

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO  
NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**Extracción de Pectina del Jacube (*A. tetragonus* L)**

Por:

**ALEJANDRA GABRIEL CRUZ**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título profesional de:

**INGENIERA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Marzo del 2010

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"**  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Extracción de Pectina del Jacube (*A. tetragonus* L).

Por:

**ALEJANDRA GABRIEL CRUZ**

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

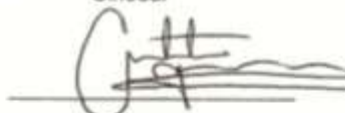
Aprobado por el comité de tesis

Asesor principal



Lic. Laura Olivia Fuentes Lara

Sinodal



Dr. Antonio F. Aguilera Carbó

Sinodal

Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Ing. José Rodolfo Peña Oranday

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Febrero del 2010

COMISIÓN DE  
CIENCIA ANIMAL

## AGRADECIMIENTOS

A mi “**ALMA TERRA MATTER**” que me dio la oportunidad de desarrollarme profesionalmente así como prepararme para la vida laboral.

A **Dios** por guiarme en el camino del bien y permitirme llegar a esta etapa de mi vida.

A la Lic. **Laura Olivia Fuentes Lara** gracias por su paciencia, consejos, conocimientos, sobre todo por su gran amistad y apoyo en este trabajo de investigación.

A los T.L.Q. **Carlos Alberto Arévalo San Miguel, Mildred Flores Verastegui, Laura María Durón Ochoa, María Guadalupe Pérez Ovalle** por el apoyo que me brindaron, sobre todo paciencia en los laboratorios.

A mis amigos **Gabriela, Asunción, Manuela, Guillermo, Virgilio, Brenda, Evarísta, Clelita, Antonio y Daniel Valdez** que siempre estuvieron conmigo en las buenas y en las malas, dándome consejos y sobre todo ánimos para terminar mi tesis.

## DEDICATORIAS

A mis padres:

**Sra. Nicolasa De La Cruz Rivera**

**Sr. Mario Gabriel Lorenzo**

Por todos los sacrificios hechos durante mi vida de estudiante, por su cariño amor, comprensión, consejos, por depositar la confianza en mí y por darme la mejor herencia que se puede dar a una hija, pues este logro es de ustedes.

**Carlos Gallegos de León** por su apoyo incondicional, compañía, cariño y amor que siempre me brindo durante toda mi carrera.

**A mis abuelitos**

**Sr. Maximino De La Cruz Martínez**

**Sra. Epifanía Rivera Lorenzo †**

Por los consejos, cuidados que me brindaron y ayuda moral que siempre me brindaron.

A mis hermanos **Santos, Epifanía, Víctor, Nicolasa** que siempre me brindaron su cariño y amor.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Agradecimientos.....	i
Dedicatorias.....	ii
Índice general.....	iii
Índice de cuadros.....	iv
Índice de figura.....	v
Resumen.....	vi
<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1 Justificación.....	2
1.1.1 Objetivo General.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
<b>2. Marco Teórico.....</b>	<b>3</b>
2.1 Sustancias pécticas.....	3
2.1.1 Pectinas.....	4
2.1.2 Tipos de pectina.....	4
2.1.3 Pectinas de alto Metoxilo.....	5
2.1.4 Pectinas de bajo Metoxilo.....	5
2.1.5 Solubilidad de la pectina.....	5
2.1.6 Estabilidad de la pectina.....	6
2.1.7 Grado de gelificación de la pectina.....	6
2.1.8 Usos de la pectina.....	6
2.1.9 Viscosidad.....	7
2.1.10 Viscosímetro de tubo capilar.....	7
2.1.11 Viscosímetro Rotatorio.....	7
2.2 Historia natural.....	8
2.2.1 Características Generales de la planta.....	8
2.2.2 Distribución Geográfica.....	9
2.2.3 Descripción del Jacube.....	10
2.2.4 Ciclo biológico.....	10
2.2.5 Propagación y Rendimiento.....	10
2.2.6 Comercialización.....	11
2.2.7 Usos Alimenticios.....	11
2.2.8 Usos Medicinales.....	12
2.2.9 Usos Potenciales.....	12
<b>3. Materiales y Métodos.....</b>	<b>13</b>
3.1 Reactivos.....	13
3.2 Equipos y Materiales.....	14
3.3 Etapa N° 1 Recolección de la materia prima.....	15
3.4 Etapa N° 2 Análisis bromatológico.....	15
3.4.1 Materia seca parcial.....	15
3.4.2 Humedad.....	16
3.4.3 Materia seca total o sólidos totales.....	16
3.4.4 Proteína.....	16
3.4.5 Grasa o extracto etéreo.....	17
3.4.6 Determinación de fibra cruda.....	17
3.4.7 Cuantificación de lignina.....	17
3.4.8 Cuantificación de celulosa.....	18
3.4.9 Determinación de fósforo.....	18

3.4.10 Determinación de minerales.....	18
3.5 Etapa N° 3 Extracción de pectina.....	19
3.5.1 Método químico.....	19
3.5.2 Método físico.....	19
3.6 Etapa N° 4 Determinación de la Pectina del Jacube.....	19
3.6.1 Determinación de Humedad.....	19
3.6.2 Determinación de Cenizas.....	19
3.6.3 Determinación de Metoxilo.....	20
3.6.4 Determinación del Ácido Anhidro Galactúronico.....	20
3.6.5 Esterificación de la Pectina.....	20
3.7 Etapa N° 5 Elaboración de las mermeladas de nopal.....	21
3.7.1 Determinación de la viscosidad.....	21
3.7.2 Determinación de los grados Brix.....	21
3.7.3 Determinación de pH.....	21
3.7.4 Determinación de color.....	22
<b>4. Resultados y Discusión.....</b>	<b>23</b>
<b>5. Conclusiones.....</b>	<b>30</b>
<b>6. Literatura Citada.....</b>	<b>31</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Nº. Cuadro		Pág.
<b>Cuadro 1:</b>	Información científica del Jacube.....	9
<b>Cuadro 2:</b>	Determinación de viscosidad de mermelada.....	27
<b>Cuadro 3:</b>	pH de mermelada.....	27
<b>Cuadro 4:</b>	Brix de mermelada.....	28
<b>Cuadro 5:</b>	L (Brillo) de mermelada.....	28
<b>Cuadro 6:</b>	a (-) Color verde de mermelada.....	29
<b>Cuadro 7:</b>	b (+) Color amarillo de mermelada.....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

Nº Figura		Pág.
<b>Figura 1:</b>	Ácido D – Galacturónico.....	3
<b>Figura 2:</b>	Pectina de alto y bajo metoxilo.....	4
<b>Figura 3:</b>	Pectina de alto metoxilo.....	5
<b>Figura 4:</b>	Pectina de bajo metoxilo.....	5
<b>Figura 5:</b>	Flor y fruto del Jacube ( <i>A. tetragunos</i> L).....	8
<b>Figura 6:</b>	Paquetes de Jacube en venta en los mercados.....	11
<b>Figura 7:</b>	La Ceiba Chicontepepec Veracruz.....	15
<b>Figura 8:</b>	Análisis Bromatológico del Jacube.....	23
<b>Figura 9:</b>	Micro minerales del Jacube.....	24
<b>Figura 10:</b>	Macro minerales del Jacube.....	24
<b>Figura 11:</b>	Extracción de la pectina del Jacube.....	25
<b>Figura 12:</b>	Determinación de pectina del Jacube.....	26

## RESUMEN

El Jacube (*A. tetragonus* L) es una cactácea, se utilizó como materia prima, en el presente trabajo que tuvo como objetivo principal extraer y clasificar pectina para aplicarse en la elaboración de mermeladas y el material vegetal fue recolectado en la Comunidad de la Ceiba, Municipio de Chicontepec Veracruz.

Se realizó un análisis físico químico donde se determinó el análisis bromatológico del Jacube de acuerdo al A.O.A.C. (1990); para conocer sus cualidades nutricionales.

Para la extracción de la pectina del Jacube se utilizaron dos métodos: químico y físico. Para el método químico se tuvo un rendimiento de 4.5 %; y para el método físico 43.74 %.

En cuanto la clasificación de pectina se determinaron los valores de; metoxilo 8.95%, ácido anhidro galactúronico 11.30% y por último el grado de esterificación con 69.1%; con estos datos se clasificó la pectina de alto metoxilo y el grado de esterificación con capacidad de gelificación.

Finalmente se elaboraron tres tipos de mermelada de nopal y se realizó una comparación entre ellas.

