B_1 \neq B_2 \neq B_3$ , indicando que existe diferencia significativa en los diferentes niveles de los factores temperatura y tiempo respectivamente sobre el contenido de vitamina C en el escaldado de pulpa de mango variedad Haden. Continuando con los procedimientos para el análisis factorial se realiza el desdoblamiento de cada factor en cada nivel para ver cuál de los conjuntos de medias presentan diferencias estadística.

Tabla 8: ANOVA Factorial: Análisis De Desdoblamiento Del Tiempo En Cada Nivel De Temperatura Para La Vitamina C

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TEMPERATURA	/1 2	31.938156	15.969078	46.790	0.0000
TEMPERATURA	/2 2	63.150956	31.575478	92.517	0.0000
Erro	12	4.095533	0.341294		

Codificação usada para o desdobramento  
 cod. TEMPERATUR  
 1 = 75  
 2 = 85

Conforme se observa en la tabla 8, existe diferencia estadísticamente significativa al 95% de confianza en las interacciones del tiempo en los dos niveles de la variable temperatura, lo que nos indica que existe niveles de la variable tiempo en las que algunas presentan mejor valoración de resultados que otras.

Tabla 9: ANOVA Factorial: Análisis De Desdoblamiento De La Temperatura En Cada Nivel De La Variable Tiempo Para La Vitamina C

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TIEMPO	/1 1	46.092817	46.092817	135.053	0.0000
TIEMPO	/2 1	0.166667	0.166667	0.488	0.4980
TIEMPO	/3 1	100.860000	100.860000	295.522	0.0000
Erro	12	4.095533	0.341294		

Codificação usada para o desdobramento cod. TIEMPO  
 1 = 5  
 2 = 10  
 3 = 15

Conforme se observa en la tabla 9, existe diferencia estadísticamente significativa al 95% de confianza en las interacciones de la temperatura en los tres niveles de la variable tiempo, lo que nos indica que existe niveles de la variable temperatura en las que algunas presentan mejor valoración de resultados que otras.

Al encontrar diferencias estadísticamente significativas en la tabla 8 y 9, se resuelve aceptar la hipótesis alterna:  $H_1: (AB)_{11} \neq (AB)_{12} \neq (AB)_{13} \neq (AB)_{21} \neq (AB)_{22} \neq (AB)_{23}$ ; la cual indica que, existe diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes niveles de temperaturas (A1, A2) y tiempos de escaldado (B1, B2, B3) y sus interacciones sobre el contenido de vitamina C en la obtención de la pulpa de mango (*Mangifera indica L.*) variedad Haden. Para saber dónde se

encuentran las diferencias se aplica comparaciones *post hoc*; test de Scott Knott el cual es presentado en la siguiente tabla.

Tabla 10: *Valores Medios Del Contenido De Vitamina C (Ácido Ascórbico En mg\* 100 g<sup>-1</sup>) En La Pulpa De Mango E Interacción Factorial (A\*B)*

Temperatura (°C)	Tiempo (min)		
	5	10	15
75	05,90 ± 0,14 a A	10,51 ± 0,58 c A	08,12 ± 0,21 b A
85	11,44 ± 0,38 b B	10,18 ± 0,63 a A	16,32 ± 0,89 c B

Test de Scott Knott ( $p \geq 0,05$ ): letras en minúscula diferentes en una misma fila indican diferencia estadística en los niveles de tiempo. Letras en mayúscula diferentes en la misma columna indican diferencia estadística en los niveles de temperatura.

La variación de +- es medido a través del desvío en relación a la media

Como puede observarse en la tabla 10, tanto la variable tiempo como la variable temperatura presentaron diferencia significativa, lo que indica que tienen efecto sobre el contenido de ácido ascórbico en la pulpa de mango. También se observa que a 85°C existe un aumento de dicho compuesto al interactuar con tiempos de 5 y 15 minutos. El tratamiento que presentó el valor más alto en pérdida de ácido ascórbico fue el de 75°C en 5 min, en el que se observa una disminución del 2,3% en relación al testigo, este último reportó 8,37 mg-100 g<sup>-1</sup>. Esta característica de disminución de ácido ascórbico es coherente con los estudios realizados por Soares y José (2013), los cuales estudiaron el efecto de tratamientos térmicos sobre los compuestos bioactivos en la pulpa de mango, de la variedad "rosa" y "espada". Según Correia, Faraoni y Pinheiro-sant'ana (2008), la oxidación del ácido ascórbico puede ocurrir en los primeros segundos del blanqueamiento, antes de que la enzima ascorbato oxidasa sea inactivada; después de la inactivación de las oxidorreductasas, las pérdidas de ácido ascórbico ocurren por lixiviación.

El mayor valor obtenido de ácido ascórbico fue 16,32 mg\*100 g<sup>-1</sup>, en el tratamiento a 85 °C con 15 min, estos son los niveles más altos de las dos variables independientes, lo cual podría resultar discrepante pues los valores de ácido ascórbico aumentaron en media un 51,13% en relación al testigo. Sin embargo, en estudios de Reyes-Vasquez *et al* (2012), sobre constituyentes bioactivos en el mango Tommy Atkins cultivados en Campeche-México, al cual aplicó escaldado

por inmersión en la fruta con cáscara y sin cáscara, también se encontraron valores mayores en las pulpas de mango escaldadas en comparación a las que no fueron escaldadas. González-Aguilar, Villa-Rodríguez, Ayala-Zavala, & Yahia (2010) mencionan que el estrés causado por el calor puede provocar la síntesis de compuestos antioxidantes, sin embargo, dosis inadecuadas puede dar lugar a un cambio irreversible de la homeostasis celular que conduce bajas concentraciones de antioxidantes, esto podría explicar en parte los valores discordantes. Otro motivo que es importante señalar es respecto a la técnica de titulación; la reacción entre el yodo y el ácido ascórbico muestra una estequiometría 1:1, en el punto final de la titulación el número de moles de yodo reducido es equivalente a los moles de ácido ascórbico oxidado. Con este método se determina la capacidad reductora total de la disolución, por ello, si la disolución a titular contiene otras sustancias reductoras además del ácido ascórbico el volumen de la disolución oxidante (yodo) consumida puede estar aumentada, y por tanto, el contenido de ácido ascórbico sobrestimado. Otro motivo puede ser el indicador utilizado; el almidón, ya que se hidroliza con facilidad dando la glucosa, que presenta carácter reductor, por tanto, una disolución de almidón parcialmente hidrolizada puede ser una fuente de error en una titulación redox. Por otro lado debemos tener en cuenta que la vitamina C es fácilmente oxidada por el aire, por lo que, las disoluciones que contienen vitamina C deben ser preparadas prontamente después de ser tituladas para alcanzar resultados fiables. Estudios realizados por Manthey & Perkins-Veazie (2009), en fruta de mango Haden sembrados en Perú obtienen valores mayores de ácido ascórbico: 31,3 y 23,6 (mg/100 g FW *fresh weight*), la metodología usada fue la de espectrofotometría.

**Expresión gráfica de la influencia del tiempo y temperatura sobre el ácido ascórbico:** para prever los valores de ácido ascórbico en función de la temperatura y tiempo de escaldado y poder inferir un modelo matemático, se utilizó regresión lineal múltiple, utilizando el Software Statistica (versión Trial-serial. StatSoft, Inc., Tulsa, USA).

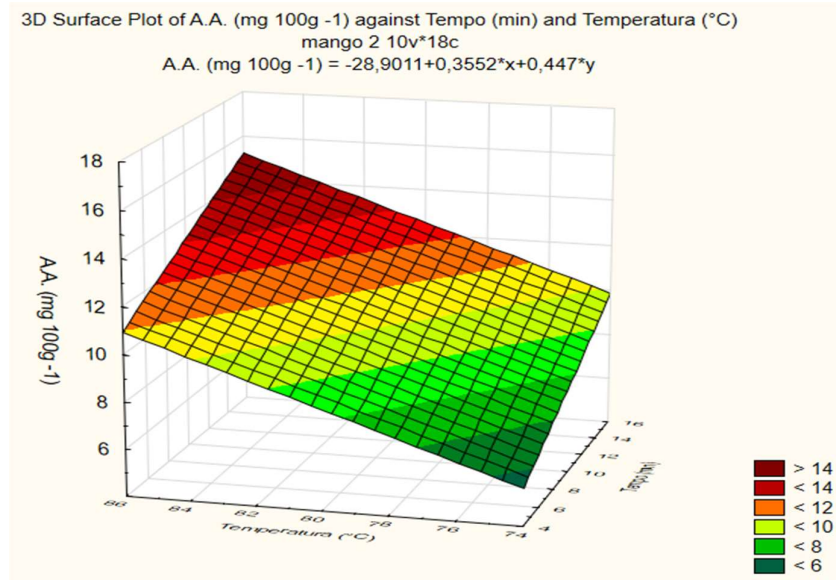
Tabla 11: *Estadísticas De La Regresión Lineal Múltiple Para Los Valores De Vitamina C (Ácido Ascórbico)*

Estadísticas de la Regresión				Valores	
Coeficiente de correlación múltiple				0,821955274	
R <sup>2</sup> ajustado				0,632358536	
Error típico				2,022236981	
Observaciones				18	
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	127,757058	63,8785292	15,62035182	0,000215279
Residuos	15	61,3416361	4,08944241		
Total	17	189,098694			
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%
Intercepción	-28,90111111	7,72989634	-3,73887435	0,001975425	45,37699515
Variable tiempo	0,355166667	0,11675391	3,04201099	0,008236577	0,106311606
Variable temperatura	0,447	0,09532917	4,68901619	0,000290959	0,243810694

El modelo de primer orden fue el que mejor se adecuó a los datos, siendo el modelo matemático:

$$\text{Ácido ascórbico (mg*100 g}^{-1}\text{)} = -28901 + 0,355(\text{tiempo}) + 0,447(\text{temperatura})$$

El valor de  $F > F$  crítico, lo cual indica que hay evidencias estadísticas significativas de que el modelo matemático encontrado es útil para prever los valores de ácido ascórbico en las condiciones de tiempo y temperatura empleados. De acuerdo con el modelo predictivo, se observa que a medida que hay un aumento de temperatura y tiempo los valores de ácido ascórbico también aumentan. Ambas variables obtuvieron un valor  $p$  significativo ( $p < 0,05$ ) lo que nos indica que hay evidencias que ambas variables ejercen relación sobre los resultados obtenidos. La temperatura obtuvo un valor  $p < 0,000$  y el tiempo de  $p = 0,008$  lo que nos indica que la variable temperatura es más significativo.



