

6 300627

21



# UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA  
INCORPORADA A LA UNAM

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PRECONSERVACION DE PULPA DE CHICOZAPOTE  
(ACHRAS SAPOTA L.) POR METODOS COMBINADOS

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A :

ROSA MARTHA DESENTIS MENDOZA



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Este trabajo se realizó en el Laboratorio del Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos de la E.N. C.D., (IPN), bajo la dirección del Doctor Ramón Arana Errasquin, como parte del proyecto: Caracterización y desarrollo de alimentos mexicanos de humedad intermedia, clave PVT/AI/NAL/86/3630-1, financiado por el CONACYT.

## INDICE

	Página
RESUMEN	1
I INTRODUCCION	5
II OBJETIVO	9
III. ANTECEDENTES	11
1 CHICOSPOTE	11
1.1 BOTANICA	11
1.2 CULTIVO	15
1.3 VALOR NUTRITIVO	18
1.4 MADURACION	22
2 ACTIVIDAD DE AGUA	29
3 INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD DE AGUA EN LAS REACCIONES QUIMICAS	35
4 INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD DE AGUA EN EL CRECIMIENTO DE MICROORGANISMOS	39
5 METODOS DE CONSERVACION DE FRUTAS TROPICALES	43
IV MATERIAL Y METODOS	55
V PARTE EXPERIMENTAL	64

	<b>Página</b>
VI <b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>69</b>
VII <b>CONCLUSIONES</b>	<b>83</b>
VIII <b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>86</b>

## FIGURAS

- 1 Cambios de fenoles totales en el chicozapote.
- 2 Cambios del contenido de azúcares en el chicozapote.
- 3 Curvas típicas de las isotermas de adsorción y de desorción de los alimentos.
- 4 Velocidad de alteración de los alimentos en función de la actividad de agua.
- 5 Efectos de la actividad de agua y del pH en el crecimiento de microorganismos.

## CUADROS

- I Clasificación taxonómica del chicozapote.
- II Valor nutritivo del chicozapote por cada 100 g de porción comestible.
- III Composición nutricional del chicozapote.
- IV Caracterización física del chicozapote.
- V Caracterización química del chicozapote maduro.
- VI Actividad de agua mínima aproximada para el crecimiento de microorganismos.
- VII Valores de  $a_w$  de pulpa de chicozapote a las diferentes condiciones de almacenamiento.
- VIII Valores de por ciento de humedad de pulpa de chicozapote a las diferentes condiciones de almacenamiento.
- IX Valores de pH de pulpa de chicozapote a las diferentes condiciones de almacenamiento.
- X Valores de por ciento de reflectancia para determinación de color en pulpa de chicozapote a las diferentes condiciones de almacenamiento.

- XI Cuenta total de mesofiticos col/g de pulpa de chicozapote a las diferentes condiciones de almacenamiento.
- XII Cuenta total de hongos y levaduras col/g de pulpa de chicozapote a las diferentes condiciones de almacenamiento.
- XIII Valores de indice de consistencia y de indice de comportamiento de flujo de pulpa de chicozapote a las diferentes condiciones de almacenamiento.
- XIV Valores de por ciento de cenizas de pulpa de chicozapote a las diferentes condiciones de almacenamiento.



## RESUMEN

El contenido de humedad de los alimentos juega un papel muy importante en su conservación, ya que no sólo contribuye a las propiedades reológicas y de textura sino que determina el tipo de reacciones químicas que se pueden suscitar en el alimento. Eliminando parte de esta humedad por medio de la deshidratación o concentración se bloquean las reacciones enzimáticas y el desarrollo de microorganismos.

El término "actividad de agua" determina el grado de interacción del agua con los sólidos constituyentes de los alimentos, y es una medida indirecta del agua disponible para llevar a cabo las diferentes reacciones a las que están sujetos.

En los últimos años se ha tomado conciencia del modo de acción y del efecto sinérgico del uso combinado de los factores de preservación. Estos factores actúan básicamente disminuyendo o previniendo el crecimiento, más bien, que matando los microorganismos presentes en el alimento.