Por lo anterior resultó muy importante el uso de la pectina en la mermelada presentando valores diferentes y altamente significativos en; cuanto a la viscosidad, color pH, grados Brix esto es debido al contenido de metoxilo, el grado de esterificación de la pectina y tipo de gelificación que presenta. Para facilitar la formación de un gel es importante conocer estos factores para hacer uso de una pectina de buena calidad y elaborar una excelente mermelada.

**PALABRAS CLAVES: Jacube (*Acanthocereus tetragonus* L), Pectina, viscosidad.**



## I. INTRODUCCIÓN

El Jacube o cruceta (*Acanthocereus tetragonus* L) es una cactácea terrestre, que se distribuye en zonas secas, rocosas, acantilados y en ecosistemas costeros-tropicales de México, se ha utilizado para la confección como de cercas vivas, ornamental y alimento. Forma parte de la gastronomía de diversas regiones de nuestro país, es muy nutritivo tiene poco mucilago en comparación con el nopal. Y se le atribuyen propiedades medicinales para controlar la diabetes, hipertensión arterial, curar úlceras intestinales y el estreñimiento (Morales, 2001).

El *A. tetragonus* es la especie más utilizada en la alimentación humana aparte del nopal. La menos estudiada en el país por lo que es necesario realizar un análisis físico-químico que permita identificar sus propiedades alimenticias, medicinales, y usos potenciales que demuestren su importancia regional y nacional. Las especies del género *Acanthocereus* han sido poco analizadas, a diferencia de otros géneros como el *Opuntia* (Bravo y Scheinvar 1991).

***Acanthocereus*** (*publicado en 1909*) es un género de cactáceas. Sus especies toman la forma de arbustos con ramas arqueadas o erectas de varios metros de altura. Estas especies viven en América Tropical desde el sur de la Florida, Texas, Venezuela y las islas del Caribe. El primer nombre lo dio George Engelmann en 1863, pero no describió sus caracteres, hasta Alwin Berger en 1905, que la define como subsección de *Cereus*. En 1909, Nathaniel Britton y Joseph Rose elevan a *Acanthocereus* a género (Timber Press, 2001).

Las cactáceas tienen varios usos culinarios, en cuanto los frutos como (tunas y pitayas) y en tallos (nopales y Jacubes) son procesados en dulces enchilados, aunque también se puede mencionar el uso de flores de varias especies que se preparan en forma de verdura y en ciertos casos de confitura.

## **JUSTIFICACIÓN**

El Jacube (*Acanthocereus tetragonus* L) no ha sido explotado industrialmente solo es consumido por la gente de esta región de la huasteca veracruzana que pertenece a la zona norte del estado Veracruz. Por tal motivo el presente trabajo de investigación está encaminado al aprovechamiento de la pectina del Jacube para darle uso en la aplicación de mermeladas y buscando nuevas alternativas para el aprovechamiento en las industrias alimentarias.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Extraer y clasificar la pectina del Jacube para su aplicación en mermeladas.

### **Objetivos específicos**

- Realizar un análisis físico-químico. Al Jacube para conocer sus componentes.
- Aplicación de la pectina extraída del Jacube para su estudio en mermeladas.
- Elaboración de tres mermeladas; mermelada sin pectina, mermelada con pectina comercial y pectina extraída del Jacube

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Sustancias pécticas

Las sustancias pécticas son mezclas complejas de polisacáridos que constituyen una tercera parte de la pared celular de los vegetales, en los tejidos vegetales las células están rodeadas de paredes primarias; entre ellas se sitúa la lámina media; tanto la pared primaria como la lámina media contienen sustancias pécticas. En la pared celular primaria, se forma la pectina, junto con otros materiales, el cemento en el que quedan embebidas las fibras de celulosa, la lámina media es la responsable de las funciones y estructuras de la pared celular, de los tejidos vegetales, transporte iónico, retención de agua de las plantas (Schiwimmer 1981).

Las sustancias pécticas son polímeros de ácido D-galacturónico, estos grupos carboxílicos están parcialmente esterificados con metanol esto depende del origen botánico y extracción también están unidos por enlaces  $\alpha$  1-4-glicosídicos. Dependiendo de ciertas pectinas los grupos de hidroxilos están parcialmente acetilados (Kertesz, 1951; Doesburg, 1965).

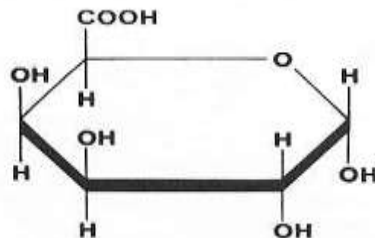


Figura 1. Ácido D - Galacturónico (Hércules, sf)

También contienen azúcares neutros, como la ramnosa, arabinosa, galactosa, xilosa y glucosa, también están presentes en proporciones de 5 – 10 % del peso de ácido galacturónico. Estos se unen en cadenas laterales de elevada ramificación (arabinana y galactana, como parte de la cadena central (ramnosa) o como polisacáridos contaminantes (glucanas y xiloglucanas) (Rolin, 1993).

### 2.1.1 Pectinas

La pectina es un complejo heterogéneo de polisacáridos presentes en las paredes celulares vegetales teniendo un importante papel en la fisiología vegetal. Su composición varía dependiendo de la fuente y las condiciones aplicadas durante su extracción. La pectina fue descubierta en 1790, cuando Vauquelin encontró primeramente una sustancia soluble en los zumos de fruta. El científico francés Braconnot continuó el trabajo de Vauquelin, y encontró que se trataba de una sustancia ampliamente disponible de plantas vivas ya que tenían propiedades gelificantes cuando se le añadía ácido a su solución. Lo llamo pectina ácida del griego “pectos” que significa sólido, coagulado.

La pectina fue definida por kertes z en 1951, como los ácidos pectínicos solubles en agua de grado de metilación variado que son capaces de formar geles con azúcar y acido en bajo condiciones determinadas. Esta definición abarca la gelificación con calcio de los ácidos pectínicos, por kertes z como los ácidos poligalacturónicos coloidales, aislados de plantas ya que contenían una cierta proporción de grupos metil - éster. De ahí que el termino pectina se usa colectivamente para incluir ácido péctico, la forma de pectina completamente desesterificada.

### 2.1.2 Tipos de pectinas

Las pectinas se clasifican dependiendo de su capacidad para gelificar, las pectinas comerciales se dividen en pectinas de alto metoxilo (PAM), pectinas de bajo metoxilo (PBM) (Renovato, Nuñez, 2005).

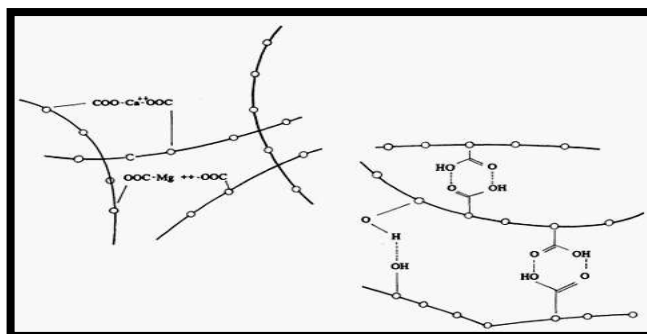


Figura 2. Estructura (Izq.) pectina de bajo metoxilo, (Der.) pectina de alto metoxilo.

### 2.1.3 Pectina de alto metoxilo

Estas pectinas generalmente contienen más del 50 % (55 % al 80 %) de sus grupos carboxilo esterificados con metanol. Requiere bajo su pH (2 a 3.5) y grandes cantidades de azúcar (60 – 65 %); con estas pectinas se pueden formar geles, jaleas, conservas y mermeladas (Renovato, Nuñez, 2005).

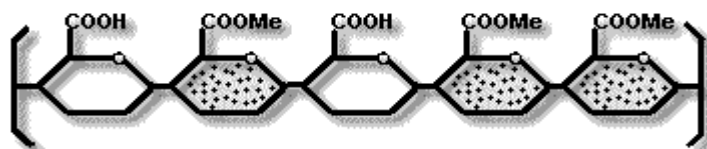


Figura 3. Pectina de alto metoxilo (CooMe)

### 2.1.4 Pectina de bajo metoxilo

Pectinas de bajo metoxilos (PBM). Son pectinas que poseen menos del 50 % (18 al 45 %) de unidades de ácido poligalacturónicos metil esterificado. Estas pectinas pueden formar geles con o sin azúcar en presencia de cationes divalentes como el calcio, por lo que se recomienda su uso en productos con bajo contenido de azúcar (Delgado, 2002).

