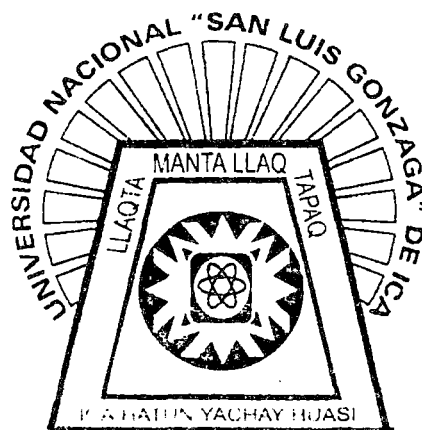


UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



**"EFECTOS DEL PROCESAMIENTO DE LIOFILIZACIÓN EN
VARIEDADES DE MANGO SOBRE LA COMPOSICIÓN Y LA
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE"**

TESIS:

PARA OPTAR EL GRADO DE QUÍMICO FARMACÉUTICO

AUTORES:

BACHILLER TIPIANA ESPINO, ROCIO NATALY

BACHILLER TORRES VALENZUELA, YSABEL GIOVANNA

ASESORES:

MG. REVATTA SALAS, LUISA

DR. SURCO LAOS, FELIPE

ICA - PERÚ

2014

A Dios, por esta oportunidad de vida, porque en ella logré todo lo que un ser humano aspira tener y porque a él le debo todos mis logros.

A mis padres, Gloria y José porque han sido mi apoyo incondicional, porque cuando me vieron a punto de desvanecer estuvieron ahí alentándome a seguir adelante, porque sus palabras y su amor hicieron que yo pueda culminar con una meta. Todo lo logrado de mi parte es una forma de pago a todo su sacrificio realizado.

A mis hermanas Edith y Fiorella y a mi sobrino Daniel por su apoyo incondicional y comprensión para seguir adelante.

A mis abuelos Rosa, José, Antonia y Daniel quienes desde el cielo me dieron fuerzas para seguir luchando por lograr mis sueños.

A todos aquellos que siempre han estado conmigo brindándome su comprensión, ayuda, consejos y amistad sincera.

A mi coautora Giovanna por su entusiasmo, empeño y apoyo para lograr nuestro objetivo.

Rocio Nataly

A Dios, por ser la luz de esperanza que en momentos difíciles guía mi camino, por mostrarme día a día que con humildad, paciencia y sabiduría todo es posible.

A mi madre Ysabel Valenzuela y mi padre Juan Torres que de una u otra manera me brindaron su confianza, su apoyo y comprensión que necesitaba para culminar la carrera.

A mis hermanos Fisher, Angélica y Vanessa por estar siempre presentes, por el apoyo, amistad y por compartir esta etapa tan importante.

A mis tías Verónica, Felicita, María, por sus consejos, apoyo, paciencia, por creer en mí y a todos mis familiares que me apoyaron a lo largo de la vida estudiantil.

A todos aquellos que siempre tuvieron una palabra de aliento en los momentos difíciles y me brindaron la oportunidad de elegir un buen camino.

A mi coautora Rocio por su entusiasmo, empeño y apoyo para lograr nuestro objetivo.

Ysabel Giovanna

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por las personas que puso en nuestro camino.

A nuestros queridos padres, por su confianza y su apoyo en nuestros años de estudio.

A la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga de Ica", donde nos hemos formado como profesionales.

A la Facultad de Farmacia y Bioquímica y sus docentes por los conocimientos impartidos y por la ayuda prestada durante nuestra etapa de formación profesional.

A nuestra asesora la Dra. Luisa Revatta por recibirnos en su laboratorio, por sus consejos, su buena voluntad y predisposición.

A nuestro asesor el Dr. Felipe Surco por facilitar todos los recursos disponibles, por su paciencia, orientación, apoyo y consejos brindados durante el desarrollo de la investigación.

Gracias infinitamente a nuestros asesores por su colaboración en la presente tesis desde el inicio hasta su culminación.

A nuestros amigos y colegas de la universidad por el apoyo que siempre nos brindaron y por los momentos inolvidables que hemos vivido a lo largo de los cinco años.

Y a todos aquellos que de alguna manera nos ayudaron durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

Rocio y Giovanna

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIAS.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xi
ABREVIATURAS.....	xii
RESUMEN.....	xv
SUMARY	xiii
CAPÍTULO I.....	16
1. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:	18
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:	23
1.2.1. Objetivos generales:	23
1.2.2. Objetivos específicos:	23
CAPITULO II.....	24
2. MARCO TEORICO.....	25
2.1. MANGO	25
2.1.1. Taxonomía.....	25
2.1.2. Origen	25

2.1.3.	Descripción botánica: características de la planta y el fruto.....	26
2.1.4.	Características del fruto en el Perú	27
2.1.5.	Variedades	28
2.1.6.	Propiedades nutricionales del mango.....	30
2.1.7.	Exportación del Mango en el Perú.....	32
2.1.8.	Cadena Productiva de Mango en Ica	33
2.2.	LIOFILIZACION	34
2.2.1.	Historia de la liofilización.	34
2.2.2.	Definición de liofilización	35
2.2.3.	Etapas del proceso de liofilización.....	36
2.2.3.1.	Congelación previa	37
2.2.3.2.	Sublimación	38
2.2.3.3.	Evaporación o desorción	40
2.2.4.	Ventajas y desventajas del proceso de liofilización	42
2.3.	CONTROL DE CALIDAD Y COMPUESTOS BIOACTIVOS.....	43
2.3.1.	Análisis Químico Proximal.....	43
2.3.1.1.	Humedad	43
2.3.1.2.	Cenizas.....	43
2.3.1.3.	Grasa.....	44
2.3.1.4.	Proteína	44
2.3.1.5.	pH.....	45
2.3.1.6.	Acidez.....	45
2.3.1.7.	Sólidos solubles (grados Brix).....	46

2.3.1.8. Carbohidratos	46
2.3.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS.....	47
2.3.2.1. Vitamina C.....	47
2.3.2.2. Carotenoides	48
2.3.2.3. Compuesto antioxidante.....	49
CAPITULO III.....	51
3. PARTE EXPERIMENTAL.....	52
3.1. LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN:.....	52
3.2. MATERIAL Y MÉTODOS	52
3.2.1. Material botánico.....	52
3.2.2. Material de laboratorio	52
3.2.3. Reactivos:	53
3.2.4. Equipos:	53
3.2.5. Recolección y selección de las muestras.....	54
3.3. MÉTODOS:	55
3.3.1. Determinación del Análisis Proximal	55
3.3.2. Determinación de los Compuestos Bioactivos	60
3.3.3. Determinación de Actividad Antioxidante.....	62
CAPÍTULO IV	66
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	67
4.1 RESULTADOS	67
4.2 DISCUSIÓN	81

CAPÍTULO V	86
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
5.1 CONCLUSIONES.....	87
5.2 RECOMENDACIONES	88
CAPÍTULO VI	89
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	90
CAPÍTULO VII	98
ANEXOS	99
ANEXO N° 1: FOTOGRAFÍAS DE LAS VARIEDADES DE MANGO	99
ANEXO N° 2: FOTOGRAFÍAS DE LAS DIFERENCIAS ENTRE EL MANGO ROSADO Y EL MANGO CARNE	100
ANEXO N° 3: FOTOGRAFÍAS DE LA DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS VARIEDADES DE MANGO	100
ANEXO N° 4: FOTOGRAFÍAS DE LAS VARIEDADES DE MANGO LIOFILIZADAS	102
ANEXO N° 5: FOTOGRAFÍAS DE LA DETERMINACION DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LAS VARIEDADES DE MANGO LIOFILIZADAS	104

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla N° 1 Variedades injertadas o monoembriónicas.....	29
Tabla N° 2 Variedades no injertadas o poliembriónicas	30
Tabla N° 3 Composición Química del Mango (Contenido en 100gramos)....	31
Tabla N° 4 Rendimiento porcentual de parte comestible según variedad de mango	67
Tabla N° 5 Rendimiento porcentual de la parte comestible liofilizada según variedad de mango	68
Tabla N° 6 Análisis Químico proximal de parte comestible fresca según de variedades de mango	69
Tabla N° 7 Análisis Químico proximal de parte comestible liofilizada según de variedades de mango	70
Tabla N° 8 Relación del contenido de carotenoides totales expresado en base seca de mango fresco y liofilizado.....	77
Tabla N° 9 Determinación de la capacidad de inhibición del radical DPPH..	78
Tabla N° 10 Determinación de la actividad antioxidante por el método de FRAP expresado en base seca	79
Tabla N° 11 Determinación de la actividad antioxidante por el método ABTS en base seca	80

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N° 1. Mango Iqueño.....	25
Figura N° 2 Diagrama de cambio de estado de la materia	36
Figura N° 3 Etapas del proceso de liofilización en un alimento.	36
Figura N° 4 Secado por sublimación en el que se muestra las resistencias a los distintos mecanismos de transferencia de calor.	40
Figura N° 5 Capas de la liofilización en un alimento.	41
Figura N° 6 Estructura de la molécula de ácido ascórbico	47
Figura N° 7 Estructura de la molécula de beta-caroteno.....	48
Figura N° 8 Flujograma del proceso de preparación de las muestras (variedades de mango).....	54
Figura N° 9 Determinación de Humedad	55
Figura N° 10 Determinación de Cenizas	56
Figura N° 11 Determinación de Grasas	57
Figura N° 12 Determinación de Proteínas.....	58
Figura N° 13 Determinación de Acidez	59
Figura N° 14 Determinación de Vitamina C	60
Figura N° 15 Determinación de Carotenoides totales	61
Figura N° 16 Estructura del ABTS	63
Figura N° 17 Fundamento del método de FRAP_Mostrando la reducción de 2,4,6- Tripiridil - Triazina Férrica(TPTZ).....	64
Figura N° 18 Estructura química del radical libre metaestable DPPH	65

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica N° 1 Relación del contenido de ceniza expresado en base seca de mango fresco y liofilizado.....	71
Gráfica N° 2 Relación del contenido de grasa expresado en base seca de mango fresco y liofilizado.....	72
Gráfica N° 3 Relación del contenido de proteína expresado en base seca de mango fresco y liofilizado.....	73
Gráfica N° 4 Relación del contenido de acidez expresado en base seca de mango fresco y liofilizado.....	74
Gráfica N° 5 Relación del contenido de carbohidrato expresado en base seca de mango fresco y liofilizado.....	75
Gráfica N° 6 Relación del contenido de vitamina C expresado en base seca de mango fresco y liofilizado.....	76
Grafica N° 7: Curva de calibración- Método de carotenoides totales.....	77
Grafica N°8 Curva de Calibración - Método Frap.....	79
Gráfica N° 9 Curva de Calibración - Método ABTS	80

ABREVIATURAS

R.L: Radicales libres

ABTS: Acido 2,2'- azinobis (3-etilbenzotiazolina)-6-sulfonico

DPPH: Método de neutralización del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracil.

FRAP: Ferric ion Reducing Antioxidant Power/Capacidad para Reducir el Hierro Férrico

TPTZ: 2,4,6- Tripiridil-Triazina Férrica

Trolox: Análogos a la vitamina E

UV: Ultravioleta

Vis: Visible

SET: Transferencia de electrones simples

HAT: Transferencia de átomos de hidrogeno

AOAC: Association of Official Analytical Chemist

FAO: Organización para la Alimentación y la Agricultura.

NTP: Norma Técnica Peruana

RESUMEN

El mango, *Mangifera indica* L., es una de las frutas tropicales que destaca por su particular sabor y aroma, tiene amplia aceptación, creciente demanda y razonables precios en los mercados internacionales.

El objetivo de este trabajo de investigación es conocer los efectos del procesamiento de liofilización en las diferentes variedades iqueñas de mango: Chato, Rosado, Carne y Chupar adquiridas en los mercados de la ciudad de Ica.

Se evaluó la composición química proximal y la capacidad antioxidante de la pulpa de mango fresca y liofilizada comparando luego los valores obtenidos.

Los análisis mostraron que no hay diferencias en el rendimiento ($P \leq 0,05$) de pulpa para 3 de los 4 cultivares evaluados (carne, chato, rosado), con un promedio de 66 %, la variedad chupar tuvo menor rendimiento con 57.4%; en cuanto al liofilizado mostró menor rendimiento la variedad chato 32.5% y mayor de chupar con 37,5 %; en el análisis proximal en fresco el rosado tuvo mayor sólidos solubles con 22.2%; mientras que en el liofilizado de chupar mostró mayor carbohidratos con 89.9 %; en cuanto a contenidos de compuestos bioactivos en el liofilizado el rosado y carne tuvieron mayor contenido de vitamina C con 272 y 273 mg/100 respectivamente al igual que para contenido de carotenoides totales con 645 y 122 mg/100g, en cuanto a

la actividad antioxidante por los métodos FRAP y ABTS presentaron mayor la variedad de carne y rosado.

Al expresar los resultados en base seca de la fruta fresca y liofilizada se puede observar diferencia en solo 2 de los parámetros observados como son: un notorio incremento de la acidez y una considerable disminución en el contenido de carotenoides totales en las muestras liofilizadas.

Palabras Claves: Mangifera indica L., liofilización, variedades, compuestos bioactivos, carotenoides, capacidad antioxidante.

SUMMARY

The Mango, *Mangifera indica* L., is a tropical fruit that stands out for its particular flavor and aroma, has wide acceptance, growing demand and reasonable prices in international markets.

The objective of this research is to know the effects of processing of freeze-drying in different varieties of mango: Chato, pink, flesh and suck in the markets of the city of Ica.

Evaluated the composition proximal chemical and antioxidant capacity of freeze dried and fresh mango pulp then comparing values obtained. Analyses showed no difference in performance ($P \leq 0,05$) pulp for 3 of 4 cultivars evaluated (meat, chato, pink), with an average of 66 percent, the variety sucking had reduced performance with 57.4%; as for the lyophilized showed lower yield variety chato 32.5% and largest in suck with 37.5%; in the proximal fresh Rosé had higher soluble solids with 22.2%; While in the lyophilized suck showed higher carbohydrate 89.9%; with regard to content of bioactive compounds in the lyophilized pink and meat had highest content of vitamin C with 272 and 273 mg/100 respectively as well as total carotenoid with 645 and 122 mg / 100 g, in terms of the antioxidant activity by FRAP and ABTS methods presented greater variety of flesh and pink.

Express the results in dry basis of freeze dried and fresh fruit you can see difference in only 2 of the parameters observed such as: a noticeable increase of acidity and a considerable decrease in the content of total carotenoids in the freeze-dried samples.

Key words: *Mangifera indica* L., freeze-drying, varieties, bioactive compounds, carotenoid, antioxidant activity.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) se encuentra entre las frutas preferidas por la población en el país, entre las variedades iqueñas tenemos al *mango rosado*, *mango chato*, *mango de carne*, *mango de chupar* de comercio interno en nuestro país, los cuales tiene un alto contenido en agua, proteínas, fibra, minerales, azúcares, así como también vitamina C que actúa como antioxidante, y su pigmento natural se debe a la presencia de carotenoides.^{1,2,3,4}

En el Perú se exportan el mango Chato de Ica, el mango Rosado de Ica, las cuales son orientadas principalmente a la producción de pulpa y jugos concentrados y exportados a Europa.⁵

En el 2013 la producción nacional de mango alcanzó un incremento de 196.5 por ciento en comparación con el mismo mes del año pasado, según INEI. Concentrándose en el departamento de Piura el 64,4% de la producción total de mango. Con un superávit en Ica de 29,2 por ciento.^{6,7,8,9,10}

El consumo fresco del mango puede ser aprovechado de diversas formas, su disponibilidad se concentra en determinadas épocas durante el año por ello es considerado un fruto estacional y perecedero; este hecho debe constituir un incentivo para su conservación, lo cual permitiría dar la posibilidad del consumo del producto en la época en que la fruta fresca no se consigue.¹¹

De allí parte la importancia de generar alternativas que prolonguen la vida útil, tal como es el proceso de liofilización que es el procedimiento de deshidratación más confiable en la conservación de las características sensoriales y nutricionales de un producto alimenticio, gracias al uso de bajas temperaturas y condiciones especiales de vacío.^{11,12}

Razón por la cual se realizó el presente trabajo de investigación considerando lo anteriormente mencionado, nos planteamos el siguiente problema de investigación: ¿De qué manera el procesamiento de liofilización en las variedades de mango afecta la composición y la capacidad antioxidante?