El chicozapote es una fruta tropical muy apreciada debido a la delicadeza del sabor, textura y agradable aroma,

cualidades que le proporcionan una alta calidad, por lo que su potencialidad de exportación es evidente. Sin embargo, es un producto perecedero que se deteriora por un proceso natural en poco tiempo.

Por las características ya mencionadas el método de conservación hasta ahora utilizado es la refrigeración y se maneja como producto fresco, este método es costoso y la vida de anaquel, no obstante, es corto.

El método combinado propuesto, resulta en el manejo no del producto fresco pero sí en forma de pulpa a manera de producto intermedio o semielaborado cuyas características microbiológicas y sensoriales son estables a temperatura ambiente durante un año.

El objetivo fue desarrollar un método económico y sencillo de conservación de pulpa de chicozapote por métodos combinados, con una actividad de agua entre 0.84 y 0.92 y con una vida de almacenamiento de 2 a 3 meses, para su posterior utilización en la formulación de diferentes productos.

Para la elaboración de la pulpa se obtuvieron 70 kg de chicozapote del mismo lote, se hizo una selección para tener un fruto homogéneo en cuanto a tamaño y madurez. Una vez se

lacionado se lavó, se peló y se le extrajeron las semillas. Se pasó por una malla para obtener la pulpa. Se le determinó la  $a_w$  que fue de 0.98 y el pH que fue de 4.71. Se utilizó azúcar (sacarosa) para bajar la  $a_w$  y ácido cítrico para bajar el pH, se hicieron los ajustes necesarios hasta obtener las tres diferentes  $a_w$ : 0.84, 0.88 y 0.92; y un pH entre 3.2 y 3.5. Como conservadores se añadieron benzoato de sodio al 0.1% en peso y metabisulfito de sodio a 2000 ppm. Ya obtenida la pulpa con las características deseadas se envasó en unos recipientes de plástico y se almacenó por dos meses a tres diferentes temperaturas y a tres diferentes actividades de agua, obteniéndose un total de 37 muestras.

Cada quince días se le hicieron los siguientes análisis:  $a_w$ , viscosidad, color, humedad, cenizas, sulfitos, pH, CDT y hongos y levaduras.

Podemos concluir que la conservación de la pulpa de chichasapote depende de su  $a_w$  y temperatura de almacenamiento, se puede conservar a una  $a_w$  menor de 0.88 y temperatura menor de 15 °C durante por lo menos dos meses.

La cuenta total de mesófilos a las temperaturas de 4° y 15 °C y a las 3  $a_w$  disminuye con el tiempo de almacenamiento, al igual que la cuenta de hongos y levaduras.

## 4 INTRODUCTION

Las frutas y hortalizas forman un grupo muy variado de alimentos y una fuente importante de vitaminas y minerales para la alimentación humana, sin embargo, son productos perecederos que se deterioran por un proceso natural en poco tiempo. El chicozapote es una fruta altamente perecedera cuando se le almacena a temperatura ambiente (aproximadamente 20 °C), logrando periodos que oscilan entre 8 y 15 días, dependiendo de la variedad de que se trate. Dichos periodos resultan insuficientes para el transporte y comercialización (8).

Por lo que su procesamiento persigue, como objetivo fundamental, aprovechar estos productos a largo plazo, para lo cual es necesario transformarlos empleando diferentes métodos de conservación.

Por otro lado el chicozapote posee una gran aceptabilidad cuando se le conserva en estado fresco; esto se debe a su agradable aroma y excelente sabor, cualidades que le proporcionan una alta calidad y que no deben ser arriesgadas con el método de conservación seleccionado.

Estos métodos de conservación consisten en cambiar la materia prima de tal forma que los organismos putrefactores

y las reacciones químicas y enzimáticas no puedan desarrollarse. Sin embargo, son escasos los productos que han llegado a la comercialización, debido a que la fruta tiene el inconveniente de ser muy susceptible al deterioro del color y del sabor cuando se procesa, ya que estos productos deben competir con la fruta fresca que se encuentra en los mercados (22).