*Figura 13:* Modelo de primer orden para los valores de ácido ascórbico.

La previsión de los valores de ácido ascórbico por la temperatura y tiempo de escaldado nos indica que 0,3552 unidades es el aumento previsto para los valores de ácido ascórbico por cada minuto en el tiempo de descaldado, manteniendo la temperatura constante y; 0,447 unidades es el aumento previsto para los valores de ácido ascórbico a cada grado Celsius (°C) manteniendo el tiempo constante. Podemos observar que el valor de  $R^2$  dio 67,56%, este valor nos indica cuanto el modelo consigue explicar los valores encontrados, de acuerdo a algunos autores esto representaría un valor relativamente bajo por lo que es necesario aumentar los niveles de los factores para aumentar ese porcentaje. Realizando más ensayos podría llegarse a un modelo cuadrático siguiendo la mayor pendiente en sentido de las curvaturas hasta hallar un óptimo local.

En una reacción de primer orden, la concentración de reactivo disminuye exponencialmente con el tiempo, así lo demuestra un estudio realizado por Alves *et al* (2010) en mango variedad Palmer mínimamente procesadas, los cuales demuestran que los datos obtenidos por regresión lineal con los valores de logaritmo de contenido de ácido ascórbico por el tiempo de almacenamiento (días) muestran que el modelo cinético de la reacción de degradación de la vitamina C se ajusta a un modelo de primer orden, el cual coincide con el presente estudio.

### 3.2 CUANTIFICACIÓN DE CAROTENOIDES POR ESPECTROFOTOMETRÍA

La siguiente tabla muestra los valores laboratoriales encontrados en los diferentes tratamientos.

Tabla 12: *Resultados Del Contenido De Carotenoides (mg\* 100 g<sup>-1</sup>) En La Pulpa De Mango Haden*

	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Carotenoides (mg *100g <sup>-1</sup> )
TESTIGO	-	-	14,35
	-	-	15,04
	-	-	14,91
TRATAMIENTO 1	75	5	13,97
	75	5	14,01
	75	5	14,90
	75	10	14,73
	75	10	13,28
	75	10	13,59
	75	15	13,09
	75	15	14,57
	75	15	14,04
TRATAMIENTO 2	85	5	13,74
	85	5	12,08
	85	5	14,51
	85	10	11,89
	85	10	10,03
	85	10	10,69
	85	15	7,40
	85	15	8,24
	85	15	8,68

Los resultados obtenidos en el laboratorio fueron sometidos análisis de varianza-ANOVA, así como al análisis de las interacciones en los diferentes niveles de las variables para verificar la existencia de diferencia estadística.



Las tablas a seguir (13, 14 y 15) son realizadas para la prueba de la hipótesis, al encontrar diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,005$ ), se aplica el test Scott Knott. Para estos análisis fue utilizando el Software Sisvar (versión 5.6. Trial).

Tabla 13: *Análisis de Varianza-ANOVA Factorial Para Carotenoides*

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TEMPERATUR	1	46.464800	46.464800	65.196	0.0000
TIEMPO	2	24.642900	12.321450	17.289	0.0003
TEMPERATUR*TRATAMIE	2	18.433033	9.216517	12.932	0.0010
Erro	12	8.552267	0.712689		
-----					
Total corrigido	17	98.093000			
-----					
CV (%) =	6.80				
Média geral:	12.4133333	Número de observações:	18		

Conforme se observa en la tabla 13, existe diferencia estadísticamente significativa al 95% de confianza en los niveles de la variable temperatura, en los niveles de la variable tiempo y en la interacción de las mismas ( $p < 0,001$ ), el error experimental fue aceptable ( $CV = 6,80\%$ ) lo que significa que existe una buena precisión de los datos en relación a la media general del ensayo. Por lo tanto se aprueba las siguientes hipótesis alternas:  $H_1: A_1 \neq A_2$ ;  $H_1: B_1 \neq B_2 \neq B$ , indicando que existe diferencia significativa en los diferentes niveles de los factores temperatura y tiempo respectivamente sobre el contenido de carotenoides en el escaldado de pulpa de mango variedad Haden. Continuando con los procedimientos para el análisis factorial se realiza el desdoblamiento de cada factor en cada nivel para ver cuál de los conjuntos de medias presentan diferencias estadística.

Tabla 14: *ANOVA Factorial: Análisis De Desdoblamiento Del Tiempo En Cada Nivel De Temperatura Para Carotenoides*

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TEMPERATUR /1	2	0.337867	0.168933	0.237	0.7913
TEMPERATUR /2	2	42.738067	21.369033	29.984	0.0000
Erro	12	8.552267	0.712689		

Codificação usada para o desdobramento  
 cod. TEMPERATUR  
 1 = 75  
 2 = 85

Conforme se observa en la tabla 14, existe diferencia estadísticamente significativa al 95% de confianza en las interacciones de la variable tiempo con la temperatura de 85°C, lo que nos indica que existe niveles de la variable tiempo en las que algunas presentan mejor valoración de resultados que otras. No hay significancia a 75°C, por lo que los niveles de la variable tiempo a 75°C presentan valoraciones iguales. Existiendo por lo menos una diferencia significativa, conviene analizar las medias de las interacciones (A\*B).

Tabla 15: ANOVA Factorial: Análisis De Desdoblamiento De La Temperatura En Cada Nivel De La Variable Tiempo Para Carotenoides

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TIEMPO /1	1	1.083750	1.083750	1.521	0.2411
TIEMPO /2	1	13.470017	13.470017	18.900	0.0009
TIEMPO /3	1	50.344067	50.344067	70.640	0.0000
Erro	12	8.552267	0.712689		

Codificação usada para o desdobramento  
 cod. TRATAMIENT  
 1 = 5  
 2 = 10  
 3 = 15

Se observa que el nivel 5 min de la variable tiempo y 75°C de la variable temperatura no presentan diferencias significativas, sin embargo existe al menos un nivel en los factores tiempo y temperatura que presenta diferencia significativa. La significancia expresa que existen al menos 1 nivel de las variables tiempo y temperatura en las que algunas presentan mejor valoración de resultados que otras. Al existir diferencia estadística significativa se acepta las siguientes hipótesis:  $H_1: (AB)_{12} \neq (AB)_{13} \neq (AB)_{11}$ ; existe diferencia estadísticamente significativa en las interacciones a 75°C sobre el contenido de vitamina C en la obtención de la pulpa de mango (*Mangifera indica L.*) variedad Haden.  $H_0: (AB)_{21} = (AB)_{22} = (AB)_{23}$ ; no existe diferencia estadísticamente significativa en las interacciones 85°C sobre el contenido de vitamina C en la obtención de la pulpa de mango (*Mangifera indica L.*) variedad Haden. Para saber dónde se encuentran las diferencias se aplica comparaciones *post hoc*; test de Scott Knott el cual es presentado en la siguiente tabla

Tabla 16: *Valores Medios Del Contenido De Carotenoides En (mg\*100 g<sup>-1</sup>) en la Pulpa De Mango E Interacción Factorial*

Temperatura (°C)	Tiempo (min)		
	5	10	15
75	14,29 ± 0,49 a A	13,87 ± 0,71 a B	13,90 ± 0,69 a B
85	13,44 ± 1,15 c A	10,87 ± 0,87 b A	08,11 ± 0,60 a A

Test de Scott Knott ( $p \geq 0,05$ ): letras en minúscula diferentes en una misma fila indican diferencia estadística en los niveles de tiempo. Letras en mayúscula diferentes en la misma columna indican diferencia estadística en los niveles de temperatura. La variación de +- es medido a través del desvío en relación a la media.

Como puede observarse en la tabla 14, el tiempo no tuvo diferencia significativa en todos los niveles al interactuar con la temperatura de 75°C, sin embargo si tuvo diferencia significativa al interactuar con la temperatura de 85°C porque los valores de carotenoides disminuyeron.

Hubo diferencia estadística en los dos niveles de temperaturas cuando interactúan con tiempos de 10 y 15 minutos, lo que indica que los niveles de temperatura ejercen influencia sobre los valores de carotenoides.

Los valores de carotenoides totales encontrados en la pulpa sin escaldar ( $14,44 \pm 0,34 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) fueron iguales a los encontrados por Talcott & Talcott (2009), quienes reportaron ( $14,02 \pm 1,4 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) en la variedad Haden determinado por espectrofotometría. Soares y José (2013) que estudiaron mangos de la variedad rosa, reportaron valores menores tanto para la fruta de mango ( $3,54 \text{ mg} \cdot 100^{-1}$ ) como para la pulpa sin cáscara sometida a blanqueamiento ( $3,005 \text{ mg} \cdot 100^{-1}$ ), por inmersión en agua a 75°C por 3 min, el método usado para determinar carotenoides fue por espectrofotometría. Liu, Liao & Wang (2016) que estudiaron mangos de la variedad BTainong N° 1 también reportaron valores menores tanto para la fruta de mango ( $3,89 \text{ mg} \cdot 100^{-1}$ ) como para la pulpa sin cáscara sometida a blanqueamiento ( $4,049$  y  $3,89 \text{ mg} \cdot 100^{-1}$ ) para los cuales los cortaron en rodajas y aplicaron escaldado a vapor (100°C) por 1 min antes de continuar con otros tratamientos. Estos valores podría deberse a características intrínsecas, como el tipo de variedad, origen geográfico, entre otros factores estudiados en Reyes-Vásquez, *et al* (2012); Manthey & Perkins-Veazie (2009), también puede deberse a las condiciones del escaldado, debido a que ambos autores emplearon escaldado en la fruta sin cáscara, y la pérdida de carotenoides

puede ser debido a la destrucción de la matriz de los alimentos. Según Rodríguez-Amaya *et al.* (2008) “cuando estos son picados hace que se incremente el área superficial expuesta, esto podría generar la degradación de los carotenoides”. Así mismo, “cuando los frutos son pelados, cortados o preparados en forma de pulpa, las proteínas se empiezan a desnaturalizar y se rompen las membranas celulares haciendo a los carotenoides más biodisponibles” (Rodríguez-Amaya, 1999). Sin embargo también se está exponiendo a los carotenoides a la acción del oxígeno y la oxidación de los carotenoides por parte de las lipooxigenasas. Es por esto que, “debe haber un balance en el procesamiento que permita aumentar su biodisponibilidad sin ocasionar la degradación de estos compuestos” (Rodríguez-Amaya, 1999).