1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:

Se han realizado investigaciones anteriores relacionadas en algunos aspectos de las variables de nuestra investigación, las cuales se detallarán a continuación:

Marín, L. Cáceres, J. (2013) **“ALGUNOS ASPECTOS TÉCNICOS SOBRE LA LIOFILIZACIÓN DE PULPA DE COCONA (SOLANUM SESSILIFLORUM DUNAL)”** Concluyeron: La pulpa de cocona fresca presentó valores porcentuales de humedad 93,61; proteína 0,59; extracto etéreo 0,43; cenizas 0,45 y carbohidratos 4,92. La pulpa de cocona liofilizada presentó comportamiento higroscópico y valores porcentuales de humedad 5,14; proteína 7,55; extracto etéreo 4,64; cenizas 7,56 y carbohidratos 75,11. La solubilidad en agua fue de 84,33 %. Con respecto a la pulpa original

(fresca), en la reconstituida hubo disminución del contenido de azúcares reductores, el pH e incremento de la acidez titulable. Realizar una optimización del proceso de liofilización variando condiciones en la congelación, sublimación, desorción, y ensayos de estimación del tiempo de vida útil de la pulpa de cocona liofilizada.¹³

Huaraca, A. (2011). **“EVALUACIÓN NUTRITIVA Y NUTRACÉUTICA DE LA FRUTILLA (*Fragaria vesca*) DESHIDRATADA POR EL MÉTODO DE LIOFILIZACIÓN Y COMPARACIÓN CON LA OBTENIDA POR DESHIDRATACIÓN EN MICROONDAS”** Concluyeron que la liofilización es mejor mientras menor sea el espesor de la fruta, obteniéndose mejores resultados a 3mm, puesto, que es más fácil la eliminación de la humedad. El análisis sensorial determina que la liofilización no solo mantiene las características sensoriales de los alimentos sino que las intensifica. Conserva la mayor cantidad de sus componentes, dándole valor agregado en calidad e inocuidad. Determinaron que los indicadores: vitamina C y antocianos al ser compuestos fácilmente degradables disminuyen en bajo porcentaje en comparación con los valores de la frutilla fresca.¹⁴

Amores, D. (2011). **“EVALUACIÓN NUTRITIVA Y NUTRACEÚTICA DE LA MORA DE CASTILLA (*Rubus glaucus*) DESHIDRATADA POR EL MÉTODO DE LIOFILIZACIÓN Y COMPARACIÓN CON LA OBTENIDA POR DESHIDRATACIÓN EN MICROONDAS Y SECADOR EN BANDEJAS”** Al realizar la comparación experimental de datos, físicos y químicos de la mora fresca y liofilizada, se determinó que en mora entera

lío­filizada a 144 horas, existen pérdidas mínimas de nutrientes, conservando de esta manera su color, sabor y aroma característicos. A nivel microbiológico se establece que en mora entera lío­filizada, existe menor incidencia de contaminación por mohos y levadura, debido a la disminución de humedad al 2% y pH menos ácido. Al comparar los valores físico-químicos y % de pérdidas de vitamina C y Antocianos de los 3 métodos de deshidratación (microondas, bandejas y lío­filización), evidenciamos que el tratamiento de secado que mejor conserva los parámetros antes mencionados es la deshidratación por lío­filización, debido principalmente al uso de bajas temperaturas.¹⁵

Ramírez, R. *et. al.* (2010) **“CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE FRUTOS DE TRECE CULTIVARES DE MANGO (*Mangifera indica* L) EN EL MUNICIPIO MARA EN LA PLANICE DE MARACAIBO”**. La variedad Sprinfels, presentó los mayores promedios, peso de la pulpa, peso de la semilla, las variedades Criollo de Mara y Manzana obtuvieron las mayores relaciones de pulpa/fruto. Las variedades Criollo de Mara, Kent y Carrusell, presentaron los promedios más altos para los sólidos solubles totales (Brix), mientras que las variedades Sprinfels, y Haden, obtuvieron los mayores promedios para la acidez titulable y la variedad Criollo de Mara obtuvo el mayor promedio para la acidez iónica (pH).¹⁶

Perkins, P. (2007) **“ACTUALIZACIÓN: EXPLORANDO LOS FITOQUÍMICOS DEL MANGO IMPORTADO”**. Concluyó que todas las variedades de mango excedieron el 20% del valor diario recomendado para vitamina C (porción equivalente a un mango mediano), calificando a la fruta como “fuente excelente” de la vitamina. El contenido de beta caroteno del mango utilizado en este estudio fue del 33% al 103% del valor diario recomendado para la provitamina A, calificando al mango como –“fuente excelente”– de vitamina A. La variedad Ataulfo cultivada en México se clasificó como la más alta tanto en vitamina C (ácido ascórbico) como beta caroteno. De hecho, la pulpa dorada de este mango es “excepcional” en términos de los niveles de vitamina C. La variedad popular Tommy Atkins mostró los niveles más bajos de vitamina C y betacaroteno.¹⁷

Vega, R. (2005) **“LIOFILIZACIÓN DE PULPA DE *Myrciaria dubia* HBK MC VAUGH, CAMU CAMU”**. Los procesos de liofilización fueron efectuados con pulpa de camu camu entera y sin concentrar, a temperaturas de -40, -50 y -60°C, habiendo obtenido concentraciones de ácido ascórbico de hasta 20 383,80 mg % y mejor coloración, con -40 °C. Los productos obtenidos a -50 y -60 °C, presentan menores concentraciones de ácido ascórbico, variando de color hasta un rosado anaranjado. La cantidad final de humedad del producto fue de 2% en promedio.¹⁸

Marulanda, J. (2002). **“DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE CALENTAMIENTO Y EVALUACIÓN SENSORIAL EN LA ELABORACIÓN DE PULPA LIOFILIZADA DE MANGO VARIEDAD TOMMY ATKINS”**

concluyeron que entre más corto sea el ciclo de liofilización y menores las temperaturas empleadas, menor va hacer la perdida de compuestos aromáticos y el costo energético del procedimiento. Utilizando un ciclo de liofilización de 4,5 horas siendo corto y eficiente obteniendo una humedad de 88,83% a 1,5%. En la conservación de aromas, ocasiona un incremento en el dulzor de la pulpa reconstituida, posiblemente por la migración de los ácidos con el agua sublimada, los cuales más volátiles que los azúcares y enmascaran éstos en la pulpa sin liofilizar. Existe además una pequeña diferencia de color entre la pulpa de mango y la pulpa liofilizada reconstituida que es un poco más oscura, lo cual evidencia algo de caramelización, lo que da un incremento adicional al dulzor. ¹²

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

1.2.1. Objetivos generales:

- Determinar los efectos del procesamiento de liofilización en variedades de mango de Ica sobre la composición y la capacidad antioxidante.

1.2.2. Objetivos específicos:

- Determinar la composición química proximal de las variedades de mango fresco y liofilizado.
- Determinar la capacidad antioxidante de las variedades de mango fresco y liofilizado.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. MANGO

2.1.1. Taxonomía

De acuerdo a la clasificación taxonómica el mango se ubica de la siguiente manera¹⁹:

Clase: Dicotiledóneas

Subclase: Rosidae

Orden: Sapindales

Suborden: Anacardiineae

Familia: Anacardiaceae

Género: Mangifera

Especie: Mangifera indica



Fig. 1. Mango Iqueño

2.1.2. Origen

Nativa del sudeste asiático, de los bosques en los Montes Himalaya de la India (donde todavía se encuentran tipos de mango al estado silvestre), la parte oeste de Birmania; de donde se extendió a Vietnam, Indonesia, Ceilán y Pakistán.

El mango fue introducido a América, por los portugueses y españoles. Los primeros lo llevaron a Brasil y los segundos de Filipinas a México de donde se distribuyó a varios lugares en el Caribe.

Al Perú llegó a partir del siglo XVIII, iniciando los cultivos denominados “criollo” o “regional”. Las variedades rojas que se cultivan en la costa del país, llegaron a inicios de la década del 60, procedentes de EE.UU. por la acción de la estación Experimental Agrícola La Molina de donde se llevó a Piura.²⁰

2.1.3. Descripción botánica: características de la planta y el fruto

El mango es una especie tropical arbórea de hojas perennes, que puede alcanzar entre 10 o 40 m. de altura; de tronco generalmente recto, con ramas altas y largas que le dan una forma globulosa al árbol (los árboles injertados son generalmente más pequeños). Las hojas son de forma lanceolada de unos 25 cm. de largo, de color verde oscuro y consistencia algo coriácea, con un peciolo corto. En cuanto a sus raíces estas son profundas (entre 6 y 8 m. y lateralmente hasta 10 m. del tallo) lo que le da una gran resistencia a la sequía y tolerancia a las sales.

Este presenta varias brotaciones durante el año, de las que se generan yemas. Por lo general, de las yemas terminales de las

ramillas se forman inflorescencias. La inflorescencia es una panícula larga, de forma piramidal ramificada que puede tener hasta 8000 flores individuales, que pueden ser perfectas y estaminadas. Las flores perfectas son pocas y aparecen durante los 10 primeros días de la floración, debido a esto solo un porcentaje reducido desarrolla frutos, aproximadamente 1%, debido a fallas en la polinización y por la caída prematura de frutos. La floración por lo general se da en los meses de junio a septiembre, dependiendo de las variedades.

El fruto del árbol es una drupa de variadas formas de acuerdo con el cultivo, que contiene un carozo duro. La pulpa (que es la parte comestible) puede ser firme o acuosa, con o sin fibras, de color amarillo o anaranjado y de sabor variable. Las variedades mejoradas presentan fibras más cortas en el carozo. La cáscara del fruto es de un grosor variable. El peso del fruto a la madurez varía entre 100g hasta 2kg por unidad.²⁰

2.1.4. Características del fruto en el Perú

Para los conocedores el mango peruano es el mejor de todos, debido a que se produce en un trópico seco donde no hay lluvias y el cultivo se maneja a voluntad. La fruta tiene mejor color, más sólidos totales, más dulzura y menos trementina en la cáscara, llegando al mercado

sin manchas de antracnosis, que es un problema muy frecuente en las zonas en donde la producción se realiza bajo lluvia.²⁰

La excelente calidad del mango peruano ha hecho posible su ingreso a mercados exigentes. Esto se debe principalmente por su buena coloración, su textura y solidez. Estas características las hacen más valoradas que los mangos de Ecuador o Brasil.²¹

2.1.5. Variedades

En la actualidad se reconocen en el mundo más de mil variedades. Desde el punto de vista comercial existen más de quinientas variedades con un mercado muy competitivo por lo que se adelantan nuevas estrategias de ampliación de destinos para el producto, tecnologías aplicadas a la conservación y procesamiento de la fruta.²²

Según Popenoe¹⁹ se dan dos grupos básicos de mangos:

- Los de origen indio (monoembríonicos), que se caracterizan por tener un marcado sabor a trementina, por ser dulces y tener bajo contenido de ácidos; el color y la longitud de la fibra son variables y la piel es de color rojo.^{19,22}
- Los de origen Filipinos e indochino (poliembriónicos) que son bastante dulces, no tienen fibra, tienen un bajo sabor a trementina y son de piel color verde – amarillenta.^{19,22}

En el Perú se cultivan dos tipos de mangos: las plantas francas (no injertadas y poliembriónicas) y las variedades mejoradas (injertadas y monoembriónicas).^{5,20}

Tabla N° 1 Variedades injertadas o monoembriónicas

Variedades Injertadas o monoembriónicas	Tamaño	Forma	Color	Sabor	Cosecha
Kent	Grande (500 a 800 g)	Forma ovalada orbicular	Amarillo anaranjado o con chapa rojiza a la madurez	Agradable	Fines de diciembre
Haden	Medio grande (380 a 700 g)	Forma ovalada	Color rojo-amarillo, con chapa rojiza	Agradable	Fines de noviembre
Tommy atkins	Grande (600 g)	Forma oblonga, oval	Color rojo intenso	No agradable en cuanto al sabor	Comienzo de diciembre
Edward	Grande (500 a 800g)	Ovalada orbicular	Amarillo anaranjado o	Agradable	Fines de octubre o inicios de noviembre

Fuente: AGROBANCO – INIA

Estas variedades de mangos son las preferidas por los principales importadores y son exportadas en estado fresco, se cosechan durante el primer y último trimestre del año en la costa norte del Perú.^{4,23}

Tabla N° 2 Variedades no injertadas o poliembriónicas

Variedades No Injertadas o Poliembriónicas	Tamaño	Forma	Color	Sabor	Cosecha
Chato	Grande	Notablemente aplanada en un extremo	Amarillo Anaranjado o con chapa rojiza	Agradable	Dic-febr.
Carne	Grande	Oval	Amarillo	Agradable	Febr.-marzo
Rosado	Grande	Redondo con una abertura al medio	Amarillo	Agradable	Febr.-marzo
Chupar	Pequeño	Oval	Amarillo	Agradable	Marzo-abril

Fuente: los autores

Siendo utilizados el “chato” y “rosado” de Ica para la elaboración de Pulpa y Jugos concentrados, los cuales son exportados al mercado europeo principalmente.^{5,20}

2.1.6. Propiedades nutricionales del mango

El mango presenta un bajo contenido calórico, debido a su moderado contenido de carbohidratos. Contiene un adecuado aporte de minerales como potasio, calcio y magnesio. En cuanto a las vitaminas, los frutos maduros son una importante fuente de provitamina A, vitamina C y betacarotenos. También es una fuente importante de vitamina E y folatos, y en menor medida otras vitaminas como B2 y niacina. Entre los minerales que contiene el mango

destacan el potasio y el magnesio, aunque presenta pequeñas cantidades de hierro, fósforo y calcio, siendo una buena fuente de estos nutrientes. De igual manera, constituyen un gran aporte de proteínas, grasas, fibras solubles (pectinas), ácidos orgánicos (cítrico y málico) y taninos.²⁴

- Por su alto contenido en agua y potasio es diurético.²⁵
- Por su contenido en fibras puede resultar laxante si se excede su consumo.²⁵
- Por todos estos motivos es una fruta que en cantidades adecuadas es útil en la alimentación de personas con diabetes, dislipidemias (colesterol y triglicéridos elevados), hipertensión y sobrepeso.²⁵

Tabla N° 3 Composición Química del Mango (Contenido en 100gramos)

Componentes mayores (g.)	
Calorías	60.00
Agua	83.00
Proteínas	0.40
Grasa	0.20
Carbohidratos	15.90
Minerales (mg)	
Fibra	1.00
Ceniza	0.50
Calcio	17.00
Fósforo	15.00
Hierro	0.40
Vitaminas (mg)	
Caroteno (ug)	1.03
Tiamina	0.03
Riboflavina	0.11
Niacina	0.39
Ácido Ascórbico	24.80

Fuente: Tabla De Alimentos 2009

2.1.7. Exportación del Mango en el Perú

Según información estadística de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2010) la India fue el principal productor de mango en el mundo con el 42% de la producción total. Le sigue en importancia China y Tailandia con una producción total en un 11% y 7% respectivamente. Un país latinoamericano ocupa el quinto lugar entre los principales países productores, México. Asimismo, el Perú se encuentra en el puesto 15 a nivel mundial con una producción que representa el 1.18% de la producción mundial.²¹

Según información estadística de la Cámara de Comercio Internacional (CCI, 2010), en el año 2010 el principal exportador a nivel mundial fue México con una participación aproximada del 19%, mientras que India ocupa el segundo lugar con el 13% del total. El Perú ocupó la sexta posición de exportación de mango a nivel mundial en el año 2010.²¹

Según INEI en febrero de 2013, la producción de mango a nivel nacional registró 119 mil 190 toneladas y superó en 196,5% al volumen reportado en febrero del año pasado, debido a las mayores superficies cosechadas.⁶

Durante el mes de análisis, el departamento de Piura concentró el 64,4% de la producción total de mango a nivel nacional al aumentar en 66 mil 111 toneladas, lo que significa un incremento de 617,6%, respecto al mismo mes del año pasado. También subió la producción en Cusco (94,8%), Lambayeque (65,9%), Lima (49,0%), Moquegua (42,4%), Ica (29,2%), Junín (13,2%), Huánuco (11,4%), Loreto (9,6%), Arequipa (7,6%) y La Libertad (0,7%). Sin embargo, decreció en Amazonas (-71,8%), Cajamarca (-59,2%), Huancavelica (-37,5%), Pasco (-16,7%), Áncash (-5,8%), San Martín (-2,0%) y Ayacucho (-0,7%).⁶

El mango peruano se encuentra bien posicionado en el mercado internacional, con buenos niveles de aceptación y tiene la oportunidad que a través de este reconocimiento estar dentro de los grandes exportadores mundiales.²¹

2.1.8. Cadena Productiva de Mango en Ica

En la región Ica, el cultivo del mango se adapta muy bien por la calidad de sus suelos y climas que siendo muy promisorios su desarrollo de este frutal ya que viene incrementándose poco a poco su producción, vía comercialización en los principales mercados del país sobre todo de la variedad criolla rosado y de carne, así mismo se está incrementando el mango de la variedad KENT para Exportación

en la Provincia de Palpa generando puestos de trabajo en el mercado interno.²⁶

El mango es un cultivo estratégico que forma parte de la política de sustitución de cultivos tradicionales en estas Provincias de Palpa, Nazca e Ica (algodón, maíz amarillo duro y menestras), para lo cual se viene trabajando en acciones de sensibilización, bajo enfoque de cadenas productivas, siendo indispensable continuar el proceso que permita mejorar su competitividad y se constituya como una alternativa real que sustituya los cultivos mencionados.²⁶

2.2. LIOFILIZACION

2.2.1. Historia de la liofilización.

El proceso de liofilización tiene sus orígenes en el Imperio Inca, en el altiplano andino a 4000 metros sobre el nivel del mar. Allí los pobladores realizaban y continúan realizando un producto denominado Chuño, resultado de la deshidratación de la papa. La técnica consiste en dejar las papas cosechadas sobre el suelo, de manera que durante la noche se congelen como consecuencia de las muy bajas temperaturas, y durante el día el sol, el viento seco produzcan el cambio de estado del agua (desde el sólido al vapor sin mediar la fase líquida). Con el paso de los años se desarrolló industrialmente esta técnica de conservación que integra dos métodos confiables: la congelación y la deshidratación. El desarrollo comercial

de este proceso se produjo durante la Segunda Guerra Mundial, donde se utilizó para conservar plasma sanguíneo y en la preparación de los primeros antibióticos de penicilina. Actualmente se aplica en industrias farmacéuticas, en la industria química, en la industria alimentaria, entre otros. Se comercializan liofilizados tanto como ingredientes industriales como para el consumidor en general, ampliándose así el mercado de estos productos de alto valor agregado.²⁷

2.2.2. Definición de liofilización

La liofilización es un proceso de secado mediante sublimación. Se ha desarrollado con el fin de reducir las pérdidas de los compuestos responsables del sabor y el aroma en los alimentos, los cuales se pierden durante los procesos convencionales de secado.²⁸

Consiste en el congelado del producto y se remueve el hielo aplicando calor en condiciones de vacío, de esta forma el hielo sublima evitando el paso por la fase líquida.²⁷

El cambio de fase de sólido a gas o sublimación, debe realizarse en condiciones de presión y temperatura menores a las del punto triple (punto en el que conviven los tres estados de la materia), ya que por debajo de éste no existe la fase líquida. En el caso del agua el punto triple se encuentra a 4,58 Torr y 0,008 °C. Por ejemplo si se tiene agua congelada, al calentarla a una presión menor a la de dicho punto el hielo sublima.²⁷

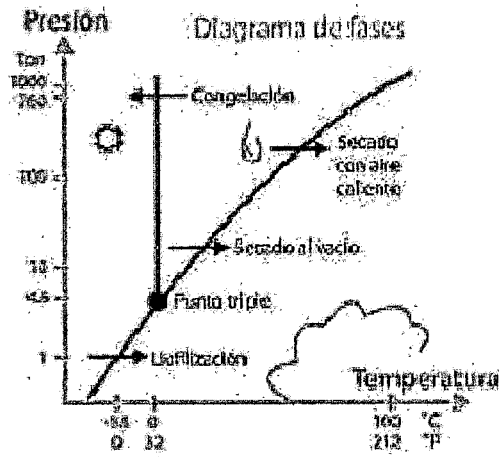


Fig. N° 2 Diagrama de cambio de estado de la materia

2.2.3. Etapas del proceso de liofilización

El proceso de liofilización consta de tres partes:

- 1.- Congelación previa.
- 2.- Sublimación (secado primario)
- 3.- Evaporación o desorción (secado secundario)

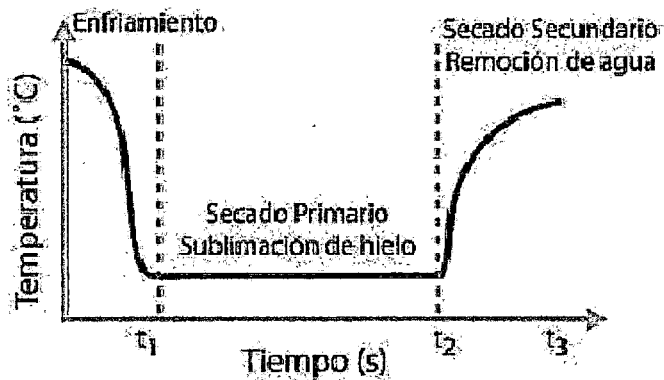


Fig. N° 3 Etapas del proceso de liofilización en un alimento.