Desde el punto de vista cuantitativo el agua es el constituyente principal del organismo humano, que contiene una proporción del 60%; asimismo, representa el constituyente más abundante en la mayor parte de nuestros alimentos en estado natural, a excepción de los granos. Por esto tiene un papel esencial para la estructura y demás caracteres de los productos vegetales y animales, de los que nos alimentamos; caracteres buscados en razón de su contribución a la apetencia (por ejemplo, la textura de las frutas, legumbres, carnes, etc., dependen, en gran parte, de la turgencia de las células y de la asociación específica y compleja entre el agua y otros constituyentes), pero estos caracteres también son, frecuentemente, responsables de su aptitud hacia el deterioro. Además, varios métodos de preservación de los alimentos se fundan, al menos parcialmente, en el descenso de la "disponibilidad de agua" (23).

El chicozapote es una fruta tropical muy apreciada debido a la delicadeza del sabor, textura y agradable aroma, cualidades que le proporcionan una alta calidad, por lo que su potencialidad de exportación es evidente. Sin embargo, es un producto perecedero que se deteriora por un proceso natural en poco tiempo.

Por las características ya mencionadas el método de conservación hasta ahora utilizado es la refrigeración y se maneja como producto fresco, este método es costoso y la vida de anaquel, no obstante, es corto.

El método combinado propuesto, resulta en el manejo no del producto fresco pero sí en forma de pulpa a manera de producto intermedio o semielaborado cuyas características microbiológicas y sensoriales son estables a temperatura ambiente durante por lo menos 2 meses.

Estos productos son susceptibles de manejarse en recipientes a granel, lo que resulta muy atractivo para la industria.

## II OBJETIVO



**OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un método económico y sencillo de conservación de pulpa de chichorapota por métodos combinados, con una actividad de agua entre 0.84 y 0.92 y con una vida de almacenamiento de 2 a 3 meses, para su posterior utilización en la formulación de diferentes productos.

**OBJETIVOS ESPECIFICOS**

a) Analizar física, química y microbiológicamente la pulpa de chichorapota.

b) Por medio del método combinado establecer los niveles adecuados de actividad de agua, pH, cantidad de azúcar y conservadores químicos.

c) Conocer la vida de anaquel de la pulpa de chichorapota, a tres diferentes temperaturas 4, 15 y 25 °C por un tiempo de 2 a 3 meses.

### III. ANTECEDENTES

## 1 CHICOSPOTE

### 1.1 BOTANICA

El chicozapote, chico, mzapero o zapotillo es una fruta de clima tropical originaria de México y Centroamérica, y diseminada principalmente por Asia y Oceanía. Se considera la sapotácea más cultivada y apreciada en el mundo (33).

El Achras zapota L. es un árbol de tamaño bajo a mediano, de 5 a 20 m de altura, con el tronco de ramas bajas, felpero, corteza de color café oscuro y corola globosa o piramidal lentamente foliada. Las ramitas son simpodiales y portan racimos densos de hojas en sus puntas cortas, ligeramente engrosadas, oblicuamente erectas. Las hojas son alternas pecioladas, velludas cuando jóvenes, volviéndose pronto lisas, de color verde oscuro, de 3.5 a 15 cm de largo y de 1.5 a 7 cm de ancho, la vena media es proplamente por debajo, mientras que las laterales son numerosas, aglomeradas, paralelas y difícilmente visibles. Las flores son solitarias en axilas con hojas, generalmente colgantes, pequeñas, inodoras, muy velludas y de 1 a 1.5 cm de diámetro cuando están plenamente extendidas (16).

