

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**TESIS**

**“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA A  
PARTIR DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTADO POR

**SENCARA VALENCIA, MARIA ELENA  
TACZA YUPANQUI, HELEN LIZBETH  
YANCE PICHUULE, MIRELLA KATERIN**

ASESOR

**ING° LIDA SANEZ FALCÓN**

**CALLAO – DICIEMBRE – 2018**

**PERÚ**

## PRÓLOGO DEL JURADO

La presente Tesis fue Sustentada por las señoritas Bachilleres **SENCARA VALENCIA MARIA ELENA, TACZA YUPANQUI HELEN LIZBETH y YANCE PICHUILE MIRELLA KATERIN** ante el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios :

ING° JULIO CÉSAR CALDERÓN CRUZ	PRESIDENTE
ING° MARÍA ESTELA TOLEDO PALOMINO	SECRETARIA
ING° VICTORIA YSABEL ROJAS	VOCAL
ING° LIDA CARMEN SANEZ FALCÓN	ASESORA

Tal como está asentado en el Libro de Actas N° 1 de Tesis con Ciclo de Tesis Folio N° 47 y Acta N° 46 de fecha **VEINTISIETE DE NOVIEMBRE DE 2018**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación de Tesis con Ciclo de Tesis, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 309–2017–CU de fecha 24 de octubre de 2017 y su Cuarta Disposición Transitoria.

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermanos que me apoyaron incondicionalmente, en mi formación personal y parte económica para llegar a ser un profesional y hacer posible este logro

A mis padres y hermanos por su apoyo constante, las cuales hicieron posible este logro

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que este trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que compartieron sus conocimientos para hacer posible este logro

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que conforman la Facultad de Ingeniería Química, por confiar en nosotras, abrirnos las puertas y permitirnos realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento educativo.

De igual manera agradecemos a los profesores en especial a la Ing<sup>o</sup> Sanez Falcón Lida Carmen, Lic. Fernando Layza y Sr. Castañeda Escribano Juan, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos y experiencia nos hicieron crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación y apoyo incondicional.

Finalmente quiero expresar más grande y sincero agradecimiento a Jhon Carhuayano Díaz y Doris Palacios Sulca por su apoyo y colaboración que permitió el desarrollo de este trabajo.

# ÍNDICE

	Pag.
<b>RESUMEN</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
<b>I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>10</b>
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	10
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.2.1. Problema General	11
1.2.2. Problemas específicos	11
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	11
1.3.1. Objetivo general	11
1.3.2. Objetivos específicos	11
1.4. LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN	11
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>13</b>
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	13
2.2. MARCO	17
2.2.1. El mango	17
2.2.2. Cáscara de mango	18
2.2.3. Análisis proximal	20
2.2.4. Análisis microbiológico	22
2.2.5. Fibra dietética	22
2.2.6. Tipos de fibra dietética	23
2.2.7. Constituyentes de la fibra dietética	24
2.2.8. Propiedades físicas de la fibra dietética	27
2.2.9. Método de análisis proximal	30
2.2.10. Método de análisis de la fibra dietética	30
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	32
<b>III. HIPÓTESIS Y VARIABLES</b>	<b>34</b>
3.1. HIPÓTESIS GENERAL E HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	34
3.1.1. Hipótesis general	34
3.1.2. Hipótesis específicas	34
3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	34
3.2.1. Variables de la investigación	34
<b>IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>37</b>
4.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.	37
4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	37
4.2.1. Población	37
4.2.2. Muestra	37
4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	
DOCUMENTAL	38
4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO	38

4.4.1. Lugar de ejecución	38
4.4.3. Preparación de la muestra	40
4.4.4. Tamaño de partícula	41
4.4.5. Análisis químico proximal	41
4.4.6. Determinación de la fibra dietética por el método enzimático gravimétrico	46
4.4.7. Análisis microbiológico	47
4.4.8. Características de la fibra dietética	49
<b>V. RESULTADOS</b>	<b>51</b>
5.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS	51
5.1.1. Obtención de muestra (cáscara de mango Haden)	51
5.1.2. Tamaño de partícula	51
5.2. RESULTADOS INFERENCIALES	51
5.2.1. Análisis químico proximal	51
5.2.2. Análisis microbiológico	54
5.2.3. Fibra dietética	55
5.2.4. Características de la fibra dietética	55
<b>VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>57</b>
6.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	57
6.2. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS CON ESTUDIOS SIMILARES	57
6.2.1. Análisis proximal	57
6.2.2. Fibra dietética	63
6.2.3. Características funcionales de la fibra dietética	64
<b>VII. CONCLUSIONES</b>	<b>67</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES</b>	<b>68</b>
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
TABLA N° 2.1 : COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRIMENTAL DEL MANGO (G/100 g DE FRUTA)	18
TABLA N° 3.1 : OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	35
TABLA N° 5.1 : DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULA (%) DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN	51
TABLA N° 5.2 : (%) DE HUMEDAD DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN	52
TABLA N° 5.3 : (%) DE CENIZAS DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN	52
TABLA N° 5.4 : (%) DE PROTEÍNA CRUDA DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN	52
TABLA N° 5.5 : (%) DE GRASA CRUDA DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN	523
TABLA N° 5.6 : (%) DE FIBRA CRUDA DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN	53
TABLA N° 5.7 : (%) DE CARBOHIDRATOS DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN	534
TABLA N° 5.9 : RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN SIN ESCALDADO	54
TABLA N° 5.10 : RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN CON ESCALDADO	54
TABLA N° 5.11 : FIBRA DIETÉTICA OBTENIDA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN	55
TABLA N° 5.12 : CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA	55
TABLA N° 5.13 : CAPACIDAD DE RETENCION DE ACEITE	556
TABLA N° 5.14 : CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO	56
TABLA N° 6.1 : (%)FIBRA DIETÉTICA OBTENIDA A PARTIR DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO	63

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pag.
<b>GRÁFICO N° 6.1 : (% )HUMEDAD DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO</b>	<b>58</b>
<b>GRÁFICO N° 6.2 : (% ) CENIZAS DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO</b>	<b>59</b>
<b>GRÁFICO N° 6.3 : (% )PROTEÍNA CRUDA DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO</b>	<b>60</b>
<b>GRÁFICO N° 6.4 : (% ) GRASA CRUDA DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO</b>	<b>60</b>
<b>GRÁFICO N° 6.5 : (% ) GRASA CRUDA DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO</b>	<b>612</b>
<b>GRÁFICO N° 6.6 : (% ) GRASA CRUDA DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO</b>	<b>62</b>
<b>GRÁFICO N° 6.7 : (% ) FIBRA DIETÉTICA DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO</b>	<b>63</b>
<b>GRÁFICO N° 6.8 : CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO</b>	<b>645</b>
<b>GRÁFICO N° 6.9 : CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE ACEITE DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO</b>	<b>65</b>
<b>GRÁFICO N° 6.10 : CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
FIGURA N° 2.1 : MORFOLOGÍA DEL MANGO	18
FIGURA N° 2.2 : UNIDAD ESTRUCTURAL BÁSICA DE LA CELULOSA, COMPUESTA DE RESTOS DE B – GLUCOPIRANOSA UNIDOS POR ENLACES (1 – 4)	25
FIGURA N° 2.3 : ESTRUCTURA BÁSICA DE HEMICELULOSA	25
FIGURA N° 3.1 : DEFINICIÓN DE VARIABLES	36
FIGURA N° 4.1 : DIAGRAMA DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE LA MUESTRA (CÁSCARA DE MANGO HADEN)	42
FIGURA N° 10.1 : RECEPCIÓN Y PELADO DEL MANGO	76
FIGURA N° 10.2 : CÁSCARA DE MANGO SECA	76
FIGURA N° 10.3 : MOLIENDA DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN	77
FIGURA N° 10.4 : TAMIZADO DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN	77
FIGURA N° 10.5 : DETERMINACIÓN DE HUMEDAD	78
FIGURA N° 10.6 : DETERMINACIÓN DE CENIZA	78
FIGURA N° 10.7 : DETERMINACIÓN DE GRASA CRUDA	79
FIGURA N° 10.8 : OBTENCIÓN DE FIBRA CRUDA	80
FIGURA N° 10.9 : CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA	82
FIGURA N° 10.10 : CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE ACEITE	83
FIGURA N° 10.11 : CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO	84

## RESUMEN

En las industrias alimentarias, la fabricación de néctares, concentrados, etc.; generan una gran cantidad de desechos que contienen cáscaras y semillas de frutas, en algunos casos lo usan en la alimentación de animales, como abono y en su mayoría son desechados.

El presente trabajo está orientado a utilizar la cáscara de mango y darle un valor agregado; el objetivo principal es obtener fibra dietética a partir de la cáscara de mango Haden (*Mangífera Indica L.*) Para la obtención de la muestra de la cáscara de mango se realizó el siguiente flujo: recepción, lavado y desinfección, pelado, escaldado, escurrido, el secado se realizó a 60°C por 24 horas, molienda, tamizado y almacenamiento.

Los resultados promedios del análisis proximal de la cáscara de mango son: humedad (8,1%), ceniza (1,46%), proteína cruda (4,72%), grasa cruda (2,53%), fibra cruda (20,16%) y carbohidratos (63,03%)

Se obtuvo 37,65% de fibra dietética total obtenida mediante el método Enzimático/Gravimétrico el cual se basa en gelatinizar con  $\alpha$ -amilasa termoestable, y luego digeridos enzimáticamente con proteasa y amiloglicosidasa para remover la proteína y el almidón. Se filtra y lava con etanol y acetona.

Finalmente al realizar la caracterización funcional se obtuvo una retención de agua y aceite de 6,59 ml de agua/g de fibra y 1,37ml de aceite/g de fibra respectivamente y una capacidad de hinchamiento de 6,31 ml de agua/g de fibra.

## ABSTRACT

In the food industries, the manufacture of nectars, concentrates, etc; they generate a large amount of waste containing husks and fruit seeds, in some cases they use it in animal feed, as fertilizer and they are mostly discarded. The present work is oriented to use the mango peel and give it an added value; the main objective is to obtain dietary fiber from the mango husk Haden (*Mangifera Indica L.*) To obtain the mango peel sample, the following flow was carried out: reception, washing and disinfection, peeling, blanching, draining, drying at 60°C for 24 hours, grinding, sieving and storage.

The average results of the proximal analysis of the mango husk are: humidity (8,1%), ash (1,46%), crude protein (4,72%), crude fat (2,53%), crude fiber (20,16%) and carbohydrates (63,03%)

37,65% of total dietary fiber obtained by the Enzymatic / Gravimetric method was obtained, which is based on gelatinizing with thermostable  $\alpha$  – amylase, and then digested enzymatically with protease and amyloglucosidase to remove the protein and starch. It is filtered and washed with ethanol and acetone.

Finally, when carrying out the functional characterization, water and oil retention of 6,59 ml of water/g of fiber and 1,37 ml of oil/g of fiber respectively and a swelling capacity of 6,31 ml of water/g of fiber.

## INTRODUCCIÓN

En el Perú existe una gran variedad de frutas debido a la diversidad de climas y geografía que tiene nuestro país. El mango (*Mangífera indica* L) es una fruta con gran aceptación mundial debido a su exquisito sabor, llamativa coloración y a sus propiedades nutricionales como las vitaminas A y C. (Roque Pilco, 2016)

El Perú ocupa el tercer lugar en exportación de mango, el 75% de la producción de mango está centrado en el norte del país, en el valle de San Lorenzo (distrito de Tambo Grande, Piura), además de Lambayeque y un poco en Casma (Áncash). (Choque, 2017)

Con una superficie cultivada de mango que alcanza las 350 000 toneladas de la variedad Kent, Haden, Tommy Atkins, Criolla, Keitt, Edward, Chato, etc. siendo las tres primeras de exportación y las demás para consumo local. ( Ministerio de agricultura y riego , 2017)

Sin embargo, existe una gran cantidad de fruta que no cumple con las características o requisitos para su exportación, venta local y como insumo para las industrias alimentarias, esta última emplea principalmente la pulpa para la elaboración de congelados, dulces, jugos, mermeladas y compotas, siendo la cáscara un subproducto que en algunos casos lo usan en la alimentación de animales, como abono, para extraer las pectinas y en la mayoría de los casos es desechada generando así focos infecciosos de contaminación debido a que no es aprovechada.

Como una alternativa sustentable puede ser empleado en la elaboración de fibra dietética ya que posee cualidades importantes para la salud como la de ser un regulador intestinal; actuando como laxante, factor preventivo de cáncer al colon, absorbentes de ácidos biliares y como coadyugante en la disminución de colesterol y glucosa en la sangre. (Periagio, Ros, Lopez, Martinez, & Rincon, 1993)

Estas razones nos motivaron a realizar el presente trabajo de investigación con el objetivo de utilizar la cáscara de mango para obtener y caracterizar la fibra dietética y a la vez contribuir con disminuir la contaminación por residuos orgánicos.

## **1.1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

En la actualidad cada vez se incrementan la cantidad de personas que padecen de enfermedades como cáncer, diabetes, colesterol y enfermedades cardiovasculares, debido al mal hábito alimenticio.

En el Perú como en otras partes del mundo el consumo de alcohol, tabaco, cigarrillos, bebidas gasificadas y la falta de actividad física, es un gran problema debido a que este mal hábito crece diariamente generando consecuencias que afectan directamente nuestra salud, a causa de este problema existe un interés en el consumo de fibra dietética por ser un componente sumamente importante para una alimentación equilibrada ya que está relacionada con la prevención de muchas enfermedades.

Para nuestra investigación usaremos el mango Haden, el mango es una de las fuentes más ricas en fibra, en diversas regiones del Perú se produce el mango Haden, específicamente en Ancash, Casma; donde se genera residuo al momento de emplearlo en la plantas despulpadoras, entre los residuos generados podemos observar a la cáscara y la semilla de mango, que no están siendo aprovechados óptimamente a pesar de ser materiales sumamente fibrosos, la cáscara de mango contiene como promedio, 32% de azúcares reductores, mientras que entre los componentes más fibrosos están la celulosa, la lignina y la pectina con valores de 13, 13 y 7 % en base seca respectivamente. (Madhukara, 1993)

Cabe señalar que actualmente se está dando un mayor valor agregado a los residuos orgánicos. La investigación actual trata sobre el aprovechamiento de dichos residuos como fuente de fibra, tal es el caso de la cáscara de mango Haden natural de Casma que puede desempeñar un papel importante implementándose en procesos tecnológicos que permitan su mejor aprovechamiento en beneficio de la salud.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema General**

¿Cómo obtener fibra dietética a partir de la cáscara de mango HADEN?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- 1) ¿Cuáles son las características de la cáscara de mango HADEN que proporciona las cualidades adecuadas para la obtención de fibra dietética?
- 2) ¿Cuál es el método adecuado para la obtención de la fibra dietética obtenida a partir de la cáscara de mango HADEN?
- 3) ¿Cuáles son las características funcionales de la fibra dietética obtenida a partir de la cáscara de mango HADEN?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Obtener la fibra dietética a partir de la cáscara de mango HADEN.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- a) Caracterizar la cáscara de mango HADEN que proporciona las cualidades adecuadas para la obtención de fibra dietética.
- b) Encontrar el método adecuado para la obtención de la fibra dietética obtenida a partir de la cáscara de mango HADEN.
- c) Obtener las características de la fibra dietética obtenida a partir de la cáscara de mango HADEN.

## **1.4 Limitantes de la investigación**

Para la elaboración de este proyecto lo que causo mayor dificultad fue la parte metodológica práctica, específicamente en el proceso de obtención de la fibra en sí, ya que se requiere enzimas y reactivos fiscalizados como es el HCl, los cuales fueron difíciles de conseguir a pesar de tratarse de cantidades mínimas, puesto que para adquirir los reactivos fiscalizados no se pudo conseguir de manera directa sino a través de un intermediario autorizado, de igual manera la adquisición de enzimas fue de mayor tedio, ya que muy pocos laboratorios ofrecían dichas enzimas y los

que contaban con ellas las vendían combinadas con otros compuestos o eran de origen extranjero para lo cual realiza el pedido mínimo con dos meses aproximadamente de anticipado, lo cual incluía un costo mayor.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes del estudio**

Ramirez Tixe (2012) en una investigación titulada “Obtención y caracterización de fibra dietética a partir del bagazo de brócoli”, en la cual usan los residuos agroindustriales del bagazo de brócoli (variedad Legacy) en especial el picolo de la cosecha del campo de la provincia de Tarma, realizando el análisis químico proximal de la materia prima usando métodos recomendados por la AOAC (1997), análisis químico proximal de la harina usando métodos recomendados por la AOAC (1997 y 2005) donde obtuvieron valores aceptables de humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra cruda, carbohidratos y valor calórico, en cuanto al análisis fisicoquímico obtuvieron un pH de 6,32 y 0,127 de porcentaje de acidez titulable (expresado en ácido cítrico) Utilizaron el método enzimático gravimétrico de la AOAC para la obtención y caracterización de la fibra dietética obteniendo como resultado un 3,8% de fibra dietética total.

Quispe Centeno (2014) en una investigación titulada “Obtención y caracterización de la fibra dietética a partir de los residuos de papa (solanum tuberosum)”, realizó el análisis fisicoquímico de la cáscara de papa. Para obtener el polvo concentrado de fibra dietética realizó tres lavados de 20 minutos y secado a una temperatura de 60°C por 11 horas, molienda, empaclado y caracterización, obteniéndose como resultados una capacidad de retención de agua de 4,4558 g H<sub>2</sub>O/g m.s. y su capacidad de solubilidad de agua fue de 7,89%. El análisis fisicoquímico de la harina de la cáscara de papa en base húmeda es de : humedad (13,36%), ceniza (2,41%), proteína (1,02%), grasa (0,31%), fibra (2,65%) y carbohidratos (80,25%) Obtuvo un 14,21% de fibra dietética total usando el método enzimático gravimétrico. Realiza una comparación de porcentaje de fibra dietética con el obtenido del bagazo de brócoli (3,8%) Según Ramirez, 2012 y bagazo de zanahoria (21,05%) Según Ortega, 2000 y concluye que estos residuos son importantes para la salud y que a pesar de que obtuvo menor cantidad

de fibra con respecto al de la zanahoria se podría deber a que esta es una hortaliza y no un tubérculo como lo es el residuo de la papa.

Alarcón García, Lopez Vargas, & Restrepo Molina (2013) presentaron el siguiente estudio “Caracterización de la funcionalidad tecnológica de una fuente rica en fibra dietaria obtenida a partir de cáscara de plátano”, nos indican el proceso de obtención de fibra dietaria a partir de la cáscara de plátano (variedad Harton Dominico, Musa AAB) al cual se le determino la fibra dietética total (FDT) 46,79% usando el método enzimático gravimétrico 985,29 de la AOAC (1998), fibra dietética insoluble (FDI) 45,12% usando el método enzimático gravimétrico, buffer fosfato 991,42 de la AOAC (1998) y fibra dietética soluble (FDS) determinada por cálculo de la diferencia ( $FDS = FDT - FDI$ ) siendo esta de 1,68%. El proceso completo presento un rendimiento de 2% en fuente de fibra de la cáscara de plátano. Realizaron pruebas sometiendo a una temperatura de 20°C y 74°C para ver cuál es el efecto de la temperatura porque quieren aplicarlo en la industria cárnica, bajo las condiciones mencionadas realizaron la caracterización de la capacidad de absorción de agua, capacidad de absorción de las moléculas orgánicas, capacidad de retención de agua las cuales no presentaron estadísticamente diferencias significativas mientras que la capacidad de absorción de aceite sí. Concluyeron que si se puede aplicar la fibra de cáscara de plátano en alimentos de tipo cárnico.