2.2.3.1. Congelación previa

Se lleva a cabo en congeladores independientes (separados del equipo liofilizador) o en el mismo equipo. El objetivo es congelar el agua libre del producto. Para ello se trabaja a temperaturas entre -20 y -40°C. Para la optimización de este proceso es fundamental conocer y controlar:

- La temperatura en la que ocurre la máxima solidificación.
- La velocidad óptima de enfriamiento.
- La temperatura mínima de fusión incipiente.

Con esto se busca que el producto congelado tenga una estructura sólida, sin que haya líquido concentrado, de manera que el secado ocurra únicamente por sublimación. En los alimentos se pueden obtener mezclas de estructuras luego de la congelación, que incluyen cristales de hielo eutécticos, mezclas de eutécticos y zonas vítreas amorfas. Estas últimas se forman por la presencia de azúcares, alcoholes, cetonas, aldehídos y ácidos, así mismo como por las altas concentraciones de sólidos en el producto inicial.²⁷

VELOCIDAD DE CONGELACIÓN	
CONGELACIÓN RÁPIDA	CONGELACIÓN LENTA
<ul style="list-style-type: none"> -La temperatura de los alimentos desciende aproximadamente unos 20°C en 30 minutos. -Cristales pequeños. -Al rehidratarse conservan textura y sabor original. -Apariencia clara del producto seco. -Se aplica en alimentos sólidos, ya que evita la ruptura de la membrana o pared celular y estructuras internas. 	<ul style="list-style-type: none"> -La temperatura deseada se alcanza en 3 a 72 horas (aparatos domésticos de congelación). -Cristales grandes. En su formación causan ruptura de la membrana o pared celular y estructuras internas. -Al hidratarse presentan textura y sabor diferente al original. -Apariencia oscura del producto seco. -Se aplica en líquidos, ya que la formación de cristales grandes favorece la presencia de canales para el movimiento del vapor de agua.

2.2.3.2. Sublimación

Es el proceso que consiste en el cambio de estado de la materia sólida (agua congelada libre) al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido. El material congelado se somete a la acción del vacío produciéndose la sublimación. En esta etapa del proceso son dos los puntos críticos que deben considerarse con especial atención.

En primer lugar hay que tener en cuenta un fenómeno de transferencia térmica, ya que la sublimación es un fenómeno endotérmico, es necesario durante el proceso proporcionar calor a la masa congelada. Si este calentamiento no se efectúa, se producirá un sobre enfriamiento de esta, dificultándose la sublimación.

El otro punto crítico a tener en cuenta lo constituye la transferencia de masa y se refiere a la eliminación del vapor de agua que se produce en la sublimación. Para que la sublimación se produzca en buenas condiciones todo el material debe estar congelado, por lo tanto al aportar calor durante el proceso es importante, evitando que se funda la masa, lo que podría producir alteraciones.

Se comprenderá entonces la importancia de conocer la temperatura hasta la cual se puede calentar el material sin que se funda, es decir la temperatura del producto no debe pasar el punto de eutexia en todo el proceso de secado primario.

La sublimación se llevara a cabo en mejores condiciones si la masa sublimada es de una superficie amplia y de poco espesor. De allí que la técnica de congelamiento del producto adquiera gran relevancia.²⁹

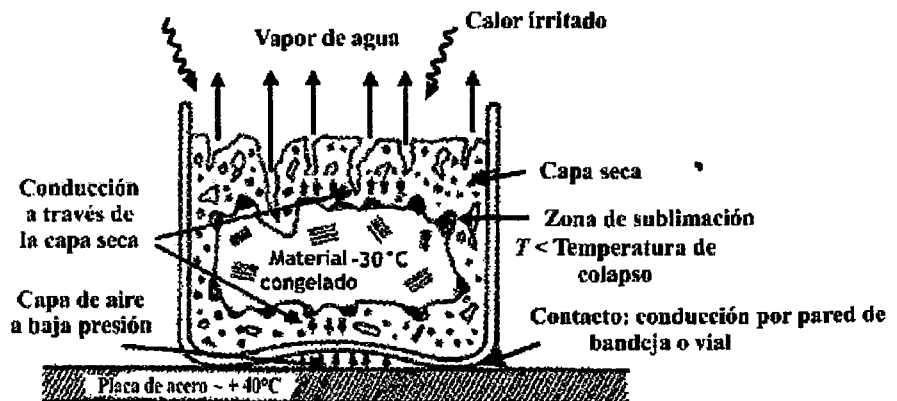


Fig. N° 4 Secado por sublimación en el que se muestra las resistencias a los distintos mecanismos de transferencia de calor.

2.2.3.3. Evaporación o desorción

La última etapa del proceso de liofilización, se trata de la desecación secundaria del producto por medio de desorción. Esta consiste en evaporar el agua no congelable, o agua ligada, que se encuentra en los alimentos; logrando que el porcentaje de humedad final sea menor al 2%. Como en este punto no existe agua libre, la temperatura de las bandejas puede subir sin riesgo de que se produzca fusión. Sin embargo, en esta etapa la presión disminuye al mínimo, por lo que se realiza a la máxima capacidad de vacío que pueda alcanzar el equipo. Es importante, finalmente, controlar el contenido final de humedad del producto, de manera que se corresponda con el exigido para garantizar su estabilidad.²⁹

Transferencia de masa y calor durante la liofilización

Durante el proceso de liofilización suceden dos procesos:

- Transferencia de vapor de agua desde el frente de hielo a través de la capa seca hasta la zona calefactora por difusión.
- Transmisión del calor desde la zona calefactora a la superficie del hielo a través de la capa seca o liofilizada por conducción.³⁰

Por lo tanto hay una transferencia simultánea de calor y de masa.

Durante la etapa de liofilización coexisten dos capas bien diferenciadas en el producto sometido a secado:

- Una capa congelada y con toda el agua inicial presente, y otra, ya deshidratada y separada de la anterior por la denominada superficie de sublimación del hielo. Esta superficie no está perfectamente definida, sino que es un frente difuso de sublimación.³⁰

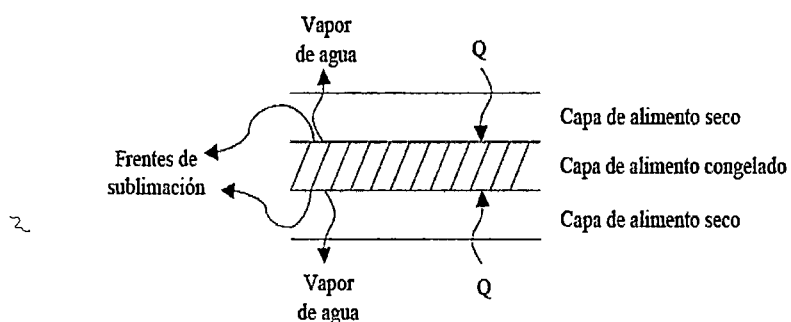


Fig. N° 5 Capas de la liofilización en un alimento.

Al final del proceso, obtenemos un alimento integro, que conserva su color, aroma y permanece con su forma original. Sin embargo presenta poros debido a la ausencia de agua.

2.2.4. Ventajas y desventajas del proceso de liofilización

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Valorización y potenciación de las producciones primarias. • Ausencia de temperaturas altas, por lo que previene el daño térmico. • Conservación, fácil transporte y almacenamiento de los productos. • Inhibición del crecimiento de microorganismos, estabilidad microbiológica. • Recuperación de las propiedades del alimento al rehidratarlo. • Ausencia de aditivos y/o conservantes. • Mantenimiento del valor nutricional del alimento. • Empleo de vacío, estabilidad química. 	<ul style="list-style-type: none"> • Largo tiempo de procesamiento. • Alto consumo de energía, en algunos casos. • Costo de inversión inicial alto.

Fuente: Tecnologías para la Industria Alimentaria. Liofilización de alimentos

2.3. CONTROL DE CALIDAD Y COMPUESTOS BIOACTIVOS

2.3.1. Análisis Químico Proximal

2.3.1.1. Humedad

Todos los alimentos contienen agua en mayor o menor proporción. Las cifras de contenido de agua varían entre un 60 y un 95% en alimentos naturales. El contenido de humedad de los alimentos es de gran importancia por muchas razones científicas, técnicas y económicas, pero su determinación precisa es muy difícil.

El agua se encuentra en los alimentos esencialmente en dos formas, como agua enlazada o agua libre; el agua enlazada incluye moléculas de agua unidas de forma química, o a través de puentes de hidrógenos a grupos iónicos o polares, mientras que el agua libre es la que no está físicamente unida a la matriz del alimento y se puede congelar o perder con facilidad por evaporación o secado. Puesto que la mayoría de los alimentos son mezclas heterogéneas de sustancias, contiene proporciones variables de ambas formas.³³

2.3.1.2. Cenizas

La ceniza de un producto alimentario es el residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica. La ceniza obtenida no tiene necesariamente la misma composición que la materia

inorgánica del alimento original, ya que puede haber pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los componentes.³³

2.3.1.3. Grasa

Los constituyentes grasos de los alimentos son diversas sustancias lípidas. El contenido de “grasa” (algunas veces llamado extracto etéreo, grasa neutra o grasa cruda), el cual puede ser considerado como formado de constituyentes lípidos “libres” es aquel que puede ser extraído por los disolventes menos polares, como fracciones ligeras del petróleo y éter etílico, mientras que los lípidos “enlazados” requieren disolventes más polares para su extracción. Estos pueden separarse por hidrólisis u otros tratamientos químicos para obtener el lípido libre, de aquí que la cantidad de lípidos extraído de un producto alimenticio dependan del método de análisis usado.³³

2.3.1.4. Proteína

Las proteínas de los alimentos contienen aminoácidos, los cuales poseen diversos grupos funcionales y, por lo tanto, efectúan una amplia variedad de reacciones químicas. Debido a que los alimentos contienen mezclas de proteínas, los métodos para la determinación directa de proteínas deben calibrarse contra un método estándar de referencia para nitrógeno, como el método Kjeldalh.³³

2.3.1.5. pH

El pH se puede definir como el logaritmo común del número de litros de solución que contienen el equivalente de 1 g de ión hidrógeno.³³

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Asimismo el pH es una medida que expresa el grado de acidez o basicidad de una solución en una escala que varía entre 0 y 14. La acidez aumenta cuando el pH disminuye. Una solución con un pH menor a 7 se dice que es ácida, mientras que si es mayor a 7 se clasifica como básica. Una solución con pH 7 será neutra.³⁴

2.3.1.6. Acidez

La mayoría de las frutas son particularmente ricas en ácidos orgánicos que están usualmente disueltos en la vacuola de la célula, ya sea en forma libre o combinada como sales, ésteres, glucósidos, etc. La acidez libre (acidez titulable) representa a los ácidos orgánicos presentes que se encuentran libres y se mide neutralizando los jugos o extractos de frutas con una base fuerte, el pH aumenta durante la neutralización y la acidez titulable se calcula a partir de la cantidad de base necesaria para alcanzar el pH del punto final de la prueba.³⁵

2.3.1.7. Sólidos solubles (grados Brix)

Constituyen un parámetro empleado comúnmente en el análisis de alimentos y bebidas, en especial en las áreas de frutas y vinos. Se definen como todas aquellas sustancias que normalmente se presentan en estado sólido bajo condiciones ambientales pero que en ciertas circunstancias pasan a formar parte de una solución. Son ejemplos de ellos los azúcares y las sales. Por lo tanto, siempre que se hace referencia a los "Sólidos Solubles", inevitablemente estará implicada la presencia de una solución.

Grados Brix: Representan el % de sacarosa determinado en el jugo del fruto. Se mide utilizando un brixómetro o un refractómetro para grados brix, las lecturas registradas están dadas a la temperatura indicada por estos instrumentos.³⁵

2.3.1.8. Carbohidratos

Los carbohidratos son compuestos orgánicos constituidos por carbono, hidrogeno y oxígeno, y pueden ser moléculas simples o complejas. Los carbohidratos importantes de los alimentos incluyen azúcares simples, dextrinas, almidones, celulosas, hemicelulosas, pectinas y gomas. Son una fuente importante de energía o fibra en la dieta y son también constituyentes importantes de los alimentos debido a sus propiedades funcionales.

2.3.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS

2.3.2.1. Vitamina C

La Vitamina C o ácido ascórbico, fue descubierto por Szent-Gyorgyi y Haworth en 1933 a partir del escorbuto (enfermedad debido a la falta de Vitamina C); químicamente es conocido como L-ácido ascórbico³⁷. Es un importante antioxidante hidrosoluble que actúa potenciando el efecto de otros antioxidantes como vitamina E y selenio, no se sintetiza en el organismo por lo que debe ser aportado en la dieta. Sus principales funciones son neutralizar el oxígeno singlete (O_2), capturar radicales hidroxilos y aniones superóxido y regenerar la forma oxidada de la vitamina E una vez que ha reaccionado con R.L.⁴²

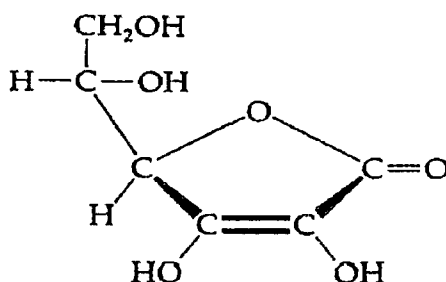


Fig. N° 6 Estructura de la molécula de ácido ascórbico

La estabilidad de la vitamina C es importante porque es la más lábil de las vitaminas de los alimentos, siendo esta un índice de factor de calidad en alimentos procesados. La mayor pérdida se produce durante el procesamiento y el almacenamiento debido a la oxidación.³⁷

2.3.2.2. Carotenoides

Los carotenoides o tetraterpenoides son una clase de pigmentos terpenoides con 40 átomos de carbono derivados biosintéticamente a partir de dos unidades de geranilgeranilpirofosfato, en su mayoría son solubles en solventes apolares y de coloraciones que oscilan entre el amarillo (por ejemplo el β -caroteno) y el rojo (por ejemplo el licopeno).³⁸

Los pigmentos carotenoides son responsables del color de la pulpa y piel del mango. Los carotenoides presentan diversos roles en funciones biológicas en animales y plantas, incluyendo actividad provitamina A, comunicación celular, mejoramiento de la función inmune, protección de la piel contra rayos UV y contra daño oxidativo. Los carotenoides del mango se sintetizan durante la maduración de la fruta, la pulpa cambia de amarillo pálido a amarillo intenso, hasta naranja, debido al desarrollo de los carotenoides. Los pigmentos son estables cuando el fruto está en contacto con el árbol, posteriormente son sensibles al oxígeno, temperatura, luz, tipo de empaque y tiempo de almacenamiento.³⁹

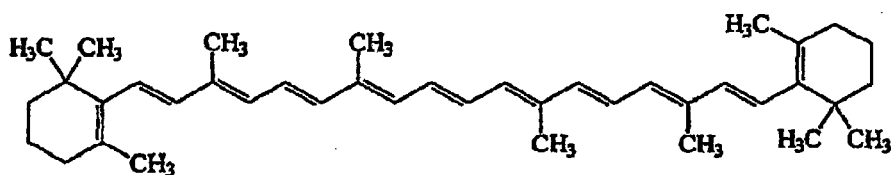


Fig. N° 7 Estructura de la molécula de beta-caroteno

2.3.2.3. Compuesto antioxidante

Los antioxidantes son compuestos cuya función primordial es proteger a la célula de los efectos nocivos de los oxidantes o radicales libres y contrarrestan, de una manera directa o indirecta, los efectos de los mismo. Al existir una disminución de los niveles de antioxidantes o una inhibición de las enzimas antioxidantes se desencadena un estrés oxidativo, produciendo daño celular por la oxidación a macromoléculas como proteínas, lípidos y ácido desoxirribonucleico. Estudios previos correlacionan el estrés oxidativo con la patogénesis de numerosas enfermedades como Parkinson, enfermedad de Alzheimer, cáncer e infertilidad.⁴⁰

Los antioxidantes pueden actuar:⁴¹

- Previniendo la formación de R.L.
- Interceptando el ataque de los R.L.
- Secuestrando los metabolitos reactivos y convirtiéndolos en moléculas menos reactivas.
- Facilitando la reparación del daño causado por R.L.
- Manteniendo un ambiente favorable para la actuación de otros antioxidantes.
- Amplificando la resistencia de las dianas biológicas sensibles al ataque de R.L.