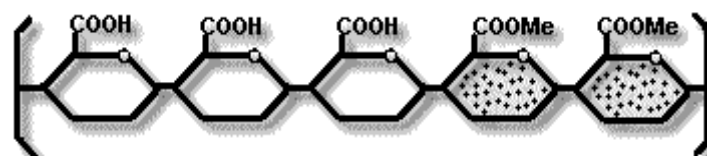


Figura 4. Pectina de bajo metoxilo (CooMe)

### 2.1.5 Solubilidad de la pectina

La pectina purificada y seca, es soluble en agua caliente (70 – 80 °C) hasta 2 a 3% formando grumos viscosos por fuera y secos por dentro, razón por lo cual siempre se mezcla con azúcar, sales amortiguadoras u otras sustancias químicas. (Ramírez, 1980) Debe estar plenamente disuelta para evitar la formación heterogénea del gel. La pectina comercial muestra una gran afinidad con el agua, el cual lleva prácticamente a la creación de coágulos al tiempo de la disolución, la adición de azúcar reduce la solubilidad previniendo la aparición de estos (Ullman, 1950).

### **2.1.6 Estabilidad de la pectina**

En general la estabilidad máxima se obtiene a pH 4. La presencia de azúcar en la solución tiene un cierto efecto protector, a temperaturas elevadas y valores de pH bajos aumenta el grado de degradación debido a la hidrólisis de uniones glucosídicas, también se ve favorecida la esterificación a pH bajo. Para pectina de bajo metoxilo, cuando la temperatura o pH aumenta, comienza lo que se llama  $\alpha$  – eliminación, lo cual es una ruptura en cadena y una pérdida rápida de las propiedades de viscosidad y gelificación. La pectina de bajo metoxilo muestra una mejor estabilidad en estas condiciones (Hércules, sf).

### **2.1.7 Grado de gelificación de la pectina**

Se define como el número de gramos de azúcar con los cuales un gramo de pectina forma un gel de firmeza estándar, bajo condiciones controladas de acidez y sólidos solubles. Los gramos de azúcar requeridos para formar el gel se expresa como grados SAG, la pectina es el agente formador de gel mientras que los sólidos (azúcar) y el ácido son los agentes modificadores que logran la transformación física de esta, convirtiendo el jarabe en gel, las pectinas comerciales de buena calidad tienen grados de gelificación entre 150 y 300° SAG (Giraldo, 1991).

### **2.1.8 Usos de la pectina**

Los usos generales en alimentos son una variedad muy extensa cumpliendo, en el producto, no solo funciones como gelificante si como estabilizador como en el caso de proteínas de productos lácteos, espumas en cremas y cervezas. Sin embargo debe mencionarse que los usos generales en alimentos son menores comparados con la manufactura de jaleas, mermeladas, conservas, dulces de consistencias gelatinosas como las gomitas (Ramírez, 1980).

### **2.1.9 Viscosidad**

La viscosidad se define como el rozamiento interno que actúa dentro de un fluido, esto es, su resistencia a fluir (Lewis, 1993). La medición de la viscosidad es a menudo muy importante para el control de la calidad, sobre todo de productos que se supone deben tener una cierta consistencia en relación a su aspecto o paladar, como son las mermeladas, flanes, natas y yogurth. La viscosidad tiene importancia para la transferencia de calor, la estabilidad de las suspensiones y la textura de una sustancia o mezcla (García, 2000).

La aceptación por el consumidor de varios alimentos líquidos o semisólidos, depende de la viscosidad y de la consistencia del producto (Badui, 1993). La viscosidad de los líquidos disminuye cuando aumenta la temperatura. Como la presión influye en el volumen específico, también afecta a la viscosidad. Los coeficientes de temperatura de la viscosidad son normalmente muy altos y en general tienden a ser más grandes en las sustancias más viscosas (Raymond & Donald, 1966).

#### **2.1.10 Viscosímetro de tubo capilar**

Determina el tiempo requerido para que un volumen dado de un líquido escurra, a través de un capilar, este se denomina viscosímetro de Ostwald (Santanera, 2000). Debido que el tiempo depende tanto de la densidad como de la viscosidad del fluido, los viscosímetros capilares de flujo proporcionan una medida directa de la viscosidad cinemática (Lewis, 1993).

#### **2.1.11 Viscosímetro rotatorio**

En estos un cilindro gira dentro del recipiente que contiene la dispersión y se mide el torque que depende directamente de la viscosidad (Anzaldúa, 1993). Produce datos en poises. Es muy preciso, muy versátil y permite hacer estudios completos de líquidos no newtonianos (Santanera, 2000).

## 2.2 Historia Natural del Jacube

*Acanthocereus tetragonus* L, es un cactus arborescente su hábitat es en bosques secos, áreas rocosas, acantilados y ecosistemas costeros. La floración de este cactus es de abril a mayo se abren en la noche y son polinizadas por los murciélagos e insectos, la maduración de sus frutos se realiza durante los meses de abril a junio (Morales, 2001).



**Figura 5. Flor y fruto del Jacube (*A. tetragonus* L)**

### 2.2.1 Características Generales del Jacube

La cruceta o Jacube (*Acanthocereus tetragonus* L) es una cactácea terrestre, cuya altura va de uno a cinco metros, los tallos son multi-articulados, angulados y erectos o arqueados. Esta planta se distribuye en zonas secas y rocosas, acantilados y ecosistemas costeros tropicales del país a una altitud de 0 a 800 msnm (Morales, 2001).



## Cuadro 1. Clasificación Científica

*Acanthocereus tetragonus* L.

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Caryophyllalae
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactácea
Subfamilia	Cactoideae
Tribu	Pachycereeae
Género	Acanthocereus
Especie	A.Tetragonus
Nombre Binomial	<i>Acanthocereus tetragonus</i>

*Fuente:* (Linneo & Hummelink)

### 2.2.2 Distribución Geográfica

***Acanthocereus tetragonus* L.**, es una especie botánica de plantas que pertenecen a la familia de las Cactácea, es endémica de México, Costa Rica, Honduras, Panamá, Colombia, Venezuela, Florida y Texas en Estados Unidos. Es uno de los cactus más comunes en el país. Este género también se distribuye desde Canadá hasta Argentina (Bravo, 1975).

### 2.2.3 Descripción del Jacube

**Tallos** son de color verde oscuro con espinas cortas 1.5 cm - superan los 4 cm de largo. La distancia de las areolas va de 5 a 7.5 cm, con un grupo de de 6 espinas, los tallos miden cerca de 20 cm de largo. En cuanto, anchura, también hay diferencia, pues hay tallos delgados de cerca de 4 cm y algunos que tienen más de 8 cm de ancho, en promedio miden 5.5 cm. también el tallo es el responsable de efectuar la fotosíntesis.

**Flores** son de color blanco entre 13 - 22 cm de largo; el tamaño de la flor depende de la calidad de la planta, la edad. El tubo de la flor presenta brácteas e incluso puede ser algo espinosa. Su floración es de mayo a julio, pero puede iniciar en abril y terminar hasta agosto.

**Frutos** son espinosos cuando están maduros son de color rojo brillante, la pulpa es de color rojo, sus semillas son negras, abundantes y pequeñas, miden 2 mm; con testa delgada, mientras menos humedad tiene el suelo más dulce es el fruto; sin embargo es más pequeño y espinoso (Morales, 2001).

### 2.2.4 Ciclo Biológico

El ciclo biológico de esta especie es perenne, existen cercos vivos de *A. tetragonus* L, en la Balsa cuya edad es de más de 30 años. Esto es posible gracias a que continuamente se están cosechando tallos tiernos, lo que equivale a una poda de rejuvenecimiento en árboles frutales, la mayor época de producción para *A. tetragonus* L, es la referente a los meses de marzo y abril, relativos a "semana santa".

### 2.2.5 Propagación y rendimiento

Para propagar el Jacube se escogen tallos mayores de un año de edad, los cuales se cortan en la parte de articulación a fin de facilitar su cicatrización y futuro enraizamiento pero tarda más tiempo. Los tallos seleccionados deben estar limpios, maduros, libres de plagas, enfermedades y de color verde brillante. Esta planta tiene la gran ventaja de requerir poca cantidad de agua, por lo que en un futuro es un excelente cultivo alternativo, ya que el agua cada

vez, es más escasa. Se adapta muy bien a terrenos arcillosos, siempre y cuando presenten buen drenaje. En caso de sembrarse como cerco vivo, se hace una zanja de aproximadamente 20 cm de ancho y 30 cm de profundidad, los tallos se entierran de 15 a 20 cm, cubriéndose con el mismo suelo. La distancia entre tallos es de 10 cm, en caso de querer sembrarlas en un terreno más grande, la distancia entre hileras es de 1-1.5 m, ya que por la estructura de la planta se entrelaza en altas densidades. Se estima que en 10 m lineales de *A. tetragonus* L, se obtiene un rendimiento de 8 a 10 kg/temporada (Juárez y Goytia, 2008).