El fruto es una baya de forma esférica o algo cónica, de superficie rugosa, pardo-rojiza, de 4 a 8 cm de largo y 3 a 5 cm de diámetro. La pulpa es jugosa y carnosa, de color que varía de amarillo a pardo-rojizo, de sabor delicado, con un número variable de semillas negras que se separan fácilmente y que pueden llegar a ser hasta doce, aunque hay frutas con menos e incluso, una variedad sin semillas que se propaga vegetativamente. Tanto la cáscara como la parte externa del mesocarpo están recorridas por canales de látex (13).

El árbol siempre verde, es bien conocido por sus dos principales productos: la fruta y el chicle, una goma de mascar que se obtiene del látex coagulado al picar el tronco (13). El látex fue utilizado primeramente por la Civilización Maya para formar figuras mezclando el látex con sustancias no identificadas, pero no se encuentran datos con precisión respecto a esto. Fue hasta mediados del siglo XIX en que la gomasresina tuvo difusión a través de uno de los destierros del General Antonio López de Santa Ana en que el neoyorquino James Adams visualizó lo que sería más tarde una gran industria. De aquí que el látex sea considerado como la materia prima para elaboración del chicle o goma de mascar (14). La madera, que por cierto es muy dura y durable,

fue usada por los Mayas para dinteles esculpidos que aún se encuentran en buen estado (33).

La clasificación taxonómica del chicozapote se presenta en el CUADRO I.

## CUADRO I

## CLASIFICACION TAXONOMICA DEL CHICOLAPOTE (33).

División	Fanerógamas
Orden	Eucosydales
Familia	Sapotáceas
Género	<u>Achras</u>
Especie	<u>sapota</u>
Nombre botánico	<u>Achras sapota</u> Linn

## 1.2 CULTIVO

Se puede cultivar desde el nivel del mar hasta alrededor de los 3,500 m de altura. Los árboles jóvenes son sensibles al frío y decididamente pueden morir a 1 °C, aun cuando las plantas adultas pueden soportar 4.5 °C durante varias horas, recibiendo sólo daños moderados.

Sin tomar en cuenta su tolerancia al frío, el chicozapote es más rápido y fructifica mejor en un clima cálido libre de frío y con lluvia bien distribuida durante todo el año. Sin embargo, los árboles grandes pueden soportar una sequía bastante prolongada sin efectos dañinos, por lo que se les planta en muchas áreas que cuentan con un clima monagónico (20-40 °C), particularmente al lado de las costas o en las islas. El chicozapote es uno de los pocos árboles frutales que comparativamente se pueden recomendar para las localidades sujetas a vientos fuertes, puesto que sus ramas son resistentes y no se rompen tan fácilmente.

El chicozapote requiere un suelo rico, bien drenado para rendir sus máximas cosechas, pero da cosechas bastante buenas en cualquier tipo de suelo, siempre y cuando el drenaje sea eficiente; se han recomendado las arenas o los limos arenosos para la siembra, aunque el árbol crece notablemente

bien en piedra caliza prácticamente pura y más o menos igual mente bien en las arenas y arcillas poco profundas que están arriba de la piedra caliza. También muestra tolerancia considerable a la brisa salada, prosperando bien cerca de las playas (16).

Se puede plantar todo el año, pero no se recomienda la época de lluvias. La densidad de población es de 100 árboles/hectárea. Fructifica durante todo el año, descendiendo la producción en los meses de junio, julio y agosto e incrementándose de diciembre a marzo. Esta producción oscila entre 400 y 1200 frutos por árbol. Requiere de 8 meses para alcanzar un desarrollo completo, considerados desde el anarre hasta la madurez de la cosecha.

La mayoría se propaga por semilla, lo que provoca variaciones en tamaño, forma, calidad y productividad, resultando inadecuado para fines comerciales. Existe una gran diversidad de variedades del chicozapote, los que han sido obtenidos y propagados en países como la India y Estados Unidos de Norteamérica.