En consecuencia los antioxidantes poseen diferentes mecanismos de acción; unos impiden la formación de los radical libre y/o especies reactivas (sistema de prevención), otros inhiben la acción de los radical libre (sistema barredor) y otros favorecen la reparación y la reconstitución de las estructuras biológicas dañadas (sistema de reparación).⁴²

CAPITULO III

PARTE EXPERIMENTAL

3.1. LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN:

La presente investigación se llevó a cabo en:

- Laboratorio de Análisis Instrumental.
- Laboratorio Tecnología Farmacéutica

Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad San Luis Gonzaga de Ica.

3.2. MATERIAL Y MÉTODOS

3.2.1. Material botánico.

Muestra de mango (*Mangifera indica* L.) de las diferentes variedades: Chato, Rosado, de Carne y de Chupar.

3.2.2. Material de laboratorio

- Material de vidrio variado y en cantidad necesario para la realización del trabajo de laboratorio.

3.2.3. Reactivos:

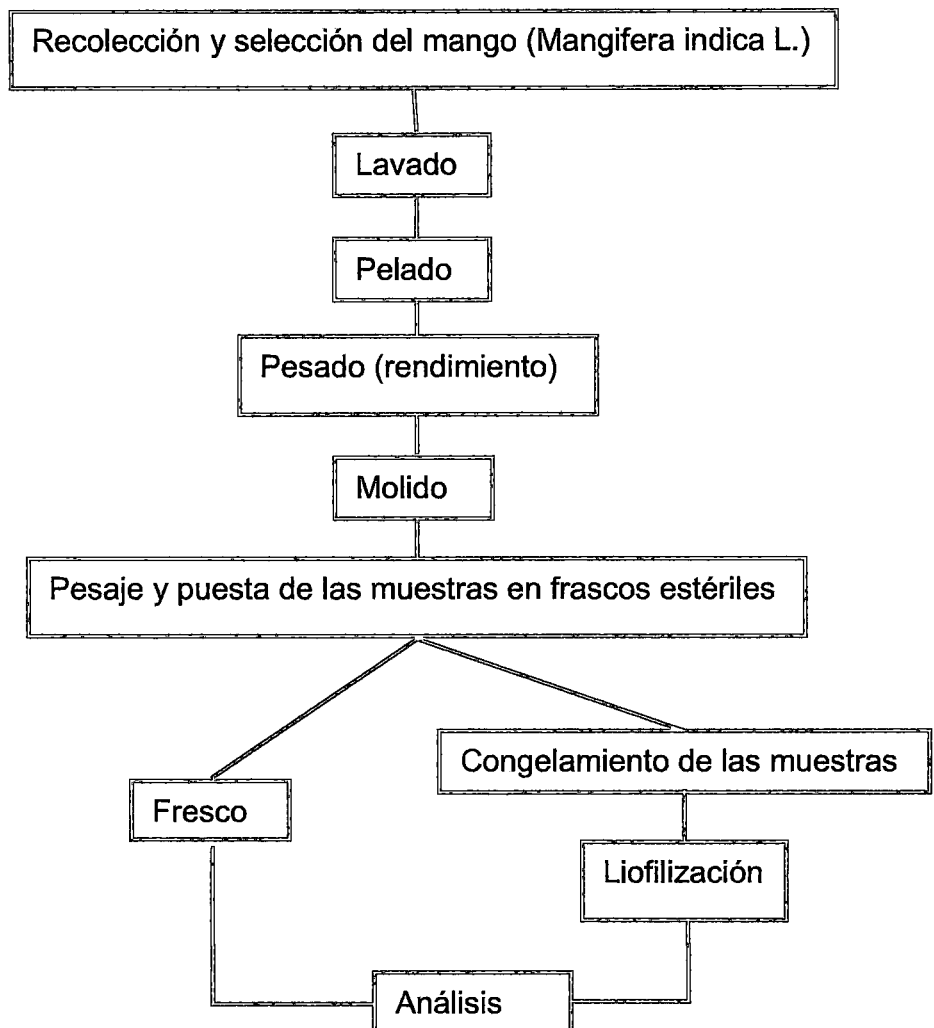
- Fosfato monobásico de potasio
- Tricloruro férrico
- Metanol
- Éter de petróleo
- Ácido sulfúrico
- Sulfato de cobre
- Sulfato de sodio anhidro
- Ácido clorhídrico
- Acetato de sodio
- Acetona
- Reactivo de ABTS
- Reactivo TPTZ
- Reactivo de DPPH
- Estándar de B-caroteno
- Reactivo de Trolox
- Persulfato de potasio

3.2.4. Equipos:

- Espectrofotómetro UV-visible
- Equipo de Liofilización
- Estufa
- Mufla
- Equipo Kjeldahl
- Equipo Soxhlet
- Centrifuga

3.2.5. Recolección y selección de las muestras

Fueron recolectados en estado maduro y firme 2-3 kilos de las cuatro variedades de mango iqueño (chato, carne, rosado, chupar) en los diferentes mercados de la ciudad de Ica para nuestra investigación.



**Fig. N° 8 Flujograma del proceso de preparación de las muestras
(variedades de mango)**

3.3. MÉTODOS:

3.3.1. Determinación del Análisis Proximal

➤ **Humedad - AOAC 2005.**

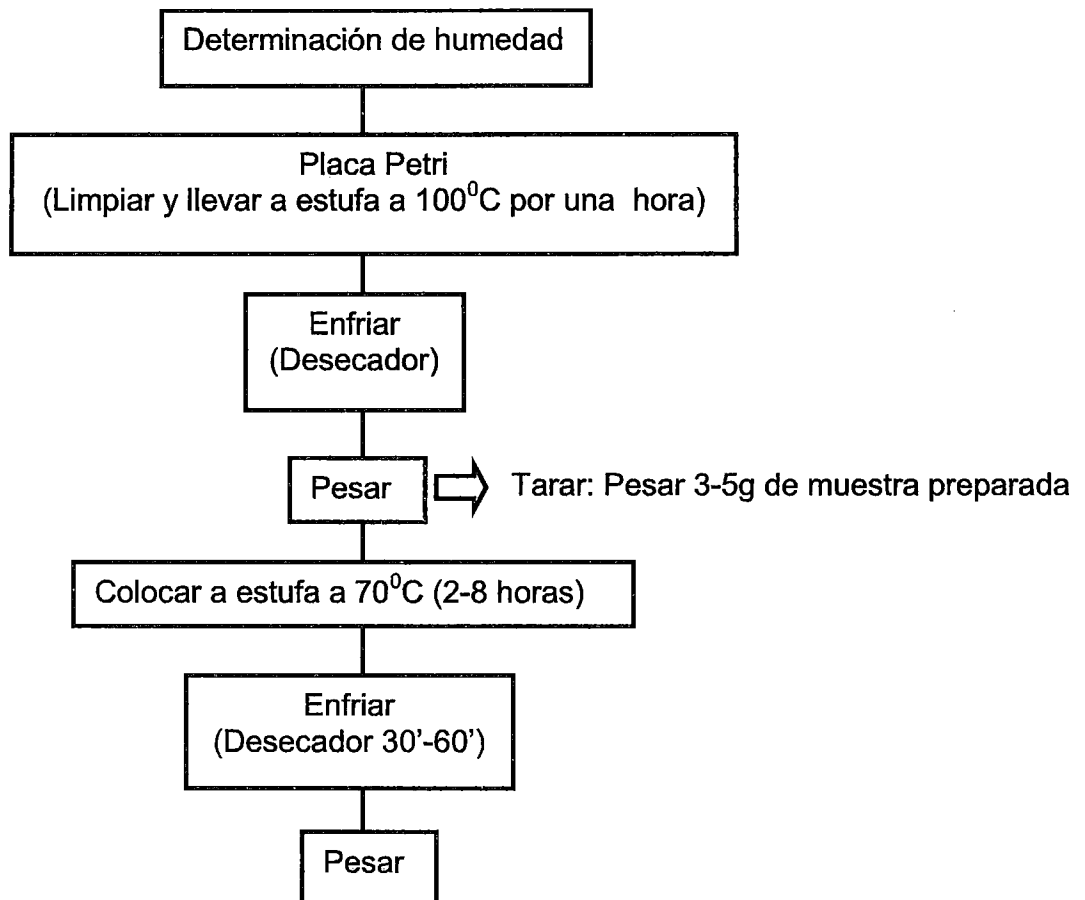


Fig. N° 9 Determinación de Humedad

➤ Cenizas - FAO 14/7

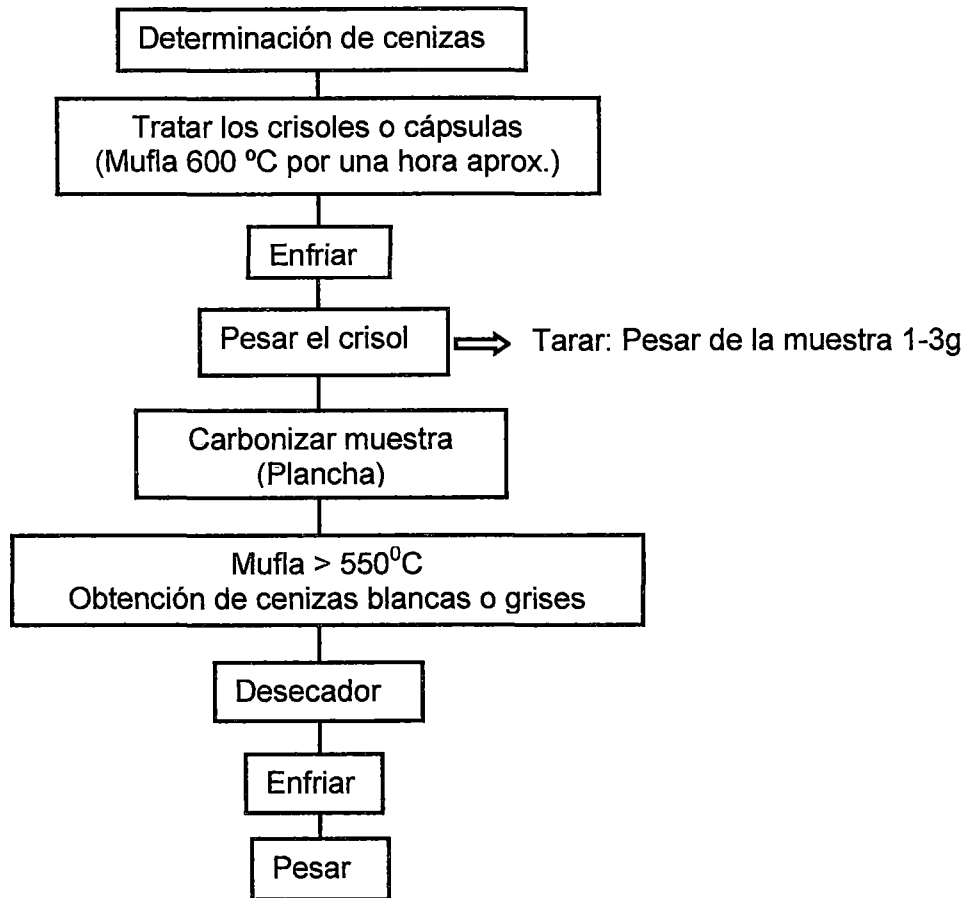


Fig. N° 10 Determinación de Cenizas

➤ **Grasa - FAO 14/7**

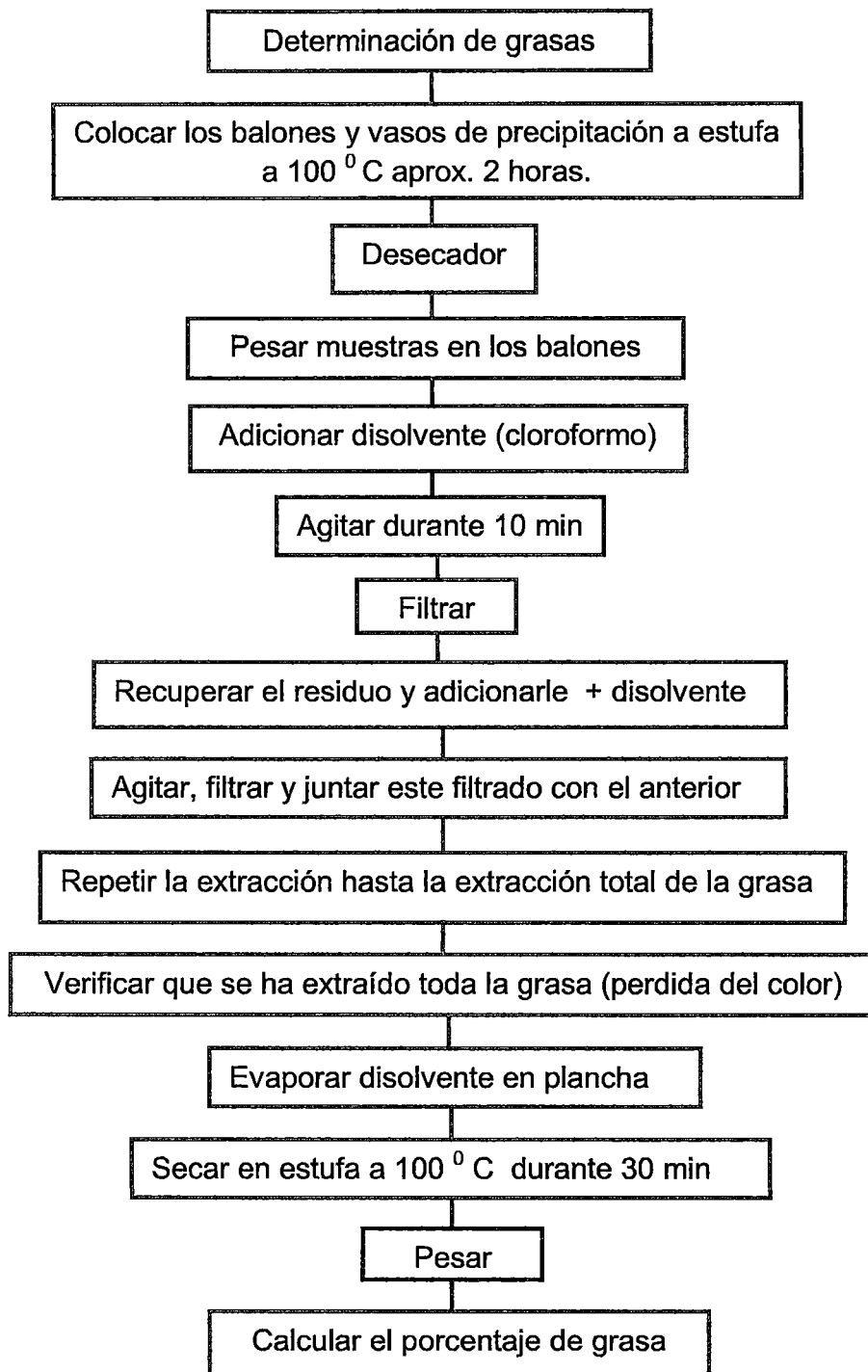


Fig. N° 11 Determinación de Grasas

➤ Proteína - FAO 14/7

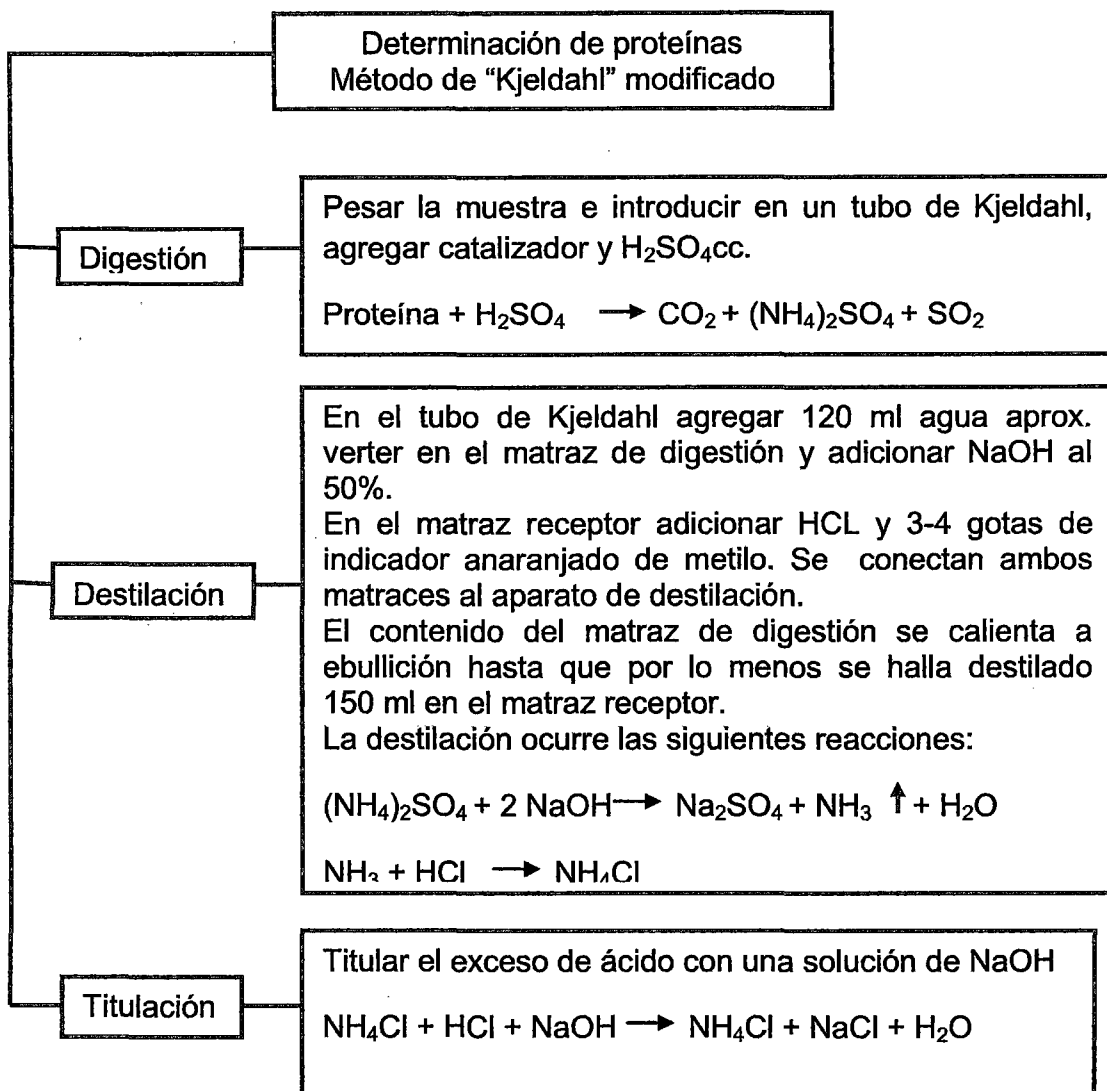


Fig. N° 12 Determinación de Proteínas

Se determina el porcentaje de N mediante la siguiente formula

$$\% \text{ P} = \frac{(V_a \times N_a) - (V_b \times N_b)}{g \text{ Mta}} \times 1.4 \times 6.25$$