Serna Cock & Torres León (2014) en una investigación titulada “Potencial agroindustrial de cáscara de mango (*Mangífera indica*) variedades Keitt y Tommy Atkins”, La cual nos da conocer el potencial que tienen los residuos desechados de cáscara de mango de esta manera se contribuye a mitigar problemas ambientales, para ello determinaron los siguientes análisis: medición de compuestos fenólicos totales; las cuales fueron liofilizadas para luego preparar sus extractos y luego determinar los compuestos fenólicos usando el método descrito por Alija et al. (2008), composición proximal usando diferentes métodos de la AOAC (1990, 1991) contenido de proteína, contenido de ceniza y grasa, celulosa, hemicelulosa,

lignina (por el método de Fibra Detergente Neutro y Ácido de Van Soest, 1991 modificado con la metodología de Ankom 200/220) y con la AOAC (1993) determinaron la fibra dietética total, fibra dietética insoluble (método enzimático – gravimétrico, 991,43) Con esto demostraron que la cáscara de mango de las variedades Keitt y Tommy Atkins tienen un gran potencial como componentes de productos alimenticios debido a que tienen una capacidad antioxidante y su contenido de fibra fue mayor a las otras estudiadas, siendo la de variedad Keitt quien obtuvo los valores más altos.

Vergara Valencia (2005) en una investigación titulada “Obtención de fibra dietética antioxidante a partir de mango y su aplicación en productos de panificación”, su objetivo principal fue caracterizar fisicoquímicamente y funcionalmente la fibra dietética, la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos y su evaluación en la adición en pan y galleta del tipo gourmet. Nos indica el proceso de obtención de fibra dietética a partir de la cáscara de mango de la variedad Tommy Atkins, la aplicación de su fibra en la elaboración pan y galleta en la cual usaron la formulación propuesta por Nelson (2001) Realizó el análisis proximal del pan y galleta determinando su humedad, lípidos, proteínas, cenizas y carbohidratos totales, para ello usó los métodos oficiales (44 – 16, 30 – 25, 46 – 13 y 08 – 01 respectivamente) descritos por la AACC (2000), determinó la fibra dietética total (FDT) 28%, insoluble (FDI) 13,2% y soluble (FDS) 14,8% usando el método descrito por la AACC (2000) método 32,05, determinó la capacidad antioxidante por medio de la extracción de polifenoles solubles (16,1 mg/g) usando el método propuesto por Jimenez – Escrig y col (2001 b) y polifenoles solubles totales por el método de Folin – Ciocalteau (Montreau, 1972), determinó sus propiedades funcionales como la capacidad de retención de agua y aceite a diferentes temperaturas con el método planteado por Laurri y col (1996), finalmente determinó el contenido de almidón por el método de Goñi y col (1997)

Baena & Garcia Cardona (2012) presentaron el siguiente estudio “Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascarilla de

semillas tostadas de *Theobroma cacao* L. de la industria chocolatera colombiana”, en la cual se extrae los compuestos polares y los lípidos por medio de Soxhlet utilizando como solvente el hexano, se procedió con la caracterización fisicoquímica de la cascarilla de cacao con el método descrito por la AOAC 985,29 para ello emplearon tres enzimas :  $\alpha$  – amilasa, proteasa y amiloglucosidasa, separaron por filtración con alcohol la fibra soluble de la insoluble, las cuales depositaron en una mufla para realizar la determinación de cenizas, por el método descrito por la AOAC 920,87 determinaron las proteínas. En base al método de Van Soest y Wine’s (Fibra Detergente Neutro y Fibra Detergente Ácida) determinaron la lignina y polisacáridos. Finalmente determinaron la capacidad de retención de agua (CRA), retención de aceite (CRAc), capacidad de hinchamiento (CH) e intercambio catiónico. En conclusión nos dan a conocer el potencial que tiene la cascarilla de cacao y su aprovechamiento en la elaboración de alimentos ricos en fibra.

Priego Mendoza (2007) en una investigación titulada “Obtención de fibra dietética a partir de sáculos de naranja aplicando un tratamiento con vapor”, su objetivo es determinar mediante un diseño experimental las condiciones para su proceso de escaldado con vapor. En ella nos indica el proceso de obtención de residuos fibrosos por medio de los procesos de escaldado a vapor y escaldado por ebullición, finalmente realizaron la caracterización fisicoquímica, para ello se analiza la composición proximal tanto para escaldado por vapor y ebullición utilizando los métodos oficiales descritos por la AOAC (1997), con el cual analizamos la humedad(6,39% y 6,97% respectivamente), cenizas(2,81% y 2,84% respectivamente), proteína cruda (5,62% y 4,83% respectivamente) y carbohidratos totales, luego se usa el método de Prosky (1988) para determinar el contenido de fibra dietética total (81,54% y 80,50% respectivamente para el obtenido mediante vapor y ebullición)

Parada Caro (2005) en una investigación titulada “Caracterización del aceite y la fibra dietética a partir de semilla de arándano (*Vaccinium*

corymbosum L.)”, tiene como objetivo demostrar que se puede obtener aceite y fibra dietética a partir de la semilla de arándano y su uso de la alimentación para humanos y animales, en la cual se realizó la caracterización de la fibra de la semilla, para ello se empleó el método enzimático gravimétrico METRIS buffer (método oficial de la AOAC 32.1.17, 16ª edición, 1995), también se realizó la determinación de fibra cruda por el método proximal (método oficial AOAC 4.6.02, 16ª edición) y por el método del Detergente Neutro (FDN) con el fin de prever la posibilidad de obtener la mayor cantidad de fibra dietética. En conclusión los resultados de la investigación indican que el método del Detergente Neutro (FDN) brindan mayor porcentaje de fibra dietética apta para consumo humano y animal, siendo la proveniente de la semilla de arándano mayor que la de harina integral, salvado de trigo, etc.

## **2.2. Marco**

### **2.2.1. El mango**

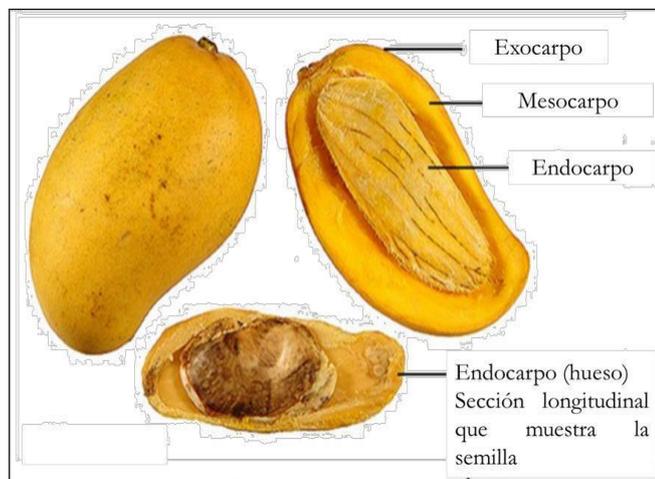
El mango de nombre científico (*Mangífera indica* L.), su cultivo comprende aproximadamente 3,7 millones de hectáreas en todo el mundo, y su producción excede las 27 millones de toneladas por año. A nivel mundial, la India ha destacado como el principal productor de mango. (FAO, 2008)

El mango es una planta de vegetación permanente y de carácter arbóreo, que puede alcanzar entre 10 a 40 m de altura; de tronco generalmente recto, con ramas altas y largas que le dan una forma globulosa a la copa del árbol. (Arroyo, 2008)

El fruto del mango es una drupa de características variables, según el cultivar. La pulpa es gruesa y rodea al carozo duro que contiene en su interior una sola semilla. De la superficie del corazón se origina una pubescencia que forma un gran número de fibras finas dentro de la pulpa, en algunas variedades las fibras son finas y poco numerosas mientras que en otras como las criollas con abundantes y largas. Su peso varía desde 100 g hasta 2 Kg por unidad. (Quesada, 2010)

Su color de piel puede estar entre verde, amarillo y diferentes tonalidades de rosa, rojo y violeta. (Quesada, 2010)

**FIGURA N° 2.1**  
**MORFOLOGÍA DEL MANGO**



**Fuente :** Ramírez – Méndez et al., 2010

El fruto tiene una cáscara de grosor variable en algunas variedades y más delgadas en otras es gruesa y una pulpa de muy buen olor y de muy buen sabor, digestivo, rico en nutrientes tales como ácidos, ácidos grasos, proteínas, aminoácidos, azúcares, entre otros, y está constituido en tres partes : la cáscara y la pulpa con 82,97%, la semilla entre 7,49% y 15% del fruto. (Ramírez Méndez, 2010)

El procesamiento industrial de mango para elaboración de pulpa, néctar, jalea, fruta deshidratada, entre otros derivados, resulta en un gran volumen de residuo, que, aunque sea biodegradable, necesita un el tiempo mínimo para ser descompuesto (Couto Filho CCC, 2007)

### **2.2.2. Cáscara de mango**

Según el profesor Hugo A. Martínez, doctor en Ingeniería (Brasil), define a la cascara como “un subproducto importante y poco aprovechado, a pesar de su contenido de compuestos bioactivos que promueven la buena salud como polifenoles y carotenoides de importancia para la salud humana

por sus múltiples efectos biológicos como antioxidantes” (Palmira, 07 de octubre de 2013 )

**TABLA N° 2.1**

**COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRIMENTAL DEL MANGO (g/100 g DE FRUTA)**

<b>COMPONENTE</b>	<b>MANGO VERDE</b>	<b>MANGO MADURO</b>
Calorías	39	50 – 60
Humedad	90	86,1
Proteínas	0,7	0,6
Grasas	0,1	0,1
Carbohidratos	8,8	11,8
Ceniza	---	0,01
Calcio	0,01	0,02
Fósforo	0,02	---
Hierro	450 mg	30
Vitamina A	150	4 800
Tiamina	---	0,04 mg
Riboflavina	0,03	0,05
Ácido ascórbico	0,3	13

**Fuente :** Ballinas – Díaz et al., 2013

La cáscara de mango de mango constituye alrededor del 15 al 20% de la fruta, con contenidos de una fuente importante de nutrientes como; azúcares, pectina, proteínas y fibra que describiremos a continuación.

**a) Compuestos bioactivos de la cáscara de mango :**

- 1) **Polifenoles.**- Los polifenoles proporcionan colores intensos a los vegetales en especial, rojo azul, violeta, amarillo y naranja. Pero además son responsables de otorgar protección ante amenazas ambientales a través de sus propiedades antimicrobianas, de protección solar y antioxidantes. Esta última es considerada como una de las más importantes pues previene el daño oxidativo que pueden ocasionar el daño de radicales libres producidos durante la

fotosíntesis, esta propiedad también está relacionada directamente con los beneficios para la salud debido a que su ingesta reduce la incidencia de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y el cáncer. (Velázquez, marzo-2018)

- 2) Carotenoides.**- La principal función biológica de los carotenoides es la de servir pigmentos y como sustancias fotoprotectoras, inhibiendo la propagación de especies reactivas de oxígeno y de otros radicales libres por tanto impiden la acción nociva de estos a nivel celular, nuestro organismo utiliza su capacidad antioxidante frente a radicales libres de muy diversa naturaleza y origen. (Mosquera, 2005)

### **2.2.3. Análisis proximal**

- a) Humedad.**- El contenido de humedad de los alimentos es de gran importancia, pero su determinación exacta es difícil. En el caso de frutas y verduras, el porcentaje de humedad es mayor en relación a otros alimentos que también contienen humedad, y aún en los aceites se encuentra una cierta cantidad de agua.

La determinación de humedad es importante para conocer la proporción en que se encuentran los nutrientes y nos indica la estabilidad de los alimentos. Además, nos sirve para determinar las condiciones de almacenamiento, sobre todo en granos, ya que éstos no se pueden almacenar con un 14% de humedad, debido al crecimiento de microorganismos tales como hongos. (Colegio de bachilleres del estado de Sonora, 2007).

- b) Ceniza.**- Las cenizas de los alimentos están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado. Las cenizas obtenidas no tienen necesariamente la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original, ya que pueden existir pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los componentes del alimento.

La cantidad o valor obtenido de las cenizas en un alimento puede considerarse como una medida general de calidad, por ejemplo, en las harinas se puede determinar qué tan refinada es, porque entre más refinada sea, menos será la cantidad de cenizas presentes en la harina. La determinación de cenizas también es útil para determinar el tipo de alimento, así como para detectar adulteraciones y contaminaciones. (Colegio de bachilleres del estado de Sonora, 2007)

- c) **Grasa.**- Los constituyentes grasos de los alimentos consisten en diversas sustancias lípidas. El contenido de "grasa" se puede considerar como compuesto de lípidos "libres", o sea aquéllos que pueden ser extraídos por disolventes menos polares como éter c. petróleo y éter dietílico, mientras que los lípidos "combinados necesitan disolventes más polares tales como alcoholes para su extracción. Las uniones de los lípidos pueden romperse por hidrólisis o algún otro tratamiento químico para producir lípidos libres. Por lo anterior, la cantidad de lípidos que se obtenga son la extracción para determinar grasa, dependerá del método de análisis que se utilice.

Las extracciones de productos alimenticios pueden hacerse con éter etílico anhidro (p.e. 34,6°C) o éter de petróleo (p.e. 34°C – 45°C) Para el análisis químico de grasa, en la práctica correspondiente, se usa el método Soxhlet, la grasa se extrae de la muestra por medio de éter de petróleo. (Colegio de bachilleres del estado de Sonora, 2007)

- d) **Proteína cruda.**- Por su costo es este el nutriente más importante en la dieta en una operación comercial; su adecuada evaluación permite controlar la calidad de los insumos proteicos que están siendo adquiridos o del alimento que se está suministrando. (Olvera Novoa, Martínez Palacios, & Real de León, 1993)
- e) **Carbohidratos.**- En este punto se agrupan todos los nutrientes no evaluados con los métodos señalados anteriormente dentro del análisis proximal, constituido principalmente por carbohidratos digeribles, así

como también vitaminas y demás compuestos orgánicos solubles no nitrogenados.

- f) **Fibra cruda.**- La fibra representa la porción no digerible de los alimentos y, por consiguiente, mientras mayor sea su concentración en un producto dado, menor será su valor alimenticio, aunque es importante recomendarlo para el buen funcionamiento del intestino. La naturaleza química de la fibra cruda, aun cuando no está bien establecida, se considera constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina.

Su determinación se basa en la simulación de la digestión en el organismo por tratamientos ácidos y alcalinos, separando los constituyentes solubles de los insolubles que constituyen los desperdicios orgánicos a través de las heces.

#### **2.2.4. Análisis microbiológico**

La aceptabilidad o no de un alimento está definida por la calidad microbiológica que este posee, lo cual depende del cumplimiento de la normatividad sanitaria vigente, de las condiciones en las cuales se encuentre.

Es necesario identificar la ausencia o presencia de microorganismos patógenos tales como: *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp, *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Bacillus cereus*, entre otros, así como también es necesario reconocer que la cantidad de microorganismos no superen los límites establecidos por marco legal para cada tipo de producto. (Ministerio de salud, 2011)

#### **2.2.5. Fibra dietética**

Las principales fuentes de fibra en la dieta humana son : granos enteros de cereales, leguminosas, frutas y vegetales. Otra forma de consumir frecuentemente la fibra dietética total es la de someter a procesos de extrusión a diferentes fuentes de fibra y obtener diversidad de sabores e incorporar ingredientes benéficos a la salud, (Chinnaswamy, 1998)

Actualmente, existen varias definiciones de fibra dietaría expuestas en la extensa literatura científica, en la cual se proponen definiciones dependiendo de varios factores entre los cuales se encuentra: su composición y las unidades manométricas que componen los polímeros indigestibles. En cuanto a la composición, existen definiciones de hace algunos años que no toman en cuenta el almidón resistente o la proteína resistente a la digestión en el intestino delgado (Elleuch, 2011)

La Fibra dietética proviene de las paredes celulares y láminas medias de tejidos que conforman las frutas y hortalizas, por lo que participan en su composición celulosa, hemicelulosa, lignina y compuestos pécticos. La fibra dietética no se absorbe en el organismo, porque carecen de enzimas para hidrolizar estos polímeros. Sin embargo, estudios in Vitro muestran que sus componentes pueden atrapar carcinógenos y otras sustancias reactivas tales como ácidos biliares, cuyo efecto benéfico ejerce directamente al intestino, eliminando sustancias nocivas modificando el microambiente del colon (flora bacteriana, composición de ácidos biliares y pH)

Además, algunas clases de fibra dietética se fermentan por acción de la microflora del colon produciendo ácidos grasos de cadena (butírico), que previene la formación de tumores y células malignas. La fibra dietética; por lo tanto, reduce los riesgos de cáncer de colon. Por último, previene la formación de pequeñas vesículas en el intestino, ayuda a controlar la diabetes, los niveles altos de colesterol y glucosa en sangre, (Steinmetz, 1996)

#### **2.2.6. Tipos de fibra dietética**

La fibra dietética total está compuesta por fibras soluble e insoluble. La primera está constituida por pectinas y gomas; y la insoluble por celulosa, lignina y una parte de hemicelulosa. Según estos contenidos se pueden identificar futuras funcionalidades de las fibras, por ejemplo, la fibra soluble se asocia a la disminución de riesgos como el colesterol, el estreñimiento y la glucosa en la sangre. El contenido alto de fibra insoluble

está directamente relacionado con el mejoramiento en el tránsito digestivo. Aunque la fibra de mango no se propone como producto para consumo directo, al comparar su contenido de fibra en cáscara con el contenido de fibra de productos procesados, se puede inferir que esta fibra es de superior calidad que la de productos tradicionales como pan integral y de trigo. (Serna Cock & Torres Leòn, 2014)

### **2.2.7. Constituyentes de la fibra dietética**

Los constituyentes de la fibra dietética, permite apreciar su complejidad y diversidad y por lo tanto los problemas experimentales de su análisis de los componentes de las paredes celulares vegetales se puede dividir en polisacáridos estructurales (celulosa, sustancias pépticas y hemicelulosa) y compuestos estructurales no polisacáridos (fundamentalmente la lignina y proteínas). (Hernández & Hernández, 1995)

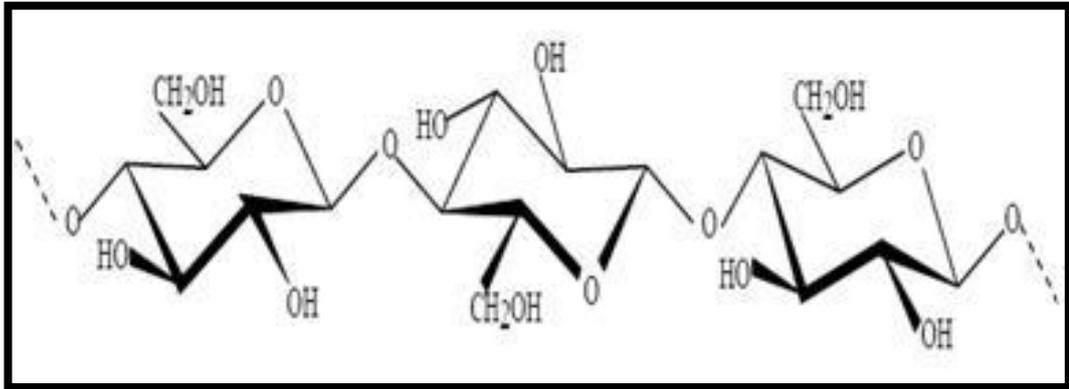
**a) Celulosa.-** La celulosa es el principal componente de las paredes celulares, que por la geometría interna de sus microfibrillas son las responsables de las propiedades físicas características, tales como su capacidad de absorber agua, vinculadas con las regiones amorfas y el tamaño de partículas de celulosa. (Hernández H. Y., 1998).