Entre las variedades se pueden mencionar: Prolific, En scell, Betawi, Koolon, Apel Besar, Apel Loclin, Cricket Ball, Dwaripuda, Jonawalasa, Panamá, etc., (8). En México no



existen variedades clasificadas oficialmente, sino tipos criollos que tampoco están clasificados, (16) ya que se desarrollan en su mayoría en forma silvestre y sin atender el cultivo.

Hasta 1955 la India era el mayor productor de chicozapote con más de 800 ha, en 1973 el cultivo de chicozapote alcanzó más de 2000 ha. En la parte sur-este de la República Mexicana se encuentran cultivados más de 4000 ha de chicozapote principalmente utilizados para la extracción de la goma del chicle (34).

Las zonas productoras en México se localizan en las costas de Oaxaca, Veracruz, Yucatán, Quintana Roo, Campeche y en el centro y sur de Chiapas (8).

### 1.3 VALOR NUTRITIVO

Los chicosapotes generalmente se comen como una fruta postre, los frutos inmaduros tienen un sabor astringente, el cual desaparece casi completamente cuando madura. En su estado óptimo, los frutos maduros tienen un aroma delicioso, carne tersa y jugosa y un agradable sabor parecido al del azúcar morena. Algunas veces el jugo se convierte en jarabe o la pulpa se agrega a la panificación como sabor. Los frutos maduros también constituyen una mermelada o bebida excelente.

El valor nutritivo del chicosapote por cada 100 g de porción comestible se presenta en el CUADRO II.

Además se han identificado diversos polifenoles que le imparten un sabor astringente debido a su alto contenido (1.5%) principalmente cuando se encuentra en un estado sumamente inmaduro. La astringencia decrece gradualmente conforme la fruta va llegando a su madurez comestible, hasta que prácticamente desaparece; paralelamente hay un aumento de azúcares, los cuales se acumulan lentamente los primeros cinco y medio meses y en forma acelerada después de los siete y medio meses de edad llegando a ocupar hasta el 23% del peso fresco (8).

## CUADRO II

VALOR NUTRITIVO DEL CHICOSPOTE POR CADA 100 g DE  
PORCIÓN COMESTIBLE (8).

Porción comestible (%)	88.00
Calorías (cal)	76.00
Proteínas (g)	0.70
Grasas (g)	1.10
Carbohidratos (g)	18.00
Calcio (mg)	31.00
Hierro (mg)	1.49
Tiamina (mg)	0.02
Riboflavina (mg)	---
Niacina (mg)	0.30
Ácido ascórbico (mg)	12.00

Comparando el valor nutricional del chicozapote de la India y de México, presentada en el CUADRO III, vemos como en el de la India se ve que tiene un valor calórico mayor debido a su mayor contenido de carbohidratos. No se observa ninguna diferencia en los valores de grasa y proteína. El de México es superior en vitamina C pero no se encuentra riboflavina. Los principales constituyentes químicos de la fruta son los carbohidratos y los taninos, los taninos le impartan un sabor astringente a la fruta (34).

CUADRO III

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL CHICOLAPOTE (34).

	CHICOLAPOTE INDIA %	CHICOLAPOTE MEXICO %
Porción comestible	83	86
Humedad (g)	73.3	
Fibra (g)	3.6	
Carbohidratos (g)	21.4	18.0
Grasa (g)	1.1	1.1
Proteínas (g)	0.7	0.7
Energía (Kcal)	98	38
Minerales (g)	0.5	
Caroteno (µg)	97	
Vitamina C (mg)	6	12
Tiamina (mg)	0.02	0.02
Riboflavina (mg)	0.01	0.00
Niacina (mg)	0.3	0.3
Ca (mg)	28	21
P (mg)	27	9
Fe (mg)	2.0	1.5

ción sobre los cambios de intensidad respiratoria y ésta a su vez, constituye un buen índice de la velocidad con que están ocurriendo todos los cambios metabólicos en el fruto incluyendo aquellos que guían el deterioro fisiológico y a la senescencia o envejecimiento (8).