➤ **Acidez.-** NTP 203.070:1977 (revisada el 2012)

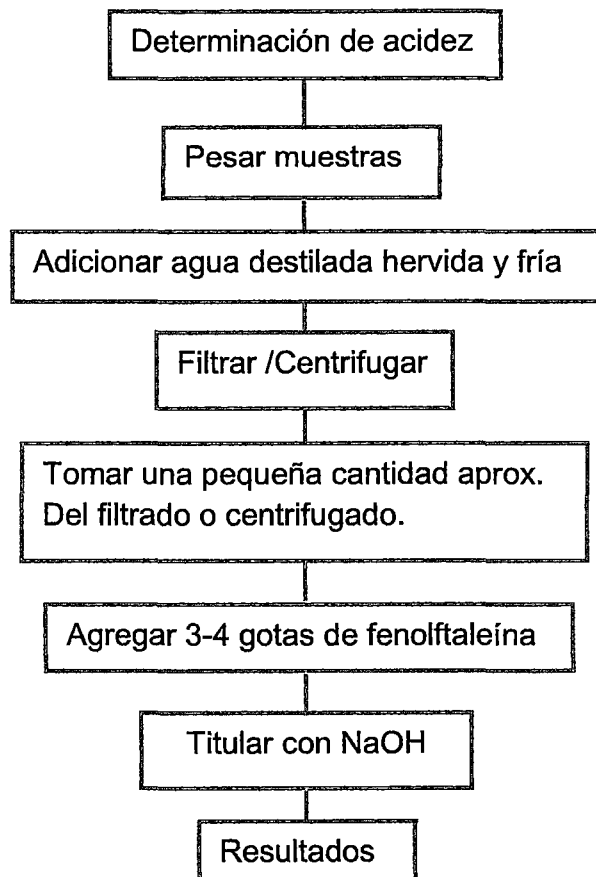


Fig. N° 13 Determinación de Acidez

3.3.2. Determinación de los Compuestos Bioactivos

➤ Vitamina C - AOAC 2005

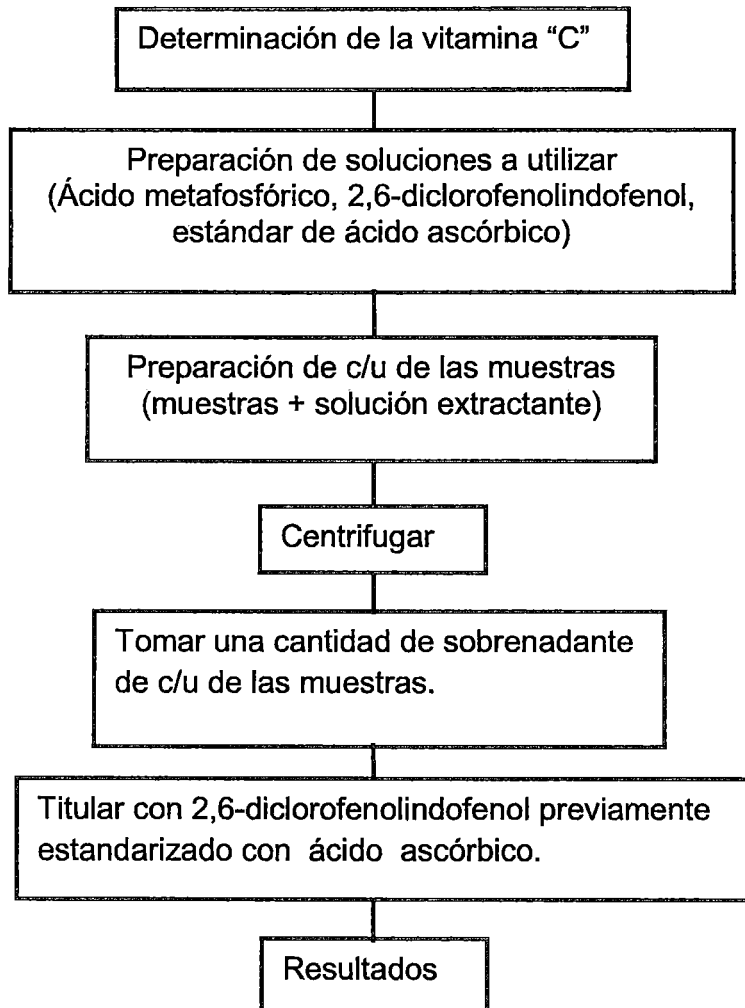


Fig. N° 14 Determinación de Vitamina C

➤ **Carotenoides totales - Jaime Valle**

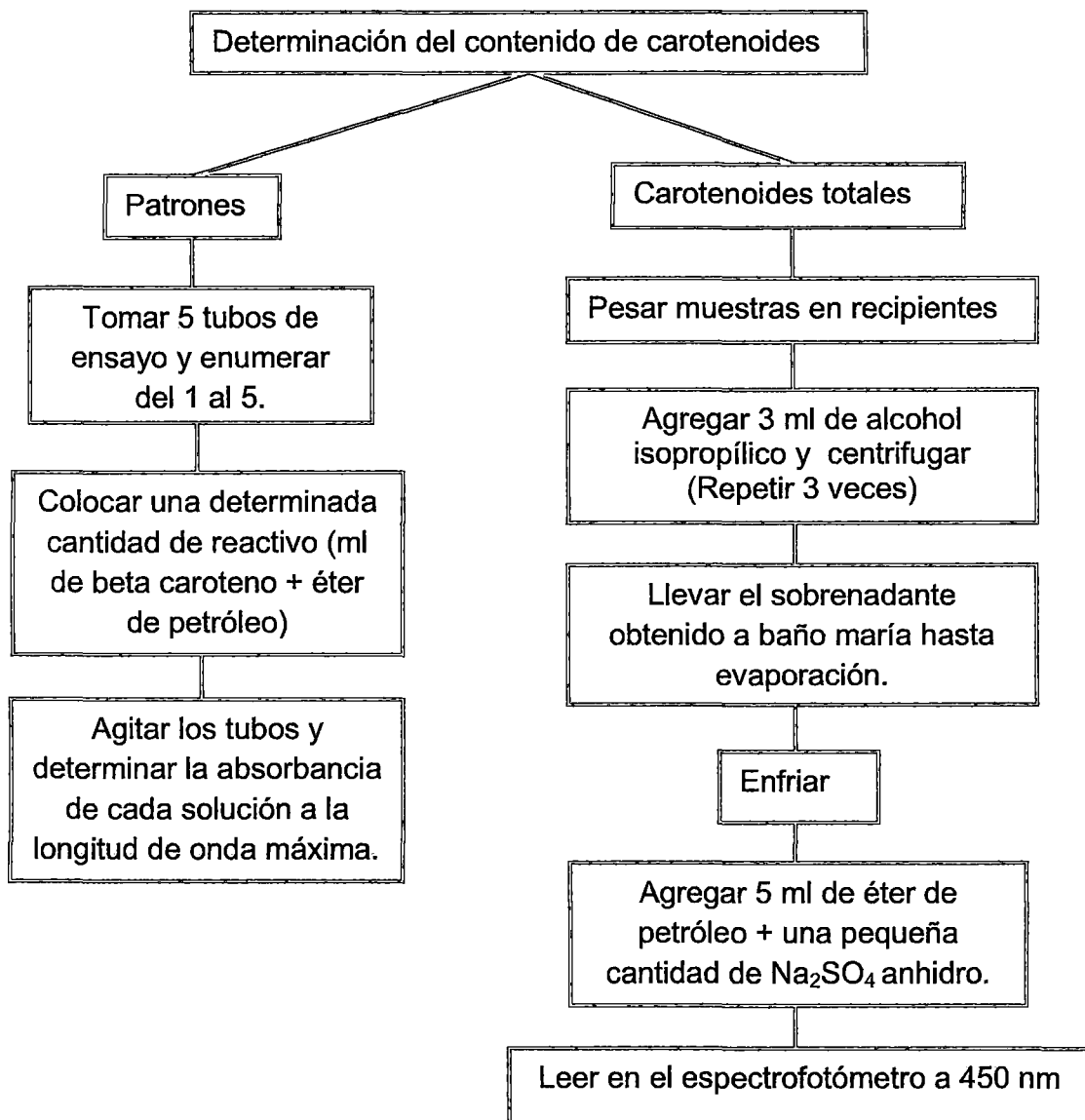


Fig. N° 15 Determinación de Carotenoides totales

3.3.3. Determinación de Actividad Antioxidante

Método ABTS: Se realizó según el método propuesto por Re R. et al. (1999), empleando la capacidad antioxidante del radical ABTS^{•+} y su habilidad de secuestrar radicales de larga vida.

El compuesto cromógeno ABTS presenta color azul/verde con máximo de absorción a 342 nm, es muy soluble en agua y químicamente estable. El radical ABTS^{•+} una vez generado químicamente (persulfato potásico), pasa a presentar nuevas características con máximos de absorción a 414, 645, 734 y 815nm.

Para comenzar el análisis es necesario preparar el reactivo de trabajo el cual debe tener una concentración de ABTS^{•+} de 30 uM y se procede de la siguiente manera:

Se pesan 0,0504 g de la sal amónica cristalizada de ABTS y se disuelve en 5 mL de agua ultra pura, luego se adiciona 6,7 mg de persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$) y se deja agitando por espacio de media hora cubierta con papel aluminio protegido de la luz, pasado este tiempo se transfiere a un matraz volumétrico de 10 mL y se enrasa con agua ultra pura y se deja reaccionar a temperatura ambiente y protegido de la luz durante 12 a 18 horas. Transcurrido el tiempo correspondiente se toma una alícuota de 1 mL y se adiciona 65-70 mL de tampón fosfato de pH 7.1 y se mide la absorbancia a 734 nm, la cual debe estar entre $0,680 \pm 0,2$.

Para la medida de la actividad antioxidante se tomaron 2 mL del radical ABTS en una cubeta y se midió su absorbancia inicial a 734 nm con el equipo termostatizado a 37 °C, posteriormente se añadieron 50 µL de una de las diluciones del extracto acuoso de mango (el cual debe haber estado en un baño maría a 37 °C), se mezcla durante 10 segundos, después de 4 minutos de incubación se midió la absorbancia final a 734 nm. Todas las muestras se analizaron por triplicado.

Los resultados se expresaron como la actividad antioxidante equivalente de Trolox. Para ello es necesario realizar una curva de calibración con diferentes concentraciones de Trolox frente a las correspondientes variaciones de absorbancias del radical. Se hicieron diluciones a partir de una solución madre en un intervalo de 1,00 a 0,03 mM.^{41, 46, 47, 48}

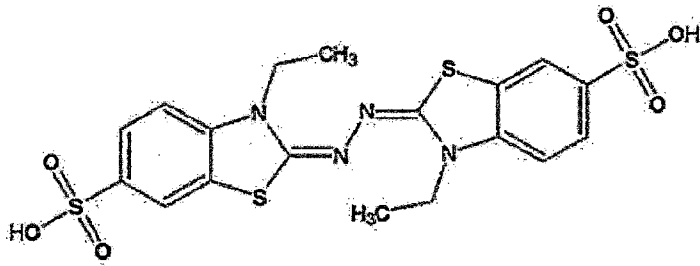


Fig. N° 16 Estructura del ABTS

Método FRAP: El procedimiento seguido ha sido descrito por Benzie y Strain (1999) con ligeras modificaciones. Se basa en la habilidad de reducción que tiene el hierro que forma un complejo en presencia de un ligando tal como la 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ). El complejo amarillo de Fe^{3+} -TPTZ es reducido al complejo azul de Fe^{2+} -TPTZ por el electrón que dona una sustancia, en medio ácido.

Para iniciar el análisis se preparó el reactivo de trabajo, que consiste en una mezcla de tampón acetato 300 mM (pH = 3,6), TPTZ 10 mM en HCL 40 mM y tricloruro férrico ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 20 mM en una proporción 10:1:1 (v:v:v), una vez preparado, se añadieron 3 mL de éste reactivo en una cubeta, y se midió la absorbancia a 593 nm. Posteriormente se agregaron 100 μL de las diluciones del extracto acuoso de las diversas variedades de mango y se agitó en un vortex durante 30 segundos. Después de 6 minutos de incubación a temperatura ambiente, se realizó la lectura de absorbancia nuevamente a 593 nm, al que se restó el valor del blanco.

Las muestras se ensayaron por triplicado. Los resultados se expresaron en relación al Trolox. Para ello se realizó una curva de calibración en un intervalo de concentraciones de 1,00 a 0,03 mM.^{41,46,47,48}

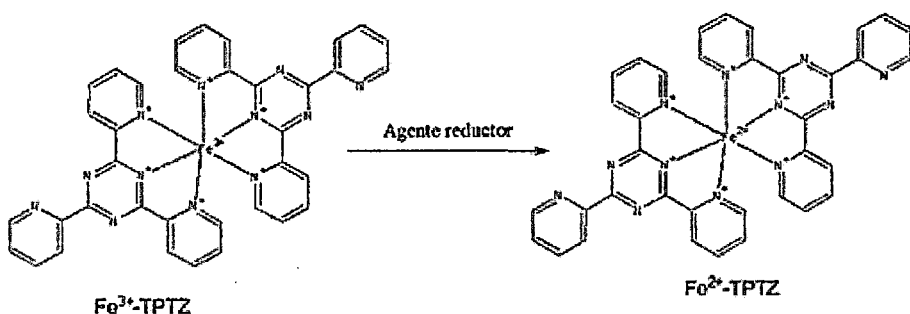


Fig. N° 17 Fundamento del método de FRAP.

Mostrando la reducción de 2,4,6- Tripiridil - Triazina Férrica(TPTZ)

Método del DPPH: Este método, desarrollado por Brand-Williams *et al*, con modificaciones descrito por KIM *et al*. Se basa en la medida de la absorbancia del radical DPPH 100 μ m (3.9 mL) disuelto en metanol de 80 %, a la longitud de onda de 517nm.

Consiste en que este radical tiene un electrón desapareado y es de color azul-violeta, decolorándose hacia amarillo pálido por reacción con una sustancia antioxidante. La reducción del DPPH se monitorea por la disminución en la absorbancia a una longitud de onda característica.

Preparación del radical DPPH: Se preparó una solución a 0,1 mM de DPPH, pesando 3,9 mg de DPPH en un matraz aforado previamente tarado y se disolvió en 100 mL de metanol, la solución se colocó en un ultrasonido para asegurar la buena disolución y luego comprobar que la absorbancia a 517 nm esté ente 0,9 y 1,1. El matraz se cubrió con papel de aluminio para la protección frente a la luz.

Preparación de la curva de calibración: Se adiciono 2,9 mL de la solución de DPPH en una cubeta y se midió su absorbancia a 517 nm y luego se adicionó 0,1 mL de las diluciones de mango se agitó vigorosamente y se mantuvo en la oscuridad por 30 minutos a temperatura ambiente, para después realizar la lectura en un espectrofotómetro UV/VIS a 517 nm, de igual manera se trabajó con un solución blanco. ^{41,46,47,48}

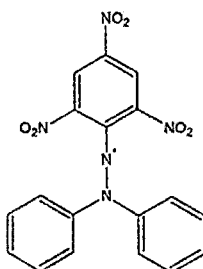


Fig. N° 18 Estructura química del radical libre metaestable DPPH

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 RESULTADOS

Tabla N° 4 Rendimiento porcentual de parte comestible según variedad de mango

Porción	Variedad de mango			
	Chato	Carne	Rosado	Chupar
Peso Fruta	246.84±19.21	167.44±37.88	224.96±45.78	127.92±26.03
Peso de cascara	28.19± 3.22	21.95±3.70	28.71±4.82	17.51±3.16
Peso Pepa	51.34±8.25	30.35±5.46	42.93±11.22	33.60±5.84
Peso de pulpa	162.55±15.60	112.32±32.15	149.99±31.41	73.85±18.03
Rendimiento promedio %	65.32± 3.92 ^a	66.19± 5.42 ^a	67.73 ± 2.73 ^a	57.47± 4.59 ^b

Fuente: datos de los autores

Promedio de 10 determinaciones con sus desviación estándar. Letras iguales no existe diferencias estadísticas significativas.

El rendimiento de la parte comestible no tuvo una significativa variación siendo el mango rosado el de mayor rendimiento obteniendo 67.73 ± 2.73 y el que menor rendimiento mostró fue el mango chupar con un rendimiento de 57.47 ± 4.59 .

Tabla N° 5 Rendimiento porcentual de la parte comestible liofilizada según variedad de mango

Porción	Variedad de mango			
	Chato	Carne	Rosado	Chupar
Peso promedio de fruta fresca (g)	19,11±2,41	21,90±2,96	24,09±0,62	20,11±1,92
Peso promedio de fruta liofilizada (g)	6,16±0,26	7,46±0,64	8,01±0,11	7,48±0,82
Rendimiento Promedio %	32,59±5,47 ^a	34,17±1,68 ^a	33,24±0,40 ^a	37,55±7,65 ^a

Fuente: datos de los autores

Letras iguales no existe diferencias estadísticas significativas.