Se puede observar que cuando la temperatura en sus dos niveles interactúa con el tiempo de 5 minutos no hubo diferencia, esto indica que los valores de carotenoides en la pulpa de mango al ser escaldado por 5 minutos no presentan diferencia estadística independiente de la temperatura aplicada, y que además la interacción de 75°C con 5 min fue el que presenta el mejor valor, seguidamente del testigo, que presentó en media  $14,44 \pm 0,34 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ . Esta variación mínima, que fue en media una pérdida del 2,9% en relación al testigo, coincide con los resultados de Soares y José (2013). Sin embargo cuando la pulpa de fruta es escaldada a 85°C en todos los niveles de tiempo si se observa diferencia significativa porque los valores disminuyeron en media un 25% en relación al testigo. Este resultado puede deberse a que, “el calentamiento excesivo puede afectar la estabilidad de los compuestos en los alimentos y ocasionar la isomerización de *trans* a *cis*, u oxidarlos” (During, 2007). Estudios más avanzados con el B-caroteno comprueban este fenómeno (Jatunov, Quesada, Díaz & Murillo, 2010). No obstante, los frutos pueden presentar comportamientos diferentes dependiendo del tipo de carotenoide que contengan y al efecto de la matriz alimentar (los componentes nutritivos y no nutritivos de los alimentos y sus relaciones moleculares, es decir, los enlaces químicos entre sí). Por ejemplo, el licopeno se halla en la naturaleza de la forma *all-trans*, mientras que en el plasma se presenta una mayor concentración en su isómero *cis*. “El tratamiento térmico

realiza isomerización permitiendo que después de una ligera cocción el licopeno esté más disponible” (Chacón y Esquivel, 2013). Así también un escaldado en la pulpa de mango puede presentar mejores condiciones de preservación de carotenoides totales en el almacenamiento, en relación a la que no fue tratada térmicamente. Según Dutta, Dutta, Raychaudhuri & Chakraborty (2006), así como Namitha & Negi (2010) el escaldado, si bien cause leves disminuciones de carotenoides podría auxiliar a la conservación.

**Expresión gráfica de la influencia del tiempo y temperatura sobre los carotenoides:** para comprender la influencia de las variables independientes (temperatura y tiempo de escaldado) sobre la variable respuesta (valores de carotenoides) queriendo optimizarlas, se realizó un planeamiento Box-Behnken evaluando mediante MSR los efectos sobre el contenido carotenoides en la pulpa de mango. Fue utilizado delineamiento factorial incompleto  $3^2$  (tabla 5) en el que se agregó el testigo para la comparación del efecto de los tratamientos. Según Zeviane (2011) experimentos factoriales con la adición de testigos pueden ser clasificados como factoriales incompletos y Vieira, Mantovani, Bonomo y Soares (2000) sostienen que para factores cuantitativos, en general, el tratamiento testigo es el valor nulo o cero.

El diseño para la MSR es Box-Behnken ( $k \leq 3$ ) consiste de un conjunto de corridas donde cada par de factores es variado entre sus niveles bajo y alto (tabla 15) mientras los demás factores experimentales se fijan en el nivel medio.

Tabla 17: *Carotenoides: Niveles Alto Y Bajo De Los Factores Tiempo Y Temperatura - Box-Behnken*

Factor	Low Value	High Value	Observed Minimum	Observed Maximum
Temperatura (°C)	0	85	0	85
Tempo (min)	0	15	0	15

Tabla 18: ANOVA Para La Variable De Respuesta Carotenoides

ANOVA; Var.:Carotenoides (mg 100g -1); R-sqr=,76371; Adj:,68494 (mango 2) 2 factors, 1 Blocks, 21 Runs; MS Residual=3,751762 DV: Carotenoides (mg 100g -1)						
Factor	SS	df	MS	F	p	
(1)Temperatura (°C)(L)	2,1280	1	2,128000	0,567200	0,463031	
Temperatura (°C)(Q)	4,7300	1	4,730000	1,260741	0,279162	
(2)Tempo (min)(L)	2,1772	1	2,177186	0,580310	0,458002	
Tempo (min)(Q)	0,0407	1	0,040669	0,010840	0,918457	
1L by 2L	5,2934	1	5,293408	1,410913	0,253374	
Error	56,2764	15	3,751762			
<b>Total SS</b>	<b>238,1622</b>	<b>20</b>				

Tabla 19: Coeficientes Del Modelo De Regresión Para La Variable Respuesta Carotenoides

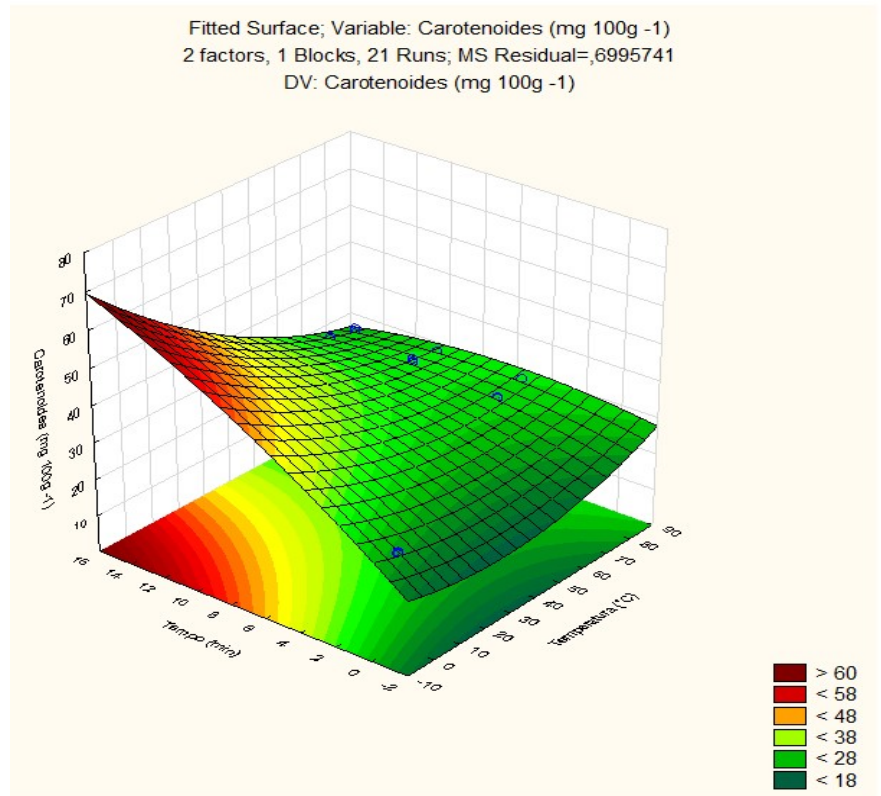
Regr. Coefficients; Var.:Carotenoides (mg 100g -1); R-sqr=,76371; Adj:,68494 (mango 2) 2 factors, 1 Blocks, 21 Runs; MS Residual=3,751762 DV: Carotenoides (mg 100g -1)						
Factor	Regressn Coeff.	Std.Err.	t(15)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
<b>Mean/Interc.</b>	<b>14,76667</b>	<b>1,118297</b>	<b>13,20461</b>	<b>0,000000</b>	<b>12,38307</b>	<b>17,15026</b>
(1)Temperatura (°C)(L)	-0,37279	0,259906	-1,43432	0,171999	-0,92677	0,18119
Temperatura (°C)(Q)	0,00346	0,003084	1,12283	0,279162	-0,00311	0,01004
(2)Tempo (min)(L)	-1,85083	1,953021	-0,94768	0,358312	-6,01360	2,31193
Tempo (min)(Q)	0,00403	0,038739	0,10412	0,918457	-0,07854	0,08660
1L by 2L	0,02657	0,022366	1,18782	0,253374	-0,02111	0,07424

Modelo de regresión para la variable respuesta carotenoides:

$$\text{Contenido de carotenoides (mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}) = 14,7667 - 0,37279 \cdot T + 0,00346 \cdot T^2 - 1,85083 \cdot t + 0,00403 \cdot t^2 + 0,02657 \cdot Tt$$

Se observa que el valor de p es mayor a 0,05 en todas las variables por lo que existe una falta de ajuste del modelo por ser superior al nivel de significancia a un 95% de confianza ( $p < 0,05$ ). Esto indica que los valores sometidos no son efectivos para explicar el modelo. Sin embargo el valor de p conjuntamente con los valor de  $R^2$  y el efecto residual puede ser mejorado aumentando más ensayos con diferentes niveles hasta llegar a la curvatura de un óptimo local que sería el lugar donde se consigue preservar mejor el contenido de carotenoides.

En la siguiente figura se puede apreciar que la superficie no llega a la curvatura (óptimo local) que es indicada por el color rojo en la superficie.



*Figura 14:* Superficie de respuesta del escaldado sobre los valores de carotenoides.

Hay predominancia de superficie por interacciones en tiempos 0 min a 2 min y temperaturas menores a las usadas para el escaldado (color verde de la superficie), esto representaría al contenido inicial de carotenoides antes del escaldado.

### 3.3. CUANTIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL

Previamente antes de exponer los resultados de los análisis en la pulpa de mango se describe los valores de la curva de calibración, siendo esta utilizada para determinar los valores de concentración en los análisis mediante espectrofotometría.

#### 3.3.1. Curva de calibración

En la tabla 20 se presenta los datos para el preparo de la curva patrón en las diferentes concentraciones de ácido ascórbico.