Es un polímero de alto peso molecular formada por unidades de D – Glucosa unidas por enlaces  $\beta$  (1,4), unión glucosídica. Varias cadenas de celulosa pueden unirse entre sí, formando enlaces que constituyen cadenas de celulosa pueden unirse entre sí formando enlaces que constituyen micro fibrillas; de aquí su función estructural en la mayoría de las paredes vegetales. (Hernández & Hernández, 1995)

Este componente, retiene agua en las heces y aumenta el volumen y peso de las heces, favoreciendo el peristaltismo del colon y disminuyendo el tiempo de tránsito colónico. Aumenta la cantidad de deposiciones intestinales, reduce la presión intraluminal y no tiene efecto sobre la absorción de metales divalentes, ni sobre el colesterol o los ácidos biliares. Puede aumentar la excreción de cinc, calcio, magnesio, fósforo y hierro. (Dreher & Padmanabam, 1983)

FIGURA N° 2.2

UNIDAD ESTRUCTURAL BÁSICA DE LA CELULOSA, COMPUESTA DE RESTOS DE B – GLUCOPIRANOSA UNIDOS POR ENLACES (1–4)

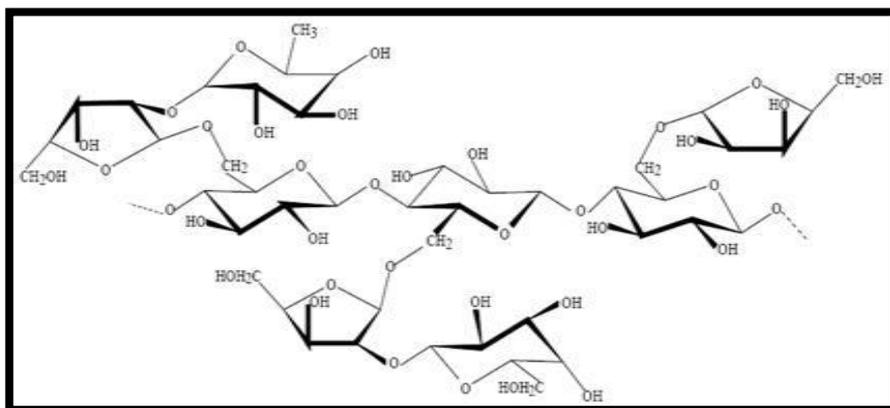


Fuente : Córdoba, 2005

- b) **Hemicelulosa.**- Polisacárido compuesto por polímeros de pentosas unidos por enlaces  $\beta$  – (1,4), pero a diferencia de la celulosa es más pequeño en tamaño (menos de 200 unidades de azúcares), posee cadenas laterales de arabinosa y una variedad de azúcares (ácido glucorónico y galactosa), entre las hemicelulosas, la hexosa es la más accesible para su asimilación en las bacterias en el sistema digestivo. (Aguilar, 2002)

FIGURA N° 2.3

ESTRUCTURA BÁSICA DE HEMICELULOSA



Fuente : Belitz y Grosch, 1997

Las principales azúcares que constituyen la hemicelulosa son de la serie D, xilosa, galactosa, manosa, glucosa, ácido galacturónico y la serie L, arabinosa, ramnosa y fructuosa. Constituyendo con la celulosa los polisacáridos mayoritarios de la pared celular. Su extracción y análisis son muy difíciles, porque las condiciones han de ser suficientemente fuertes como para romper los enlaces con otros polímeros, como lignina y suaves para evitar su degradación, por ello, se extraen con disoluciones acuosas alcalinas de concentración variable. Los polisacáridos que constituyen la hemicelulosa, se recuperan de las disoluciones alcalinas por precipitación con etanol o acetona. (Hernández & Hernández, 1995)

- c) **Sustancia Pécicas.**- Son macromoléculas coloidales de naturaleza glucosídica capaces de absorber gran cantidad de agua y formadas esencialmente por ácidos D – Galacturónicos unidas por enlaces (1,4) dentro del grupo de sustancias asociadas a la hemicelulosa en las paredes celulares que actúan como cementante, es decir, llenado los espacios intercelulares en tejidos jóvenes y proporcionando firmeza y textura a las frutas y hortalizas. Dentro del grupo de sustancias pécticas se pueden distinguir dos grupos: ácidos pectínicos, que son los polisacáridos, que tienen esterificados parte del ácido D – Galacturónicos como éster metílico y ácidos pécticos, que no están esterificados. Se denomina pectinas a los ácidos con distinto grado de metilación, que tiene la capacidad de formar geles en presencia de ácidos, sales y azúcares. (Hernández & Hernández, 1995)
- d) **Lignina.**- La lignina es un polímero no digerible ni fermentable por la microflora del colon, puede ligarse a los ácidos biliares y colesterol retrasando o disminuyendo la absorción en el intestino delgado de dichos componentes. Es un potente captador de radicales libres lo cual le confiere una acción protectora sobre la aparición de cáncer al colon. (Redondo, 2000)

La lignina contiene componentes fenólicos, polisacáridos, ácidos urónicos y proteínas. Representa la parte hidrofóbica de la fibra dietética. (Periago, Ros, Lòpez, & Martínez, 1993)

Según el método de extracción se puede obtener ligninas de extracción soluble e insoluble, lignina insoluble como lignina de Klason (obtenida por solubilización de los polisacáridos de las paredes celulares con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) o lignina purve (obtenida por el tratamiento con periodato), tiene propiedades fisicoquímicas diferentes a las ligninas, solubles como la lignina dioxano clorhídrico. Las operaciones de extracción incluso las más suaves, modifican sus propiedades fisicoquímicas obteniéndose las llamadas de extracción. (Hernández & Hernández, 1995)

- e) **Gomas.**- Moléculas de alto peso molecular, constituidas por polímeros hidrofóbicos de unidades de monosacáridos y derivados, unidas por enlaces glucosídicos, formando largas cadenas, pudiendo estar constituida por un solo tipo de monosacáridos o por monosacáridos distintos. (Periago, Ros, Lòpez, & Martínez, 1993). Son polisacáridos complejos, dispersables en agua, utilizados frecuentemente en la industria de alimentos como espesantes, aglutinantes y estabilizantes. (Hernández & Hernández, 1995)

### **2.2.8. Propiedades físicas de la fibra dietética**

- a) **Tamaño de partícula.**- Dependiendo de la granulometría de la fibra, será el tipo de alimento o proceso en el cual se incorporará. La fibra fina (de tres a cinco micrómetros) puede emplearse como sustituto de grasas, las de mayor tamaño se aplican en hojuelas de maíz y en productos donde su textura lo permita. Así mismo el tamaño ideal de partículas de fibra para consumo humano se ubica en un rango de 50 a 500µm; tamaños mayores pueden afectar la apariencia del producto e impartir una sensación fibrosa dificultando la masticación y deglución, tamaños menores pueden presentar problemas en la hidratación. (Hernández HD, 1998)

**b) Capacidad de retención de agua (CRA).**- Mayor sea la capacidad de retención de agua de una fibra, mayor será el aumento del peso de las heces y menor el tiempo de tránsito intestinal, lo que provoca menor absorción de nutrientes. La capacidad de retención de agua además de la solubilidad, hinchamiento y viscosidad de la fibra dietética en los alimentos, están determinadas fundamentalmente por su contenido de pectina, gomas, mucilagos, hemicelulosa insoluble, lignina y otros componentes relacionados con la fibra dietética tiene una influencia limitada sobre las propiedades.

Esta diferencia debido al mayor número de polisacáridos con grupos funcionales libres en los residuos de los azúcares. Por esta razón, los alimentos ricos en fibra soluble como las frutas y verduras presentan mayor capacidad de hidratación que los cereales. La capacidad de retención de agua, es la parte más apreciada de la fibra dietética, que representa la facultad de conservar el agua en el interior de su matriz. (Hernández HD, 1998)

La CRA expresa la máxima cantidad de agua en ml, que puede ser retenida por gramo de material seco, esta propiedad depende el efecto fisiológico de la fibra y el nivel máximo de incorporación a un alimento. (Díaz, 2011)

La retención de agua afecta la viscosidad de los productos facilitando o dificultando su procesamiento. Entre los factores que influyen en la capacidad de retención de agua en la fibra, se encuentran el tamaño de la partícula, el pH y la fuerza iónica. Esta propiedad confiere un efecto de frescura y suavidad en productos horneados. (Pire, 2010)

Cabe señalar que las pectinas, mucílagos y algunas hemicelulosas poseen una gran cantidad de retención de agua. (Capitani, 2013)

**c) Capacidad de retención de aceite (CRa).**- La capacidad de retención de aceite, es la máxima cantidad de aceite en ml, que

puede ser retenida por gramo de material seco en presencia de un exceso de aceite bajo la acción de la fuerza. Las partículas con gran superficie presentan mayor capacidad para absorber y atrapar componentes de naturaleza aceitosa; la grasa es atrapada en la superficie de la fibra principalmente por medios mecánicos. Se ha observado que las fibras insolubles presentan mayores valores de absorción de grasa que las fibras solubles, sirviendo como emulsificante. (Baena & Garcia Cardona , 2012)

Teóricamente las partículas con gran superficie presentan mayor capacidad para absorber y atrapar componentes de naturaleza aceitosa; la grasa es atrapada en la superficie de la fibra principal por medios mecánicos. Se han observado que las fibras insolubles presentan mayores valores de absorción en grasas que las solubles, sirviendo como emulsionante. A ésta propiedad se le relaciona con la composición química, el tamaño y el área de la partícula de la fibra. (Cruz, 2002)

La retención elevada de aceite imparte jugosidad y mejora la textura de los productos cárnicos, en cambio una menor retención proporciona una sensación grasosa en productos fritos. (Peraza, 2000)

- d) Capacidad de hinchamiento (CH).**- Se refiere a la capacidad del producto para aumentar su volumen en presencia de exceso de agua. Ésta propiedad es influenciada por la cantidad de componentes, porosidad y tamaño de la partícula de la fibra (Baena *et al.*, 2012) En la industria panificadora la inclusión de la fibra, en referencia a esta propiedad, soluciona problemas relacionados con la pérdida de volumen y humedad, proporcionando mayor estabilidad durante la vida de anaquel al favorecer una apariencia de frescura. (Cruz, 2002)

### 2.2.9. Método de análisis proximal

- a) **Humedad.**- Método gravimétrico, diferencias de peso con el extracto seco total, recomendado por la AOAC método 934,01 edición 2016
- b) **Proteína cruda.**- Método Kjendahl, se calculó el contenido de proteína como nitrógeno x 6,25, recomendado por la AOAC método 954,01 edición 2016
- c) **Ceniza.**- Se realizó por incineración de la muestra en la mufla a 600°C durante 6 horas, recomendado por la AOAC método 942.05 edición 2016
- d) **Grasa.**- Se realizó con éter de petróleo en un equipo extractor de grasa ANKOM XT10 el cual asegura la exactitud de los resultados ya que se encuentra aprobado por el método AOCS Am 5 – 04
- e) **Fibra cruda.**- Método propuesto por Norma Técnica Peruana N° 205.003(2016). "Cereales y menestras. Determinación de fibra cruda"
- f) **Carbohidratos Totales.**- Se obtiene por diferencia, restando el 100% los porcentajes de humedad, cenizas, grasa, proteínas

### 2.2.10. Método de análisis de la fibra dietética

- a) **Método enzimático/gravimétrico :**
  - 1) Pesar por duplicado alrededor de 1 g de muestra, con una precisión de 0,1 mg en un vaso de precipitado de 400 ml, no debe haber diferencia en más de 20 mg en el peso de la muestra, añadir 50 ml de buffer fosfato de pH 6 a cada vaso
  - 2) Verificar el pH y ajustar a  $\text{pH } 6 \pm 0,2$  si fuese necesario, añadir 0,1 ml de la solución de  $\alpha$  – amilasa estable al calor, cubrir el vaso de precipitado con papel aluminio y colocarlo en un baño de agua y hervir durante 15 minutos
  - 3) Agitar suavemente a intervalos de 5 minutos, incubar durante 15 minutos después de que la temperatura interna de los vasos alcance 95°C
  - 4) Enfriar las soluciones a temperatura ambiente. Ajustar el pH a  $7,5 \pm 0,2$ , añadiendo 10 ml de NaOH 0,275 N

- 5) Adicionar 5 mg de proteasa a cada vaso (la proteasa se adhiere a la espátula, de modo que es preferible preparar la enzima en solución, 50 mg en 1 L de buffer fosfato y pipetear 0,1 ml a cada muestra antes de usar)
- 6) Cubrir el vaso de precipitado con papel aluminio e incubar 30 minutos a 60°C con agitación continua, enfriar y añadir 10 ml de HCl 0,325 M, medir el pH y agregar gota a gota el ácido si fuese necesario, el pH final debe estar entre 4,0 – 4,6
- 7) Añadir 0,3 ml de amiloglucosidasa, cubrir el vaso de precipitado con papel aluminio e incubar 30 minutos a 60°C con agitación continua. Adicionar 280 ml de alcohol etílico al 95% precalentado a 60°C (medir el volumen antes del calentamiento), dejar que se forme precipitado a temperatura ambiente por 1 hora, pesar los crisoles que contiene Celite con aproximación de 0,1 mg luego humedecerlo y redistribuir la capa de Celite en el crisol empleando chorros de alcohol etílico al 78 % desde una pipeta, aplicar succión para esparcir el Celite uniformemente sobre el filtro de vidrio poroso. Mantener la succión y transferir cuantitativamente el precipitado proveniente de la digestión de la enzima al crisol
- 8) Lavar el residuo tres veces con 20 ml de alcohol etílico de 78%, dos veces con 10 ml de alcohol etílico al 95% y dos veces con 10 ml de acetona, con algunas muestras la goma puede atrapar líquido, de manera que hay que crear la película de la superficie con espátula, para mejorar la filtración, el tiempo para la filtración y el lavado varia, desde 0,1 a 6 horas, con un promedio de 0,5 horas por muestra, se pueden evitar tiempos largos de filtración, mediante una succión intermitente y cuidadosa durante la filtración, secar el crisol que contiene el residuo durante la noche en la estufa a 105°C, Enfriar en un desecador y pesar aproximadamente a 0,1 mg, restar el peso del crisol para determinar el peso del residuo.

- 9) Analizar el residuo de la muestra del set de duplicado para proteína empleando  $N \times 6,25$  como factor de conversión excepto en los casos donde se conoce el contenido de nitrógeno en proteína
- 10) Incinerar el segundo residuo duplicado de la muestra 5 horas a  $525^{\circ}\text{C}$ . enfriar en desecador y pesar con aproximación a 0,1 mg restar el peso del crisol y el Celite para determinar la ceniza

### 2.3. Definición de términos básicos

- a) **Aglutinantes.**- Es una sustancia más o menos líquida y pegajosa que tiene las condiciones de adherir las partículas.
- b) **AOAC.**- Es “La asociación de las comunidades analíticas” tiene por objetivo ser un proveedor activo en el ámbito mundial, responsable de la organización, desarrollo, empleo y armonización de métodos analíticos validados y programas de aseguramiento de la calidad de los servicios de laboratorio. Edita una serie de publicaciones claves, organiza reuniones técnicas y conferencias, y ofrece cursos de capacitación en las áreas de dirección de laboratorio, aseguramiento de calidad, acreditación, estadística e incertidumbre de las mediciones.
- El manual de métodos analíticos publicado por AOAC, cada 5 años, es un compendio que contiene cerca de 3 000 métodos y está reconocido, mundialmente, como un libro de referencia, el más importante en este ramo de la ciencia
- c) **Estabilizantes.**- Son aditivos que impiden la separación de las emulsiones, espumas y suspensiones en sus componentes individuales al aumentar la viscosidad de la mezcla o dando lugar a un gel
- d) **Microfibrillas.**- Son estructuras cristalinas formadas por cadenas lineales de celulosa con un diámetro de entre 20 y 30 nm formadas por unas 2 000 moléculas de celulosa entre las que se establecen enlaces de hidrógeno.
- e) **Peristaltismo.**- Es la capacidad de los órganos que forman el aparato digestivo y las vías urinarias para desarrollar ciertos movimientos que

posibiliten el avance de, según el caso, el bolo alimenticio, la bilis o la orina

- f) **Presión intraluminal.**- Es una fuerza que se ejerce dentro de un órgano hueco, principalmente intestinos y abdomen.

### **III. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis general e hipótesis específicas**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

Se obtiene fibra dietética a partir de la cáscara de mango HADEN mediante el método enzimático/gravimétrico

##### **3.1.2. Hipótesis específicas**

- 1)** Las características de la cáscara de mango HADEN nos permiten conocer las cualidades adecuadas para la obtención de fibra dietética.
- 2)** El método enzimático/ gravimétrico es establecido como norma general para procesos de alimentos, el cual nos permite obtener fibra dietética a partir de la cáscara de mango.
- 3)** Las características funcionales de la fibra dietética a partir de la cáscara de mango nos permiten determinar la calidad de la fibra dietética.