Según los resultados, el mayor rendimiento de liofilización de la parte comestible lo tuvo el mango chupar 37,55±7,65 por ciento y el que menor rendimiento mostró fue el mango rosado con un rendimiento de 33,24±0,40, pero no existe mayor significancia.

Tabla N° 6 Análisis Químico proximal de parte comestible fresca según de variedades de mango

MUESTRAS FRESCAS				
Análisis	Variedades De Mango			
Proximal	Chato	Carne	Rosado	Chupar
Humedad g/100g	78.90	76.58	74.26	78.71
Cenizas g/100g	0.77	0.69	0.72	0.58
Grasa g/100g	0.11	0.09	0.1	0.09
Proteína g/100g	1.53	1.06	1.04	1.55
pH	4.00	4.04	4.29	4.77
Acidez g/100g	0.09	0.05	0.04	0.02
Sólidos Solubles g/100g	17.4	19.8	22.2	19.7
Carbohidratos g/100g	17.69	21.58	23.88	19.07

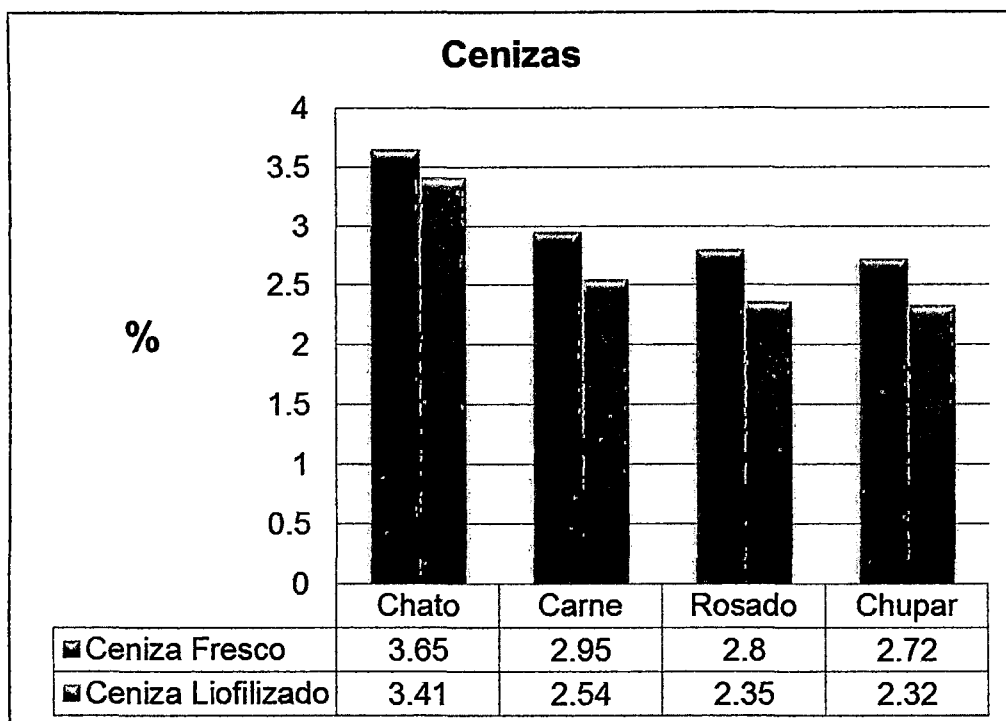
Fuente: datos de los autores

Tabla N° 7 Análisis Químico proximal de parte comestible liofilizada según de variedades de mango

MUESTRAS LIOFILIZADAS				
Análisis Proximal	Variedades De Mango			
	Chato	Carne	Rosado	Chupar
Humedad g/100g	2.32	3.34	2.81	2.72
Cenizas g/100g	3.41	2.54	2.35	2.32
Grasa g/100g	0.75	0.46	0.47	0.4
Proteína g/100g	7.62	6.27	4.93	6.87
pH	3.58	3.52	3.74	3.89
Acidez g/100g	2.5	2.4	2.16	1.69
Carbohidratos g/100g	85.90	87.39	89.44	87.69

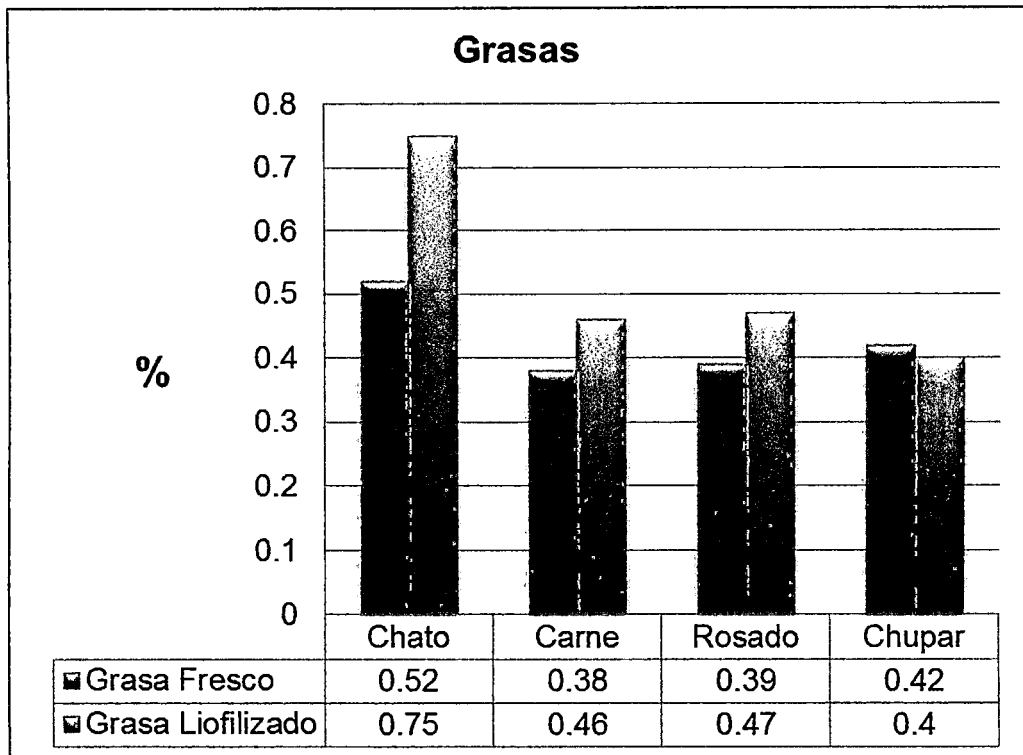
Fuente: datos de los autores

Gráfica N° 1 Relación del contenido de ceniza expresado en base seca de mango fresco y liofilizado



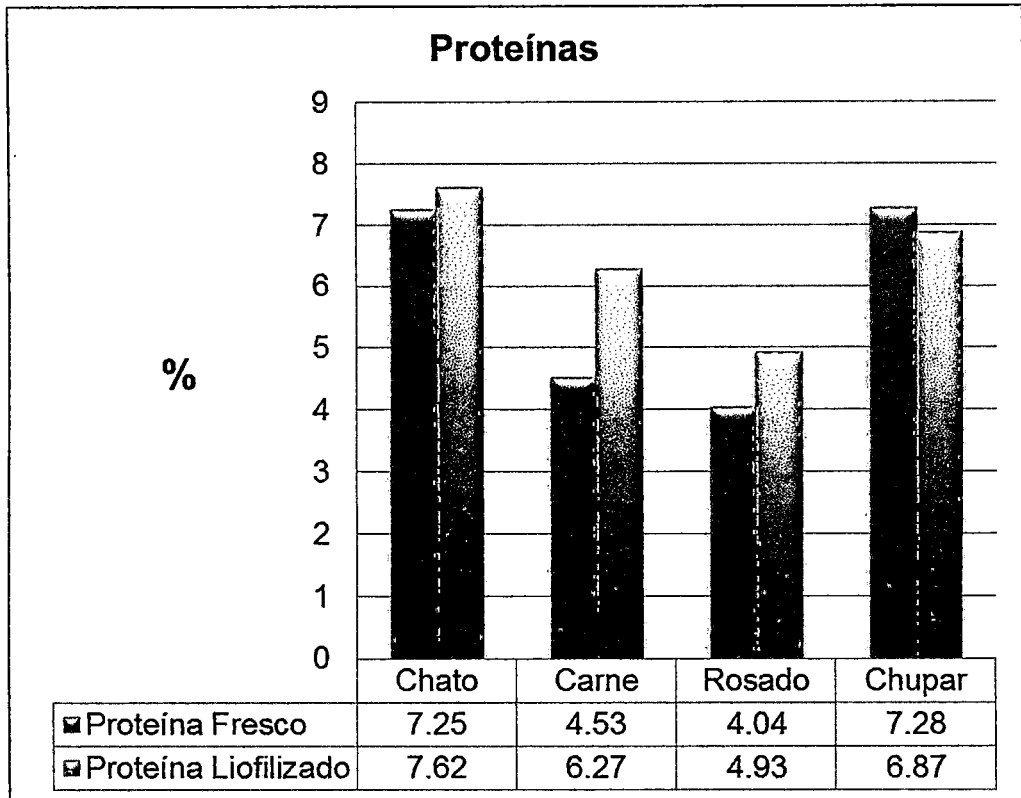
El gráfico N° 1 indica que el mayor porcentaje promedio de cenizas, es mayor en el mango fresco que en el liofilizado. Siendo el mango Chato fresco el de mayor porcentaje con un 3,65 % y el de menor porcentaje el mango Chupar con un 2,72 %.

Gráfica N° 2 Relación del contenido de grasa expresado en base seca de mango fresco y liofilizado



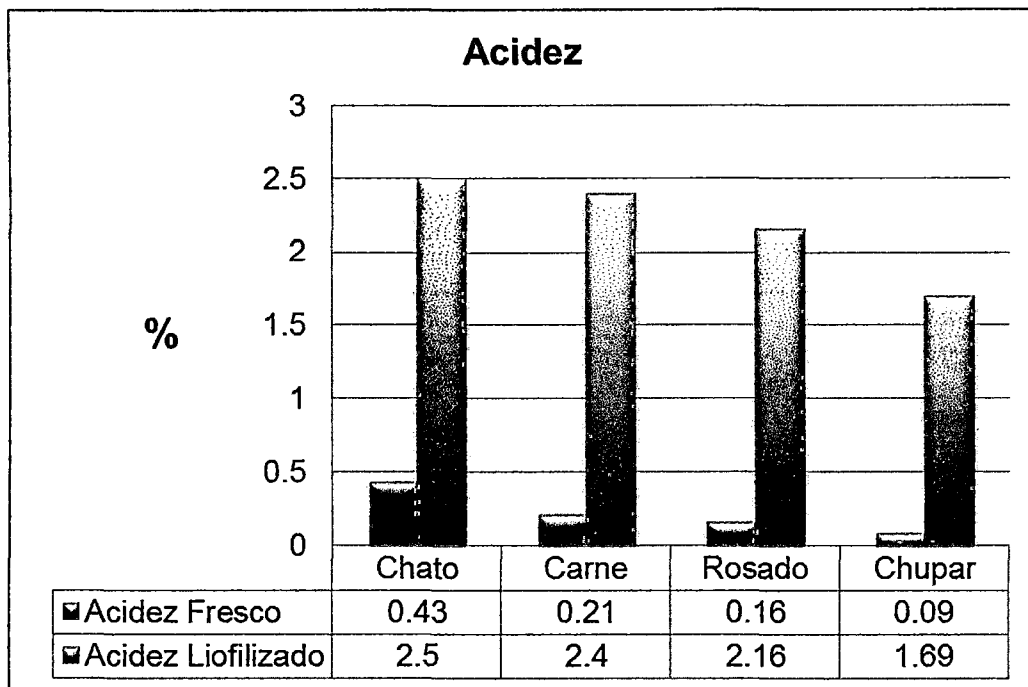
En el gráfico N° 2 se indica según el análisis que el porcentaje de grasa en el mango liofilizado está aumentada, esto se debe a que las grasas son insolubles en agua y con la pérdida de humedad se concentran y aumentan su contenido.

Gráfica N° 3 Relación del contenido de proteína expresado en base seca de mango fresco y liofilizado



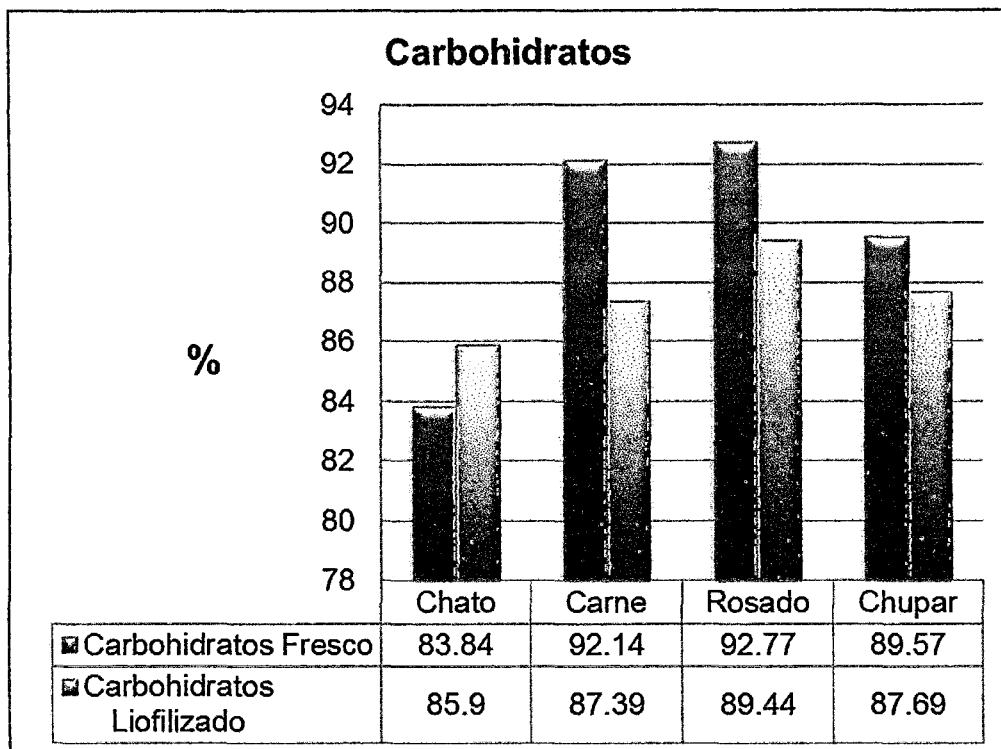
El grafico N° 3 muestra los resultados obtenidos en el análisis de proteína, se observa que el porcentaje de proteína es mayor en el mango liofilizado en comparación con el mango fresco. Siendo el mango Chato liofilizado el de mayor porcentaje con un 7.62 % y el de menor porcentaje el mango Rosado con un 4,93 %. Esto se debe a que a medida que progresa la liofilización el agua disminuye y los solutos se concentran, lo que indica que el valor nutritivo del liofilizado se incrementa con relación a la muestra fresca.

Gráfica N° 4 Relación del contenido de acidez expresado en base seca de mango fresco y liofilizado



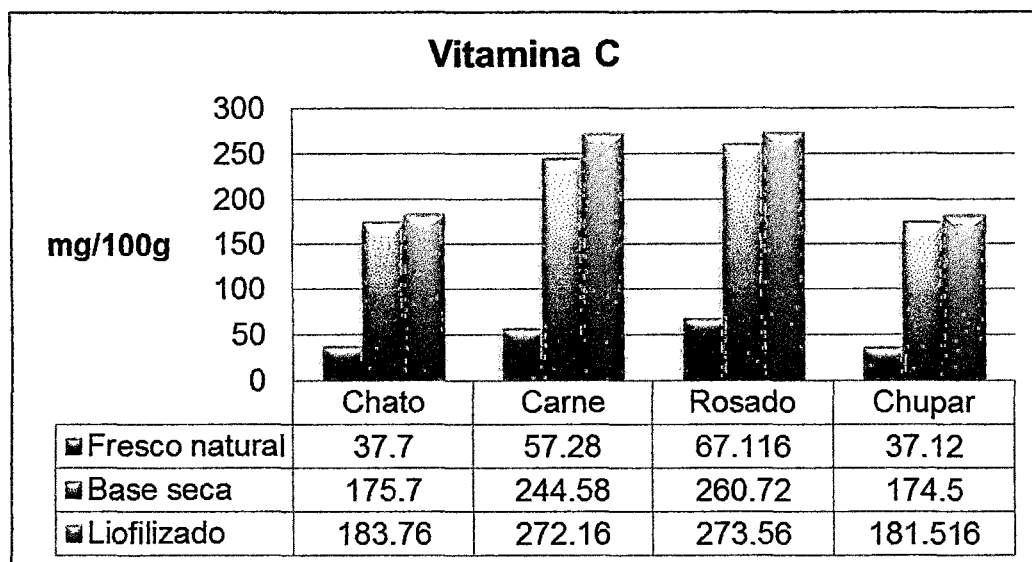
La diferencia entre el mango fresco y liofilizado es concordante, ya que el primero esta es su estado natural y el segundo ya fue sometido a un tipo de deshidratación, perdiendo agua y los ácidos fijos se concentran, Siendo el mango Chupar el menos ácido tanto en fresco con un 0.09 y liofilizado con un 1.69 y el de mayor acidez el mango Chato con un 0.43 en fresco y 2.5 en liofilizado.

Gráfica N° 5 Relación del contenido de carbohidrato expresado en base seca de mango fresco y liofilizado



El gráfico N° 5 muestra los valores de carbohidratos en las frutas fresca y liofilizada en base seca, a pesar de no observarse una diferencia significativa entre los datos en las distintas variedades de mango, se debe tener en cuenta que estos resultados se obtienen por cálculos, lo que implica que una desviación en los otros parámetros que se determinan analíticamente afectan estos resultados.

Gráfica N° 6 Relación del contenido de vitamina C expresado en base seca de mango fresco y liofilizado



La cantidad de vitamina C varía entre diferentes procesos de conservación, ya que es un compuesto que varía en función de condiciones como: pH, temperatura, luz, oxígeno. La pérdida de vitamina C es menor en la liofilización que en otros métodos, siendo una de las ventajas de la liofilización la retención de los nutrientes en gran porcentaje.