Tabla 20: Soluciones para *Obtener La Curva Patrón*

<b>Tubo</b>	<b>Solución estándar (mL)</b>	<b>Agua (mL)</b>	<b>Reactivo fosfomolibdato (mL)</b>
0	0	1	1
1	0,1	0,90	1
2	0,2	0,80	1
3	0,3	0,70	1
4	0,4	0,60	1
5	0,5	0,50	1
6	0,6	0,40	1
7	0,7	0,30	1
8	0,8	0,20	1
M	0,5	0,50	1

Los valores de la absorbancia para las diferentes concentraciones de la solución patrón para determinar la capacidad antioxidante se presenta en la siguiente tabla.



Tabla 21: Valores Medios en las Concentraciones y de la Absorbancia para la Curva Padrón

Tratamiento	Absorbancia (695 nm) media	Concentración (ácido ascórbico mg) media
Testigo	0,659	0,037
75°C/ 05 min	0,752	0,041
75°C/ 10 min	0,860	0,046
75°C/ 15 min	0,858	0,047
85°C/ 05 min	0,847	0,045
85°C/ 10 min	0,837	0,045
85°C/ 15 min	0,755	0,041

En la figura 15, se puede observar el gráfico de la curva padrón de calibración del ácido ascórbico. Fueron utilizados 10 concentraciones diferentes del padrón para la elaboración de la curva. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) entre x e y, en el valor de 0,9859 indica una relación positiva entre la concentración del ácido ascórbico y la absorbancia (695 nm).

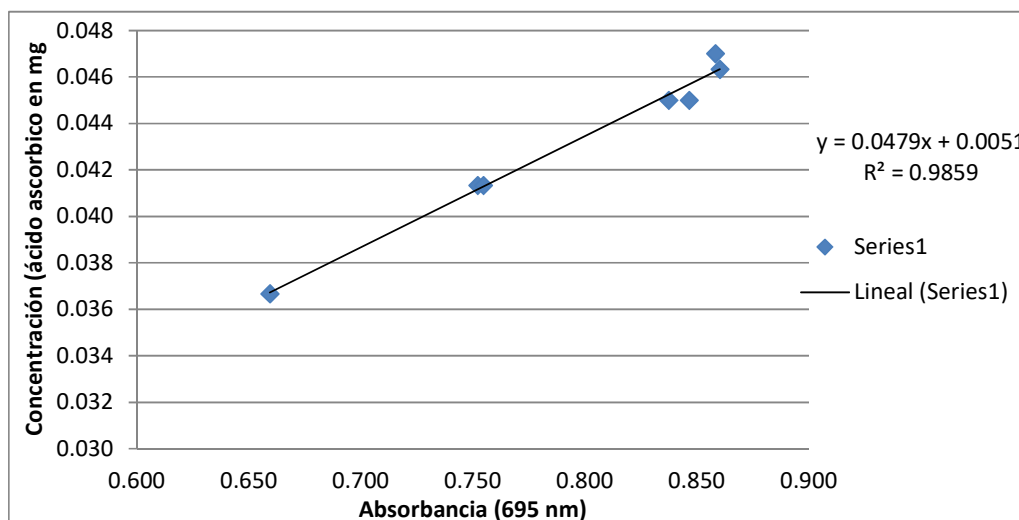


Figura 15: Curva padrón de ácido ascórbico para determinar la capacidad antioxidante

Se puede observar que la curva guarda una relación lineal, del modelo  $y=a+bx$ , cuyas constantes son:  $y = 0,0479x + 0,0051$ . Los resultados obtenidos cumplen la Ley de Beer, la cual establece; la absorbancia es proporcional a la concentración de las especies absorbentes, debido que la curva se construyó con soluciones cuyas concentraciones están por debajo de 0,1 M de ácido ascórbico.

Fueron calculados los coeficientes de correlación Person y Spearman (tabla 22) para conocer la relación de la absorbancia y la concentración. El coeficiente de correlación de Pearson mide el grado de correlación y la dirección de esa correlación, si es positiva o negativa. El coeficiente de Spearman mide la intensidad de la relación entre variables ordinales, usa en vez del valor observado, apenas el orden de las observaciones.

Tabla 22: *Coeficientes De Correlación para la Absorbancia y la Concentración*

<b>Coeficientes</b>	<b>Coeficiente de correlación</b>
Correlación de Pearson	0,993
Correlación de Spearman	0,946

Como se puede apreciar en ambos casos existe una correlación positiva muy fuerte (de 0,70-0,99), debido a ser una correlación próxima a 1 positivo.

### 3.3.3 Capacidad antioxidante: análisis de varianza-ANOVA

La siguiente tabla muestra los valores laboratoriales encontrados en los diferentes tratamientos.

Tabla 23: *Resultados de la Capacidad Antioxidante Total (mg\* 100 g<sup>-1</sup>) en la Pulpa De Mango Haden*

	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	antioxidantes totales (mg 100g -1)
TESTIGO	-	-	24,80
	-	-	25,10
	-	-	24,70
TRATAMIENTO 1	75	5	27,70
	75	5	29,10
	75	5	29,50
	75	10	31,60
	75	10	31,10
	75	10	30,80
	75	15	29,10
	75	15	29,90
	75	15	29,00
	TRATAMIENTO 2	85	5
85		5	29,20
85		5	30,90
85		10	28,50
85		10	30,20
85		10	29,60
85		15	28,10
85		15	27,40
85		15	28,70

Los resultados obtenidos en el laboratorio fueron sometidos análisis de varianza-ANOVA, así como al análisis de las interacciones en los diferentes niveles de las variables para verificar la existencia de diferencia estadística.

Las tablas a seguir (24, 25 y 26) son realizadas para la prueba de la hipótesis, al encontrar diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,005$ ), se aplica el test Scott Knott. Para estos análisis fue utilizando el Software Sisvar (versión 5.6. Trial).

Tabla 24: *Análisis De Varianza-ANOVA Factorial Para La Capacidad Antioxidante*

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TEMPERATUR	1	1.027222	1.027222	1.797	0.2049
TIEMPO	2	7.690000	3.845000	6.726	0.0110
TEMPERATUR*TRATAMIEN	2	9.567778	4.783889	8.368	0.0053
erro	12	6.860000	0.571667		
Total corregido	17	25.145000			
CV (%) =	2.56				
Média geral:	29.5166667	Número de observações:		18	

Conforme se observa en la tabla 24 existe diferencia estadísticamente significativa al 95% de confianza en los niveles de la variable tiempo y en la interacción de las mismas ( $p \leq 0,05$ ), sin embargo no existe diferencia significativa en los niveles de la variable temperatura. El error experimental fue bajo ( $CV=2,56\%$ ). Por lo tanto se aprueba las siguientes hipótesis alternas:  $H_1: A_1 \neq A_2$ ;  $H_1: B_1 \neq B_2 \neq B$ , indicando que existe diferencia significativa en los diferentes niveles de los factores temperatura y tiempo respectivamente sobre la capacidad antioxidante en el escaldado de pulpa de mango variedad Haden. Continuando con los procedimientos para el análisis factorial se realiza el desdoblamiento de cada factor en cada nivel para ver cuál de los conjuntos de medias presentan diferencias estadística.

Tabla 25: *ANOVA Factorial- Desdoblamiento del Tiempo en Cada Nivel de Temperatura para la Capacidad Antioxidante*

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TEMPERATURA /1	2	9.442222	4.721111	8.259	0.0053
TEMPERATURA /2	2	7.815556	3.907778	6.836	0.0099
Erro	12	6.860000	0.571667		

Codificação usada para o desdobramento  
 cod. TEMPERATUR  
 1 = 75  
 2 = 85

Conforme se observa en la tabla 25 existe diferencia estadísticamente significativa al 95% de confianza en las interacciones de la variable tiempo con la temperatura de 85°C, y no hay significancia a 75°C. En el primer caso, nos indica que existe niveles de la variable tiempo en las que algunas presentan mejor valoración de resultados que otras y en el segundo caso que los niveles de la

variable tiempo a 75°C presenta valoraciones iguales, por lo que no existe diferencia estadísticamente significativa. Existiendo por lo menos una diferencia significativa, conviene analizar las medias de las interacciones (A\*B).

Tabla 26: ANOVA Factorial- Desdoblamiento De La Temperatura En Cada Nivel De La Variable Tiempo Para La Capacidad Antioxidante

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TIEMPO	/1	1	3.681667	3.681667	6.440 0.0260
TIEMPO	/2	1	4.506667	4.506667	7.883 0.0158
TIEMPO	/3	1	2.406667	2.406667	4.210 0.0627
Erro		12	6.860000	0.571667	

Codificação usada para o desdobramento

cod. TIEMPO

1 = 5

2 = 10

3 = 15

Conforme se observa en la tabla 26, en el factor tiempo existe diferencia significativa sólo en los dos primeros niveles, sin embargo existe diferencia significativa en todos los niveles del factor temperatura. Por lo tanto, al existir diferencia estadística significativa se acepta la hipótesis alterna:  $H_1: (AB)_{11} \neq (AB)_{12} \neq (AB)_{13} \neq (AB)_{21} \neq (AB)_{22} \neq (AB)_{23}$ , la cual indica que; existe diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes niveles de temperaturas (A1, A2) y tiempos de escaldado (B1, B2, B3) y sus interacciones sobre la capacidad antioxidante en la obtención de la pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Haden. Para saber dónde se encuentran las diferencias se aplica comparaciones *post hoc*; test de Scott Knott el cual es presentado en la siguiente tabla

Tabla 27: Resultados Del Contenido De Antioxidantes Totales ( $mg^* 100 g^{-1}$ ) En La Pulpa De Mango E Interacción Factorial (A\*B)

Temperatura (°C)	Tiempo (min)		
	5	10	15
75	28,77 ± 0,87 a A	31,17 ± 0,37 b B	29,33 ± 0,46 a A
85	30,33 ± 0,91 b B	29,43 ± 0,80 b A	28,07 ± 0,60 a A

Test de Scott Knott ( $p \geq 0,05$ ): letras en minúscula diferentes en una misma fila indican diferencia estadística en los niveles de tiempo. Letras en mayúscula diferentes en la misma columna indican diferencia estadística en los niveles de temperatura. La variación de  $\pm$  es medido a través del desvío en relación a la media.