#### **3.2. Operacionalización de variables.**

Se realizó la Operacionalización de variables a través de dimensiones indicadores y métodos de ensayo a realizar. **(Véase la Tabla N° 3.1)**

##### **3.2.1. Variables de la investigación**

La presente investigación posee las siguientes variables, esquematizadas en la **Figura N° 3.1.**

**TABLA N° 3.1**

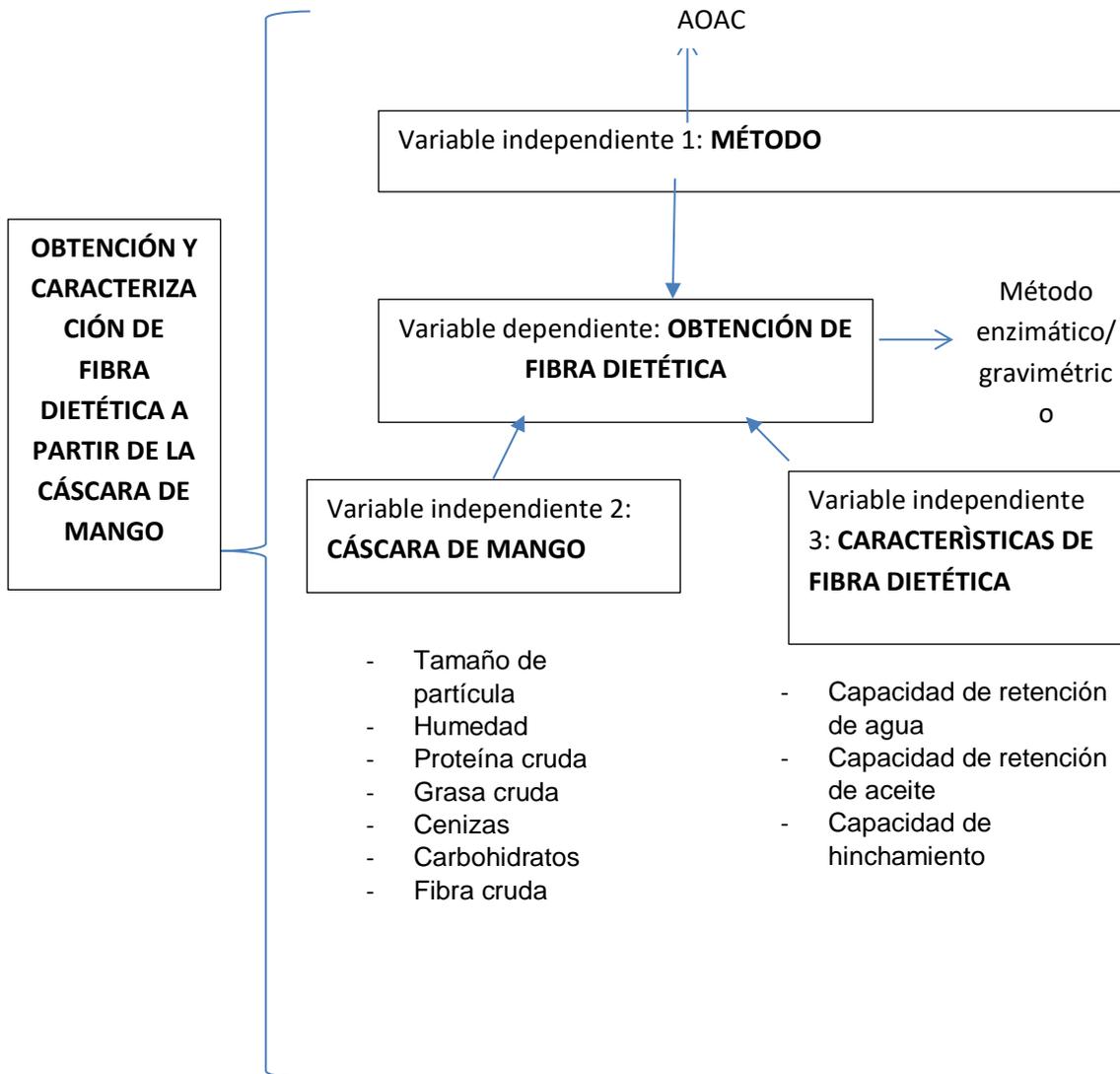
**OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>Y = OBTENCIÓN DE FIBRA DIETÉTICA</b>	– Fibra total	– T <sup>a</sup> C – pH – %	– Método enzimático/gravimétrico
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>X1 = CÁSCARA DE MANGO</b>	– Tamaño de partícula – Humedad – Proteína cruda – Grasa cruda – Cenizas – Carbohidratos – Fibra cruda	– N° de malla – %Humedad – %Proteína cruda – %Grasa cruda – %Cenizas – %Carbohidratos – %Fibra cruda	Ensayos experimentales en laboratorio
<b>X2 = MÉTODO</b>	– Normas oficiales de obtención	– AOAC	Referencia bibliográfica
<b>X3 = CARACTERÍSTICAS DE FIBRA DIETÉTICA.</b>	– Capacidad de retención de agua – Capacidad de retención de aceite – Capacidad de hinchamiento	– % CRA – % CRa – % CH	Ensayo experimental en laboratorio

**Fuente :** Elaboración Propia

**FIGURA N° 3.1**

**DEFINICIÓN DE VARIABLES**



**Fuente :** Elaboración propia

## **IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1. Tipo y diseño de investigación**

La investigación realizada es aplicada puesto que busca la generación de conocimiento con la aplicación directa a los problemas de la sociedad, está basada fundamentalmente en hallazgos tecnológicos y en su proceso enlaza la parte experimental y bibliográfica, depende de los avances y descubrimientos experimentales, de procedimientos para la observación, registro y análisis de las variables y a la vez una serie de información de artículos científicos y libros. (Quispe Centeno, 2014)

### **4.2. Población y muestra**

#### **4.2.1. Población**

La población utilizada para el presente estudio fue Mango Haden que provino del Distrito de Casma, Provincia de Casma y departamento de Áncash. La producción de mango se da entre meses de diciembre-abril, durante este periodo se producen 248 T de fruta de mango variedad HADEN. Para el desarrollo de la investigación se colectaron de forma aleatoria 30 Kg de mango variedad Haden en estado semi – maduro.

#### **4.2.2. Muestra**

Para la realización de los análisis y para obtener resultados de confiabilidad es importante tomar en cuenta la forma cómo se recolecta la muestra ya que siendo un diseño experimental se escoge aleatoriamente.

La muestra se tomó al azar, seleccionando 30 Kg de mango variedad HADEN, el cual se transportó en 2 jabas de madera al laboratorio de la facultad de ingeniería química perteneciente a la universidad nacional del callao.

Se obtuvo 5,47 Kg de cáscara, de los cuales 2 Kg se utilizó en fresco y 3,47 Kg, se usó en la preparación de la muestra para las modificaciones físicas y químicas.

### **4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de la información documental**

Para la recolección de información se utilizaron revistas sobre estudios del mango en general relacionadas a los temas de extracción de fibra y al estudio y análisis de sus componentes, también se utilizaron normas internacionales como la AOAC Edición 2016 que se tomó como fundamento para la realización de los análisis y pruebas funcionales tanto para la fibra como para la cáscara, también se obtuvo información de bibliotecas virtuales, lo cual fue de gran ayuda para la obtención de bases bibliográficas de Tesis elaboradas relacionadas tanto a la extracción de fibra y estudio de sus respectivos componentes tanto en cáscaras como bagazo según fue el material de estudio, todos ellos relacionados a diversos frutos y tubérculos como el mango, el brócoli, la zanahoria, la papa, el cacao etc. Los cuáles se detallan en la referencia bibliográfica.

### **4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de la información de campo**

#### **4.4.1. Lugar de ejecución**

La modificación física y química de la cáscara de mango HADEN se realizó en el Laboratorio de Alimentos, el Laboratorio de fisicoquímica y Laboratorio de Operaciones de Procesos Unitarios LOPU, todos ellos ubicados en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Química perteneciente a la Universidad Nacional de Callao.

De igual manera, los ensayos de análisis proximales (humedad, ceniza, proteínas, etc.) se ejecutaron en el Laboratorio de química perteneciente a la Universidad Tecnológica del Perú y en el laboratorio de físico química de la compañía nacional de chocolates del Perú.

#### **4.4.2. Materiales, reactivos y equipos**

##### **a) Materia prima e insumos :**

- 1) Cáscara de Mango HADEN**
- 2)  $\alpha$  – amilasa termoestable**
- 3) Proteasa**

4) Amiloglucosidasa

5) Celite

**b) Materiales :**

1) Tubos de ensayo

2) Olla de acero inoxidable

3) Termómetro

4) Baguetas

5) Probeta de 10 y 50 ml

6) Pipetas de 1 – 10 ml

7) Luna de reloj

8) Gradillas

9) Vaso de precipitado de 500 ml

10) Crisoles

11) Fiolas de 1 L

12) Vasos de precipitado de 100, 250 y 500 ml

13) Cuchillo de acero inoxidable

14) Bolsas ziploc

15) Desecador

16) Cápsulas de porcelana

17) Pinza para cápsula de porcelana

18) Embudo

**c) Reactivos :**

1) Éter de petróleo

2) Alcohol etílico ACS

3) Acetona ACS

4) Fosfato sódico dibásico anhidro

5) Fosfato sódico monobásico

6) Hidróxido de sodio

7) Ácido clorhídrico

8) Ácido sulfúrico

9) Aceite

10) N – octano

d) **Equipos :**

- 1) Plancha de calentamiento
- 2) Balanza electrónica
- 3) Balanza analítica
- 4) Molinillo BOSCH MKM6003
- 5) Estufa MEMMER UN 55
- 6) Mufla VULCAN A 550
- 7) Tamices
- 8) Agitador magnético (magnetos)
- 9) Equipo extractor de grasa ANKOM XT10
- 10) Potenciómetro
- 11) Centrifugadora VWR CLINICAL 100
- 12) Tamizador con agitación ROTAP
- 13) Desecador
- 14) Bomba al vacío

**4.4.3. Preparación de la muestra**

a) **Obtención de la cáscara de mango HADEN.**- El mango recolectado fue sometido a varias etapas las cuales serán mencionadas a continuación :

- 1) **Recepción.**- En la etapa de recepción fue necesario realizar una inspección visual de la materia prima, verificando que estuviera en buen estado, se usó 30 Kg de mango.
- 2) **Lavado y desinfección.**- Se realizó un lavado con agua potable para eliminar restos de suciedad o partículas extrañas que se encuentren adheridas a la fruta, luego se realizó un lavado con agua clorada (20 ppm de cloro) para ello se dejó remojando por 15 minutos.
- 3) **Pelado.**- Se quitó la cascara con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable, el cual fue lavado previamente con una solución clorada.

- 4) **Escaldado.**- En una olla de acero inoxidable se sumergieron las cáscaras en agua a temperatura de ebullición (98,2°C) durante 2 minutos, con el objetivo de reducir la carga microbiana.
- 5) **Escurrido.**- Se colocaron las cáscaras en un tamiz con el fin de retirar el excedente de agua después del escaldado.
- 6) **Secado.**- Se realizó en una estufa Memmert modelo UN55 a 60°C durante 24 horas.
- 7) **Molienda.**- Una vez seca la materia prima, se llevó a un molino para obtener finalmente las cáscaras de mango molidas.
- 8) **Almacenamiento.**- Luego se empacó en una funda sellada herméticamente (ziploc), dejando almacenada en un lugar protegido de la luz y humedad.

#### 4.4.4. Tamaño de partícula

Se realizó la determinación de tamaño de partícula en el LOPU

- a) La muestra molida se llevó a los tamices de número de malla 50, 70, 125 y 230.
- b) Luego se colocó en el equipo de Ro – tap (agitador de tamices), se encendió el equipo durante 20 minutos.
- c) Se retiraron los tamices del equipo y se procedió con el pesaje para hallar el porcentaje de retención.

#### 4.4.5. Análisis químico proximal

Se realizó en la materia prima estos análisis :

- a) **Humedad :**
  - 1) Se pesó 2 g de muestra en una cápsula (por triplicado)
  - 2) Se llevó la cápsula con muestra a la estufa a 100°C, cada 60 minutos se retira la muestra y se coloca en un desecador para que se enfríe
  - 3) Se pesó la cápsula con la muestra y se repitió el procedimiento hasta que el peso sea constante

$$\%humedad = \frac{\text{perdida de peso al secar}(g)}{\text{peso inicial}(g)} * 100$$

FIGURA N° 4.1

DIAGRAMA DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE LA MUESTRA  
(CÁSCARA DE MANGO HADEN)



Fuente : Elaboración propia

**b) Proteína cruda :**

- 1) Se pesó 2 g de muestra el cual se envolvieron en papel filtro (por triplicado)
- 2) Se llevó el papel con muestra a un matraz de digestión Kjeldahl de 800 ml
- 3) Se adicono al matraz Kjeldahl 20 g de una mezcla de catalizadores ( $K_2SO_4$  y  $HgSO_4$ ) y 25 ml de  $H_2SO_4$  concentrado
- 4) Se calentó el matraz, ligeramente inclinado hasta reducir la formación de espuma, luego se dejó hervir por 40 minutos
- 5) Se dejó enfriar la solución de digestión, luego se agregó 200 ml de  $H_2O$  destilada y 25 ml de solución de tiosulfato de sodio
- 6) Se colocó el matraz Kjeldahl en el destilador y se agregó 120 ml de NaOH
- 7) En un matraz de 500 ml agregamos ácido bórico al 4% y 3 gotas del indicador rojo de metilo, luego se recogió 250 ml del destilado anterior
- 8) La solución obtenida se tituló con HCl 0,1 N y se anotó el resultado obtenido
- 9) Adicional a este proceso tuvimos como blanco la solución con ácido bórico y 200 ml de agua destilada con 3 gotas del indicador rojo de metilo

$$\%Proteina = \frac{N * V * 14}{Peso\ de\ muestra} * 100 * F$$

Dónde :

**N** : Normalidad del ácido de valoración

**V** : Volumen de ácido consumido

**F** : Factor proteínico. (6.2 por defecto)

**c) Ceniza :**

- 1) Se llevó a masa constante el crisol limpio (por triplicado), se llevó a la mufla a 550°C durante una hora, se dejó en la mufla por 45 min hasta que baje la temperatura a 150°C, se retiró y colocó en el desecador hasta que se enfrió
- 2) Se pesó el crisol y se colocó 1 g de muestra. Se incineró la muestra utilizando el mechero Bunsen hasta que dejó de emitir humo
- 3) Se llevó el crisol con muestra calcinada a la mufla que estaba a una temperatura de 550°C durante cinco horas, se dejó en la mufla por 45 min hasta que bajó la temperatura a 150°C
- 4) Se retiró el crisol con muestra y se colocó en un desecador para que se enfríe. Se pesó el crisol con la muestra

$$\%Ceniza = \frac{\text{peso muestra inicial}(g) - \text{perdida incineracion}(g)}{\text{peso muestra inicial}(g)} * 100$$

**d) Grasa :**

- 1) Se pesó 1 g de muestra dentro de su bolsa de filtro y se selló al calor (por triplicado)
- 2) La muestra se llevó a la estufa (100°C) durante tres horas
- 3) Se retiró de la estufa, se llevó a enfriar al desecador por 20 minutos y se pesó la muestra seca
- 4) La muestra se llevó al equipo ANKOM – XT10, se colocó en la vasija de extracción donde se vierte el éter de petróleo, se selló el equipo y se inició la extracción, este tipo de muestra tomó dos horas para la extracción de grasa
- 5) Pasado el tiempo de extracción se esperó 20 minutos a que el equipo enfrié para retirar la muestra, la cual se llevó a la estufa a 100°C durante una hora

- 6) Luego se colocó en el desecador por 20 minutos y finalmente se pesó

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(\text{Peso de secado} - \text{Peso de extracción})}{\text{Peso inicial}} * 100$$

e) **Fibra cruda :**

- 1) Se pesó 2,5 g de la muestra desengrasada y seca (se tomó el residuo del proceso de obtención de grasa), se colocó en el matraz de 250 ml y se agregó 200 ml de la solución de ácido sulfúrico 1,25% en ebullición
- 2) Se llevó a ebullición durante un minuto; se observó la generación de espuma, se le agregó tres gotas de antiespumante (n – octano)
- 3) Se dejó hervir por 30 min, agitando con una bagueta y manteniendo constante el volumen con agua destilada
- 4) Paralelo al proceso anterior se precalentó con agua hirviendo el embudo Buchner con el papel filtro
- 5) Se retiró el matraz, dejándolo reposar por un minuto, luego filtramos usando succión durante 10 min y finalmente se lavó el papel filtro con agua hirviendo
- 6) El residuo obtenido se llevó al matraz que contiene 200 ml de solución de NaOH en ebullición, dejando hervir por 30 min
- 7) Se precalentó el crisol de filtración con agua hirviendo y se filtró después de dejar reposar el hidrolizado por 1 min
- 8) Se lavó el residuo con agua hirviendo, con la solución de HCl y nuevamente con agua hirviendo, finalmente se lavó tres veces más con éter de petróleo
- 9) Se colocó el crisol en el horno a 105°C por 12 horas y luego enfrió en el desecador por 30 minutos
- 10) Se pesó los crisoles con el residuo y se colocó en la mufla a 550°C por 3 horas, se dejó enfriar en el desecador y se pesó

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{(\text{Peso crisol con residuo} - \text{Peso crisol con ceniza})}{\text{Peso muestra}(g)} * 100$$

- f) **Carbohidratos Totales.**- Se obtuvo por diferencia, restando el 100% los porcentajes de humedad, cenizas, grasa y proteínas.

$$A = \text{fibra cruda} + \text{grasa} + \text{ceniza} + \text{proteina} + \text{humedad}$$

$$\% \text{ carbohidratos totales} = 100 - A$$

#### 4.4.6. Determinación de la fibra dietética por el método enzimático gravimétrico

- a) Se colocaron 4 crisoles en una mufla a 550°C por 1 hora para eliminar impurezas, luego se dejó en un desecador para que se enfríe. Luego se le agregó 0,5 g de Celite, se añadió 10 ml de etanol al 78% a cada crisol y se colocó en una estufa a 130°C por 90 minutos, se dejó enfriar en un desecador y se pesó
- b) Se pesó 1 g de muestra seca (por cuadruplicado) y se transfirió a vasos de precipitado de 500 ml, se adiciono 50 ml de buffer fosfato 0,05 N y ajusto a pH 6 con 9 ml HCl 0,325 N; se agregó 0,1 ml de  $\alpha$  – amilasa termoestable, se llevó a baño de agua (95°C – 100°C) por 15 minutos y con agitación constante a 60 rpm, posteriormente se dejó enfriar a temperatura ambiente
- c) Se midió el pH y se ajustó a 7,5 con 9,5 ml de NaOH 0,275 N a cada vaso; se agregó 0,1 ml de proteasa a cada vaso y se llevó a baño maría 60°C con una agitación continua por 30 minutos, se dejó enfriar a temperatura ambiente.

- d) Se ajustó la solución a un pH de 4 con la adición de 10 ml de HCl 0,325 N a cada vaso; se añadió 0,3 ml de amiloglucosidasa y llevó a baño maría 60°C con una agitación continua por 30 minutos, se añadió 280 ml de etanol de 95% precalentado a 60°C. Se dejó reposar por una hora y filtró al vacío cada vaso
- e) El precipitado se trasvaso a cada crisol y se lavó tres veces con 20 ml de etanol al 78%, 2 veces con 10 ml de etanol al 95% y 2 veces con 10 ml de acetona. Se secó los crisoles en una estufa a 105°C toda la noche y dejó enfriar en un desecador para luego pesarlo.
- f) Se colocaron dos crisoles en una mufla a 525°C por cinco horas para determinar las cenizas y las otras dos para determinar la proteína cruda
- g) El peso del blanco se determinó de forma similar a la técnica de la fibra dietética, pero sin la adición de la muestra

Dónde :

- FDT** : Fibra dietética total
- R muestra** : Peso del residuo (mg)
- P muestra** : Peso de la proteína (mg)
- C muestra** : Peso de la ceniza (mg)
- B** : Blanco

$$\%FDT = \frac{(R \text{ muestra} - P \text{ muestra} - C \text{ muestra} - B)}{\text{peso de la muestra (mg)}} * 100$$

#### 4.4.7. Análisis microbiológico

Se realizó la evaluación microbiológica, la cual se comparó con la norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano Digesa (2008), que menciona los rangos permisibles para el caso de nuestra cáscara de mango Haden.