Grafica N° 7: Curva de calibración- Método de carotenoides totales

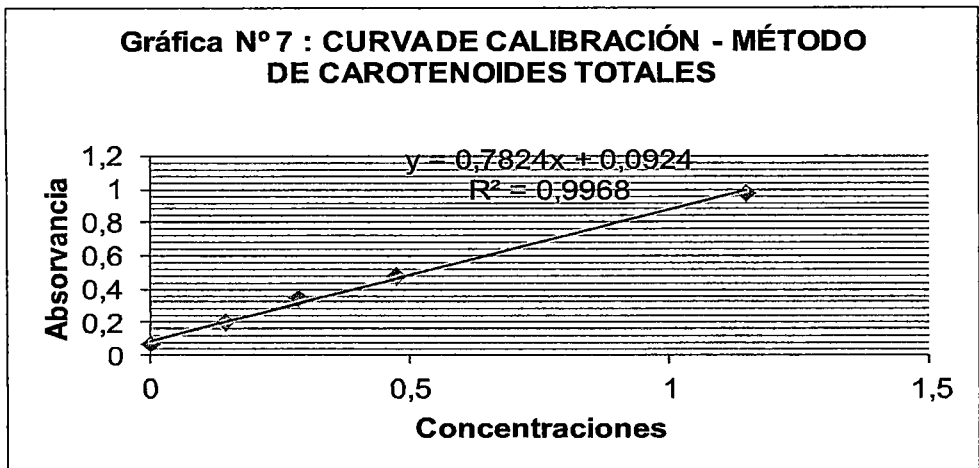


Tabla N° 8 Relación del contenido de carotenoides totales expresado en base seca de mango fresco y liofilizado

Carotenoides totales(β -caroteno)				
Variedades de mango	Fresco		liofilizado	
	Absorbancia	mg β -caroteno/100g	Absorbancia	mg β -caroteno/100g
Chato	0.286	238.30	0.071	40.9
Carne	0.223	169.32	0.120	122.78
Rosado	0.518	1010.20	0.286	645.42
Chupar	0.286	269.05	0.129	172.64

Se muestra los valores de la determinación de carotenoides totales, los cuales se cuantifica en base al estándar de trans- β -caroteno, observándose una marcada pérdida de su concentración.

Tabla N° 9 Determinación de la capacidad de inhibición del radical

DPPH

Variedades de mango	Fresco		Liofilizado	
	Concentración mg/ ml	% Inhibición DPPH	Concentración mg/ml	% Inhibición DPPH
Chato	518.39	32.26	12.05	16.12
Carne	529.73	61.69	10.7	30.55
Rosado	503.42	32.05	12.2	28.7
Chupar	246.44	80.08	10.2	14.94

La tabla N° 9 muestra la capacidad de inhibición del radical DPPH, no se puede realizar una comparación directa ya que no se conoce la respuesta del radical a diferentes concentraciones en cada variedad de mango.

Grafica N°8 Curva de Calibración - Método Frap

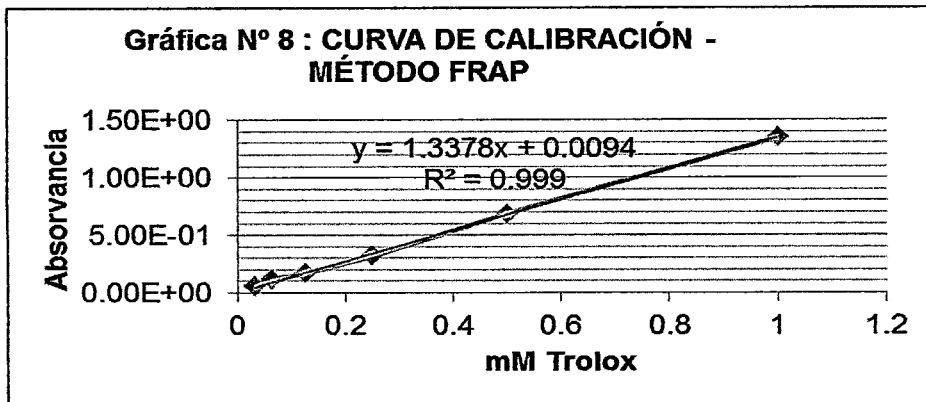


Tabla N° 10 Determinación de la actividad antioxidante por el método de FRAP expresado en base seca

Variedad de mango	Concentración g/ ml	TEAC/mM	
		Fresco	Liofilizado
Chato	Dilución1: 0.5 g/ml	0.6554	0.5815
	Dilución2: 0.25 g/ml	0.3568	0.3237
Carne	Dilución1: 0.5 g/ml	0.4812	0.4385
	Dilución2: 0.25 g/ml	0.2980	0.2886
Rosado	Dilución1: 0.5 g/ml	0.5270	0.4882
	Dilución2: 0.25 g/ml	0.2877	0.2714
Chupar	Dilución1: 0.5 g/ml	0.5566	0.5439
	Dilución2: 0.25 g/ml	0.3069	0.2894

Se puede observar que tanto en las muestras frescas como liofilizadas, existen una relación proporcional entre la concentración y la capacidad antioxidante expresada como miliequivalentes de trolox, y en base seca la muestras fresca poseen una actividad ligeramente mayor.

Gráfica N° 9 Curva de Calibración - Método ABTS

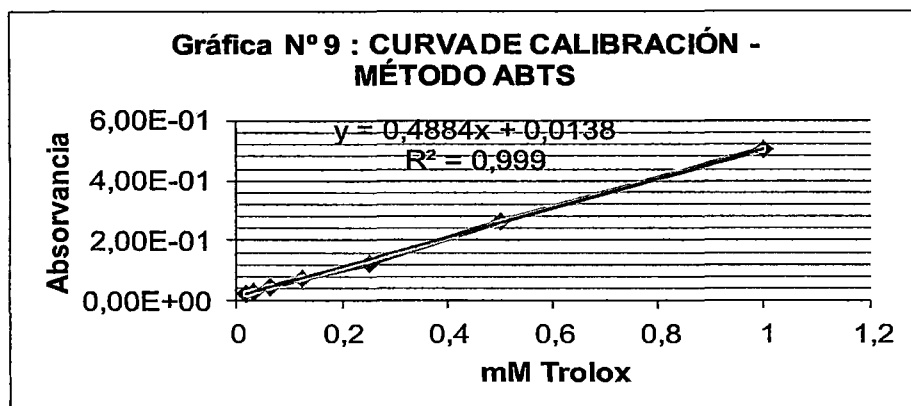


Tabla N° 11 Determinación de la actividad antioxidante por el método ABTS en base seca

Variedad de mango	Concentración g/ ml	TEAC/mM	
		Fresco	Liofilizado
Chato	Dilución1: 0.5 g/ml	0.7765	0.6497
	Dilución2: 0.25 g/ml	0.4612	0.3791
Carne	Dilución1: 0.5 g/ml	1.154	0.9876
	Dilución2: 0.25 g/ml	0.9772	0.8194
Rosado	Dilución1: 0.5 g/ml	0.6537	0.5656
	Dilución2: 0.25 g/ml	0.3759	0.3513
Chupar	Dilución1: 0.5 g/ml	0,6262	0.6088
	Dilución2: 0.25 g/ml	0,3403	0.2995

Comportamiento similar al caso anterior (FRAP), existen una relación proporcional entre la concentración y la capacidad antioxidante expresada como miliequivalentes de trolox, y en base seca la muestras fresca poseen una mayor actividad antioxidante.

4.2 DISCUSIÓN

El mango, *Mangifera indica* L., es una de las frutas tropicales que destaca por su particular sabor y aroma. El objetivo de este trabajo de investigación es conocer la composición química proximal y compuestos bioactivos, así como el efecto del procesamiento de liofilización en las diferentes variedades iqueñas de mango: Chato, Rosado, Carne y Chupar adquiridas en los mercados de la ciudad de Ica.

Como se puede observar en la tabla N° 4, no existe una diferencia significativa en el rendimiento de parte comestible en 3 de las distintas variedades de mango (carne, chato, rosado) mientras que el mango de chupar presenta un menor rendimiento; sin embargo cuando se sometieron al proceso de liofilización tabla N° 5 no se observa diferencia estadística significativa en el rendimiento a pesar de las diferencias de los valores obtenidas entre las distintas variedades de mango, pero con un valor superior (32-37%) con respecto algunas referencias bibliográficas (20-25%)^{16,17}. Se debe considerar que en los estudios mencionados se liofilizó la fruta en trozos o laminas; mientras que el presente trabajo se llevó la pulpa de la fruta hasta el estado de puré; así mismo cabe indicar que el proceso de liofilización aplicado en el presente estudio consistió de congelación a -60 °C por 24 horas y una posterior sublimación por espacio de 72 horas. La diferencia confirma que debe considerarse el tamaño de partícula; así como la temperatura y el tiempo del proceso de liofilización.

En la Tabla N°6 del análisis químico proximal de la parte comestible fresca de las distintas variedades de mango, podemos resaltar que en ciertos parámetros como proteína, sólidos solubles y carbohidratos se pueden apreciar diferencias entre las distintas variedades. Aquí debemos aclarar que las diferencia entre los sólidos solubles que están representados principalmente por carbohidratos simples (azúcares), y los carbohidratos obtenidos por cálculos (de la diferencia de 100 menos la suma de los demás parámetros: cenizas, grasas, humedad, proteínas), que estos incluyen los carbohidratos no asimilables que constituyen la fibra alimentaria que poseen las frutas. Estos resultados no pueden compararse directamente con la tabla N° 3 extraída de la tabla peruana de composición de alimentos puesto que ésta no hace referencia a variedad de mango alguna, de igual manera no hay una cuantificación del contenido de cenizas, solo hace referencia de algunos minerales de manera independiente; pero existe diferencia en el contenido de humedad, proteína, carbohidratos, más los resultados obtenidos este trabajo tienen mayor similitud con reportes de estudios en otros países^{12, 16}; siendo este un aporte a considerar ya que se hace una identificación por variedades.

Al observar el análisis químico proximal de la pulpa liofilizada tabla N° 7, en términos generales no se aprecia diferencia significativa entre los parámetros determinados a las variedades de mango, las muestras en si presentaron características de higroscopicidad, coincidiendo con lo que

refieren muchos autores que han realizado procesos de liofilización en distintas frutas.

En los gráficos N° 1, 2, 3, 4, 5 se ha representado los valores de los principales parámetros del análisis químico proximal de la pulpa fresca y liofilizada en base seca, para poder observar el efecto del proceso de liofilización en éstos, determinándose que el único parámetro que se altera de manera apreciable es la determinación de acidez, esto es concordante con lo reportado por Ramírez et al 2013 en la cocona, y podría deberse al hecho que al extraer el agua algunos ácidos fijos que se encontraban enlazados como sales o encubiertos por los azúcares sean liberados.

En lo que respecta a los compuestos bioactivos, estas frutas resultan ser fuentes ricas de vitamina C y de carotenoides en estado fresco principalmente la variedad rosado, los resultados coinciden por lo indicado por Perkins, P. (2007). En la cuantificación de la vitamina C permaneció sin cambios apreciables después del proceso de liofilización, coincidiendo con lo reportado por Huaraca et al 2010 y Amores et al 2011 para otras variedades de frutas; sin embargo hubo una considerable pérdida de carotenoides totales en la pulpa liofilizada principalmente en la variedad chato, esto también se evidenció en la disminución de color que se observó en las muestras liofilizadas, hay que tener en cuenta que los carotenoides son los principales compuestos que dan color a dichas frutas. En la tabla de composición de alimentos peruanos no se hace referencia a la cuantificación de carotenoides de esta fruta razón por lo cual no se puede realizar una

comparación cuantitativa; sin embargo Marulanda, J. (2002) manifiesta que después de la liofilización observo un oscurecimiento de la pulpa de mango, asumiendo que dicho efecto se debe a un efecto de caramelización.

Con respecto a la actividad antioxidante, por el método del DPPH se determinó el porcentaje de inhibición del radical a una concentración determinada, se puede observar que en fresco las variedades de carne y chupar tienen un mayor porcentaje de inhibición del radical, mientras que una vez liofilizado las muestras más activas fueron las variedades carne y rosado, esto podría estar justificado ya que estas dos variedades son las que menos carotenoides pierden en el proceso de liofilización. Al realizar una conversión comparativa con la muestra liofilizada existe una actividad superior en la muestra fresca.

Se obtuvo valores superiores de actividad antioxidante por el método de ABTS con respecto al método FRAP tanto en la fruta fresca como liofilizada, esto se debe a que el primero de los métodos responde a dos mecanismos de acción diferentes (SET y HAT); siendo las variedades de carne y rosado las que presentan nuevamente mayor actividad antioxidante, lo que tendría concordancia que los resultados obtenidos por el método de DPPH sobretodo en el estado liofilizado; en cuanto se hace una comparación de ambos estados frescos y liofilizado pueden verse que a pesar de la considerable pérdida de carotenoides totales que son compuestos que poseen actividad antioxidante, dicha actividad se mantiene, lo que nos permite sugerir que posiblemente dicha actividad en los mangos están

relacionadas principalmente con otros compuestos de naturaleza fenólicas como favonoles y/o catequinas condensadas.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1.- La composición química proximal de la pulpa fresca de las cuatro variedades de mango no presenta diferencias significativas, sin embargo en cuanto a los compuestos bioactivos la variedad rosado presenta mayor contenido de vitamina C y carotenoides

2.- En el análisis químico proximal de la pulpa liofilizada solo se puede ver diferencia significativa en el mayor contenido de grasa en la variedad chato y un menor contenido de proteína en la variedad rosado, con respecto a sus compuestos bioactivos menores contenido de vitamina C y carotenoides en la variedad chato, pero mayor actividad antioxidante en la variedad carne y rosado

3.- Con respecto al efecto del proceso de liofilización afectó dos parámetros significativamente, como fue el contenido de acidez que se incrementó y una reducción apreciable en el contenido de carotenoides en todas las variedades de mango

5.2 RECOMENDACIONES

- 1.- Continuar con estudios de optimización del proceso de liofilización en cuanto a temperatura y tiempo para estas frutas, que permita preservar el contenido de carotenoides totales
- 2.- Incentivar mayores estudios de liofilización de frutas y vegetales de la región, como un proceso de preservación, sobre todo en aquellas de naturalezas perecederas y estacionales
- 3.- Realizar estudios de tiempo de vida útil al producto liofilizado, así y reconstituido
- 4.- Que la facultad debe difundir los resultados de estos estudios, a la región y productores para que conozca podrían conservar la sobreproducción de esta fruta como un valor agregado.

CAPÍTULO VI

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Ica, Tierra de Paracas, Pallares Pisco y Pecanas [Documento Virtual]; 2009. [Acceso 12 De Enero 2014]. Disponible en: http://www.senoriodesulco.com/docs/articulos/art_9_ica_tierra_de_paracas_pallares_piscos_y_pecanas..pdf
2. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud. Tabla Peruana de Composición de los Alimentos. Lima-Perú: INS; 2009. [Acceso 20 de noviembre 2013]. Disponible en: <http://www.rvcta.org/Imagenes/TablasPeruanasDeComposicionDeAlimentos.pdf>
3. Ministerio de Agricultura. Oficina General de Planificación Agraria. Perfil de Mercado del Mango. [Monografía Virtual] Perú: Oficina General del Planificación Agraria del Ministerio de Agricultura; 2006. [Acceso 15 de junio 2014]. Disponible en: <http://www.prompex.gob.pe/Miercoles/Portal/MME/descargar.aspx?archivo=CCF5075F-376A-4070-ACA1-FF27BB9171A4.PDF>
4. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Variedades de Mango. [Tríptico Virtual] Perú: INIA; 2008. [Acceso 20 De Mayo 2014]. Disponible en: <http://www.inia.gob.pe/images/ProductosServicios/publicacion/Tripticos/TRIPTICOS PDF 2008/01%20Variedades%20de%20Mango.pdf>
5. Mincetur. Perfil del Mercado y Competitividad Exportadora de Mango [Internet]. [Acceso 24 de noviembre 2013]. Disponible en: <http://www.mincetur.gob.pe/comercio/otros/penx/pdfs/Mango.pdf>
6. Aumenta la producción de mango en Perú. [Internet]. Portal Agronoticias América Latina y El Caribe; 19 de febrero 2013. [Acceso 24 de noviembre 2013]. Disponible en: <http://www.fao.org/agronoticias/agro-noticias/detalle/it/c/175138/>
7. El mango producido en Perú abastece al mercado internacional. [Internet]. Portal Agronoticias América Latina y El Caribe; 19 de

- febrero 2013. [Acceso 24 de noviembre 2013]. Disponible en: <http://www.fao.org/agronoticias/agro-noticias/detalle/zh/c/170238/>
8. Producción Peruana de Mango creció cerca de 200% en Febrero [Internet]. Agencia Peruana de Noticias Andina; Lima, 22 de abril 2013. [Acceso 24 de noviembre 2013]. Disponible en: <http://www.andina.com.pe/Espanol/Noticia.aspx?id=6CL6msuyDm4=#.Uq9SdKyea1s>
 9. Exportaciones de mango procesado crecen 12% en promedio en últimos cuatro años. [Internet]. Portal Agrario Regional de Ica. Dirección Regional de Ica; Jue, 23 de agosto 2012. [Acceso 24 de noviembre 2013]. Disponible en: <http://www.agroica.gob.pe/?q=node/419>
 10. Envíos de Mango Peruano a los Estados Unidos Crecieron 9% [Internet]. Portal Agrario Regional de Ica. Dirección Regional de Ica; Lun, 07 de enero 2013. [Acceso 24 de noviembre 2013]. Disponible en: <http://www.agroica.gob.pe/?q=node/443>
 11. I Encuentro Nacional de la Agroindustria Rural: Conservación Artesanal de Productos de Mango. Caracas; 19-21 de mayo 1995. Caracas: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; 1995. [Internet]. [Acceso 24 de noviembre 2013]. Disponible en: books.google.com.pe/books?id=j5QOQAIAIAAJ
 12. Marulanda J. Determinación del perfil de calentamiento y evaluación sensorial en la elaboración de pulpa liofilizada de mango variedad *Tommy Atkins*. [Tesis Virtual]. Manizales-Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencia y Tecnología de los Alimentos; 2002. [Acceso 24 de noviembre 2013]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1009/1/jorgemariomarulanda/loaiza.2002.pdf>
 13. Natividad L, Cáceres J. Algunos aspectos técnicos sobre la liofilización de pulpa de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal). Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos [Revista virtual] 2013; 4 (2): 207-218. [Acceso 26 de junio 2014] 14 (2). Disponible

en:http://www.rvcta.org/Publicaciones/Vol4Num2/ArchivosV4N2/Natividad-Marin_y_Caceres-Paredes_RVCTA-V4N2.pdf