Puede observarse en la tabla 27, que hubo diferencia estadística de las temperaturas cuando interactúan con los niveles de 5 y 10 min, excepto con 15 min. El testigo presentó en media  $24,87 \pm 0,19$  ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), un valor inferior a lo obtenido con la fruta escaldada. Estos valores para la pulpa sin escaldar son similares a los reportados por Hernández, Fernández y Sulbarán (2013), los cuales reportaron 27,86 mg/100 g VCEAA (actividad antioxidante equivalente a vitamina C) en mangos de la variedad Tommy Atkins cultivados en Zulia-Venezuela; y son inferiores a los reportados por Liu, Liao & Wang (2016), que reportaron 38,75 mg trolox/100 g, en el mango de la variedad BTainong N°1, determinado por el método DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). El Trolox® es un análogo de la vitamina E que, por su fácil solubilidad en agua es empleado como estándar de comparación. Estos estudios no fueron expresados en las mismas dimensiones, sin embargo sirve de referencia sobre el contenido de capacidad antioxidante en las pulpas de mango sin escaldar.

Conforme el análisis estadístico el escaldado con la interacción de 75°C con 10 min y 85°C con 5 min fueron las que presentan los mejores valores de capacidad antioxidante, en media hubo un aumento de 19,7% en las interacciones a 75°C y 17,7% en las interacciones a 85°C en relación al testigo. Este aumento de la capacidad antioxidante de la pulpa de mango escaldada comparada a la que no fue escaldada, coincide con los resultados reportados por; Reyes-Vásquez, *et al* (2012), que estudiaron la influencia del escaldado en la pulpa del mango “Tommy Atkins”, en el cual el tratamiento de escaldado mostró efecto positivo en el aumento de los componentes antioxidantes; Liu, Liao & Wang (2016) que reportan valores superiores para la pulpa de mango escaldada; 43,75 mg trolox/100 g, en comparación a la que no fue escaldada para lo cual lo cortaron en rodajas y aplicaron escaldado a vapor (100) por 1 min antes de aplicar otros tratamientos, determinado por el método DPPH.

Informes anteriores han mostrado resultados contradictorios sobre el efecto del escaldado en la capacidad antioxidante de los tejidos vegetales. Estudios recientes reportados por varios grupos han demostrado que el escaldado influye en la capacidad antioxidante de las verduras y los efectos no fueron consistentes en

diferentes alimentos. Algunos estudios informaron de un aumento en la capacidad antioxidante, mientras que otros mostraron lo contrario (Vina, *et al.*, 2007; Xu & Chang, 2008). Posiblemente en el despulpado de frutas, la molienda de tejidos de las plantas puede conducir a la degradación oxidativa de polifenoles como resultado de la compartimentación celular y el contacto entre la polifenol oxidasa citoplasmática y sustratos fenólicos presentes en las vacuolas. Los polifenoles se transforman en pigmentos marrones que se polimerizan para diferentes grados. (Manach, Scalbert, Morand, Rémésy, & Jiménez, 2004)

González-Aguilar, Villa-Rodríguez, Ayala-Zavala, & Yahia (2010) mencionan que el estrés causado por el calor puede provocar la síntesis de compuestos antioxidantes, sin embargo, dosis inadecuadas puede dar lugar a un cambio irreversible de la homeostasis celular que conduce a bajas concentraciones de antioxidantes y por lo tanto menor capacidad antioxidante. Esto podría explicar en parte las inconsistencias en la literatura.

Comúnmente, la capacidad antioxidante de los alimentos vegetales está relacionada con el contenido de compuestos fenólicos, así lo demuestra los estudios de Reyes-Vásquez, *et al* (2012), en los que los compuestos antioxidantes (flavonoides, b caroteno y fenoles totales) mostraron una correlación entre estos compuestos y la capacidad antioxidante.

En el presente estudio se realizó previamente un análisis fitoquímico, (ver anexo 6), este análisis demuestra los componentes como; poco abundante, abundante y muy abundante. Los resultados muestran; presencia de flavonoides y fenólicos en abundancia. Azúcares reductores en condición de muy abundante y taninos y alcaloides como poco abundantes. Los compuestos polifenólicos ya identificados en la pulpa de mango, son; mangiferina, ácidos gálico (-m digálico y ácidos -m trigálico ), galotaninos, flavonoides, quercetina, isoquercetina y ácido elágico y  $\beta$  - glucogalin. Schieber *et al* (2000) en Masibo & Qian (2008), Talcott & Talcott (2009). Según Palafox-Carlos, *et al* (2012), que estudiaron las interacciones entre antioxidantes los principales compuestos fenólicos presentes en la pulpa de mango 'Ataulfo', indican que el ácido gálico y el ácido protocatechuic, exhibieron la más alta capacidad antioxidante, probablemente debido a su contenido particular

conformación química y grupos hidroxilo. De acuerdo a estos autores, los ácidos fenólicos presentes en una mezcla pueden interactuar, y sus interacciones pueden afectar a la capacidad antioxidante total de una solución.

**Expresión gráfica de la influencia del tiempo y temperatura sobre la actividad antioxidante:** del mismo modo que fue aplicado con los valores de carotenoides, se aplica la MSR, utilizando un delineamiento de tratamientos factorial incompleto  $3^2$  (tabla 5) en el que se agregó el testigo para la comparación del efecto de los tratamientos. Según Zeviane (2011) experimentos factoriales con la adición de testigos pueden ser clasificados como factoriales incompletos y Vieira, Mantovani, Bonomo y Soares (2000) sostienen que para factores cuantitativos, en general, el tratamiento testigo es el valor nulo o cero.

El diseño para la superficie de respuesta es el Box-Behnken ( $k \leq 3$ ) consiste de un conjunto de corridas donde cada par de factores es variado entre sus niveles bajo y alto (tabla 28) mientras los demás factores experimentales se fijan en el nivel medio.

Tabla 28: *Capacidad Antioxidante: Nivel Alto y Nivel Bajo de los Factores Tiempo y Temperatura-Box-Behnken*

Factor	Low Value	High Value	Observed Minimum	Observed Maximum
Temperatura (°C)	0	85	0	85
Tempo (min)	0	15	0	15

Tabla 29: *ANOVA Para La Variable De Respuesta Capacidad Antioxidante*

ANOVA, Var.:antioxidantes totales (mg 100g <sup>-1</sup> ); R-sqr=.87018; Adj. 82691 (mango 2) 2 factors, 1 Blocks, 21 Runs; MS Residual=.699574 DV: antioxidantes totales (mg 100g <sup>-1</sup> )					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Temperatura (°C)(L)	4,72266	1	4,722661	6,75077	0,020170
Temperatura (°C)(Q)	2,89112	1	2,891120	4,13269	0,060155
(2)Tempo (min)(L)	7,32028	1	7,320280	10,46391	0,005554
Tempo (min)(Q)	5,52250	1	5,522500	7,89409	0,013200
1L by 2L	6,02083	1	6,020833	8,60643	0,010268
Error	10,49361	15	0,699574		
Total SS	80,83238	20			



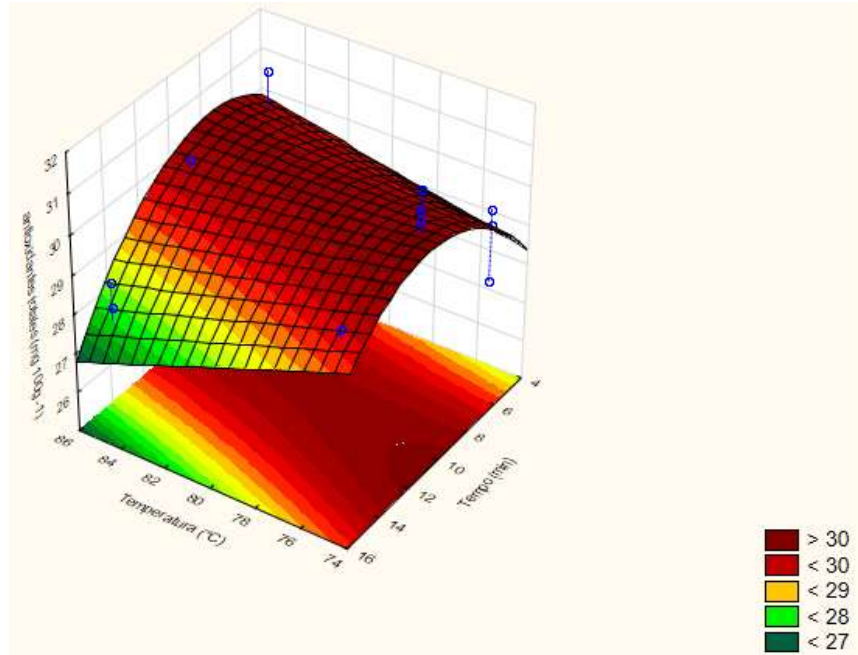
Se observa que el valor de  $p$  es menor a 0,05 por lo que existe diferencia estadísticamente significativa, excepto para la temperatura en comportamiento cuadrático, lo que indica que existe un ajuste aceptable del modelo, sin embargo este detalle conjuntamente con el valor de  $R^2$  y el efecto residual puede ser mejorado aumentando más ensayos con más factores y/o niveles.

Tabla 30: *Coefficientes Del Modelo De Regresión Para Capacidad Antioxidante*

Regr. Coefficients: Var.:antioxidantes totales (mg 100g -1); R-sqr=.87018; Adj.:82691 (mango 2) 2 factors, 1 Blocks, 21 Runs; MS Residual=.6995741 DV: antioxidantes totales (mg 100g -1)							
Factor	Regressn Coeff.	Std.Err.	t(15)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt	
Mean/Interc.	24,86667	0,482899	51,49456	0,000000	23,83739	25,89594	
(1)Temperatura (°C)(L)	-0,19766	0,112232	-1,76122	0,098566	-0,43688	0,04155	
Temperatura (°C)(Q)	0,00271	0,001332	2,03290	0,060155	-0,00013	0,00555	
(2)Tempo (min)(L)	3,12167	0,843347	3,70152	0,002132	1,32412	4,91922	
Tempo (min)(Q)	-0,04700	0,016728	-2,80964	0,013200	-0,08266	-0,01134	
1L by 2L	-0,02833	0,009658	-2,93367	0,010268	-0,04892	-0,00775	

Las variables en rojo son significativas para carotenoides ( $\text{mg}^* 100 \text{g}^{-1}$ ) en nivel de confianza de 95% ( $p < 0,05$ ), siendo el coeficiente de determinación  $R^2 = 0,87$ , indicando que el modelo es aceptable, el valor de  $R^2$  nos indica cuanto el modelo consigue explicar los valores encontrados, sin embargo es necesario aumentar los niveles de los factores para aumentar ese porcentaje y definir adecuadamente el efecto.