- a) **Determinación de aerobios mesófilos :**

- 1) **Preparación de la muestra.**- 2 g de muestra más 18 ml del diluyente Agua Peptona Bufferada (BPW) (dilución 1/10), se homogenizo durante 2 minutos
- 2) **Inoculación e incubación.**- Se transfirió por duplicado 0,1 ml de las diluciones preparadas en placas de Petri con agar PCA (Agar Plate Count). Se Incubó a 30°C durante 72 horas
- 3) **Recuento y selección de las colonias.**- Se contaron las colonias que se observaron en cada placa y se calculó el número de unidades formadoras de colonias presentes en 1 ml de muestra

$$N = \frac{\sum C}{V * 1.1 * d}$$

Dónde :

- N** : Número de microorganismos  
**∑C** : Suma de las colonias contadas en dos placas  
**V** : Volumen de inóculo utilizado en cada placa  
**d** : Dilución correspondiente a la primera dilución elegida

**b) Determinación de Salmonella :**

- 1) **Preparación de la muestra.**- 2 g de muestra más 18 ml del diluyente Agua Peptona Bufferada (BPW) y se incubaron a 37°C durante 19 horas
- 2) **Inoculación e incubación.**- Se transfirió por duplicado 1 ml de BPW en 10 ml de caldo MKTT (Müller – Kauffmann tetratonato), luego se incubó a 37°C durante 24 h
- 3) **Recuento y selección de las colonias.**- Se contaron las colonias que se observaron en cada placa y se calculó el número de unidades formadoras de colonias presentes en 1 ml de muestra.

$$N = \frac{\sum C}{Vx 1.1x * d}$$

Dónde :

- N** : Número de microorganismos
- ∑C** : Suma de las colonias contadas en dos placas
- V** : Volumen de inóculo utilizado en cada placa, en mililitros
- d** : Dilución correspondiente a la primera dilución elegida

**c) Determinación de Ec. Coli :**

- 1) Identificación.-** Se tomó 65 g de muestra, 585 ml TSBm + n (Caldo triptosa soja modificado con novobiocina), se homogenizó en Stomacher 2 min, luego se incubó durante 15 horas a 42°C  
Se realizó el test screening y el cual arrojó positivo
- 2) Inoculación e incubación.-** Se Sembró 50 µl de concentrado en SMAC – CT (Agar Mac Conkey sorbitol con cefixima – telurito) y en agar cromogénico, se Incubaron las placas a 35°C durante 20 horas

**4.4.8. Características de la fibra dietética**

Se evaluó las siguientes propiedades :

**a) Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA)**

- 1)** En un tubo de ensayo para centrifuga se adicionaron 0,25 g de muestra y 5 ml de H<sub>2</sub>O destilada
- 2)** Se agitó 1 minuto manualmente y se centrifugó por 30 minutos a 5 800 rpm
- 3)** Se separó el sobrenadante en una probeta de 10 ml y se midió el volumen de agua sobrante
- 4)** El volumen de agua retenido se obtiene de la resta de volumen de agua inicial menos el volumen de agua al final

$$\text{CRA} = \frac{\text{ml de H}_2\text{O retenida}}{\text{g. de muestra}}$$

**b) Capacidad de hinchamiento(CH) :**

- 1) Se colocó 0,2 g de la muestra en una probeta (quintuplicado) y se midió su volumen ocupado ( $V_o$ ), se adicionó 5 ml de  $\text{H}_2\text{O}$  a cada probeta
- 2) Se agitó y se dejó reposar por 24 horas, se midió el volumen final de la muestra ( $V_f$ )
- 3) La capacidad de hinchamiento se calculó con la siguiente fórmula

$$\text{CH} = \frac{V_f (\text{ml}) - V_o (\text{ml})}{\text{g. de muestra}}$$

**c) Capacidad de retención de aceite (CRa) :**

- VI. En un tubo de ensayo para centrifuga se adicionaron 0,25 g de muestra y 5 ml de aceite
- VII. Se agitó 1 minuto manualmente y se centrifugó por 30 minutos a 5 800 rpm
- VIII. Se separó el sobrenadante en una probeta de 10 ml y se midió el volumen de aceite sobrante
- IX. El volumen de aceite retenido se obtiene de la resta de volumen de aceite inicial menos el volumen de aceite al final

$$\text{CRa} = \frac{\text{ml de aceite retenido}}{\text{g. de muestra}}$$

## V. RESULTADOS

### 5.1. Resultados descriptivos

#### 5.1.1. Obtención de muestra (cáscara de mango Haden)

El porcentaje obtenido de la cáscara húmeda fue de 18,23%. Como resultado del secado y molienda de las cáscara de mango Haden se obtuvo un polvo de color ámbar de rendimiento 18,42% con respecto a la cáscara húmeda, este residuo fue almacenado a temperatura ambiente en un recipiente de vidrio con sello hermético.

#### 5.1.2. Tamaño de partícula

Al residuo (cáscara de mango Haden) se le determinó el tamaño de partícula, los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla N° 5.1**

**TABLA N° 5.1**

#### **DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULA (%) DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN**

<b>N° MALLA</b>	<b>TAMAÑO DE PARTICULA (um)</b>	<b>% RETENIDO</b>
<b>50</b>	291	44,89
<b>70</b>	210	23,11
<b>125</b>	120	10,12
<b>230</b>	63	7,24
<b>Base</b>	<63	14,64

**Fuente :** Elaboración propia

Se obtuvo un 44,89% en el tamiz 50, lo que indica que el tamaño de partícula del residuo obtenido es mayor a 291  $\mu\text{m}$ ; podría considerarse apto para la adición en los alimentos de consumo humano, porque el rango de tamaño ideal es de 50 a 500  $\mu\text{m}$  según Hernández, (1998)

### 5.2. Resultados inferenciales

#### 5.2.1. Análisis químico proximal

a) **Humedad.**- Los resultados obtenidos de humedad se pueden apreciar en la **Tabla N° 5.2 (Ver pag. N° 55)**

**TABLA N° 5.2**

**(%) DE HUMEDAD DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN**

<b>Componente</b>	<b>Prueba 1 (%)</b>	<b>Prueba 2 (%)</b>	<b>Prueba 3 (%)</b>
Humedad	8,29	7,8	8,21

**Fuente :** Elaboración propia

- b) **Cenizas.**- Los resultados obtenidos de cenizas se pueden apreciar en la **Tabla N° 5.3**

**TABLA N° 5.3**

**(%) DE CENIZAS DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN**

<b>Componente</b>	<b>Prueba 1 (%)</b>	<b>Prueba 2 (%)</b>	<b>Prueba 3 (%)</b>
Cenizas	1,39	1,51	1,47

**Fuente :** Elaboración propia

- c) **Proteína cruda.**- Los resultados obtenidos de proteína cruda se pueden apreciar en la **Tabla N° 5.4**

**TABLA N° 5.4**

**(%) DE PROTEÍNA CRUDA DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN**

<b>Componente</b>	<b>Prueba 1 (%)</b>	<b>Prueba 2 (%)</b>	<b>Prueba 3 (%)</b>
Proteína cruda	4,778	4,683	4,697

**Fuente :** Elaboración propia

- d) **Grasa cruda.**- Los resultados obtenidos de grasa cruda se pueden apreciar en la **Tabla N° 5.5 (Ver pag. N° 56)**
- e) **Fibra cruda.**- Los resultados obtenidos de fibra cruda se pueden apreciar en la **Tabla N° 5.6 (Ver pag. N° 56)**

**TABLA N° 5.5**

**(%) DE GRASA CRUDA DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN**

<b>Componentes</b>	<b>Prueba 1 (%)</b>	<b>Prueba 2 (%)</b>	<b>Prueba 3 (%)</b>
Grasa Cruda	2,454	2,617	2,519

**Fuente** : Elaboración propia

**TABLA N° 5.6**

**(%) DE FIBRA CRUDA DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN**

<b>Componente</b>	<b>Prueba 1 (%)</b>	<b>Prueba 2 (%)</b>	<b>Prueba 3 (%)</b>
Fibra cruda	19,97	20,22	20,3

**Fuente** : Elaboración propia

- f) **Carbohidratos.**- Los resultados obtenidos de carbohidratos se pueden apreciar en la **Tabla N° 5.7**

**TABLA N° 5.7**

**(%) DE CARBOHIDRATOS DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN**

<b>Componente</b>	<b>Prueba 1 (%)</b>	<b>Prueba 2 (%)</b>	<b>Prueba 3 (%)</b>
Carbohidratos	63,118	63,17	62,804

**Fuente** : Elaboración propia

La composición proximal de la cáscara de mango Haden, se muestra en la **Tabla N° 5.8 (Ver pag. N° 57)**

El contenido de proteína, fibra cruda, cenizas, grasa cruda, Humedad y carbohidratos nos indican el valor nutricional que posee la cáscara de mango Haden.

**TABLA N° 5.8**

**COMPOSICIÓN PROXIMAL (%) DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN**

<b>Componente</b>	<b>Composición porcentual %</b>
<b>Humedad</b>	8,1 ± 0,263
<b>Cenizas</b>	1,46 ± 0,061
<b>Proteína cruda</b>	4,72 ± 0,051
<b>Grasa Cruda</b>	2,53 ± 0,082
<b>Fibra cruda</b>	20,16 ± 0,172
<b>Carbohidratos</b>	63,03 ± 0,198

**Fuente** : Elaboración propia

**5.2.2. Análisis microbiológico**

Para el análisis se adecuo el laboratorio en condiciones óptimas de higiene y libre de todo tipo de contaminantes.

En las **Tablas N° 5.9 y N° 5.10** se muestra los resultados obtenidos de las determinaciones microbiológicas.

**TABLA N° 5.9**

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN SIN ESCALDADO**

<b>Análisis</b>	<b>Límite Máximo</b>	<b>Resultados</b>
Aerobios Mesófilos (NMP/g)	10 <sup>4</sup>	22 x 10 <sup>6</sup>
Salmonella (en 25 g)	Ausencia/25 g	Ausencia
Ec. Coli (UCF/g)	Menor a 10	< 3

**Fuente** : Elaboración propia

**TABLA N° 5. 10**

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN CON ESCALDADO**

<b>Análisis</b>	<b>Límite Máximo</b>	<b>Resultados</b>
Aerobios Mesófilos (NMP/g)	10 <sup>4</sup>	17 x 10 <sup>3</sup>
Salmonella (en 25 g)	Ausencia/25 g	Ausencia
Ec. Coli (UCF/g)	Menor a 10	< 3

**Fuente** : Elaboración propia

### 5.2.3. Fibra dietética

Los resultados obtenidos de fibra dietética se pueden apreciar en la **Tabla N° 5.11**

**TABLA N° 5.11**

#### **FIBRA DIETÉTICA OBTENIDA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN**

<b>Componente</b>	<b>%Prueba 1</b>	<b>% Prueba 2</b>	<b>% Prueba 3</b>	<b>% Prueba 4</b>
Fibra dietética	37,648	37,59	37,72	37,63

**Fuente** : Elaboración propia

### 5.2.4. Características de la fibra dietética

a) **Capacidad de retención de agua (CRA).**- En la **Tabla N° 5.12** podemos observar los valores de las seis pruebas realizadas.

**TABLA N° 5.12**

#### **CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA**

<b>Prueba</b>	<b>CRA (ml agua retenido/g fibra)</b>
1	6,57
2	6,63
3	6,75
4	6,59
5	6,41
6	6,61

**Fuente** : Elaboración propia

b) **Capacidad de adsorción de aceite (CAA).**- En la **Tabla N° 5.13 (Ver pag. N° 58)** podemos observar los valores de las seis pruebas realizadas.

c) **Capacidad de hinchamiento (CH).**- En la **Tabla N° 5.14 (Ver pag. N° 58)** podemos observar los valores de las seis pruebas realizadas.

**TABLA N° 5.13**

**CAPACIDAD DE RETENCION DE ACEITE**

<b>Prueba</b>	<b>CRa (ml aceite retenido/g fibra)</b>
1	1,441
2	1,155
3	1,386
4	1,430
5	1,452
6	1,390

**Fuente** : Elaboración propia

**TABLA N° 5.14**

**CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO**

<b>Prueba</b>	<b>CH (ml/g)</b>
1	6,20
2	5,97
3	6,49
4	6,39
5	6,43
6	6,40

**Fuente** : Elaboración propia

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Contrastación de Hipótesis

a) **Hipótesis General.**- En la **Tabla N° 5.11 (Ver pag. N° 60)** nos indica que se obtuvo 37,65% de fibra dietética a partir de la cáscara de mango HADEN mediante el método enzimático/ gravimétrico.

b) **Hipótesis Específicas :**

1) Los resultados obtenidos que se aprecian en la **Tabla N° 5.8 (Ver pag. N° 59)** Nos muestra el contenido de proteína cruda 4,72%, fibra cruda 20,16%, cenizas 1,46%, grasa cruda 2,53%, Humedad 8,1% y carbohidratos 63,03% de la cáscara de mango Haden, el cual nos indica el valor nutricional que posee

Estas características nos indican que la cáscara de mango Haden es óptima para la obtención de fibra dietética

2) Median revisiones bibliográfica se verifica que el método adecuado para la obtención de fibra dietética es el dado por la AOAC, los cuales nos brindan Métodos Oficiales estandarizados internacionalmente para procesos alimenticios

3) Las características funcionales de la fibra dietética obtenida a partir de la cáscara de mango haden nos indica que la capacidad de retención de agua es 6,59 ml agua retenido/g fibra, capacidad de retención de aceite es 1,37 ml aceite retenido/g fibra y capacidad de hinchamiento es 6,31 ml agua retenido/g fibra

### 6.2. Contrastación de los resultados con estudios similares

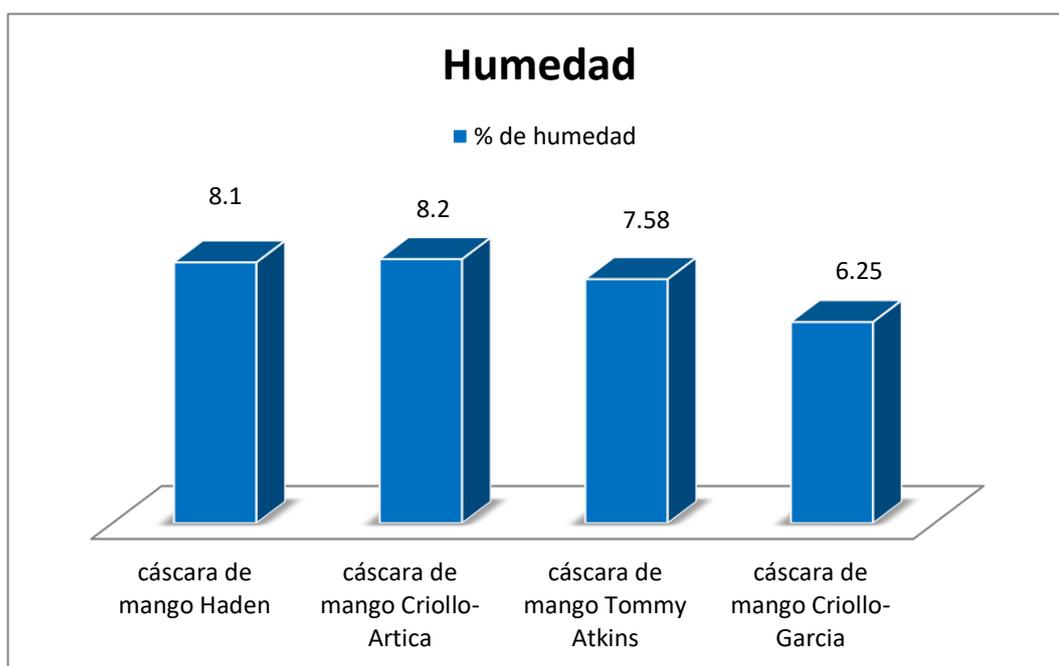
#### 6.2.1. Análisis proximal

a) **Humedad.**- Se tiene la humedad de la cáscara de mango Haden es 8,1%, dicho resultado es similar al reportado por Ártica (2008) en cáscara de mango criollo 8,2% y mayor que los reportados por García (2003) en cáscara de mango criollo 6,25% y Vergara (2005) en cáscara de mango Tommy Atkins 7,58%. El contenido de humedad depende de la temperatura de secado y el tiempo (Cruz, 2002)

En el **Gráfico N° 6.1** se puede observar la comparación de la humedad en diferentes variedades de cáscara de mango.

**GRÁFICO N° 6.1**

**% HUMEDAD DE DIFERENTES VARIEDADES DE CASCARA DE MANGO**



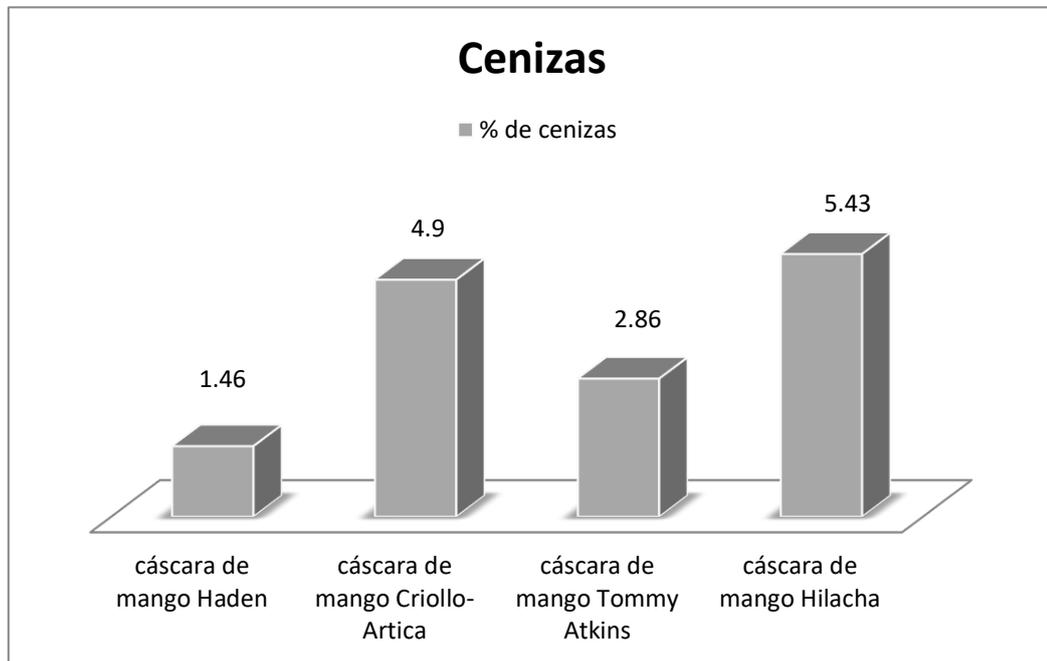
**Fuente :** Elaboración propia

**b) Cenizas.-** Se obtuvo como resultado 1,46% de cenizas, el cual fue menor a los reportados por Ártica (2008) en cáscara de mango Criollo 4,9%, Hincapié (2014) en cáscara de mango Hilacha 2,72% y Vergara (2005) en cáscara de mango Tommy Atkins 2,86%. El contenido de ceniza nos indica la cantidad de minerales que posee el mango la cual puede variar dependiendo del tipo de mango

En el **Gráfico N° 6.2 (Ver pag. N° 60)** se puede observar la comparación de cenizas en diferentes variedades de cáscara de mango.