14. Huaraca A. Evaluación nutritiva y nutracéutica de la frutilla (fragaria vesca) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por deshidratación en microondas. [Tesis Virtual]. Riobamba – Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias - Escuela de Bioquímica y Farmacia; 2011. [Acceso 24 de noviembre 2013]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1994/1/56T00302.pdf>
15. Amores D. Evaluación Nutritiva y Nutraceútica de la Mora de Castilla (Rubusglaucus) Deshidratada por el Método de Liofilización y Comparación con la obtenida por Deshidratación en Microondas y Secador en bandejas. [Tesis Virtual]. Riobamba – Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias - Escuela de Bioquímica y Farmacia; 2011. [Acceso 20 de mayo 2014]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1989/1/56T00297.pdf>
16. Ramírez R, Quijada O, Castellano G, Burgos M, Camacho R, Marin C. Características Físicas y Químicas de Frutos de Trece Cultivares de Mango (Mangifera Indica L) en el Municipio Mara en la Planicie de Maracaibo. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha [Revista Virtual] 2010 [Acceso 25 de Junio 2014]; Vol. 10, Núm. 2 pp. 65-72. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81315091002>
17. Perkins P, Manthey J. Explorando Los Fitoquímicos Del Mango Importado. Servicio de Investigación Agrícola de la USDA; 2007. [Acceso 20 de Junio 2014]. Disponible en: http://www.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/385explorando_fitoquimicos_del_mango_importado.pdf

18. Vega R. Liofilización de Pulpa de *Myrciaria dubia* Hbk Mc Vaugh, Camu Camu [Artículo virtual] 2005 [Acceso 26 de junio 2014] 14 (2). Disponible en: http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/Folia14_2_articulo6.pdf
19. Mora J, Gamboa J, Elizondo R. Guía para el Cultivo de Mango. Ministerio de Agricultura y Ganadería [Guía Virtual]. San José, Costa Rica; 2002 [Acceso 15 de junio 2014]. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-mango.pdf
20. Minaya A. El mango en el Perú y sus vínculos con el mercado mundial [Libro virtual]. Lima –Perú; 1999 [Acceso 12 junio 2014]. Disponible en: <http://books.google.com.pe/books?id=7fcqAAAAYAAJ>
21. Benavente M, Calderón A, Rivadeneira D, Rodríguez K. Planeamiento Estratégico del Mango en la Región Lambayeque. [Tesis Virtual] Santiago De Surco: Pontificia Universidad Católica Del Perú; 2012. [Acceso 20 de junio 2014]. Disponible en: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4594/BENAVENTE_CALDERON_RIVADENEIRA_RODRIGUEZ_MANGO.pdf?sequence=1
22. Salamanca G, Forero F; García J, Díaz C. Avances en la Caracterización, Conservación y Procesamiento del Mango (*Mangifera indica* L.). Revista Tumbaga [Revista Virtual] 2007 [Acceso 25 de Junio 2014]; 2, 57-64. Disponible en: file:///C:/Users/jansy/Downloads/Dialnet_AvancesEnLaCaracterizacionConservacionYProcesamiento4550280.pdf
23. Área de Desarrollo – Agrobanco. Cultivo del Mango. México: Área de Desarrollo – Agrobanco; 2007. [Internet] [Acceso 15 de enero 2014]. Disponible en: http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/publicacionagroinforma/3_cultivo_del_mango
24. Gamboa M. Aprovechamiento de los Residuos obtenidos del Proceso de Despulpado del Mango (*Mangifera indica* L.), de las Variedades

- Smith, Tommy Atkins, Haden y Bocado como materias primas para la obtención de Pectinas. [Tesis Virtual]. Puerto La Cruz- Venezuela: Universidad de Oriente; 2009. [Acceso 20 de junio 2014]. Disponible en: <http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/2282/1/PGIQ009G30.pdf>
25. Expofrut Argentina. Mango. [Ficha informativa]. Argentina. [Acceso 17 de junio 2014]. Disponible en: http://www.expofrut.com.ar/PDF/ficha_mango.pdf
26. Huamaní B. Sigwas A. Cadenas Productivas [Documento virtual]. Dirección Regional de Agricultura Ica; 2013. [Acceso 24 de noviembre 2013]. Disponible en: <http://www.agroica.gob.pe/sites/default/files/Cadenas%20Productivas%202013.pdf>
27. Parzanese M. Tecnologías para la Industria Alimentaria Liofilización de alimentos. Alimentos Argentinos – MinAgri. [Ficha Virtual] [Acceso 15 de febrero 2014]. Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/ficha_03_liofilizados.pdf
28. Orrego C. Congelación y Liofilización de Alimentos. [Libro virtual]. Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales; 2008. Primera Edición. [Acceso 15 de febrero 2014]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7837/1/9789584444363.pdf>
29. Liofilización [Hoja informativa]; [Acceso 15 de febrero 2014]. Disponible en: <http://www.ms.gba.gov.ar/sitios/laboratorio/files/2012/08/LIOFILIZACION.pdf>
30. Ingeniería en Industrias Alimentarias / Instituto Tecnológico Superior de Calkiní. Deshidratación: secado y liofilización. [Artículo virtual]; 2011 [Acceso 15 de febrero 2014]. Disponible en: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r46891.PDF>

31. Ramírez J. Liofilización De Alimentos. [Libro virtual]. Universidad Del Valle Cali – Colombia 2006 Edición ReCiTelA - v.6 n.2 [Acceso 10 de febrero 2014]. Disponible en:
<https://docs.google.com/file/d/0B476jmP8wnvhbWhKSW42bzIQd0U/edit?pli=1>
32. Universidad De Granada. Facultad De Ciencias. Secado Por Liofilización. España: Universidad De Granada. [Acceso 15 de febrero 2014]. Disponible en: <http://fciencias.ugr.es/practicadocentes/wp-content/uploads/guiones/SecadoPorLiofilizacion.pdf>
33. Metodologías de análisis, según AOAC 2005, Capítulo 37 Fruits and FruitsProducts, página de 1-23
34. Goyenola G. Determinación del pH [Guía virtual]; 2007 [Acceso 21 de junio 2014]. Disponible en:
http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Determinacion%20del%20pH.pdf
35. Bosquez E. Aplicación de Parámetros de Madurez y Calidad. [Hoja informativa virtual] [Acceso 20 de Junio 2014]. Disponible en:
<http://docencia.izt.uam.mx/elbm/233248/practicas/practica2.pdf>
36. Wade L. Química Orgánica [Libro]. Quinta Edición España 2004
37. Escalante E. Evaluacion del Efecto Termico sobre los Atributos de Calidad del pure de Manzana [Tesis Virtual]. Buenavista, Saltillo, Coahuila-Mexico: Universidad Autonoma Agraria “Antonio Narro”; 2009 [Acceso 30 de Junio 2014]. Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/evaluacion-del-efecto-termico-atributos-calidad/evaluacion-del-efecto-termico-atributos-calidad.pdf>
38. Martínez A. Carotenoides [Hoja informativa virtual]. Universidad de Antioquia. Facultad de Química Farmacéutica. Medellín; 2003. [Acceso 20 de junio 2014]. Disponible en:
<http://farmacia.udea.edu.co/~ff/carotenoides2001.pdf>
39. García J, Bernal J, Díaz C, Guzmán J. Atributos de Calidad del Mango Criollo para la Agroindustria. [Boletín Virtual]. Colombia: Centro de

- Investigación Nataima Espinal – Tolima; 2009. [Acceso 18 de junio 2014]. Disponible en: <http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/56516/56516.pdf>
40. López A, Fernando C, Lazarova Z, Bañuelos R, Sánchez S. Antioxidantes, Un Paradigma en el Tratamiento de Enfermedades. [Artículo de revisión virtual]. 2012 [Acceso 15 de enero 2014]; Vol.6 N°1: p. 48-53. Disponible en: <http://revista.anacem.cl/web/wp-content/uploads/2012/04/Antioxidantes-un-paradigma-en-el-tratamiento-de-enfermedades.pdf>
41. Agudo L. Técnicas para la Determinación de Compuestos Antioxidante en Alimentos. [Revista Virtual]; 2010. [Acceso 20 de enero 2014]. Disponible en: http://www.anpebadajoz.es/autodidacta/autodidacta_archivos/numero_9_archivos/l_a_medina.pdf
42. Criado C. Moya M. Vitaminas y Antioxidantes [http://2011.elmedicointeractivo.com/Documentos/doc/VITAMINAS Y ANTIOX_EL_MEDICO.pdf](http://2011.elmedicointeractivo.com/Documentos/doc/VITAMINAS_Y_ANTIOX_EL_MEDICO.pdf)
43. INDECOPI. NTP 203.070:1977 (revisada el 2012 PRODUCTOS ELABORADOS A PARTIR DE FRUTAS Y OTROS VEGETALES. Determinación de la acidez. 1a.ed.
44. FAO 1986. Paper Nutrition and Food. Analysis of constitution and additives. Roma. 14/7.
45. Jaime Valle. 2003 Universidad de Caracas. Facultad de tecnología de alimentos. Venezuela
46. Londoño J. Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. Programa de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ingenierías, Corporación Universitaria Lasallista. Grupo de Investigación en Ingeniería de Alimentos – GRIAL [Libro Virtual] capítulo 3 [Acceso 15 de enero 2014]. Disponible en: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/handle/10567/133>

47. Kuskoski M, Asuero A, Troncoso A, Mancini-Filho J, Fett R. Aplicación de Diversos Métodos Químicos para Determinar Actividad Antioxidantes en Pulpas de Frutos. [Serie en Internet]. 2005 Out.-Dez. [Acceso 15 de enero 2014]; 25(4): 726-732. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n4/27642.pdf>
48. Pérez J, Saura F. Metodología para la Evaluación de Capacidad Antioxidante en Frutas y Hortalizas. En: V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Madrid, España; Departamento De Metabolismo Y Nutrición. Instituto del Frío; 2007. p. 1150-1160. [Acceso 15 de enero 2014]. Disponible en: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/71/429/71429.pdf>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO Nº 1: FOTOGRAFÍAS DE LAS VARIETADES DE MANGO



Mango chato



Mango carne



Mango rosado



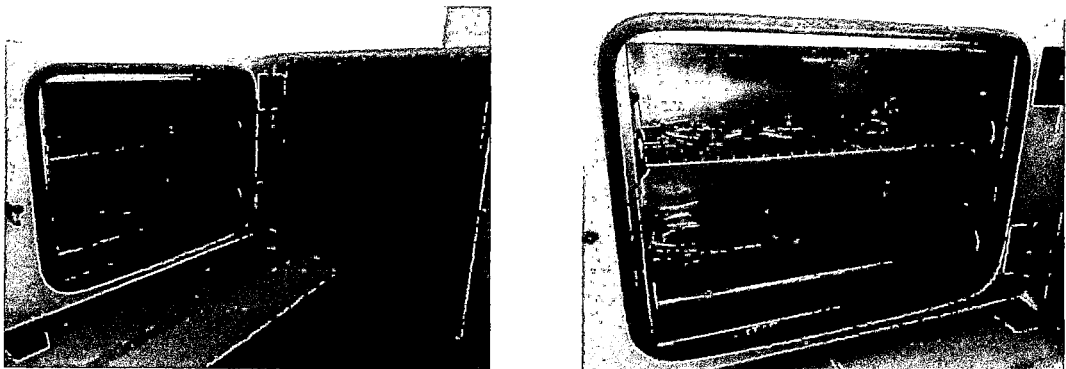
Mango chupar

ANEXO Nº 2: FOTOGRAFÍAS DE LAS DIFERENCIAS ENTRE EL MANGO ROSADO Y EL MANGO CARNE

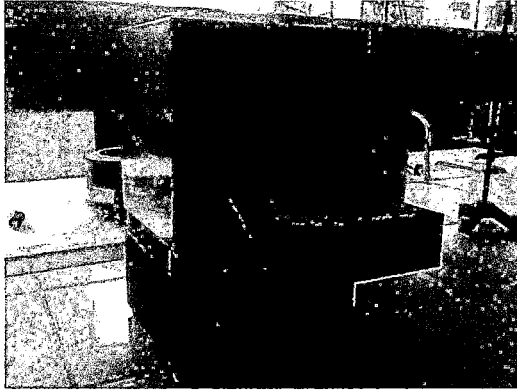


Diferencia entre el mango rosado / mango carne

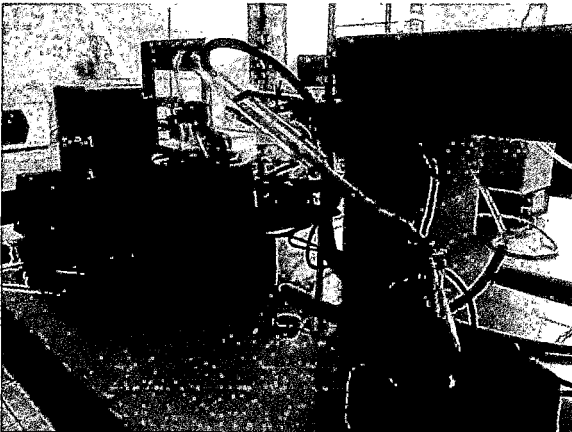
ANEXO Nº 3: FOTOGRAFÍAS DE LA DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS VARIEDADES DE MANGO



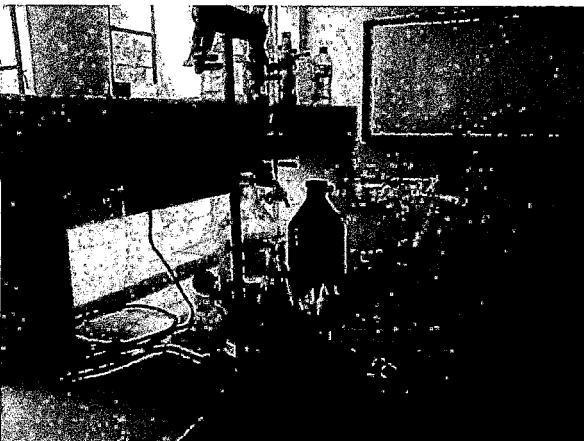
Determinación de Humedad - Secado en estufa



Determinación de Cenizas – Calcinamiento en mufla



Destilación de proteínas



Titulación de proteínas

Determinación de Proteínas

ANEXO Nº 4: FOTOGRAFÍAS DE LAS VARIEDADES DE MANGO

LIOFILIZADAS



← Mango liofilizado en el desecador



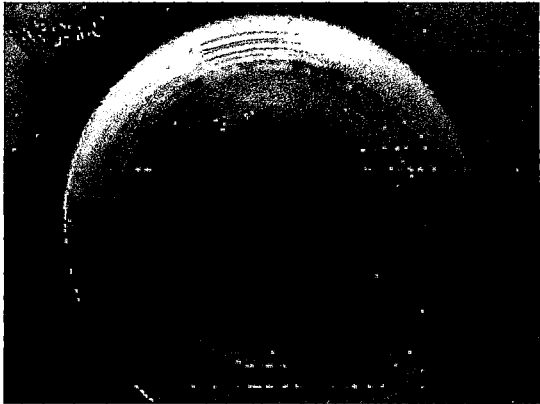
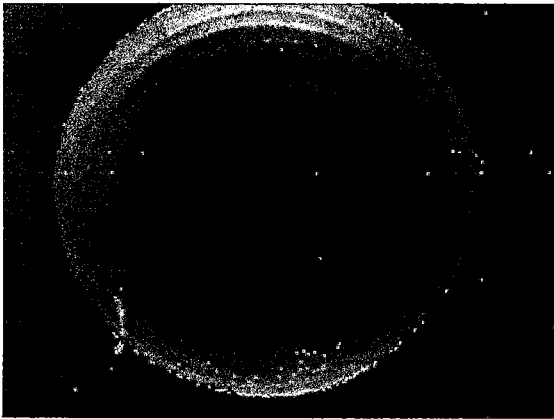
← Vista vertical del mango liofilizado antes de la molienda



← Molienda del mango liofilizado

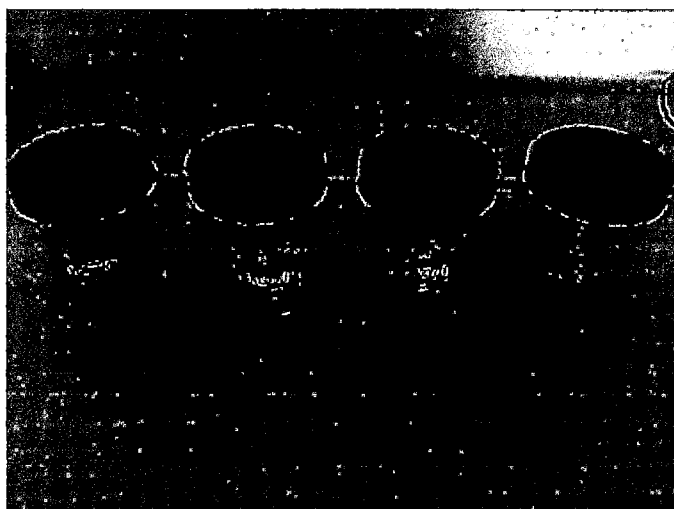


Muestras de las variedades de mango liofilizado



Vista del mango liofilizado

**ANEXO Nº 5: FOTOGRAFÍAS DE LA DETERMINACION DE LA
ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LAS VARIEDADES DE MANGO
LIOFILIZADAS**



Toma de muestra en viales del mango liofilizado



Preparación de los viales para análisis de DPPH