En la siguiente figura son presentados los resultados del análisis de superficie respuesta para la capacidad antioxidante.



*Figura 16:* Superficie de respuesta de influencia del tiempo y temperatura del escaldado sobre los valores de capacidad antioxidante

*Modelo de regresión para capacidad antioxidante:*

$$\text{Capacidad antioxidante (mg* 100 g}^{-1}\text{)} = 24,86667 - 0,19766 * \text{Temperatura} + 0,00271 * \text{Temperatura}^2 - 3,12167 * \text{tiempo} - 0,04700 * \text{tiempo}^2 - 0,02833 * \text{Temperatura} * \text{tiempo}$$

Por el modelo generado con el uso de la MSR, puede observarse que los valores mayores de antioxidantes totales (>30) lo obtendríamos en tiempos próximos de 10 min a 12 min y temperaturas entre 74°C a 76°C, sin embargo se observa que el contenido de antioxidantes totales es alta en todo el rango de temperatura de 74°C a 86°C y tiempos de 8 min a 14 min, lo que nos indica que los valores de los dos tratamientos son similares. Como no hubo diferencia significativa para la temperatura cuadrática, esto nos indica que debe tenerse en cuenta que este modelo generado considera el testigo como uno de los niveles, lo que puede ser mejorado aumentando más ensayos con diferentes factores y niveles.

## CONCLUSIONES

- 1) El contenido de vitamina C presentó una pérdida de 2,27% en las interacciones a 75°C y un aumento de 51,13% en la interacción de 85°C con 15 min. Los carotenoides presentaron pérdidas de 2,9% en las interacciones a 75°C y 25,12% a 85 °C. La capacidad antioxidante presentó un aumento de 19,66% a 75°C y 17,73% a 85°C. Estos resultados coinciden y divergen con los valores encontrados en otros autores y están atribuidos a diversos factores como; las relaciones moleculares, es decir, los enlaces químicos entre sí de los componentes nutritivos y no nutritivos en la pulpa de mango; el método empleado; y las condiciones de procesamiento.
- 2) El mejor valor obtenido para el contenido de ácido ascórbico en la pulpa de mango Haden sometido a blanqueamiento fue el tratamiento de 85°C por 15 min; para carotenoides el mejor valor fue a 75°C por 5 min y en la capacidad antioxidante el análisis estadístico mostró que el tratamiento de 75°C por 10 min presenta mejores resultados, por lo que desde el punto de vista tecnológico a un escaldado a 75°C por 5 min presenta valores más viables referente a la preservación del contenido de compuestos antioxidantes y procesamiento industrial.

## RECOMENDACIONES

- 1) Para evaluar la capacidad antioxidante de un alimento se requiere realizar la máxima extracción de compuestos bioactivos presentes y analizarlo como un todo en la matriz alimentar y no como constituyentes aislados, ya que; por ejemplo, tienen diferente polaridad e interacción con los otros constituyentes. Hay varios estudios que resalta que los compuestos fenólicos de la fracción hidrofílica son responsables por más del 90% da la capacidad antioxidante total de las frutas, por lo cual se recomienda estudios más profundos de estas relaciones.
- 2) Con el propósito de optimizar el proceso de escaldado podría aumentarse los ensayos y mejorar la precisión de los resultados obtenidos en el presente estudio con la MSR, pues esta nos permite establecer la combinación de variables independientes que presentan las mejores variables respuestas y así mejorar las circunstancias para preservar las propiedades antioxidantes.
- 3) En base de la revisión bibliográfica y los resultados reportados en este estudio, se recomienda realizar estudios cinéticos de degradación de los constituyentes antioxidantes por efecto del blanqueamiento para proveer información cinética sobre el efecto que produce el tratamiento térmico sobre la actividad antioxidante.
- 4) Debido a la solubilidad en un disolvente particular, el cual muestra una característica peculiar del comportamiento del fitoquímico, no existe un procedimiento de extracción universal. Puede utilizarse más de un método para determinar la capacidad antioxidante para mejorar el análisis y las comparaciones de los resultados.

## BIBLIOGRAFIA

1. Agostini, L., Morón, M., Ayala, A. y Ramón, A. (2004). Determinación de la capacidad antioxidante de flavonoides en frutas y verduras frescas y tratadas térmicamente. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol. 54. (1): 89-92.
2. Aguilar, J. (2012). *Método de conservación de Alimentos, Primera Edición*. México: Red Tercer Milenio S.C. p. 191.
3. Alices, H. (2009). *Bioquímica - Universidad Interamericana de Puerto Rico*. 1 Ed. Puerto Rico: ENE-MAY.
4. Alizadeh, M., Hamed, M. & Khosroshahi, A. (2005). Optimizing sensorial quality of Iranian white brine cheese using response surface methodology. *Journal of Food Science*, v. 70, n. 4, p. 299-303.
5. Alves, C., David, J., David, J., Bahia, M. y Aguiar, R. (2010). Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. *Química Nova*. Vol. 33. (10): 2202-2210.
6. Alves, J. A., Nassur, R. D. C. M. R., Pires, C. R. F., Alcântara, E. M. D., Giannoni, J. A., & Lima, L. C. D. O. (2010). Cinética de degradação de vitamina C em mangas palmer minimamente processadas armazenadas em diferentes temperaturas. *Ciênc. agrotec.,(Impr.)*, 34(3), 714-721.
7. Alzamora, S., Guerrero, S., Nieto, A., Vidales, S. y Mejía, L. (2004). *Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas: Manual de capacitación*. Roma (Italia): FAO. p. 72.
8. Andrade, A.. (2004). *Processamento Industrial de Polpa de Fruta*. Portal do Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA). *Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba*. Recuperado de <http://www.ct.ufpb.br/laboratorios/Ita/index.php/extensao/processamento-industrial-de-polpa-de-fruta>
9. Avello, M. y Suwalsky, M. (2006). Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea (Concepción)*, (494), 161-172.
10. Barreiro, J. y Sandoval, A. (2006). *Operaciones de Conservación de Alimentos por bajas Temperaturas*. Primera Edición. Venezuela-Caracas: Editorial Equinoccio.
11. Bastos, M., Souza- Filho, M., Machado, T., Oliveira, M., Abreu, F. y Cunha, V. (1999). *Manual de boas práticas de fabricação de polpa de fruta congelada*. Brasil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria-Embrapa. Documentos. (30): 52.

12. Benavidez, A., Hernández, R., Ramírez, H. y Sandoval, A.. (2010). *Tratado de Botánica Económica Moderna*. Mexico: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
13. Bobbio, O. y Bobbio, A. (1992). *Introdução à química de alimentos*. 2.ed. São Paulo : Varela. p.163-190.
14. Britton, G. (1985). General carotenoid method. In: methods in enzymology. *Academic Press* 111:113-149.
15. CEPICAFE - Central Piurana de Cafetaleros. (2010). *Ficha Técnica Comercial: Pulpa Simple de Mango Aséptica*. Piura, Perú. Recuperado de <http://www.cepicafe.com.pe/documentos/fichas%20pulpa%20de%20mango%20aseptico.pdf>
16. CODEX STAN 192-1995. Norma general del Codex para los aditivos alimentarios. Food and Agriculture Organization of the United Nations-Codex Alimentarius. Rome, Italy. 2012. Food category system (Annex B). p. 9–47. Recuperado de [http://www.codexalimentarius.net/download/standards/4/CXS\\_192e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/4/CXS_192e.pdf)
17. CODEX STAN 296-2009. Norma del Codex para las Confituras, Jaleas y Mermeladas. Food and Agriculture Organization of the United Nations-Codex Alimentarius. Rome, 2009. pp. 1–10. Recuperado de [http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/11254/CXS\\_296s.pdf](http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/11254/CXS_296s.pdf)
18. Correia, I., Faraoni, A. y Pinheiro-sant'ana, H. (2008). Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. *Alimentos e Nutrição, Araraquara*, v. 19, n.1, p. 83-95, 2008.
19. Crane, H. y Campbell, W.. (1991). *El mango en Florida*. University of Florida. Miami: IFAS Extension Fact Sheet FC-2.
20. Doring, A. (2007). *Bioavailability of natural pigments*. In *Food colorants: chemical and functional properties*. Boca Raton, USA: CRC Press. p. 127-192.
21. Dutta, D., Dutta, A., Raychaudhuri, U. & Chakraborty, R. (2006). Rheological characteristics and thermal degradation kinetics of beta-carotene in pumpkin puree. *Journal of Food Engineering*, v. 76, n. 4, p. 538-546.
22. Fekete, M., Kozma, L. & Huszka, T. (1976). Spectrophotometric method for determining the pigment content of ground paprika. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 161(1), 31-33.
23. Frutos Olmos Perú S.A.C. (2013). *Mango Haden*. Recuperado de <http://www.pe.all.biz/mango-haden-g7682#fulldescription>
24. Gava, J.. (1984). *Principios de Tecnología de Alimentos*. San Paulo, Brasil: Nobel-AMPUB comercial Ltda. p. 289.