### **2.2.6 Comercialización**

En la zona semidesértica de Tamaulipas los Jacubes se recolectan, los tallos tiernos se cortan, se le quitan las espinas y se hacen pequeños atados para después ser vendidos. Los tallos tiernos brotan antes y/o después de las lluvias (Ramos, 2004). También en los mercados locales de la región norte de Veracruz, los Jacubes se ponen en venta en paquetitos de cinco a seis piezas su precio se encuentra entre \$12.00 y \$15.00 pesos, los precios varían dependiendo el lugar como ejemplo de \$8.00 a \$10.00 en mercado de la región de Cuicatlán Veracruz.



**Figura 6.** Paquetes de Jacube en venta en los mercados

### **2.2.7 Usos Alimenticios**

Alimenticio: para consumo humano se utilizan los tallos tiernos, los cuales se cortan, se les quitan las espinas y la cutícula; se lavan y se pican en forma de estrellas, se hierven. Una vez que ya estén blandos los tallos se escurren y se les da el uso deseado. Se pueden guisar en adobo, a la

mexicana con carne de cerdo, escabeche, chile con tortas de camarón, arroz, frijoles hervidos, con huevo, o simplemente como verdura (Córdoba *et al.*, 2000).

### **2.2.8 Usos medicinales**

En la región centro del estado de Veracruz algunas personas mencionan que posee propiedades medicinales para controlar la hipertensión arterial, estreñimientos y la diabetes, lo cual puede ser posible debido a que contiene una gran cantidad de fibra (Ramos, 2004).

### **2.2.9 Usos potenciales**

Al Jacube (*A. tetragonus* L) se le han realizado estudios fotoquímicos, donde se ha indicado la presencia de instauraciones, oxhidrilos fenólicos, esteroides, tri - terpenos, carbohidratos, sesquiterpen - lactonas, flavonas y alcaloides; compuestos de metabolitos secundarios que pueden ser muy utilizados en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmetología (Garza, *et al* 2004).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 REACTIVOS

Mezcla reactiva de selenio, Marca (CTR).

Ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), Marca (Fermont).

Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), N 0.225, N 0.098 Marca (Fermont).

Água destilada

Ácido Bórico al 4 %, Marca (CTR, Scientific).

Indicador mixto (rojo de metilo y verde de bromocresol), Marca (Merk-Analytyko).

Hidróxido de sodio al 45 %, al 0.313 N, al 0.1M. Marca (Analytyka).

Granallas de zinc, Marca (Merk).

Hexano, Marca Analytyka

Ácido acético 1 .0 M. Marca (CTR, Científico).

Cloruro de calcio 1 .0 M. Marca (CTR, Científico).

Glucosa Marca (CTR, Científico).

Alcohol al 95%. Marca (Jalmek).

Molibdato de amonio. Marca (Analit).

Agua des ionizada y destilada.

Ácido cítrico Marca (Quiminet).

Benzoato de sodio Marca (Norbright).

Sulfito de sodio. Marca (Mallinckrodt).

Bisulfito de sodio, Marca (Analit).

Ácido nítrico. Marca (CTR, Scientific).

### **3.2 Equipos y materiales**

Estufa marca Telco, modelo 27.

Balanza Analítica AND HR-200.SERIE: 1231097.

Crisoles de porcelana

Pinzas para crisol

Desecador con silica gel

Espátula de acero inoxidable

Mufla marca Thernolyne furnace 1500.

Matraz Kjeldhal de 800 ml.

Papel filtro. Marca Whatman Schleicher

Perlas de vidrio.

Aparato Kjeldhal.

Matraz erlemeyer de 500 ml.

Extractor Soxleth (sifón, refrigerante, manta de calentamiento)

Cartucho poroso de celulosa y algodón

Parrilla eléctrica.

Matraz bola fondo plano.

Vasos de Berzelius de 600 ml.

Filtros de tela lino.

Embudos de vidrio de cuello largo.

Aparato de reflujo (Labconco).

Mortero de porcelana.

Crisoles de vidrio de capa porosa.

Bomba de vacío. Marca Duo Seal Vacuum Pump, Modelo 1402

Tubos de ensayo y celdillas.

Vasos de precipitado.

Viscosímetro de calibre size 350. Marca Thomas Científico, CAT, 9721-B71

Refractómetro marca ATAGO, modelo PAL-1.

El desarrollo de la presente investigación fue efectuado en varias etapas, las cuales son descritas a continuación.

### 3.3 Etapa N° 1 Recolección de la materia prima

Los tallos evaluados del Jacube (*A. tetragonus* L) fueron recolectados en el norte del estado de Veracruz (en el ejido la Ceiba Chicontepec Veracruz). Durante la recolección se le quitaron las espinas, la cutícula y se secó en una estufa con una temperatura de 55 – 60 °C. Por 24 horas para evitar un mínimo de pérdidas de sustancias volátiles y otras que se descomponen.



Figura 7. La Ceiba Chicontepec Veracruz

### 3.4 Etapa N° 2 Análisis Bromatológico

El análisis bromatológico fue realizado en el laboratorio del Departamento de Nutrición y Alimentos de la UAAAN. El cual consistió en la determinación de materia seca parcial, materia seca total, humedad, proteína, grasa y fibra cruda, pectina, celulosa, lignina, mediante los métodos oficiales del A.O.A.C. en 1990.

#### 3.4.1 Materia seca parcial

Se cortó la muestra en trozos de 1 cm aproximadamente y se depositó sobre una charola de aluminio, se registró el peso húmedo de la muestra y charola, después se colocó la charola con muestra en una estufa con una temperatura de 55 a 60 °C y se dejó enfriar a temperatura ambiente por 3

minutos, se pesó nuevamente la charola con muestra seca y se registró el peso.

### **3.4.2 Humedad**

Se utilizó un crisol de porcelana que es secado en la estufa, a peso constante, posteriormente se adicionó 2 g de muestra, se colocó nuevamente en la estufa a una temperatura de 105 °C por 6 horas o hasta obtener peso constante.

### **3.4.3 Materia seca total o sólidos totales**

Se utilizó un crisol, el cual debe estar a peso constante y se pesó en una balanza analítica y se registró el peso del crisol; luego se pesó 2 g de muestra seca, se colocó en el crisol y se sometió a una estufa (103 - 105 °C) por 12 horas. Luego se dejó enfriar el crisol en un desecador por 10 - 15 min, se pesó y se registró el peso.

### **3.4.4 Proteína cruda (Método Kjeldhal)**

En un matraz Kjeldhal de 800 ml se depositó un gramo de muestra; se añadió 5 g de catalizador de (mezcla de selenio); luego se le adicionó 30 ml de ácido sulfúrico concentrado y 4 perlas de vidrio; se conectó al Kjeldhal (parte digestora); se dejó digerir hasta obtener un color verde cristalino (30 - 40 min) y se dejó enfriar. En un matraz Erlenmeyer se agregó 50 ml de ácido bórico al 4 % ( $H_3BO_3$ ) y se agregó 5 gotas de indicador (mixto verde de bromocresol y rojo de metilo), en esta solución se recuperó el producto de la destilación. Después se conectó el Kjeldhal en la parte destiladora; en un matraz Kjeldhal donde se obtuvo el producto de la digestión se agregó 300 ml agua destilada, 6 granallas de zinc y se agregó 110 ml de hidróxido de sodio al 45 %. Se conectó nuevamente y se recuperó 250 ml del destilado, por último se tituló con ácido sulfúrico al 0.098 N.



### **3.4.5 Determinación de Grasa o Extracto etéreo (Método de Soxhlet)**

Se pesó 5 g de muestra sobre un papel filtro; se dobló el papel con cuidado y se pasó a un cartucho de celulosa; se colocó el cartucho con la muestra en un sifón soxhlet; se sacó de la estufa un matraz bola boca esmerilada, se enfrió, se pesó y se registró el dato; se agregó hexano y se colocó en un sifón, junto con el matraz al refrigerante, se abrió la llave del agua, se dejó reflujar por 10 horas. Luego se retiró el dedal con pinzas y se recuperó el solvente se colocó el matraz en una estufa por 12 horas. Por último se sacó, enfrió y se pesó.