Se han identificado la presencia, en el fruto, de fenoles simples "cis" y "trans", los ácidos clorogénico y gálico, catequinas y leucocianidinas, así como los polímeros de antocianidinas. Se ha encontrado que durante la maduración del chicozapote, los polifenoles simples decrecen, mientras que los polímeros de leucoantocianidinas aumentan; a la vez por pruebas organolépticas se ha detectado que el nivel de astringencia se reduce durante la maduración, atribuyendo esto a la polimerización, la influencia de azúcares, así como la dilución de los polifenoles como resultado del incremento del tamaño de la fruta. En el momento de la recolección del fruto presenta 2.4% de polifenoles y durante la maduración disminuyen a 1.8% (FIGURA # 1). El chicozapote presenta una gran resistencia a la contaminación por hongos y esto se le atribuye a la gran cantidad de polifenoles que presenta (34).

La hemicelulosa que contiene el chicozapote va disminuyendo durante la maduración del fruto hasta casi desaparecer.

#### 1.4 MADURACION

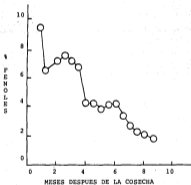
Al igual que muchas frutas, la maduración del chiconzapote produce cambios de textura y desarrollo de sabor y aroma característicos [33].

La maduración de un fruto puede ser definida como la secuencia de cambios de color, sabor, aroma y textura que conduce a la madurez comestible, o sea a la fase de transición entre el desarrollo y la senescencia. Esta secuencia puede correlacionarse con la actividad respiratoria, que se caracteriza por el descenso de la producción de dióxido de carbono hasta un valor mínimo, seguido de un repentino incremento hasta un punto máximo y de ahí una caída brusca. Este punto máximo se conoce como "pico climatérico" y se puede definir como "un período en la ontogenia de ciertos frutos, durante el cual se inicia una serie de cambios bioquímicos por la producción autocatalítica del etileno, marcando el cambio entre las etapas de crecimiento y la de senescencia e involucrando un incremento en la respiración que conduce al fruto a la maduración", su aparición depende, entre otros factores, de la temperatura de almacenamiento.

El climaterio permite estimar el período de vida que tiene una fruta después del corte, al proporcionar informa-

FIGURA # 1

CAMBIO DE PERFILES TOTALES EN EL CHICOZAPOTE (34).



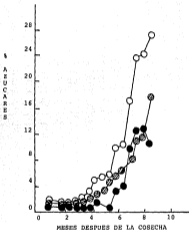


Parte de la hemicelulosa se convierte en oligosacáridos, los cuales a su vez se van transformando a carbohidratos durante el proceso de maduración. Durante este período el mayor incremento es de sacarosa, seguido por glucosa y fructosa. Conforme se va llegando a una sobremaduración del fruto la sacarosa disminuye en comparación a la glucosa y fructosa y esto se debe a la inversión de la sacarosa (FIGURA # 2) (34).

La fruta de variedades seleccionadas tiene características que la hacen más atractiva, como el tamaño y a veces el color, en comparación con la que procede de árboles de semillas. En los CUADROS IV y V, se presentan las características de dos variedades Betawi y Russell. La diferencia más marcada es el tamaño y peso, ya que en el resto de determinaciones no aparecen diferencias apreciables (33).

FIGURA # 2

CAMBIOS DEL CONTENIDO DE AZUCARES EN EL CHICOPAPOTE (34).



- AZUCARES TOTALES
- AZUCARES NO REDUCTORES
- ◐ AZUCARES REDUCTORES

## CUADRO IV

## CARACTERIZACION FISICA DEL CHICOSPOTE (11).

Variedad:	Peso g	Dimensiones cm	Pulpa %	Cáscara %	Semilla %
Betawi	138.0	9.4 x 6.6	89.5	9.2	1.3
Russell	83.0	6.0 x 5.2	85.6	9.4	5.0

Estado de las variedades:	<u>non cáscara sin cáscara</u>		Grados Brix
	Texture, kPa		
Sazón	169-139	153-138	15.7-26.6
Maduro	21	21	

CUADRO V

CARACTERIZACION QUIMICA DEL CHICOZAPOTE MADURO g/100 g (33).