25. González-Aguilar, G., Villa-Rodríguez, J., Ayala-Zavala, J. & Yahia, E. (2010). Improvement of the antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments. *Trends Food Sci. Tech*, v.21, n. 10, p. 475-482.
26. Hernández, J., Fernández, V., y Sulbarán, B. (2013). Actividad antioxidante, análisis sensorial y microbiológico de láminas flexibles de mango (*Mangifera indica* L.). *Revista Scientia Agroalimentaria*, v.1.
27. Hernández, M. y Sastre, A.. (1999). *Tratado de nutrición*. España: Ediciones Díaz de Santos S. A. p. 1479.
28. Jatunov, S., Quesada, S., Díaz, C. & Murillo, E. (2010). Carotenoid composition and antioxidant activity of the raw and boiled fruit mesocarp of six varieties of *Bactris gasipaes*. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, v. 60, n. 1, p. 99-104.
29. Juarez, M., Olano, A., y Morais, F. (2005). *Alimentos funcionales*. FECYT- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. España: RUMAGRAF, S.A.
30. Kuskoski, E., Asuero, A., Troncoso, A., Mancini-Filho, J. y Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology (Campinas)*, 25(4), 726-732.
31. Lima, M. L. S., Oliveira, M. E. B., Almeida, M. M. B., Almeida, R. F. (2010). Estabilidade do ácido ascórbico em néctar de manga em função da temperatura e do tempo de armazenamento. *Separatas Embrapa Agroindústria Tropical*.
32. Liu, F., Liao, X., y Wang, &. (2016). Effects of High-Pressure Processing with or without Blanching on the Antioxidant and Physicochemical Properties of Mango Pulp. *Food and Bioprocess Technology*, 1-11.
33. Málaga, R., Guevara, P. y Araujo, M. (2013). Efecto del procesamiento de puré de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), sobre los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, v. 79, n. 2, p. 162-174.
34. Manach, C., Scalbert, A. y Morand, C., Rémésy, C. & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr*, v.79: 727-747.
35. Manthey, J. & Perkins-Veazie, P. ( 2009). Influences of harvest date and location on the levels of  $\beta$ -carotene, ascorbic acid, total phenols, the in vitro antioxidant capacity, and phenolic profiles of five commercial varieties of mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*. Vol. 57. (22): 10825-10830.
36. Masibo, M. & Qian, H. (2008). Los principales polifenoles del mango y su importancia para la salud humana. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Vol.7. (4), 309-319.

37. Maximixe Consult. (2003). *Perfil del Mercado y Competitividad Exportadora de Mango*. Ministerio de comercio Exterior y Turismo- Mincetur. Recuperado de <http://www.mincetur.gob.pe/comercio/otros/penx/pdfs/Mango.pdf>
38. MINAG-ANA-DCPRH-ASUP-ALA MALDONADO - Ministerio de Agricultura Perú, (2010). Estudio Diagnostico Hidrologico de la Cuenca de Madre de Dios. Recuperado de [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/diagnostico\\_hidrologico\\_-\\_madre\\_de\\_dios\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/diagnostico_hidrologico_-_madre_de_dios_0.pdf)
39. Montero, M. (1996). Los radicales libres y las defensas antioxidantes. *Revisión en Anales de la Facultad de Medicina. Universidad Mayor de San Marcos*. Vol. 57. (4): 278-281.
40. Montgomery, D. y Runger, G.. (2003). *Estatística aplicada e probabilidades para engenheiros, Segunda Edição*. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos-LTC.
41. Mora, J., Gamboa J. y Elizondo R.. (2002). *Guía para el cultivo del mango (Mangifera indica) en Costa Rica*. Costa Rica: Imprenta Nacional San José.
42. Muñoz, A., Ramos-Escudero, D., Alvarado-Ortiz, C. y Castañeda, B.. (2007). Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. Vol. 73. (3): 142-149.
43. Murphy, J., & Riley, J. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica chimica acta*, 27, 31-36.
44. Murray, K., Mayes, A. & Granner, K.. (2013). *Harper: Bioquímica ilustrada/Bioquímica ilustrada*. México DF: e-libro, CORP. p.728-31.
45. Namitha, K. & Negi, P. (2010). Chemistry and biotechnology of carotenoids. *Food Science and Nutrition*, v. 50, n. 8, p. 728-760.
46. Palafox-Carlos, H., Yahia, E., Islas-Osuna, M., Gutiérrez-Martínez, P., Robles-Sánchez, M. & González-Aguilar, G. (2012). Effect of ripeness stage of mango fruit (*Mangifera indica* L., cv. Ataulfo) on physiological parameters and antioxidant activity. *Sci. Hortic*, v. 135, n. 2012, p. 7–13.
47. Pascual, M. y Calderón, V. (2000). *Microbiología alimentaria. Metodología analítica para alimentos y bebidas. 2ª Ed.* Madrid, España: Editorial Díaz de Santos. p. 447.
48. Pokorny, J. (1987). *Major factors affecting the autoxidation of lipids. in Autoxidation of unsaturated lipids*. London: CRC Pres. p. 141-206.
49. Quintanar, M. y Salinas, J. (2009). La capacidad antioxidante total. Bases y aplicaciones. *Revista de Educación Bioquímica*, v. 28, n. 3, p. 89-101.



50. Quispe, R. (2008). Flavonoides de *Vigueira procumbens* (Persoon) S.F. Bake y su efecto antioxidante. Tesis para optar al grado académico de Magister en Ciencias, mención Química, especialidad en productos naturales, UNSAAC-Perú.
51. Ramos, A., Souza, P. y Benevides, S.. (2004). *Tecnologia da industrialização da manga*. En: Rozane, D., Darezzo, R., Aguiar, R., Aguilera, G. y Zambolim, L.. (2004). *Manga: produção integrada, industrialização e comercialização*. Brasil: Suprema Gráfica e Editora Ltda. p. 571-604.
52. Reyes-Vazquez, N., González-Aguilar, G.A., Moo-Huchin, V., Gonzalez-Martinez, M., Villa, J.A., Palafox-Carlos, H., Sanchez-Contreras, A. & Rodriguez-Buenfil, I.M. (2012). Antioxidant constituents and chemical properties of 'Tommy atkins' Mango grown in Campeche, México. *Global Research Journal of Agricultural and Biological Sciences*, v. 3, n. 4, p. 313-323.
53. Richardson, P.. (2001). *Thermal technologies in food processing*. England: Editorial Woodhead Publishing Ltd.
54. Robles-Sanchez, M., Gorinstein, S. & Martinbeloso, O. (2007). Minimal processing of tropical fruits: antioxidant potential and its impact on human health. *Food Chemistry, Chicago*, v.32, n.4, p.227-232.
55. Rodriguez-Amaya, D. (1999). *Carotenoides y Preparación de Alimentos: La Retención de los Carotenoides Provitamina A en Alimentos Preparados, Procesados y Almacenados*. Brasil: Editorial OMNI.
56. Saura-Calixto, F. y Goñi, I. (2005) en Juarez, M., Olano, A., y Morais, F. (2005). *Alimentos funcionales*. FECYT- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. España: RUMAGRAF, S.A.
57. Scott, A. & Knott, M. (1974). A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*. p 507-512.
58. Serrano, C. (2004). Actividad antioxidante en plantas medicinales. Proyecto FEDU 2003-2004 UNSAAC. Perú.
59. Soares, L. y São-José, A.. (2013). Compostos bioativos em polpas de mangas 'rosa' e 'espada' submetidas ao branqueamento e congelamento. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(2), 579-586.
60. Soto, E., Avilán, L., Unai, E., Rodríguez, M., y Ruiz, J. (2004). Comportamiento y características de algunos cultivares promisorios de mango. *Agronomía Tropical*, 54(2), 179-202.
61. Strickland, J. & Parsons, T. (1972). A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 167:1-20.

62. Speer, B. R. (1997). *Photosynthetic pigments*. UCMP Glossary (online). University of California, Berkeley Museum of Paleontology.
63. Talcott, S. & Talcott, S. (2009). Propiedades Fitoquímicas del Mango que Contribuyen a Beneficios en la Salud. *Reporte Final de la Investigación para The National Mango Board*. (4): 1-44
64. The Global Biodiversity Information Facility-GBIF. (2013). *Mangifera Indica L. Backbone Taxonomy*. Recuperado de <http://www.gbif.org/species/3190638>
65. USDA- United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. (2013). *Mangos. The National Agricultural Library, Release 26*. Recuperado de <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2347#id-a>
66. Vieira, G., Mantovani, E., Bonomo, M. y Soares, A. (2000). Influência da aplicação de diferentes lamina de irrigação nos parâmetros de crescimento do cafeeiro na Região de Viçosa. *Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil*, resumos, p. 879-881
67. Vina, S. Z., Olivera, D. F., Marani, C. M., Ferreyra, R. M., Mugridge, A., Chaves, A. R. & Mascheroni, R. H. (2007). Quality of Brussels sprouts (*Brassica oleracea L.*) gemmifera DC as affected by blanching method. *J. Food Eng*, v. 80, n.1, p. 218-225.
68. Xu, B. & Chang, S. (2008). Effect of soaking, boiling, and steaming on total phenolic content and antioxidant activities of cool season food legumes. *Food Chem*, v. 110, n. 1, p. 1-13.
69. Zeviane, W. (2011). Experimento fatorial duplo com um tratamento adicional. Ridículas: dicas curtas. Recuperado de <http://ridiculas.wordpress.com/2011/08/09/experimento-fatorial-duplo-com-um-tratamento-adicional>

ANEXOS

## ANEXO 1: CERTIFICACIÓN DE LA IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA

“Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación”  
 “Madre de Dios Capital de la Biodiversidad del Perú”

### **CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMENES VEGETALES**

El que suscribe, **M.Sc. Blgo. HERNANDO HUGO DUEÑAS LINARES**, especialista en identificación taxonómica de especímenes y productos de flora y fauna silvestre con Certificado de Inscripción N° 028, Registro de Personas Naturales y Jurídicas Habilitadas para realizar Certificación de identificación Taxonómica de Especímenes y Productos de Flora y Fauna Silvestre; en el Ministerio de Agricultura, Dirección General de Forestal y Fauna Silvestre, Intendencia Forestal y de Fauna Silvestre.