### **3.4.6 Determinación de Fibra cruda**

La determinación de la fibra cruda consistió en: pesar 2 g de muestra desengrasada; se colocó en un vaso de Berzelius y le se agregó 100 ml de solución de ácido sulfúrico 0.225 N y se conectó al aparato digestor labconco por 30 minutos (abrir la llave de agua); transcurrido el tiempo, se quitó el vaso y se filtró con tela de lino, luego se lavó con agua caliente hasta quitar la reacción ácida. Por medio de una espátula se vació la muestra nuevamente al vaso de Berzelius con 100 ml de hidróxido de sodio al 0.313 N; se conectó al aparato digestor labconco por 30 minutos (abrir la llave de agua); se lavó con agua caliente hasta quitar la reacción alcalina; se retiró la fibra de la tela de lino y se pasó a un crisol; se puso en la estufa (100° C) por 12 hrs.; se sacó de la estufa, y se enfrió en un desecador por 15 minutos y se pesó. Se pre incineró y se sometió a la mufla 600 °C por 3 horas después se secó, enfrió y se pesó.

### **3.4.7 Cuantificación de lignina (Método ácido detergente)**

Se pesó 1 g de muestra, se disolvió en 100 ml agua destilada dentro de un vaso de Berzelius se colocó sobre el aparato de reflujo y se tomó el tiempo a partir cuando empezó a hervir, se filtró en crisoles de vidrio poroso luego se colocó en la estufa de secado por 12 horas, posteriormente se pesarón los crisoles con muestra para la cuantificación de la fibra detergente ácida, luego se cubrió la muestra con permanganato de potasio y búfer y se filtró con

solución desmineralizada, respectivamente se secaron los crisoles a una temperatura de 105°C por 12 horas y por último se pesaron.

#### **3.4.8 Cuantificación de celulosa**

Para obtener el contenido de celulosa se incineró la muestra procedente de la determinación de lignina a 500 °C durante 3 horas, se enfrió en un desecador por 15 min y se pesó.

#### **3.4.9 Determinación de fósforo**

Se pesaron 2.5 g de molibdato de amonio se disolvió en 20 ml de agua destilada y se agregaron 30 ml de ácido sulfúrico 10 N. y se aforó a 100 ml de agua destilada. ANSA se preparó 500 ml, se pesó 0.250 g de Ansa, 7.5 ml de bisulfito de sodio, 15 %, 2.5 ml de sulfito de sodio al 20 % se disolvió y se aforó a 500 ml con agua destilada. Se dejó reposar toda la noche y se cubrió de la luz con papel aluminio. Al día siguiente se filtró y por último se tomó lectura a 640 nm.

#### **3.4.10 Determinación de minerales**

Se midieron 40 ml de ácido perclórico y 120 ml de Ácido Nítrico y se mezclaron en un vaso de precipitado. Se pesó 1 g de muestra y se le adicionó 40 ml de la solución mezclada en un vaso de precipitado de 40 ml y se tapó con un vidrio de reloj y se pasó en una parrilla de calentamiento durante dos horas hasta que cambio de color, cristalino claro. Luego se filtró la mezcla digerida utilizando papel de N° 42 y se recibió el filtrado en un matraz de aforación de 100 ml. Y se aforó con agua des-ionizada, luego se vació la muestra aforada en frascos limpios y se enumeraron y se tomó lectura en el equipo de absorción atómica.

### **3.5 Etapa No. 3 Extracción de pectina**

#### **3.5.1 Método químico de Carre y Haynes**

Se pesó 1 g de muestra se diluyó en 50 ml de agua destilada y se colocó el extracto sobre un embudo con un filtro de tela (lino), se filtró en un matraz Erlenmeyer de 500 ml, agregar 100 ml de hidróxido de sodio 0.1 M, se dejó reposar durante toda la noche. Luego se añadió 50 ml de ácido acético 1 M, se mezcló y agregó 50 ml cloruro de calcio 0.1 M, se dejó reposar por 1 hora; y se puso a hervir durante 10 minutos, después se filtró a través de un crisol de capa porosa y se lavó el residuo con agua destilada caliente, se secó en la estufa por 1 hora a 80°C y se pesó. (Less, R. E.1960).

#### **3.5.2 Método Físico por Autoclave**

Para la extracción de pectina se utilizó un autoclave, se pesó 1 g de hexametáfosfato de sodio, se disolvió en 100 ml de agua destilada, se agregó 2.5 g de muestra y se cubrió con papel aluminio y se colocó en un autoclave por 10 min a 121 °C (2 atm), luego se colocó el vaso de precipitado en baño de hielo, se filtro a través de tela muselina, posteriormente se midió el filtrado, se adicionó etanol a 95 %, se dejó reposar y formo el precipitado luego se filtró y secó a 40°C, por último se molió y se registró el peso (Mc Cready, 1970).

### **3.6 Etapa No. 4 Determinación de la Pectina del Jacube**

#### **3.6.1 Determinación de Humedad**

Se utilizó un crisol de porcelana se secó en la estufa, se adicionó 2 g de muestra y colocó nuevamente en la estufa a una temperatura de 105°C por 6 horas hasta obtener un peso constante.

#### **3.6.2 Determinación de Cenizas**

Se colocó la muestra en crisoles y se realizó una pre-incineración de la muestra en la parrilla, se observó la muestra que dejara de humear para posteriormente introducirla a la mufla por 3 horas. Se pasarón los crisoles de la

mufla al desecador y se dejó enfriar por una hora y se pesó el crisol con cenizas.

### **3.6.3 Determinación de Metoxilo**

Se pesó 21.8 mg de pectina, luego se midió 100 ml de agua destilada en una probeta y se adicionó sobre un matraz Erlenmeyer junto con la pectina se mezcló y se agitó muy bien para facilitar la disolución de la pectina y posteriormente se tituló con NaOH a 0.09 N meq A (Warren, Woodman, 1973).

### **3.6.4 Porcentajes del Ácido Anhidro Galactúronico (AAG)**

Para la determinación del (AAG) primero se pesó 21.8 mg de pectina y se midió 100 ml de agua destilada en una probeta, se adicionó sobre un matraz Erlenmeyer y se mezcló la pectina con los 100 ml de agua destilada, agitándola muy bien para facilitar la disolución de la pectina y posteriormente se tituló con NaOH a 0.09 N (meq A), luego se añadió 25 ml de HCL 0.25 N para neutralizar el NaOH y se dejó reposando por 30 min posteriormente se realizó una segunda titulación con NaOH 0.26 N (Warren, Woodman, 1973).

### **3.6.5 Grado de esterificación de la pectina**

Es muy importante determinar el grado esterificación de la pectina para conocer la calidad en el cual indica que tipo de Gelificación obtendremos si es de media, lenta o rápida. Como primer paso se pesó 21.8 mg de pectina se disolvió en 100 ml de agua destilada, luego se tituló con NaOH 0.1 Normal se agregó 1 gota de fenolftaleína como indicador valor A, Luego se añadió 20 ml de HCL 0.5 Normal para neutralizar el NaOH posteriormente se dejó en reposo por 30 min, y por último se tituló con NaOH 0.1 Normal valor B (Genu P. *et.*, *al* 1979).

### **3.7 Etapa No. 5 Elaboración de Mermelada de Nopal**

Para realizar la preparación de la mermelada de nopal se realizó de la siguiente manera: se seleccionó el nopal manualmente quitándoles las espinas, se lavó, se cortó en cuadritos pequeños de 1cm, posteriormente se escaldó por 15 o 30 min para evitar la oxidación, se licuó se le agregó 700 g azúcar por kg de fruta, se mezcló muy bien después se puso en cocimiento por otros 15 min, se adicionó 0.05g de ácido cítrico y se continuó calentando, a los 10 min se le agregó 200g de glucosa, 1g de benzoato de sodio y por último 2g de pectina comercial, se continuó calentando hasta concentrar a 65 °C Brix.

#### **3.7.1 Determinación de la Viscosidad de la Mermelada de Nopal**

Para la determinación de la viscosidad de la mermelada de nopal se utilizó un viscosímetro de calibre size 350, la muestra se midió a temperatura ambiente tomando en cuenta el factor que en este caso es el tiempo con la ayuda de un cronómetro. Para la determinación de la viscosidad también se tomó en cuenta la densidad de la mermelada. Los resultados son reportados en kg/m.s (pascales).