GRÁFICO N° 6.2

**% CENIZAS DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO**



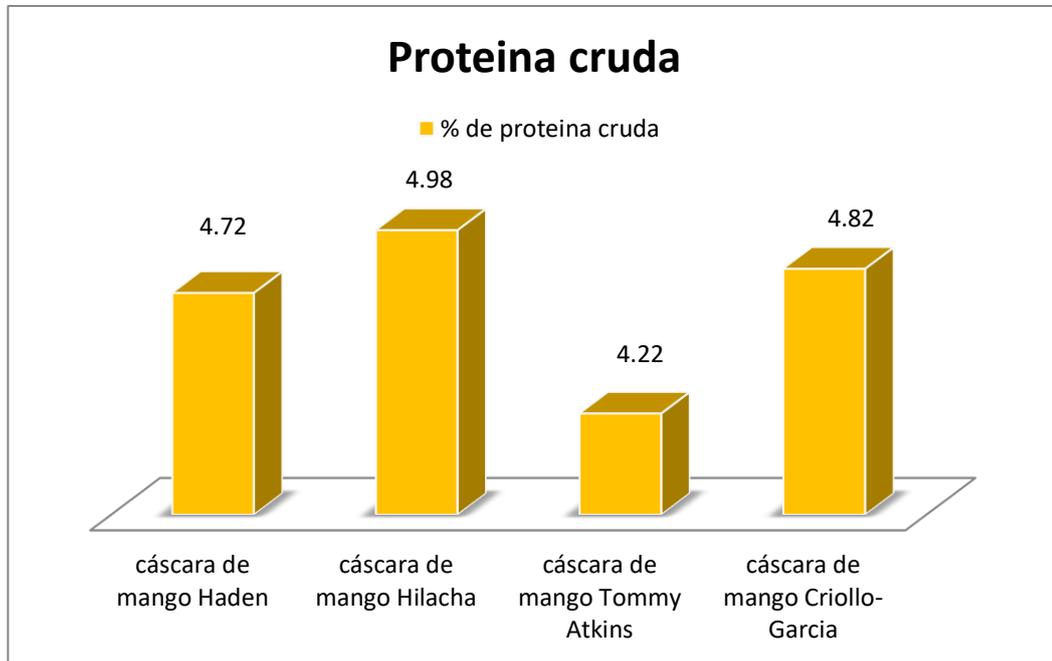
Fuente : Elaboración propia

c) **Proteína cruda.**- La proteína cruda obtenida es de 4,72% el cual fue mayor al reportado por Vergara (2005) en cáscara de mango Tommy Atkins 4,22% y menor a los reportados por Hincapié (2014) en cáscara de mango Hilacha 4,98% y García (2003) en cáscara de mango Criollo 4,82%. La principal fuente de proteína en un residuo fibroso son las que se encuentran en la pared celular donde forman una red de microfibrillas con la celulosa (Carpita y Gibeaut 1983 citado por Olivera 2013)

En el **Gráfico N° 6.3 (Ver pag. N° 61)** se puede observar la comparación de proteína cruda en diferentes variedades de cáscara de mango

GRÁFICO N° 6.3

**% PROTEÍNA CRUDA DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO**



Fuente : Elaboración propia

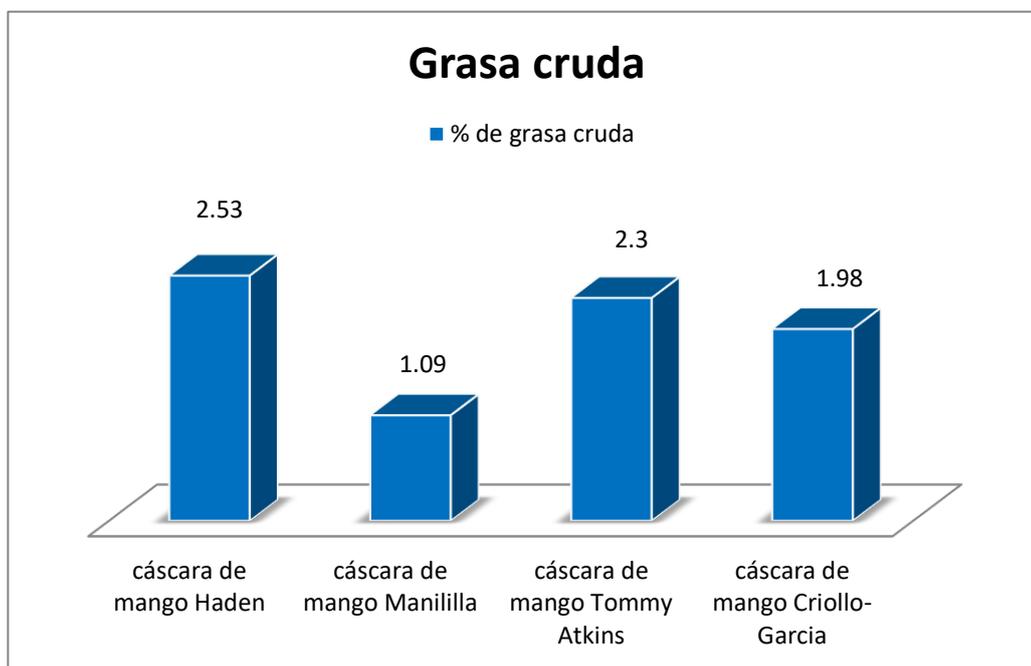
**d) Grasa cruda.**- La grasa cruda obtenida es de 2,53% la cual fue mayor a lo reportado por Cabrera (2017) en cáscara de mango Manililla 1,09%, García (2003) en cáscara de mango Criollo 1,98% y Vergara (2005) en cáscara de mango Tommy Atkins 2,3%. Esta diferencia puede deberse al tipo de mango utilizado

En el **gráfico N° 6.4** se puede observar la comparación de grasa cruda en diferentes variedades de cáscara de mango

**e) Fibra cruda.**- La fibra cruda obtenida es de 20,16% la cual fue mayor a los reportados por Cabrera (2017) en cáscara de mango Manililla 5,48%, Ártica (2008) en cáscara de mango Criollo 15,85% e Hincapié (2005) en cáscara de mango Hilacha 18,3%. La cantidad de fibra cruda lo determinan la fuente, el grado de madurez el tratamiento al cual se somete la muestra para obtener fibra (Cruz, 2002)

**GRÁFICO N° 6.4**

**% GRASA CRUDA DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO**



**Fuente :** Elaboración propia

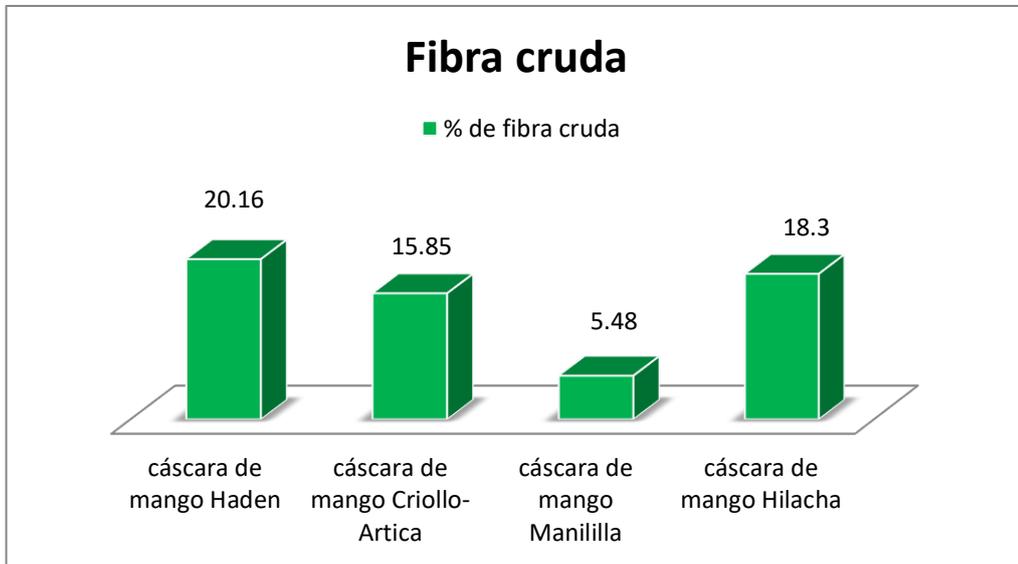
En el **Gráfico N° 6.5 (Ver pag. N° 62)** se puede observar la comparación de fibra cruda en diferentes variedades de cáscara de mango

**f) Carbohidratos.-** El valor obtenido de carbohidratos es de 63,03% el cual fue mayor al reportado por Vergara (2005) en cáscara de mango Tommy Atkins 32,82% y menor al reportado por Hincapié (2014) en cáscara de mango Hilacha 70,27%

En el **Gráfico N° 6.6 (Ver pag. N° 62)** se puede observar la comparación de carbohidratos en diferentes variedades de cáscara de mango.

**GRÁFICO N° 6.5**

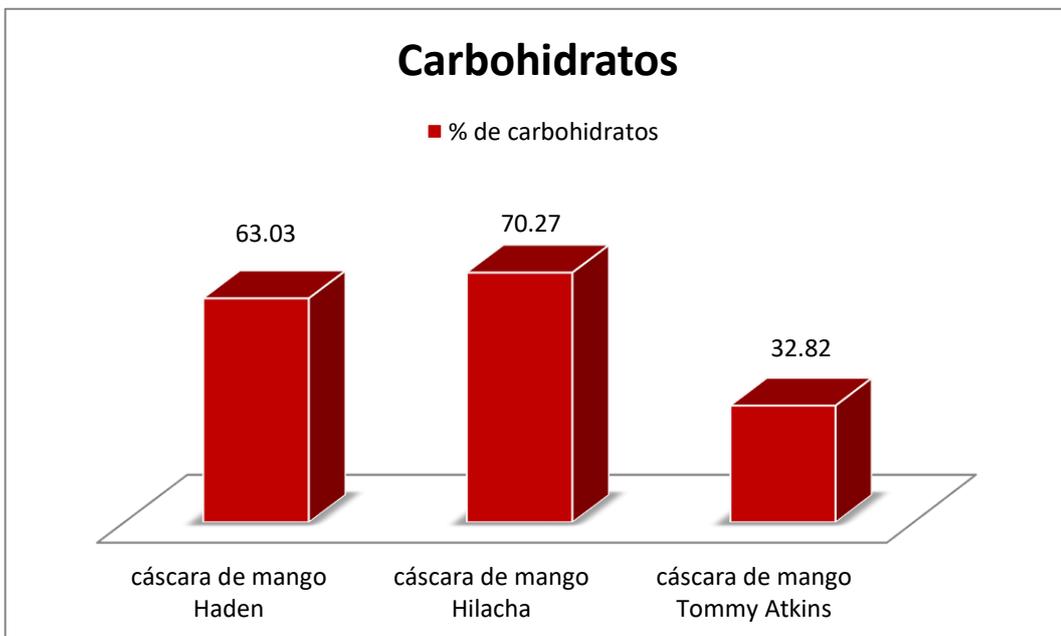
**% GRASA CRUDA DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO**



Fuente : Elaboración propia

**GRÁFICO N° 6.6**

**% GRASA CRUDA DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO**



Fuente : Elaboración propia

### 6.2.2. Fibra dietética

El contenido de fibra dietética para la cáscara de mango Haden fue 37,65 % el cual fue mayor en comparación de las variedades Tommy Atkins (19,96%) y Keitt (22,18%), sin embargo es menor que el obtenido de la variedad Hilacha (60,83%), esta comparación se puede observar en la **Tabla N° 6.1**

**TABLA N° 6.1**

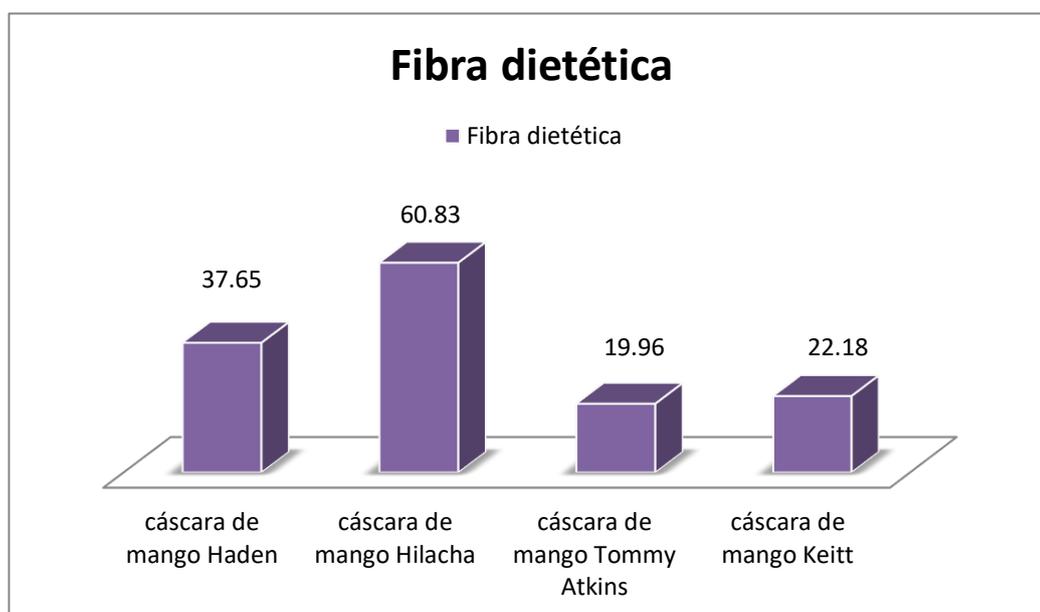
#### **% FIBRA DIETÉTICA OBTENIDA A PARTIR DE DIFERENTES VARIETADES DE CÁSCARA DE MANGO**

<b>Componente</b>	<b>% cáscara de mango Haden</b>	<b>% cáscara de mango Hilacha Según : Hincapié, 2014</b>	<b>% cáscara de mango Tommy Atkins Según: Serna, 2014</b>	<b>% cáscara de mango Keitt Según : Serna, 2014</b>
Fibra dietética	37,65	60,83	19,96	22,18

**Fuente :** Elaboración propia

**GRÁFICO N° 6.7**

#### **% FIBRA DIETÉTICA DE DIFERENTES VARIETADES DE CÁSCARA DE MANGO**



**Fuente :** Elaboración propia

### 6.2.3. Características funcionales de la fibra dietética

a) **Capacidad de retención de agua (CRA).**- En el **Cuadro N° 5.12 (Ver pag. N° 60)** podemos observar los valores de las seis pruebas realizadas siendo el promedio de 6,59 mL/g de retención de agua el resultado fue mayor a los reportados por Ártica (2008) en cáscara de mango Criollo 5,58, García (2003) en cáscara de mango Criollo 4,07 e Hincapié (2014) en cáscara de mango Hilacha 4,85. La capacidad de retención de agua está relacionada con la cantidad de fibra dietética soluble, a mayor cantidad de fibra dietética soluble aumenta la capacidad de retención de agua, debido a la propiedad de formar geles (Zambrano 2001 citado por Ártica 2014) Aunque esta teoría no se cumple al comparar los resultados al comparar la variedad de mango del experimento y los reportados por Hincapié (2014) y Serna (2014). Esta diferencia podría deberse al tamaño de partícula.

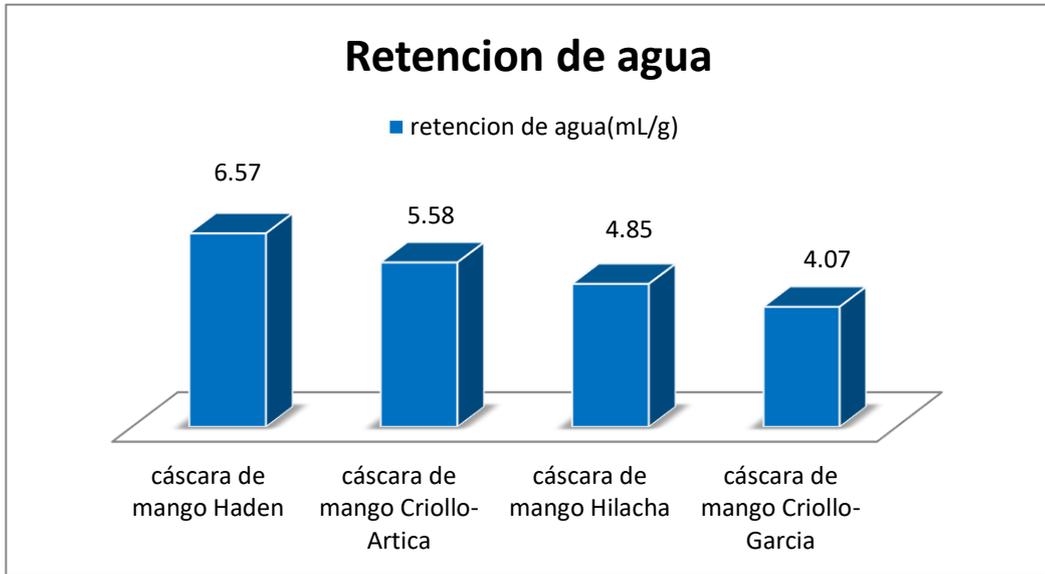
En el **Gráfico N° 6.8 (Ver pag. N° 61)** se puede observar la comparación de los resultados de la CRA en diferentes variedades de cascara de mango.

b) **Capacidad de retención de aceite (CRa).**- En el **Cuadro N° 5.13 (Ver pag. N° 50)** podemos observar los valores de las seis pruebas realizadas siendo el promedio de 1,38 mL/g de adsorción de aceite; el resultado fue mayor a los reportados por Ártica (2008) en cáscara de mango criollo 1,35 e Hincapié (2014) en cáscara de mango Hilacha 1,08 y menor que el reportado por García (2003) en cáscara de mango criollo 1,46. La capacidad de adsorción de aceite depende de la preparación de la muestra, tamaño de partícula, composición química y del método utilizado (Robertson y Eastwood 1984 citado por Vergara 2005)

En el **gráfico N° 6.9 (Ver pag. N° 61)** se puede observar la comparación de los resultados de la CRa en diferentes variedades de cáscara de mango.

**GRÁFICO N° 6.8**

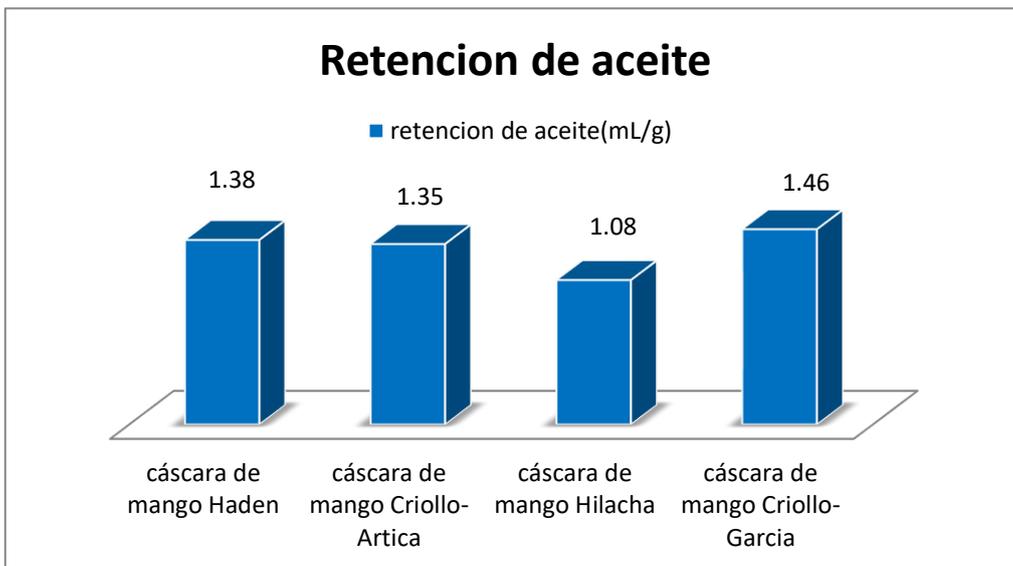
**CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA DE DIFERENTES  
VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO**



**Fuente :** Elaboración propia

**GRÁFICO N° 6.9**

**CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE ACEITE DE DIFERENTES  
VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO**



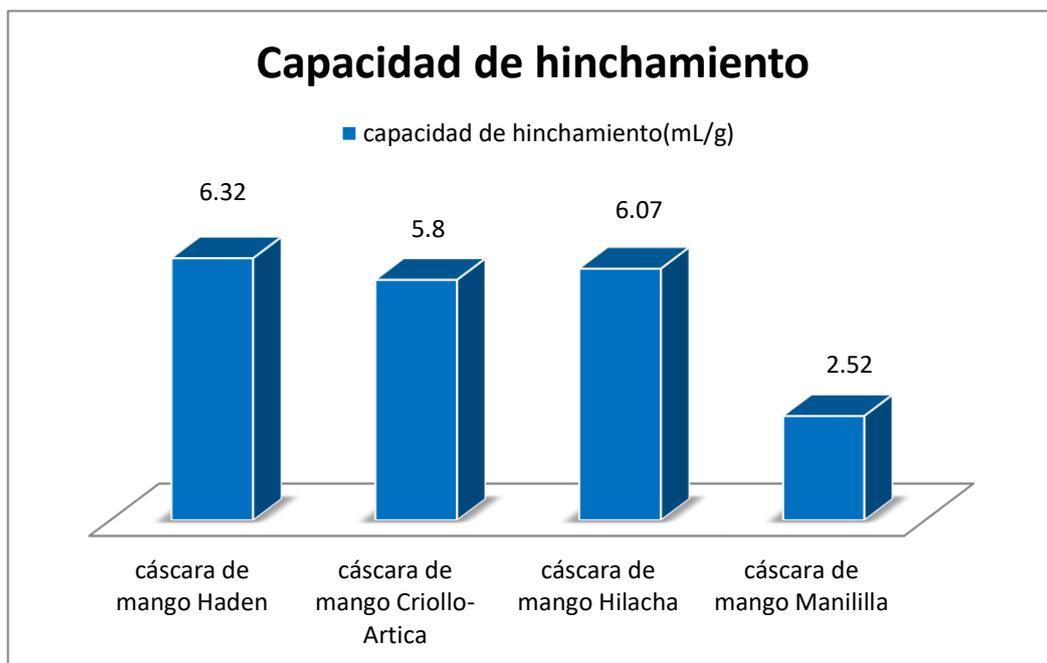
**Fuente:** Elaboración propia

c) **Capacidad de hinchamiento (CH).**- En el **cuadro N° 5.14 (Ver pag. N° 58)** podemos observar los valores de las seis pruebas realizadas siendo el promedio de 6,32 mL/g de capacidad de hinchamiento; el resultado fue mayor a los reportados por Ártica (2008) en cáscara de mango criollo 5,8, Hincapié (2014) en cáscara de mango Hilacha 6,07 y Cabrera (2017) en cáscara de mango Manililla 2,52. A mayor cantidad de fibra dietética insoluble mayor será la capacidad de hinchamiento, también influye la forma y el tamaño de las partículas (Femenia 1996 citada por Ártica 2014)

En el **Gráfico N° 6.10** se puede observar la comparación de los resultados de la CH en diferentes variedades de cascara de mango.