Variedad:	Humedad	Azúcares totales (glucosa)	Azúcares reductores (glucosa)	Acidez (Ac. cítrico)	Cenizas
Betawi	77.70	13.00	9.89	0.06	2.93
Russell	76.30	13.50	7.93	0.04	2.26

## 2 ACTIVIDAD DE AGUA

En general, al hablar del contenido de humedad de un alimento, se refiere uno a toda el agua en forma global que contiene, sin considerar que en la mayoría de los alimentos existen zonas o regiones microscópicas que debido a una alta concentración de lípidos no permiten la presencia de agua, obligándola a distribuirse en forma heterogénea a través del producto. El citoplasma de las células contiene un alto porcentaje de proteínas que son capaces de retener una mayor cantidad de agua que los organelos que carecen de macromoléculas hidrófilas semejantes. Esto hace que para tener un sistema estable, los diferentes constituyentes de los alimentos deben encontrarse en equilibrio entre ellos, respecto al potencial químico, la presión osmótica y la presión de vapor de agua que desarrollen.

El contenido de humedad de los alimentos juega un papel muy importante en su conservación ya que no sólo contribuye a las propiedades reológicas y de textura sino que determina el tipo de reacciones químicas que se puedan suscitar en el alimento. Eliminando parte de esa humedad por medio de la deshidratación o concentración se bloquean las reacciones enzimáticas y el desarrollo de microorganismos (5).

El término "actividad de agua" determina el grado de interacción del agua con los demás constituyentes de los alimentos, y es una medida indirecta del agua disponible para llevar a cabo las diferentes reacciones a las que está sujeta. Este factor se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$a_w = \frac{P}{P_0} = \frac{\% HR}{100}$$

donde:

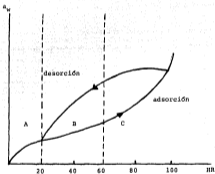
- $a_w$  = actividad de agua
- $P$  = presión de vapor del agua del alimento a temperatura  $T$
- $P_0$  = presión de vapor del agua pura a temperatura  $T$
- $\% HR$  = humedad relativa de equilibrio del alimento a la cual no se pierde ni se gana agua

La actividad de agua o humedad relativa se relacionan con el contenido de agua del alimento a través de sus curvas pendientes isotermas de adsorción y desorción (FIGURA # 3).

En estas isotermas se muestra la relación entre la presión de vapor del agua desarrollada por el material orgánico y su contenido de humedad en equilibrio (5).

FIGURA 4 3

CURVAS TÍPICAS DE LAS ISOTERMAS DE ADSORCIÓN Y DE  
DESORCIÓN DE LOS ALIMENTOS (5).



La figura anterior muestra que los procesos de adsorción y de desorción no son reversibles a través de un camino común; a este fenómeno se le llama histeresis (3).

Una isoterma de sorción de humedad es la expresión de la relación funcional existente entre el contenido de humedad de un alimento (expresado en gramos de agua por 100 gramos de sólido seco) y la actividad de agua del mismo alimento.

A continuación se describen tres regiones o zonas para clasificar de una forma más clara los diferentes rangos de actividad acuosa.

Región "A": Adsorción de agua de una capa monomolecular

Agua ligada o monocapa.

Valores de  $a_w = 0.00$  a  $0.35$

Región "B": Adsorción de capas adicionales de agua sobre la monocapa llamada multicapa o agua intermedia.

Valores de  $a_w = 0.35$  a  $0.60$

Región "C": Condensación del agua dentro de los poros capilares del alimento, seguida por la disolución del material soluble presente, también llamada agua libre o móvil.

Valores de  $a_w = 0.60$  o mayores (10).