**CERTIFICA**, que los especímenes (02) presentados por la Srta. Bachiller **EDITH HUAMPA BARRETO**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, para su identificación y/o determinación del perfil de tesis de Investigación intitulada: **“Efecto de la temperatura y tiempo de escaldado sobre el contenido de Vitamina C, carotenoides y capacidad antioxidante en la pulpa del mango, (*Mangifera indica* L.) var. Haden.**, corresponden al siguiente taxa aceptado oficialmente:

✓ *Mangifera indica* L. var. Haden Familia **ANACARDIACEAE**

De acuerdo a la descripción de sus características vegetativas y reproductivas, las que están registrada para la Flora de Perú: Departamento de Apurímac; en el Catálogo de Angiospermas y Gimnospermas del Perú de Lois Brako and James L. Zarucchi (1993), al APG III (Angiosperm Phylogenetic Group, 2010) y al Taxonomic Name Resolution Service v3.0 (2015), y The Plant List: A Working List of all Plant Species (2015)

Se expide el presente certificado a solicitud de la interesada para los fines que considere conveniente. Se anexa al presente Certificado de Identificación los datos correspondientes a la especie en formato Excel.

Puerto Maldonado, 16 de noviembre de 2015.

M.Sc. Hugo Dueñas Linares  
 Reg. N° 028 DGFFS/MA  
 Espec. Ident. Taxonómica  
 de Flora

## IDENTIFICACION TAXONOMICA DE ESPECIMENES VEGETALES

## PERFIL DE TESIS DE INVESTIGACIÓN 2015

"Efecto de la temperatura y tiempo de escaldado sobre el contenido de Vitamina C, carotenoides y capacidad antioxidante en la pulpa del mango

(*Mangifera indica* L.) var. Haden.

BACHILLER: EDITH HUAMPA BARRETO

Nº	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	HABITO	HABITAT	LOCALIDAD	Colector	Fecha Colección	ID	FECHA ID
1	<i>Mangifera indica</i> L. Var. Haden	"Mango"	ANACARDIACEAE	Árbol	Bosque terraza alta	Tambopata	Edith Huampa B.	16/11/2015	H01	16/11/2015

Puerto Maldonado, 16 de noviembre de 2015.

M.Sc. Hugo Dueñas Linares  
Especialista en ID Taxonómica de Flora Silvestre

M.Sc. Hugo Dueñas Linares  
Especialista en ID Taxonómica  
de Flora Silvestre

## ANEXO 02: FOTOGRAFÍAS MANGO HADEN



Fotografía 1: Fruto de mango Haden    Fotografía 2: mango Haden sin cáscara



Fotografía 3: hojas del árbol de mango Haden

## ANEXO 3: PLANTACIONES DE MANGO HADEN



Fotografías 4: árboles de diferentes fases vegetativas- Centro poblado de Isuyama/Tambopata/ Madre de Dios.

#### ANEXO 04: PRE-TEST DE LAS TEMPERATURAS DE BLANQUEAMIENTO EN EL MANGO HADEN



Fotografías 5: Pulpa de mango Haden, preparada con mango escaldado a 70°C y 80°C por 15 min, 20 min y 30 min



Fotografías 6: Pulpa de mango Haden mantenidas a temperatura ambiente por 48 horas



Fotografías 7: Pulpa de mango Haden mantenidas a temperatura ambiente por 48 hora



## ANEXO 05: FOTOGRAFÍAS DE LABORATÓRIO



Fotografía 8: Espectrofotómetro, marca Thermo Scientific, modelo Evolution ® 600



Fotografía 9: Diversos materiales de laboratorio



Fotografía 10: curva patrón para determinar Carotenoides y actividad antioxidante

## ANEXO 06: ANÁLISIS FITOQUÍMICO

Se desarrollaron una serie de métodos para la detección preliminar de los diferentes constituyentes químicos en las plantas, basados en la extracción de estos con solventes apropiados y en aplicación de pruebas de coloración. (Valencia, 1995). Antes de aplicar los métodos de identificación se debe de realizar pruebas de solubilidad en el extracto con el objeto de obtener una solución, los solventes a utilizar son de menor a mayor polaridad: Hexano, tetracloruro de carbono, benceno, éter, cloroformo, acetona, acetato de etilo, etanol, metanol, agua, ácidos y bases.

Los métodos de identificación son:

**AZÚCARES REDUCTORES** Prueba de Benedict A 0.5mL de solución de extracto añadir 0.2mL de reactivo de Benedict, calentar en baño de agua a ebullición. Precipitado color rojo ladrillo indica prueba positiva.

**FLAVONOIDES** Prueba de Shinoda A 0.5mL de extracto agregar algunas partículas de Mg metálico y unas gotas de HCl concentrado; coloraciones rojizas, tendientes al rojo, amarillentas o azuladas indican prueba positiva. Las chalconas, auronas, catequina e isoflavonas no dan prueba positiva. A una pequeña porción de papel filtro dejar caer una a dos gotas de extracto observar el color y fluorescencia a luz UV, exponer a vapores de amoníaco y observar el cambio de color producido fuera y dentro de la lámpara UV; la fluorescencia o cambio de color a vapores de amoníaco fuera y dentro de la lámpara UV indican prueba positiva. Las observaciones deben realizarse frente a otro papel filtro con muestra sin exponer a vapores de amoníaco.

**COMPUESTOS FENOLICOS** A 0.5mL de extracto agregar 2 a 3 gotas de  $\text{FeCl}_3$  al 1%; la presencia de precipitados o coloraciones azuladas o verdes indican prueba positiva. Los compuestos fenólicos son los flavonoides, cumarinas, taninos. Etc.

**ALCALOIDES** Reactivo de Dragendorff, Mayer y Wagner Para realizar las pruebas 0.5 g solubilizar con HCl al 5%, se filtra y en el filtrado se realizan las pruebas para alcaloides. El filtrado se puede alcalinizar con NaOH 5% y extraer con cloroformo, de la fase clorofórmica separada extraer nuevamente con solución ácida y en la solución ácida realizar las pruebas para alcaloides. Unos precipitados indican presencia de alcaloides.

**TANINOS** Reacción de  $\text{FeCl}_3$ : se obtiene si al extracto inicial se agrega solución de  $\text{FeCl}_3$  y aparecen colores, azul, azul negro, verde o azul verdoso y precipitado.

**AMINOACIDOS** Prueba de Ninhidrina: La prueba de ninhidrina es positiva para aminoácidos y proteínas que tengan un grupo  $-\text{NH}_2$  libre. Cuando el grupo  $-\text{NH}_2$  reacciona con la ninhidrina, se forma un complejo azul-violeta (Alices, 2009).

## RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FITOQUIMICOS

### Marcha fitoquímico MANGO

<b>METABOLITO SECUNDARIO</b>	<b>REACTIVO</b>	<b>75°C</b>	<b>85°C</b>
<b>FLAVONOIDES</b>	SHINODA	+	+
	NH <sub>3</sub>	++	++
<b>TANINOS</b>	KOH 10%	+	+
<b>FENOLICOS</b>	FeCl <sub>3</sub>	++	++
<b>ALCALOIDES</b>	DRAGENDORF	+	+
<b>AZÚCARES</b>	FHELING	+++	+++
<b>REDUCTORES</b>			

Leyenda +++ muy abundante ++ abundante + poco abundante

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

En el Anfiteatro N° 01 de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, siendo las 15:20 horas del día jueves 29 de diciembre del 2016 dando cumplimiento a la Resolución de Decanatura N° 235-2016- UNAMAD- DFI, de fecha 22 de diciembre del 2016, se reunieron los miembros del jurado para la sustentación del trabajo de tesis intitulado "EFECTO DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO DE ESCALDADO SOBRE EL CONTENIDO DE VITAMINA C, CAROTENOIDES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN LA PULPA DE MANGO (Mangifera indica L) VARIEDAD HADEN", presentado por la Bachiller Edith Huampa Barreto, conformado por los siguientes: *JURADOS*

- Ing. Raúl Huamán Cruz Presidente
- Ing. Miguel Chávez Pinchi Secretario
- Ing. Virne Mego Mego Vocal

Con la finalidad de evaluar el trabajo de tesis intitulado "EFECTO DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO DE ESCALDADO SOBRE EL CONTENIDO DE VITAMINA C, CAROTENOIDES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN LA PULPA DE MANGO (Mangifera indica L) VARIEDAD HADEN", presentado por la Bachiller Edith Huampa Barreto. Acto seguido se procedió con la exposición del trabajo de tesis por parte de la sustentante, y luego de la sustentación de la tesis, el jurado procede con la fase de preguntas respectivas. Acto seguido el jurado procede a deliberar de forma reservada y libremente, declarando el trabajo expuesto con el calificativo de *MUY BUENO* y una nota de *(16)*, previo a esto el graduando deberá realizar el levantamiento a las observaciones entregados por el jurado calificador.

En fe de lo cual firmamos el presente acta, siendo las \_\_\_\_\_ horas del día jueves 29 de diciembre del 2016 se dio por culminado el presenta acto de sustentación.

  
 .....  
 Ing. Raúl Huamán Cruz  
 Presidente

  
 .....  
 Ing. Miguel Chávez Pinchi  
 Secretario

  
 .....  
 Ing. Virne Mego Mego  
 Vocal

  
 .....  
 Ing. Julián Colquehuanca vilca  
 Asesor



INFORME DE CONFORMIDAD DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES

Puerto Maldonado, 06 marzo de 2017

Mediante el presente, los Docentes:

- Ing. Raul Huamán Cruz
- Ing. Miguel Chávez Pinchi
- Ing. Virne Mego Mego

Miembros del Jurado Calificador de la Tesis Intitulada:

"Efecto de la Temperatura y Tiempo de Escaldado Sobre el Contenido de Vitamina C, Carotenoides y Capacidad Antioxidante en la Pulpa de Mango (*Mangifera Indica L*) Variedad Haden" sustentada por la bachiller EDITH HUAMPA BARRETO, el 29 de diciembre de 2016, en la ciudad universitaria de la UNAMAD, emitimos el presente INFORME DE CONFORMIDAD DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES, con lo cual la Señorita Tesista ha cumplido con realizar las modificaciones a las observaciones realizadas durante la sustentación de la Tesis.

Es todo cuanto informamos a Usted Señor Decano, para los fines correspondientes.

Atentamente;

  
Ing. Raul Huaman Cruz  
Presidente

  
Ing. Miguel Chavez Pinchi  
Secretario

  
Ing. Virne Mego Mego  
Vocal