**GRÁFICO N° 6.10**

**CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO DE DIFERENTES VARIEDADES DE CÁSCARA DE MANGO**



**Fuente :** Elaboración propia

## **VII. CONCLUSIONES**

- 1)** El rendimiento de la cáscara de mango Haden con respecto a la cáscara húmeda es de 18,42%
- 2)** Se obtuvo que el tamaño de partícula es mayor 291  $\mu\text{m}$ , el cual nos indica que está dentro del rango establecido para ser apto para consumo humano
- 3)** El análisis proximal de la cáscara de mango Haden es: humedad 8,1%, ceniza 1,46%, proteína cruda 4,72%, grasa cruda 2,53%, fibra cruda 20,16% y carbohidratos 63,03%
- 4)** La fibra dietética obtenida a partir de la cáscara de mango Haden mediante el método Enzimático/Gravimétrico es 37,65%
- 5)** La fibra dietética obtenida cuenta con las siguientes características funcionales : capacidad de retención de agua (CRA) 6,59 ml de agua retenida /g de fibra, capacidad de retención de aceite (CRa) 1,37 ml de aceite retenido /g fibra y capacidad de hinchamiento (CH) 6,31 ml /g de fibra

## **VIII. RECOMENDACIONES**

- 1)** Realizar la caracterización de la fibra dietaria de la cáscara de mango Haden en sus componentes de celulosa, hemiculosa, lignina, sustancias pécticas y otros componentes.
- 2)** Realizar análisis químicos a la cáscara de mango Haden para determinar su contenido de vitaminas y minerales.
- 3)** Evaluar la aceptabilidad de la fibra dietética como complemento en alimentos como galletas, pastas, bebidas u otros.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Ministerio de agricultura y riego (2017) Mango : Crecen exportaciones peruanas. *boletín : mango exportacion*, 5
- 2) Parada Caro, E. J. (2005) *Caracterización del Aceite y la Fibra Dietética Obtenidos a Partir de Semilla de Arándano (Vaccinium corymbosum L.)*
- 3) Abdul, L. (2000) Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. 15–19
- 4) Aguilar, A. (2002) *Características fisicoquímicas de fibra y mezclas de fibra dietética obtenidas a partir de residuos de naranja (Citrus sinensis), salvado de cebada (Hordeum vulgare) y cascara de tomate (ipomoca botatas (L.) Lam) Peru*
- 5) Alarcón García, M., Lopez Vargas, J., & Restrepo Molina, D. (2013) “Caracterización de la funcionalidad tecnológica de una fuente rica en fibra dietaria obtenida a partir de cáscara de plátano”
- 6) Antonio Garcia, O. G. (2016) *Dietas balanceadas de granos y proteína reciclada para alimento de alevines de tilapia*
- 7) Arroyo, M. A. (2008) *Caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra dietética y la cascara de mango criollo de Satipo. Satipo*
- 8) Baena, L. M., & Garcia Cardona, N. (2012) *Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascarilla de las semillas tostadas de Theobroma cacao L. de la industria chocolatera colombiana*
- 9) Ballinaz–Díaz, E. (2013) Mango, cultivo, tratamiento pre y postcosecha. Propiedades nutrimentales y funcionales
- 10) Cañas, Z., Restrepo, D., & Cortés, M. (2011) Productos Vegetales como Fuente de Fibra Dietaria en la Industria de Alimentos. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín* 64 (1)
- 11) Capitani, M. (2013) *Caracterización y funcionalidad de subproductos de chía (Salvia Hispánica L) aplicación en tecnología de alimentos*
- 12) Chambilla–Mamani, M.–C. (2010) Evaluación de las propiedades funcionales de la fibra insoluble extraída a partir de las hojas de nabo (brassica rapa l.) *Revista de investigación en ciencia y tecnología de alimentos vol I*, 43–50

- 13) Chinnaswamy, R. a. (1998) Optimum extrusion cooking conditions for maximum expansion of corn starch. 53
- 14) Choque, J. (27 de Octubre de 2017) *LOGISTICA 360*. Obtenido de <http://logistica360.pe/2017/10/26/incremento-en-mas-de-10-produccion-de-mango-por-olmos-el-2018/>
- 15) Colegio de bachilleres del estado de Sonora. (2007) *Análisis de alimentos 1*
- 16) Couto Filho CCC, S. F. (2007) Qualidade da silagem de residuo de manga com diferentes aditivos. *Ciência e Agrotecnologia*
- 17) Cruz, M. (2002) *Caracterización físicoquímica, fisiológica y funcional de residuos fibrosos de cáscara de maracuyá (Passiflora edulis)*
- 18) Díaz, Y. y. (2011) Propiedades funcionales de la fibra dietética en la alimentación humana y en la industria alimentaria. . *Artículo científico. Repositorio digital Papiros. Universidad Peruana Unión*
- 19) DIGESA. (2008) Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano
- 20) Dreher, M., & Padmanabam, G. (1983) Sunflower hull flour as a potential dietary fiber supplement. *J. of Food Science*, 48:1463–1465
- 21) Elleuch, B. R. (2011) Dietary fibre and fiber-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications. 411–421
- 22) FAO. (2008) *Competitividad de la producción de mango*
- 23) Garcia Luna, I. N. (2003) *Caracterización físicoquímico y funcional de los residuos fibrosos de mango criollo (Mangifera indica L) y su incorporación en galletas*
- 24) Hincapié, Gustavo d. V. (2014) propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria de cáscaras de mango variedad hilacha (mangifera indica l.) : efecto del secado por convección
- 25) Hernández HD, G. n. (1998) Caracterización de la fibra de nopal por medio de su respuesta fisiológica
- 26) Hernández, H. Y. (1998) Composición de Polisacáridos de las Fibras de Chayote y Mamey. En temas de tecnología de alimentos

- 27)** Hernández, T., & Hernández, A. y. (1995) “Fibra Alimentaria, concepto, propiedades y método de análisis”. *Revista de alimentos*
- 28)** León, L. S. (2014) Potencial agroindustrial de cáscaras de mango (Mangifera indica) variedades Keitt y Tommy Atkins
- 29)** Madhukara, K. (1993) *Ensilage of mango peel for methane generation*
- 30)** Ministerio de salud. (2011) Análisis microbiológico de los alimentos
- 31)** Mosquera, M. I. (2005) Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales; mucho mas que simples colorantes naturales. *Agrocsic*
- 32)** Olvera Novoa, M. A., Martínez Palacios, C., & Real de León, E. (1993) *Programa cooperativo gubernamental fao – italia*
- 33)** Palmira. (07 de octubre de 2013) La cáscara del mango esconde grandes propiedades antioxidantes. *CIENCIA & TECNOLOGÍA*
- 34)** Peraza, G. (2000) *Caracterización de los residuos fibrosos de Canavalia ensiformis L. y Phaseolus Lunatus L. y su incorporación a un producto alimenticio*
- 35)** Periago, M. J., Ros, G., Lopez, G., Martinez, M. C., & Rincon, F. (1993) Componentes de la fibra dietetica y sus efectos fisiologicos. *Revista española de ciencia y tecnologia de alimentos*
- 36)** Periago, M., Ros, G., Lòpez, G., & Martínez, M. Y. (1993) “componentes de la fibra dietética y sus efectos fisiológicos”. *Revista española de ciencia y tecnología de alimentos*
- 37)** Pire, M. C. (2010) Estudio comparativo del aporte de fibra alimentaria en cuatro tipos de frutas de consumo común en Venezuela. *Artículo científico. Interciencia. Vol. 35, N° 12, Venezuela*
- 38)** Priego Mendoza, N. (2007) *Obtención de fibra dietética a partir de sáculos de naranja aplicando un tratamiento con vapor*
- 39)** Quesada, D. (2010) *INVESTIGACION SOBRE EL MANGO*
- 40)** Quispe Centeno, J. (2014) *Obtencion y caracterizacion de la fibra dietetica a partir de los residuos de la papa(Solanum tuberosum). Huancavelica*

- 41) Ramírez Méndez, R. Q. (2010) Características físicas y químicas de frutos de trece cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 10, no. 2, 65–72
- 42) Ramirez Tixe, E. (2012) *Obtención y caracterización de fibra dietética a partir del bagazo de brócoli*. Tarma
- 43) Redondo, M. (2000) *Lafibra terapeutica*. Laboratorio Madaus, S.A, 132
- 44) Roque Pilco, W. (2016) *Evaluacion en diferentes proporciones de aguaymanto (*Physalis peruviana*) y mango (*Mangifera indica*) para la obtencion de un nectar*. Huanuco
- 45) Sánchez, L. M. (2013) *Grape antioxidant dietary fiber inhibits intestinal polyposis in ApcMin/ mice : relation to cell cycle and immune response*. *Carcinogenesis*
- 46) Serna Cock, L., & Torres León, C. (2014) *Potencial agroindustrial de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) variedades Keitt y Tommy Atkins*
- 47) Stefanello, C. y. (2012) Composición aproximada de las cáscaras de diferentes frutas. *Ciencia Tecnológica* , 34–37
- 48) Steinmetz, K. A. (1996) Vegetables, fruit and cancer prevention. *Journal of the American Dietetic Association*
- 49) Sumaya, M., Sánchez, L., Torres, G., & García, D. (2011) Propiedades nutricionales del mango. Red de Valor del Mango y sus Desechos con Base en las Propiedades Nutricionales y Funcionales. *Revista Mexicana de Agronegocios*. Vol. 30, 826–830
- 50) Vásquez, E. C. (2017) *Análisis fisicoquímico del fruto y la harina manguifera indica L.*
- 51) Vásquez., E. C. (2017) *Análisis fisicoquímico del fruto y la harina manguifera indica L.*
- 52) Velázquez, C. E. (marzo–2018) Polifenoles de la cascara de mango para la acuacultura. *Ciencia*
- 53) Vergara Valencia, N. (2005) *Obtención de fibra dietética antioxidante a partir de mango y su aplicación en productos de panificación*
- 54) Wall Abraham, F. O. (2015) *El mango: aspectos agroindustriales, valor nutricional/funcional y efectos en la salud*

## **ANEXOS**

- ANEXO 10.1** : MATRIZ DE CONSISTENCIA
- ANEXO 10.2** : FICHA TÉCNICA – PÉRDIDA EN EL SECADO (humedad) A 95 °C-100°C PARA ALIMENTOS
- ANEXO 10.3** : FICHA TÉCNICA – OBTENCION DE CENIZAS EN ALIMENTOS
- ANEXO 10.4** : FICHA TÉCNICA – PROTEÍNAS (CRUDAS)
- ANEXO 10.5** : FICHA TÉCNICA – MÉTODO OFICIAL DE LA AOAC 955.04
- ANEXO 10.6** : PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA FIBRA DIETÉTICA TOTAL – MÉTODO ENZIMÁTICO-GRAVIMÉTRICO 985.29 AOAC

**ANEXO 10.1**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

<b>OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN</b>						
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Variables Dependiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Método</b>
¿Cómo obtener fibra dietética a partir de la cáscara de mango HADEN?	Obtener la fibra dietética a partir de la cáscara de mango HADEN	Se obtiene fibra dietética de a partir de la cáscara de mango HADEN mediante el método enzimático/gravimétrico.	Y = Fibra dietética	- Fibra total	- T <sup>a</sup> C - pH - %	- Método enzimático/g ravimétrico
<b>Problema Específicos</b>	<b>Objetivo Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicos</b>	<b>Variables Independiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Método</b>
¿Cuáles son las características de la cáscara de mango HADEN que proporciona las cualidades adecuadas para la obtención de fibra dietética?	Caracterizar la cáscara de mango HADEN que proporciona las cualidades adecuadas para la obtención de fibra dietética.	Las características de la cáscara de mango HADEN nos permiten conocer las cualidades adecuadas para la obtención de fibra dietética.	X1 = cáscara de mango	- Tamaño de partícula - Humedad - Proteína cruda - Grasa cruda - Cenizas - Carbohidratos - Fibra cruda	- %	- Ensayos experimentales en laboratorio
¿CUÁL ES EL MÉTODO DIETÉTICA OBTENIDA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN ADECUADO PARA LA OBTENCIÓN DE LA FIBRA?	Encontrar el método adecuado para la obtención de fibra dietética a partir de la cáscara de mango HADEN.	El método enzimático/ gravimétrico es establecido como norma general para procesos de alimentos, el cual nos permite obtener fibra dietética a partir de la cáscara de mango.	X2 = Método	- Normas oficiales de obtención	- AOAC	- Referencia bibliográfica

¿CUÁLES SON LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LA FIBRA DIETÉTICA OBTENIDA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN?	Determinar las características funcionales de la fibra dietética obtenida a partir de la cáscara de mango HADEN.	Las características funcionales de la fibra dietética a partir de la cáscara de mango nos permiten determinar la calidad de la fibra dietética.	X3 = Fibra dietética	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad de retención de agua</li> <li>- Capacidad de retención de aceite</li> <li>- Capacidad de hinchamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- % CRA</li> <li>- %CRa</li> <li>- %CH</li> </ul>	Ensayo experimental en laboratorio
---	--	---	----------------------	---	--	------------------------------------

**FIGURA N° 10.1**

**RECEPCIÓN Y PELADO DEL MANGO**



**Fuente** : Elaboración propia

**FIGURA N° 10.2**

**CÁSCARA DE MANGO SECA**



**Fuente** : Elaboración propia

**FIGURA N° 10.3**

**MOLIENDA DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN**



**Fuente :** Elaboración propia

**FIGURA N° 10.4**

**TAMIZADO DE LA CÁSCARA DE MANGO HADEN**



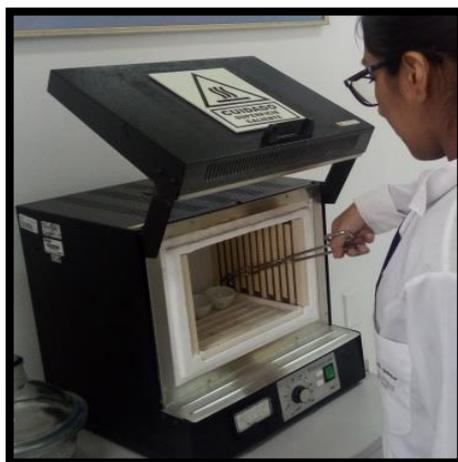
**Fuente :** Elaboración propia

**FIGURA N° 10.5**  
**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD**



**Fuente :** Elaboración propia

**FIGURA N° 10.6**  
**DETERMINACIÓN DE CENIZA**



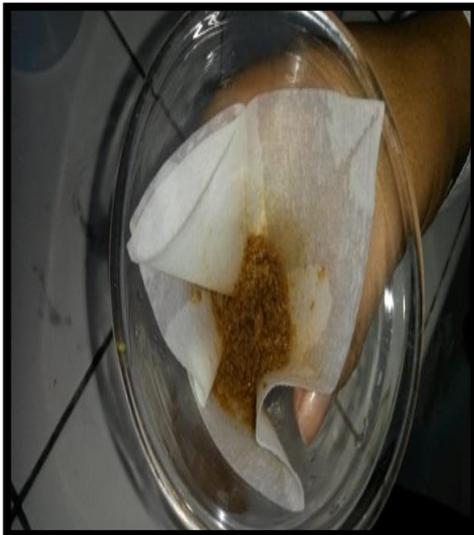
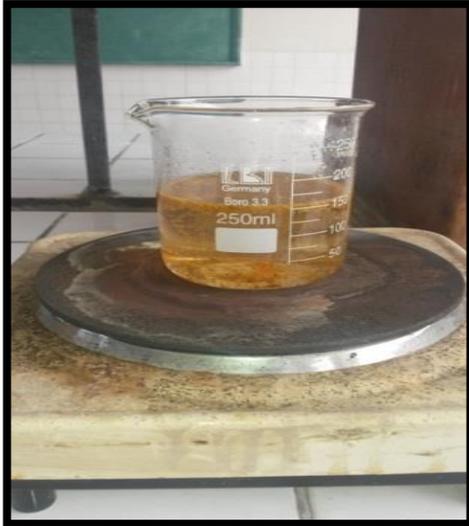
**Fuente :** Elaboración propia

**FIGURA N° 10.7**  
**DETERMINACIÓN DE GRASA CRUDA**



**Fuente :** Elaboración propia

**FIGURA N° 10.8**  
**OBTENCIÓN DE FIBRA CRUDA**



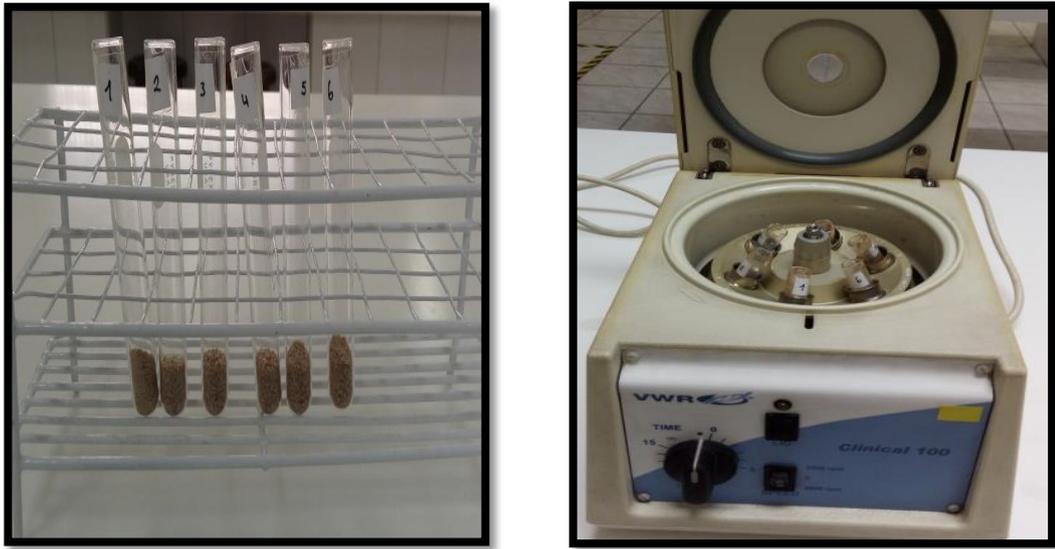
**Fuente :** Elaboración propia



**Fuente :** Elaboración propia

**FIGURA N° 10.9**

**CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA**



**Fuente :** Elaboración propia

**FIGURA N° 10.10**

**CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE ACEITE**



**Fuente** : Elaboración propia

**FIGURA N° 10.11**

**CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO**



**Fuente :** Elaboración propia

## ANEXO 10.2

### FICHA TÉCNICA

#### PÉRDIDA EN EL SECADO (humedad) A 95 °C-100°C PARA ALIMENTOS

##### MÉTODO OFICIAL DE LA AOAC 934.01

Primera acción 1934

Acción final

**Codex adoptó el método AOAC**

#### RESTRICCIÓN

(Este método no es aplicable a los alimentos que contienen > 5% de urea).