#### **3.7.2 Determinación Grados Brix**

El uso del refractómetro es muy fácil de utilizarlo y sirve para la determinación de los sólidos solubles totales en este caso se utilizó un refractómetro de bolsillo de alta calidad marca ATAGO (0 - 53%), modelo PAL – 1. Estos datos son muy importantes para determinar la calidad del producto. Como primer paso se midió 1 mililitro de muestra luego se diluyó en 100 ml de agua destilada, se agitó muy bien y se tomó lectura.

#### **3.7.3 Determinación de pH**

Es importante determinar el pH del producto porque es un factor muy importante en el cual indica la conservación del producto o la vida de anaquel en este caso se determinó el pH de la mermelada de nopal, utilizando un potenciómetro marca HANNA modelo HI223, para la determinación del pH se tomaron tres muestras introduciendo el instrumento dentro de los frascos de la

mermelada sin tocar fondo, se anotó la lectura que arrojó el refractómetro y luego se lavó con agua destilada.

#### **3.7.4 Determinación del Color en Mermelada**

En dicha determinación se usó un colorímetro Minolta CR-300, el cual un colorímetro analizador de color triestímulo compacto de propósito general, este equipo da los valores de los parámetros “a\*”, “L\*”, “b\*” en donde “a” y “b” indican las coordenadas de cromaticidad, el valor “a\*” mide el matiz e indica la longitud de onda predominante, un valor (- a\*) mide el verde y el (+ a\*) mide el color rojo. El valor (- b\*) mide el color azul y (+b\*) el color amarillo, el parámetro “L\*” indica la reflexión total de la luz, los valores comprendidos entre 0 y 50 representan los tonos oscuros y los valores del 50 al 100 representan tonos claros y blanco.

Para el análisis de color primeramente se colocó cada una de las mermeladas en frascos de vidrio de 250 ml, posteriormente se calibró el colorímetro en el espacio de lectura “L\*” “a\*” “b\*”, de las 3 mermeladas se tomó tres lecturas para cada una de ellas, finalmente se procedió a sacar los promedios de las lecturas arrojadas por el colorímetro.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis físicoquímico de la materia prima

Se utilizó el Jacube (*Acanthocereus tetragonus* L) para ser sometidos al Análisis Bromatológico, mediante los métodos establecidos por la A.O.A.C (1990).

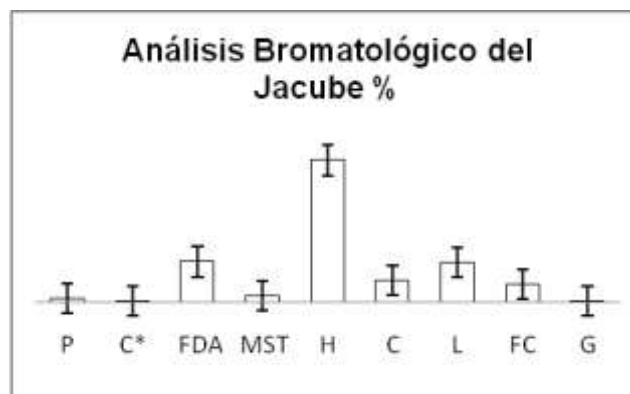


Figura 8. Proteína 2.4% (P), Celulosa 0.95% (C\*), Fibra Detergente Ácida 27.3% (FDA), Materia Seca Total 4.1% (MST), Humedad 95.9 (H), Cenizas 14.8% (C), Lignina 27.1% (L), Fibra Cruda 11.8% (FC), Grasa 1.04% (G).

Comparando el contenido de nutrientes del Jacube con el nopal *Opuntia (ficus- indica)*, en la investigación de Hoffman y Walker en 1912, indican que los nopales tienen un alto porcentaje en proteínas 3.84 %, celulosa 7.95 %, MST 11.1 %, cenizas 27.41 %, grasa 1.55 %, pero en cuanto al contenido de humedad 88.9 %, lignina 2.89 %, fibra cruda 8.55 %, fibra detergente ácida 11.29 % estos nutrientes en el nopal son menores al compararlos con el Jacube que tiene un alto porcentaje en humedad 95.9 %, lignina 27.1 %, fibra cruda 11.8 %, fibra detergente ácida 27.3 %, con estos datos obtenidos el Jacube se considera un alimento dietético rico en fibras favoreciendo una buena digestión (en el cual es consumido en la comunidad de la Ceiba Chicontepec Veracruz).

## Determinación del Contenido de Minerales del Jacube

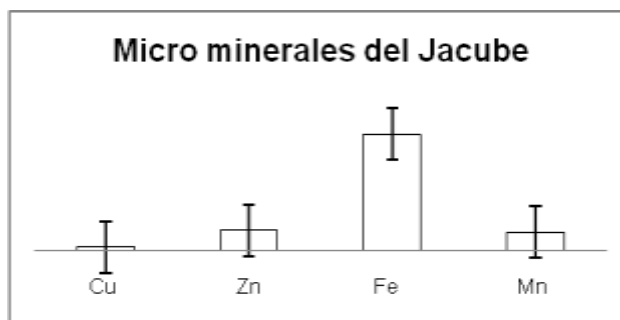


Figura 9. Cobre 12.3 (mg kg<sup>-1</sup>), Zinc 64.7 (mg kg<sup>-1</sup>), Fierro 366.7 (mg kg<sup>-1</sup>), Mn 58 (mg kg<sup>-1</sup>)

Con respecto a la figura 9 se muestran los micro-minerales con valores más sobresalientes como el hierro con 366.7 (mg kg<sup>-1</sup>) seguido del zinc con 64.7 (mg kg<sup>-1</sup>). Posteriormente el manganeso con 58 (mg kg<sup>-1</sup>). Y finalmente el cobre con 12.3 (mg kg<sup>-1</sup>). Al compararlo con la investigación del nopal forrajero *Opuntia ssp*, por Pissani, *et al.*, (1990); muestra que su contenido en minerales son menores en zinc 30 (mg kg<sup>-1</sup>), hierro 65.5 (mg kg<sup>-1</sup>), manganeso 35.833 (mg kg<sup>-1</sup>). Pero con cobre resultó más alto en el nopal con un promedio de 13.3 (mg kg<sup>-1</sup>). Donde fue el único mineral con un promedio más sobresaliente al compararlo con el Jacube. Con estos datos obtenidos el Jacube indica que es una cactácea con mayor contenido de micro-minerales esenciales que nos proporciona para nuestro organismo al incluir parte nuestra dieta favoreciendo una alimentación sana.

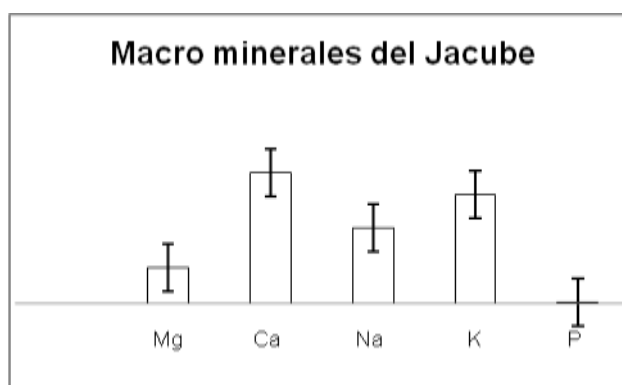


Figura 10. Magnesio 4733.3 (mg kg<sup>-1</sup>), calcio 17233.3 (mg kg<sup>-1</sup>), sodio 9933.3 (mg kg<sup>-1</sup>), potasio 14366.7 (mg kg<sup>-1</sup>), fósforo 36.1 (mg kg<sup>-1</sup>).



La composición mineral del Jacube contiene valores superiores en el contenido de calcio 17233.3 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), sodio 9933.3 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), fósforo 36.1 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), al compararlo con el nopal forrajero *Opuntia spp*, analizado por (Pissani, et al (1990); contiene valores menores; en magnesio 9330, calcio 80000 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), sodio 7333 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), pero en el caso del potasio se obtuvo promedio mayor de 47830 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ). Al compararlo con el Jacube que obtuvo un promedio menor de 14366.7 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) en potasio. De acuerdo con estos datos el Jacube nos indica que contiene más alto su contenido en minerales que el nopal forrajero *Opuntia spp*.

### Extracción de Pectina del Jacube

Para la determinación de pectina se utilizaron dos métodos: Químico (Carre y Haynes) y Físico (método de Autoclave).