#### PROCEDIMIENTO

Parte de prueba seca que contiene aproximadamente 2 g de material seco a peso constante a 95°C – 100°C bajo presión < = 100 mm Hg (aprox. 5 h)

Para alimentos con alto contenido de melaza, use una temperatura < = 70°C y una presión < = 50 mm Hg.

Utilice un plato cubierto de Al (aluminio) > = 50 mm de diámetro y 40 mm de profundidad. Informe la pérdida en el secado (LOD) como estimación del contenido de humedad

Cálculos

$$\% \left( \frac{W}{W} \right) LOD = \% \left( \frac{W}{W} \right) humedad = 100x \frac{wt\ perdida\ de\ peso\ al\ secar,\ g}{peso\ inicial,\ g}$$

$$\% materia\ seca = 100 - \%LOD$$

## ANEXO 10.3

### FICHA TÉCNICA

#### OBTENCION DE CENIZAS EN ALIMENTOS

##### MÉTODO OFICIAL AOAC 942.05

Primera acción 1942

Acción final 1943

##### PROCEDIMIENTO

Pese 2 g de la porción de prueba en el crisol de porcelana y colóquelo en un horno de temperatura controlada precalentado a 600°C

Mantener a esta temperatura 2 h

Transfiera el crisol directamente al desecador, enfríe y pese de inmediato, informando el porcentaje de ceniza al primer decimal.

$$\%Ceniza = \frac{\text{peso de la porción de prueba} - \text{perdida por incineracion}}{\text{peso de la porción de prueba}} * 100$$

**ANEXO 10.4**  
**FICHA TÉCNICA**  
**PROTEÍNAS (CRUDAS)**

**MÉTODO OFICIAL DE LA AOAC 954.01.**

**MÉTODO KJELDAHL**

Primera acción 1954

Acción final

Determine N como en 955.04 (**Ver 2.4.03**) Multiplique el resultado por 6.2, o en el caso de los granos de trigo por 5.70

REFERENCIA J. AOAC 37,241 (1954; 38.56 (1955))

## ANEXO 10.5

### FICHA TÉCNICA

#### MÉTODO OFICIAL DE LA AOAC 955.04

#### MÉTODO KJELDAHL

Primera acción 1955

Acción final

Codex – Adoptado – AOAC – Método

(Proporcione ventilación adecuada en el laboratorio y no permita la acumulación de Hg expuesto)

#### a) REACTIVOS

- 1) **Ácido sulfúrico.**- 93% – 98% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> N libre
- 2) **Óxido mercúrico o mercurio metálico.**- HgO o Hg, grado de reactivo, sin N
- 3) **Sulfato de potasio (o sulfato de sodio anhidro).**- Grado reactivo, N – FREE
- 4) **Ácido salicílico.**- Grado reactivo, N – libre
- 5) **Solución de sulfuro o tiosulfato.**- Disuelva 40 g de K<sub>2</sub>S comercial en 1 L de H<sub>2</sub>O (puede usarse una solución de 40 Na<sub>2</sub>S o 80 g de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O en 1 L)
- 6) **Hidróxido de sodio.**- Pellets o solución, sin nitrato. Para la solución, disuelva aproximadamente 450 g de NaOH sólido en H<sub>2</sub>O, enfríe y diluya a 1 L (El peso específico de la solución debe ser > = 1,36)
- 7) **Gránulos de zinc.**- Grado reactivo
- 8) **Polvo de zinc.**- Polvo impalpable
- 9) **Indicador de rojo de metilo.**- Disuelva 1 g de rojo de metilo en 200 ml de alcohol
- 10) **Solución estándar clorhídrica.**- 0,5 o 01 M cuando la cantidad de N es pequeña, o (**ácido sulfúrico.**- 0,25 o 0,05 M cuando la cantidad de N es pequeña) Prepare como en 936,15 (**Ver A.1, 06**) o 890 A (**Ver A1., 14**)
- 11) **Solución estándar de hidróxido de sodio.**- 0,1M (u otra concentración especificada) Preparar como en 936,16 (**Ver, 1.12**)

Estandarice cada solución estándar con el estándar primario (vea el Apéndice A, soluciones estándar) y compare una con la otra. Pruebe los reactivos antes de usar mediante determinación en blanco con 2 g de azúcar, lo que garantiza una reducción parcial de cualquier nitrato presente.

### **PRECAUCIÓN :**

Use  $\text{H}_2\text{SO}_4$  recién abierto o agregue  $\text{P}_2\text{O}_5$  seco para evitar la hidrólisis de los nitritos y cianatos. La proporción de sal a ácido (p/v) debe ser de 1 : 1 al final de la digestión para controlar la temperatura adecuada. La digestión puede estar incompleta a menor relación; el nitrógeno se puede perder en una proporción más alta. Cada gramo de grasa consume 10 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y cada gramo de carbohidratos, 4ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  durante la difusión.

### **b) APARATOS :**

- 1) Para la digestión.-** Use matraces Kjeldahl de vidrio duro, moderadamente grueso y bien recocido, con una capacidad total de aproximadamente 500 – 800 ml
- 2)** Realice la digestión sobre el dispositivo de calentamiento ajustado para llevar 250 ml de  $\text{H}_2\text{O}$  a  $25^\circ\text{C}$  a ebullición en aproximadamente 5 minutos u otro tiempo según lo especificado en el método. Para probar los calentadores, precaliente 10 min si es gas o 30 min si es eléctrico. Agregue 3 – 4 papas hervidas para evitar el sobrecalentamiento
- 3) Para la destilación.-** Use 500 – 800 mL de Kjeldahl u otro matraz adecuado provisto de un tapón de goma a través del cual pase el extremo inferior de la bombilla o trampa eficiente para evitar el arrastre mecánico de  $\text{NaOH}$  durante la destilación. Conecte el extremo superior de la bombilla sintonizar el tubo del condensador por medio de un tubo de goma. Salida de la trampa del condensador de tal manera que garantice la absorción completa del  $\text{NH}_3$  destilando en el ácido en el receptor.

### **c) MÉTODO MEJORADO PARA MATERIALES LIBRES DE NITRATO :**

- 1)** Coloque la porción de prueba pesada (0,7 – 2,2 g) en el matraz de digestión
- 2)** Agregue 0,7 g de  $\text{HgO}$  o 0,65 g de  $\text{Hg}$  metálico 15 g de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  en polvo o  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidro y 25 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- 3)** Si se utiliza la porción de prueba  $\geq 2,2$  g, aumente el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en 10 ml por cada porción de prueba g
- 4)** Coloque el matraz en posición inclinada y caliente hasta que cese la espuma (si es necesario, agregue una cantidad mínima de parafina para reducir la espuma), hierva enérgicamente hasta que la solución se aclare y luego  $\geq 30$  min más (2 h para materiales que contengan material orgánico)
- 5)** Enfriar, agregar aproximadamente 200 ml de  $\text{H}_2\text{O}$ , enfriar  $\leq 25^\circ\text{C}$ , agregar 25 ml de la solución de sulfuro o tiosulfato y mezclar para precipitar  $\text{Hg}$

- 6) Agregue pocos gránulos de Zn o evite los golpes, incline el matraz y agregue una capa de NaOH sin agitación. (Por cada 10 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  utilizado, o su equivalente)

## ANEXO 10.6

### PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA FIBRA DIETÉTICA TOTAL MÉTODO ENZIMÁTICO- GRAVIMÉTRICO 985.29 AOAC

#### a) PRINCIPIO

La muestra por duplicado de alimentos secos desengrasar si la muestra contiene grasa mayor al 10%, son gelatinizados con  $\alpha$  – amilasa y luego digeridas enzimáticamente con proteasa y amiloglucosidasa para eliminar la proteína y el almidón presente en la muestra.

Se añade 4 volúmenes de alcohol etílico para precipitar la fibra dietética soluble. El residuo total es filtrado, lavado con alcohol etílico 78%, alcohol etílico 95% y acetona.

Una vez secado se residuo se pesa. Un duplicado se utiliza para analizar proteína y la otra se incinera a 525°C para obtener las cenizas.

La fibra dietaria total = peso del residuo – peso (proteína + ceniza)

#### b) EQUIPOS :

- 1) Crisoles porosos de filtración N° 2 (pyrex N° 32940) Porosidad 40 – 60  $\mu$ m con 60 ml de capacidad. Limpiar minuciosamente, calentar por 1 hora a 525°C  $\pm$  10°C, mojar y luego enjuagar en agua. Añadir aproximadamente 0,5g de Celite a los crisoles secados al aire y secar a 130°C a peso constante (1 hora) enfriar y almacenar en un desecador hasta ser usados
- 2) Fuente de vacío; bomba de vacío o aspiración equipada con sistema de doble trampa para prevenir la contaminación en casos de retorno del agua
- 3) Estufa de aire a 105°C
- 4) Desecador con silicagel o equivalente
- 5) Mufla
- 6) Baños de agua; (1) de ebullición (2) temperatura constante, ajustable a 60°C con multiestación de agitación tipo shaker o de agitación durante la hidrolisis enzimática
- 7) Vaso de precipitado de 400 o 600 ml de capacidad
- 8) Balanza analítica, con una resolución de 0,1 mg
- 9) Potenciómetro estandarizado con buffers pH 4 y pH 7

#### c) REACTIVOS

- 1) Etanol 98% volumen/volumen, grado técnico
- 2) Etanol 78% colocar 207 ml de agua en un matraz volumétrico de 1 L y diluir a volumen con alcohol etílico de 95%. Mezclar y diluir a

diluir a volumen nuevamente con alcohol etílico de 95% si fuera necesario. Mezclar un volumen de agua con 4 volúmenes de alcohol etílico de 95% dará también una concentración final de alcohol etílico de 78%

- 3) Acetona grado reactivo buffer fosfato 0,08 M, pH 6,0 disolver 1,4 g de fosfato dibásico anhidro ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) o (1,753 g del di hidratado) o (10,94 g del di hidratado) en aproximado 700 ml de agua. Diluir a 1 L con agua destilada o desionizada. Verificar el pH con el potenciómetro.
- 4) Solución de  $\alpha$  – amilasa estable al calor, almacenar en refrigeración. Basado en el azúcar reductor de Nelson/Somogyi con almidón soluble como sustrato – 10 000 + 1 000 unidades/ml (1 unidad se define como la cantidad de enzima necesaria para liberar el azúcar reductor cefalea equivalentes/min a pH 6,5 y 4°C). (2) Basado en el método de Ceralpha usando p – nitrofenil – malrosacarido como sustrato en presencia de una  $\alpha$  – glucosidasa – 3 000 + 300 Ceralpha/ml (se requiere una unidad de enzima para liberar el p – nitrofenilo mínimo a pH 6,5 y 4°C)
- 5) Proteasa. mantener en refrigeración. Caseína como 300 – 400 unidades/ml. (1 unidad de proteasa se define como la cantidad de enzima requerida para hidrolizar y solubilizar en TCA) equivalentes de tirosina. De caseína soluble a pH 8 y 4,7 – 15 unidades/mg (1 unidad hidrolizara caseína para producir un color que sea equivalente a 1 octiol tirosina/min a pH 7,5 y 3) color por reactivo de Folin – ciocalteu
- 6) Amiloglucosidasa; mantener refrigerado. (1) Método de almidón/glucosa oxidasa – peroxidasa – 2 000 – 3 300 unidades/ml (1 unidad de actividad enzimática se define como la cantidad de enzima requerida para liberar 1 ccmol glucosa/min a pH 4,5 y 4) (2) PNPBM (p – nitrofenil beta – maltosidasa), método 130 – 200 unidades/ml (1 unidad de actividad enzimática (unidad PNP) es la cantidad de enzima que en presencia de niveles excesivos de beta – maltosidasa/min a 40°C). la única enzima que tiene se ha encontrado que la amiloglucosidasa esta significativamente contaminada con actividades interferentes.

La alfa – amilasa termoestable y la proteasa de fuentes comerciales se encuentran generalmente libres de enzimas interferentes. Se han detectado niveles bajos de beta – glucanasa en las preparaciones de proteasa, pero en niveles muy por debajo de los que podrían interferir con el análisis de fibra dietética total. De demostró que el contaminante principal en la preparación de amiloglucosidasa era una endo – celulasa y resulto en una endo – despolimerizacion de beta – glucano de enlace mixto de cebada y avena, con la consiguiente subestimación de este componente de fibra dietética. La contaminación de la amiloglucosidasa con la endo – celulasa (beta – glucanasa) se puede detectar fácilmente.

Alternativamente, hay kits que contienen las 3 enzimas (probadas previamente) disponibles de una serie de compañías

- 7) Solución de hidróxido de sodio 0,275 N; Disolver 11,00g de NaOH acs en aproximadamente 700 ml de agua en un matraz volumétrico de 1 L a volumen con agua
- 8) Solución de ácido clorhídrico 0,325 M. diluir 0,325 ml de HCl en 1 L de agua
- 9) Celite; lavado en ácido

**d) PUREZA DE LA ENZIMA :**

Para asegurar la ausencia de actividad enzimática indeseable en las enzimas usadas en este procedimiento, correr los materiales listados en la tabla siguiente, siguiendo el método cada vez que se cambie el lote de enzimas, o a intervalos de 6 meses para asegurar que las enzimas no se hayan degradado.

Muestra de ensayo	Actividad ensayada	Peso de muestra, g	Recuperación esperada %
Pectina cítrica	Pectinasa	0,1	95 – 100
Stractan (larch gum)	Hemicelulosa	0,1	95 – 100
Almidón de trigo	Amilasa	1,0	0 – 1
Almidón de maíz	amilasa	1,0	0 – 2
Caseína	Proteasa	0,3	0 – 2
B-glucano(goma de cebada)	B-glucanasa	0,1	95 – 100

Sigma Chemical Co. or Megazyme International Ireland, Ltd.

**e) PREPARACIÓN DE LA MUESTRA :**

Homogenizar la muestra de prueba y secar durante la noche en horno vacío, enfriar en desecador y secar la muestra de prueba en una malla de 0,3 – 0,5 mm. Si la muestra de prueba no se puede calentar, liofilizar antes de moler. Si el alto contenido de grasa (>10%) impide la molienda adecuada, desengrasar con éter de petróleo (3 veces con 25 ml/g de muestra de prueba) antes de moler. Registre la pérdida de peso debido a la eliminación de grasa y realice la corrección apropiada al % final de fibra dietética que se encuentre en la determinación.

Almacene la muestra de prueba molida en un frasco tapado en el desecador hasta que se realice el análisis.

**f) DETERMINACIÓN :**

- 1) Correr un blanco junto con las muestras para medir cualquier contribución de los reactivos al residuo

- 2) Pesar por duplicado alrededor de 1 g de muestra, con una precisión de 0,1 mg en un vaso de precipitado de 400 ml. No debe haber diferencia en más de 20 mg en el peso de la muestra. Añadir 50 ml de buffer fosfato de pH 6 a cada vaso.
- 3) Verificar el pH y ajustar a  $\text{pH } 6 \pm 0,2$  si fuese necesario. Añadir 0,1 ml de la solución de  $\alpha$  – amilasa estable al calor. Cubrir el vaso de precipitado con papel aluminio y colocarlo en un baño de agua y hervir durante 15 minutos
- 4) Agitar suavemente a intervalos de 5 minutos. Aumente el tiempo de incubación cuando la cantidad de vasos precipitados en baño de agua dificulta que los contenidos de los vasos almacenen una temperatura interna de  $92^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$
- 5) Enfriar las soluciones a temperatura ambiente. Ajustar el pH a  $7,5 \pm 0,2$ , añadiendo 10 ml de NaOH 0,275 N
- 6) Adicionar 5 mg de proteasa a cada vaso (la proteasa se adhiere a la espátula, de modo que es preferible preparar la enzima en solución, 50 mg en 1 L de buffer fosfato y pipetear 0,1 ml a cada muestra antes de usar)
- 7) Cubrir el vaso de precipitado con papel aluminio e incubar 30 minutos a  $60^{\circ}\text{C}$  con agitación continua. Enfriar y añadir 10 ml de HCl 0,325 M medir el pH y agregar gota a gota el ácido si fuese necesario. El pH final debe estar entre 4,0 – 4,6
- 8) Añadir 0,3 ml de amiloglucosidasa, cubrir el vaso de precipitado con papel aluminio e incubar 30 minutos a  $60^{\circ}\text{C}$  con agitación continua. Adicionar 280 ml de alcohol etílico al 95% precalentado a  $60^{\circ}\text{C}$  (medir el volumen antes del calentamiento) Dejar que se forme precipitado a temperatura ambiente por 1 hora. Pesar los crisoles que contiene Celite con aproximación de 0,1 mg luego humedecerlo y redistribuir la capa de Celite en el crisol empleando chorros de alcohol etílico al 78% desde una pipeta. Aplicar succión para esparcir el Celite uniformemente sobre el filtro de vidrio poroso. Mantener la succión y transferir cuantitativamente el precipitado proveniente de la digestión de la enzima al crisol
- 9) Lavar el residuo tres veces con 20 ml de alcohol etílico de 78%, dos veces con 10 ml de alcohol etílico al 95% y dos veces con 10 ml de acetona. Con algunas muestras la goma puede atrapar líquido, de manera que hay que crear la película de la superficie con espátula, para mejorar la filtración. El tiempo para la filtración y el lavado varia, desde 0,1 a 6 horas, con un promedio de 0,5 horas por muestra. Se pueden evitar tiempos largos de filtración, mediante una succión intermitente y cuidadosa durante la filtración. Secar el crisol que contiene el residuo durante la noche en la estufa a  $105^{\circ}\text{C}$ . Enfriar en un desecador y pesar aproximadamente a 0,1 mg. Restar el peso del crisol para determinar el peso del residuo.

- 10) Analizar el residuo de la muestra del set de duplicado para proteína empleando  $N \times 6,25$  como factor de conversión excepto en los casos donde se conoce el contenido de nitrógeno en proteína
- 11) Incinerar el segundo residuo duplicado de la muestra 5 horas a  $525^{\circ}\text{C}$ , enfriar en desecador y pesar con aproximación a 0,1 mg restar el peso del crisol y el Celite para determinar la ceniza

**g) CÁLCULOS :**

**Determinación del blanco :**

$$B = \text{peso del blanco (mg)} = \text{peso del residuo} - PB - AB$$

Dónde :

- PB** : Peso de la proteína (mg)
- AB** : Peso de la ceniza (mg)
- Peso del residuo** : Promedio de los pesos de los residuos (mg) para la determinación duplicada del blanco.

**Cálculo de fibra dietética total :**

$$\% FDT = \left( \frac{\text{Peso del residuo } P - A - B}{\text{peso de la muestra}} \right) \times 100$$

Dónde :

- P** : Peso (mg) de proteínas en el primer residuo de la muestra
- A** : Peso (mg) de ceniza en el segundo residuo de la muestra
- FDT** : Fibra dietaria
- Peso de la muestra** : Promedio del peso (mg) de las dos muestras tomadas
- Peso del residuo** : Promedio de los pesos (mg) de los duplicados