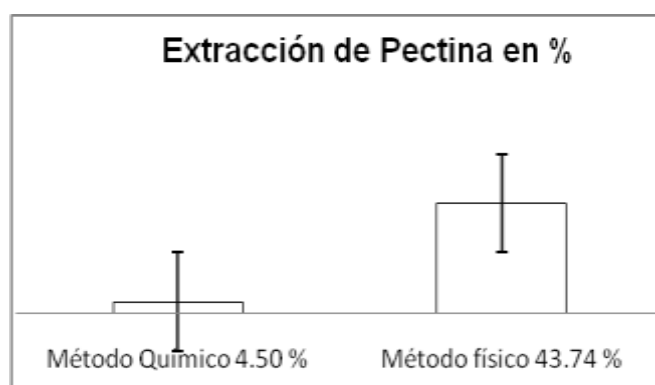


Figura 11. Gráfica de la extracción de pectina del Jacube

Este método químico de Carre y Haynes quedó considerado como confiable por Joslyn, (1952) y comprobado por (less, 1960; Vargas, 1983) y se obtuvieron resultados semejantes que fueron encontrados por Rouse, *et. al* (1964) en cítricos de lima Mesina variedad Pineapple con un rendimiento de pectina de 4.65 %. Comparando con la pectina extraída del Jacube por este mismo método químico se obtuvo un rendimiento menor de 4.50 %.

También para el método físico se usó el hexametáfosfato sodio en la extracción de pectina de la corteza parchita donde presentó un rendimiento de 18.45 % comprobado por (D'Addosio, *et. al.*, 2005) y al comparar, la extracción de pectina del Jacube (*A. tetragonos L*) donde se obtuvo un rendimiento mucho

mayor de 43.74 %, esto es gracias a la hidrólisis del material péctico y principalmente al uso del hexametáfosfato de sodio ya que reduce el tiempo de extracción, aumentando considerablemente la cantidad de pectina solubilizada en el extracto, en cuanto el extracto obtenido es muy viscoso y es difícil su filtración en el cual este método físico se consideró el más conveniente de acuerdo a la facilidad de aplicación y por haber proporcionado resultados de rendimiento replicables.

### Determinación de la Pectina del Jacube

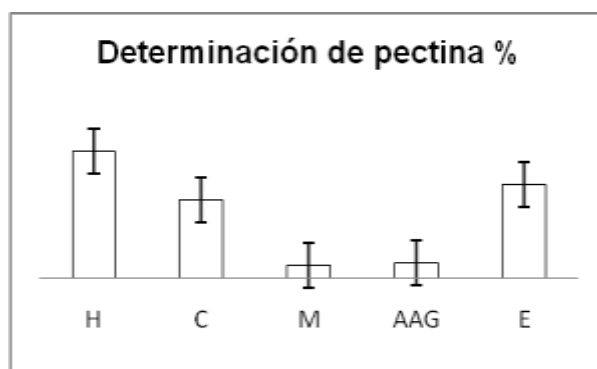


Figura 12. Humedad 93.6 % (H) ,Cenizas 57.3 % (C),Metoxilo 8.9 % (M),Ácido anhídrido galacturónico 11.3 % (AAG),Esterificación 69.1 %(E).

Comparando el contenido de metoxilo de la pectina del Jacube es superior al promedio obtenido por Rouse *et al.* (1962) de la pectina extraída de la cascara de naranja tipo Valencia en la variedad Pineapple que fue de 8.6 % metoxilo, 10.7 % en base al contenido del AAG, 64 % grado de esterificación. esta característica cataloga a la pectina extraída del Jacube de alto contenido de metoxilo con una rápida velocidad de gelificación así como una fácil dispersión en soluciones acuosas, por corresponder un grado de esterificación superior de 69.1 %. De acuerdo con estos datos la pectina extraída del Jacube forma geles con altos porcentajes de sólidos solubles y en medio ácido favoreciendo una distribución uniforme en producto.

Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) donde se comparó la calidad de la mermelada de nopal para determinar si se presentarón diferencias significativas en las tres muestras de mermeladas. El paquete estadístico utilizado fue el Analyse-It versión 2.9. De Microsoft para Excel, los resultados se muestran en los siguientes cuadros.

**Cuadro 2. Determinación de la viscosidad de la mermelada**

<b>Viscosidad <math>\text{kg (m s)}^{-1}</math></b>			
<b>Mermeladas</b>	<b>Media</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Tukey</b>
<b>MPC</b>	0.60	$\pm 0.09$	a*
<b>MPJ</b>	0.36	$\pm 0.02$	b
<b>MSP (testigo)</b>	0.05	$\pm 0.01$	c

\*Los valores seguidos de la misma literal no son diferentes entre sí (Tukey.  $\alpha=0.05$ ).

Con los resultados de la viscosidad se encontró que a la MPC con un valor de  $0.60 \text{ kg (m s)}^{-1}$ , altamente significativo al comparar con la MPJ con un valor de  $0.36 \text{ kg (m s)}^{-1}$  manteniéndose estable con respecto a la muestra testigo, que es la MSP con un valor mucho menor de  $0.05 \text{ kg (m s)}^{-1}$  estos datos obtenidos son altamente significativos debido al uso de la calidad de pectina, la concentración de los grados Brix, la regulación del pH y el tiempo de aplicación de calor.

**Cuadro 3. pH de la Mermelada**

<b>pH</b>			
<b>Mermeladas</b>	<b>Media</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Tukey</b>
<b>MSP (testigo)</b>	6.04	$\pm 0.006$	a*
<b>MPJ</b>	5.35	$\pm 0.006$	b
<b>MPC</b>	5.08	$\pm 0.043$	c

\*Los valores seguidos de la misma literal no son diferentes entre sí (Tukey.  $\alpha=0.05$ ).

Los resultados obtenidos del pH muestran que las tres muestras son diferentes, considerando la media del testigo que es la MSP con un pH de 6.04 que es altamente significativo al compararlo con la MPJ que se obtuvo un pH de 5.35 y la MPC, se obtuvo un pH de 5.08 mucho menor que las dos anteriores. Comparando el pH de la mermelada de tuna verde analizada por López Orozco, *et al.*, (2007). Del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato es menor el pH de 3.6 comparando con la mermelada de nopal sus valores indican que las tres muestras de mermelada

son ácidas tomando en cuenta que el pH es un factor importante para verificar los rangos de calidad y sobre todo en la conservación de la mermelada. Ya que el poder gelificante disminuye al obtener un alto índice de acidez en el cual puede presentar el fenómeno conocido como sinéresis dando como resultado una mermelada de baja calidad con un periodo de vida de anaquel corto.

**Cuadro 4. Grados Brix de la Mermelada**

<b>Brix</b>			
<b>Mermeladas</b>	<b>Media</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Tukey</b>
<b>MSP (testigo)</b>	2.9	± 0.00	a *
<b>MPC</b>	2.3	± 0.00	b
<b>MPJ</b>	1.8	± 0.00	c

\*Los valores seguidos de la misma literal no son diferentes entre sí (Tukey.  $\alpha=0.05$ ).

En el cuadro 4 se observa el contenido de los grados Brix de las tres muestras de mermelada, que presentan diferencias significativas, al comparar la muestra testigo que es MSP que contiene 2.9 grados Brix siendo altamente significativo al comparar con MPC 2.3 grados Brix y MPJ 1.8 grados Brix de acuerdo con los datos obtenidos, los valores son diferentes debido a la adición de diferentes tipos de pectina, donde esta juega un papel muy importante en la concentración de los azúcares.

**Cuadro 5. L (Brillo) de la Mermelada**

<b>L (Brillo)</b>			
<b>Mermeladas</b>	<b>Media</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Tukey</b>
<b>MSP (testigo)</b>	32.14	± 0.38	a*
<b>MPC</b>	26.84	± 0.58	b
<b>MPJ</b>	26.29	± 0.59	c

\*Los valores seguidos de la misma literal no son diferentes entre sí (Tukey  $\alpha=0.05$ ).

Los datos expuestos en el cuadro 5, nos indican que existe variación en contenido de la intensidad de brillo en las tres muestras de mermeladas de nopal analizadas, estas variaciones pudieran deberse al uso de la calidad de pectina. También se realizó una comparación con los datos obtenidos por López Orozco, *et al.*, (2007). Del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato. En mermelada de tuna verde y obtuvieron un valor en brillo de 30.34 es menor a la mermelada de nopal esto es debido al uso de diferentes variedades de *Opuntia*, en cuanto fruta o verdura utilizado.

**Cuadro 6. a (-) color verde de la mermelada**

<b>a (-) color verde</b>			
<b>Mermeladas</b>	<b>Media</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Tukey</b>
<b>MPC</b>	2.07	± 0.10	a*
<b>MPJ</b>	0.82	± 0.01	b
<b>MSP(testigo)</b>	0.69	± 0.08	c

\*Los valores seguidos de la misma literal no son diferentes entre sí (Tukey.  $\alpha=0.05$ ).

Para la intensidad del color verde de las tres muestras de mermelada elaboradas con nopal, la MPC muestra un valor de intensidad de 2.07 de color verde altamente significativo al compararlo con la MPJ, mostrando una intensidad de 0.82 y la MSP se observa un valor menor que las dos anteriores con una intensidad de 0.69 de color verde. De acuerdo con estos valores se realizó una comparación con la mermelada de tuna verde esta información es proporcionada por López Orozco, *et al.*, (2007). Del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato; el color verde de la mermelada de tuna es de (- 5.07) comparando con la mermelada de nopal los valores son muy diferentes esto depende mucho el tipo de fruta o verdura que se usó para dicho producto.

**Cuadro 7. b (+) color amarillo de la mermelada**

<b>b (+) color amarillo</b>			
<b>Mermeladas</b>	<b>Media</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Tukey</b>
<b>MPJ</b>	4.24	± 0.05	a *
<b>MPC</b>	2.99	± 0.18	b
<b>MSP(testigo)</b>	2.80	± 0.16	c

\*Los valores seguidos de la misma literal no son diferentes entre sí (Tukey.  $\alpha=0.05$ ).

Los datos que se muestran en el cuadro 7 son totalmente diferentes donde la MSP refleja una intensidad menor de 2.80 al compararla con las dos muestras donde la MPC muestra una intensidad de 2.99 que señala un valor intermedio al compararla con la MPJ en el cual resultó altamente significativo, ya que como se puede apreciar que tiene una intensidad de 4.24 un valor muy elevado, este efecto pudo ser por la cocción de la mermelada que se ve afectada la clorofila de la pulpa nopal, caramelización del azúcar y principalmente la calidad de la pectina adicionada.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye:

- Se realizó la extracción de pectina con un rendimiento favorable de 43.74 % aplicando el método físico.
- Se clasificó la pectina del Jacube al obtener una capacidad de gelificación mediana con una esterificación de 69.1 % por lo cual indica que es una pectina de alto metoxilo.
- Se realizó un análisis físicoquímico del Jacube y se determinaron los siguientes componentes como materia seca total, proteína, extracto etéreo, fibra cruda, lignina, celulosa, fibra detergente ácida y por último el contenido de minerales que son zinc, cobre, magnesio, manganeso, fierro, fosforo, calcio, sodio y potasio.
- Se aplicó la pectina extraída del Jacube en mermeladas del nopal dando un resultado favorable para la capacidad de gelificación de la mermelada.
- Se elaboraron mermeladas de nopal con diferentes tipos de pectina por medio del análisis de varianza se comparó la viscosidad, grados Brix, pH, y color de cada una de las mermeladas, estableciendo que estadísticamente presentan diferencias significativas.

## 6. LITERATURA CITADA

**A.O.A.C., (1990).** Official methods of analysis of the association of Official Analytical Chemist 13 Washington, D.C., U.S.A.

**Anzaldúa, (1993).** La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica. Editorial Acribia, S.A. pp. 82.

**Badui, (1993).** Química de los Alimentos. Zaragoza, España, Editorial Longman. 648 p.

**Bravo, (1975).** Las cactáceas de México. Fondo de Cultura Económica. México.

**Bravo y Schcinvar, (1991).** El Interesante Mundo de las cactáceas. Fondo de Cultura Económica. México.

**Córdoba, et al., (2000).** Contribución to the Present Knowledge of *Acanthocereus tetragonus* (Linnaeus) Hummelink from the Sierra Gorda of Queretaro. *Cactaceas- succulentas-Méxicanas*. 45(2): 34- 39.

**Delgado, (2002).** Obtención in situ de pectina cruda de bajo metóxilos de bagazo de manzana por pectinesterasa fúngica tesis de Maestría, UACH.

**D'Addosio, et al., (2005).** Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). *Rev. Fac. Agron.*, jul. 2005, vol.22, no.3, p.241-251. ISSN 0378-7818.

**Garza, et al., (2004).** Preliminares Fotoquímicos del “Bajinco” “nopal estrella” *Acanthocereus occidentalis* BRITTON AND ROSE. V Congreso Nacional en Ciencias de los Alimentos. Edición Especial N° 1. Monterrey, N, L., México.

**Giraldo, (1991).** Obtención de pectina a partir de tomate de árbol. Ingeniería básica. Tesis de Grado. Universidad Nacional. Facultad de Minas. Medellín.

**Joslyn, (1952)**, Pre-purificación de la pectina por los métodos de hidrólisis drástica.

**Hércules, Food Gums División. (sf)**. Descripción general de la pectina. (sl). (se).p. 3-21

**Hoffman y Walker en (1912)**. El nopal *Opuntia*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agropecuarias (INIFAP), México, Pág. 94.

**Juárez y Goytia, (2008)**. Estudio Etnobotánica de la cruceta o Jacube (*Acanthocereus ssp*), Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México-Texcoco.

**Kertesz, (1951); Doesburg, (1965)**. Sustancias pécticas. Libro procesados de frutas. Editorial Acribia. Pág. 230.

**Less, (1960)**. Manual de Análisis de Alimentos. Zaragoza Acribia. 231 p.

**Lewis, (1993)**. Propiedades Físicas de los Alimentos y de los Sistemas de Proceso. Zaragoza, España, Editorial Acribia. 494 p.

**López Orozco, et al., (2007)**. Estudios preliminares para la optimización de la mermelada a base de pulpa y cáscara de tunas variedades Reina y *Xoconostle*.

**Morales, (2001)**. Orquídeas, cactus y bromelias del bosque seco de Costa Rica. Instituto Nacional de biodiversidad. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.162 p.

**Ramírez, (1980)**. Parámetros para la extracción y caracterización de la pectina del tomate de árbol. Proyecto de Grado. Universidad Nacional. Dpto de procesos químicos. Medellín.

**Ramos, (2004)**. Viejos sabores de Tamaulipas. Cocina indígena Popular. Ed. CONACULTA. Culturas Populares indígenas. 157 p.



**Raymond y Donal, (1966).** Enciclopedia de tecnología química. México, DF, Editorial Hispano- Americana, Primera Edición. Tomo XVI.

**Renovato-Nuñez, (2005).** Caracterización físico-química de pomazas cítricas y sus relevancias en la industria de la pectina. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Coahuila.

**Rouse, et al., (1964).** Evaluation of pectin in component parts of pineapple oranges during maturation. Proc. F1. State Hortic, Soc. 77:221-273.

**Timber Press, (2001).** La familia de Cactus, Pág. 106-108.

**Schiwimmer (1981).** Caracterización de la pectina y las enzimas pectolíticas de los vegetales. Libro subproductos del procesado de las frutas. Editorial Acribia. pág. 229.

**Pissani, et al., (1990).** Efecto del lodo residual en la absorción de elementos minerales del Nopal Forrajero *Opuntia ssp.* Variedad COPENA F1.

## **PÁGINAS WEB**

**García, (2000).** Introducción a la Ciencia y Tecnología de Alimentos.

<http://www.uvg.edu.gt/García/Notasclase.htm>

**Genu, P. et., al (1979).**

<http://www.cita.ucr.ac.cr/Alimentica/tesis%20completas/Tesis%20036%20completa.pdf>

**Less, (1960) y Vargas, (1983).**

[www.cita.ucr.ac.cr/Alimentica/.../Tesis%20037%20completa.pdf](http://www.cita.ucr.ac.cr/Alimentica/.../Tesis%20037%20completa.pdf)

**Mc Cready, (1970).**

<http://www.cita.ucr.ac.cr/Alimentica/tesis%20completas/Tesis%20036%20completa.pdf>

**Rolin, (1993).**

[www.porunalibrecompetencia.com.mx/.../pncta\\_investigaciones\\_01a.asp](http://www.porunalibrecompetencia.com.mx/.../pncta_investigaciones_01a.asp) -

**Santanera, (2000).** Nuestra amiga la viscosidad.

<http://.idppaparatos.com/forotecnico/forotext.htm>

**Ullman, (1950).**

[www.cita.ucr.ac.cr/Alimentica/.../Tesis%20037%20completa.pdf](http://www.cita.ucr.ac.cr/Alimentica/.../Tesis%20037%20completa.pdf)

**Warren, Woodman, (1973)**

<http://www.cita.ucr.ac.cr/Alimentica/tesis%20completas/Tesis%20036%20completa.pdf>