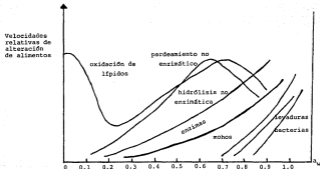


Para aumentar la vida de anaquel de los alimentos y conservar su valor nutritivo y propiedades sensoriales se controla la actividad de agua (5).

La importancia de la actividad de agua para la estabilidad de los productos alimenticios durante el tratamiento y almacenamiento, queda demostrada de forma evidente por las curvas de la FIGURA # 4 (10).

FIGURA 4

VELOCIDAD DE ALTERACION DE LOS ALIMENTOS  
 EN FUNCION DE LA ACTIVIDAD DE AGUA (10).



### 3 INFLUENCIA DE LA $a_w$ EN LAS REACCIONES QUÍMICAS

Todos los alimentos, incluyendo los deshidratados, contienen cierta cantidad de agua. En consecuencia, para el tecnólogo es de suma importancia conocer las propiedades físicas y químicas del agua ya que muchas de las reacciones que suceden en los alimentos, tanto positivas como negativas, están relacionadas con la presencia de este líquido. El agua es un factor determinante en la inhibición o propagación de las diferentes reacciones químicas que pueden aumentar o reducir el valor nutritivo y la calidad de los alimentos.

La mayoría de los alimentos naturales como carnes, pescados, vegetales y frutas, tienen un actividad de agua de aproximadamente 0.97, con contenido de 80% o más de agua, por lo que están sujetos a distintas reacciones de deterioro. El deterioro de las grasas a través de su oxidación se produce en alimentos deshidratados con una actividad de agua muy baja, y a medida que aumenta, se inducen las reacciones enzimáticas hidrolíticas y las de oscurecimiento no enzimático, y se favorece el crecimiento de bacterias, hongos y levaduras (5).

Por otro lado el oscurecimiento no enzimático, es un serio problema en alimentos de humedad intermedia ya que su

sabor, olor y textura pueden ser modificados y además se pierde la calidad nutricional (16).

El término "humedad intermedia", se ha aplicado a un grupo heterogéneo de alimentos comerciales que contienen 20-50% de humedad y que no requieren refrigeración para su estabilidad. Estos alimentos de humedad intermedia (AHI), se definen como los alimentos lo suficientemente plásticos para comerse sin la necesidad de tenerlos que hidratar y lo suficientemente bajos en su contenido de humedad para prevenir el crecimiento microbiano, sin embargo, estos alimentos pueden ser susceptibles al crecimiento de mohos, degradaciones enzimáticas o a oscurecimientos no enzimáticos a menos que se tengan las previsiones adecuadas. Normalmente caen en un intervalo de actividad de agua entre 0.6 y 0.9 (29).

El oscurecimiento no enzimático se puede presentar a través de tres mecanismos principales que son:

a) Caramelización:

También llamada pirólisis, se presenta cuando los azúcares son calentados por encima de su temperatura de fusión, en la que los monosacáridos forman anoles como paso inicial de la reacción. La deshidratación y mecanismos de fragmenta

ción dan origen a los pigmentos oscuros. En el caso de que el azúcar sea un disacárido, como la sacarosa, debe existir primero una hidrólisis que produzca los correspondientes monosacáridos, que se transforman posteriormente a la forma endólica. El segundo paso es una deshidratación del anol para obtener derivados furánicos, los cuales a la vez se pueden polimerizar en un paso final para formar los pigmentos oscuros.

#### b) Oxidación del ácido ascórbico:

El ácido ascórbico es un compuesto muy inestable que se oxida rápidamente en presencia de aire, transformándose en ácido dehidroascórbico que, a su vez, puede pasar a furfural con liberación de  $\text{CO}_2$ . El furfural formado se puede polimerizar y producir pigmentos oscuros. Durante la oxidación del ácido ascórbico, que depende directamente del pH y de la temperatura del sistema, hay pérdidas de vitamina C además de los pigmentos indeseables.

#### c) Reacción de Maillard:

Se lleva a cabo entre un grupo aldehído o cetona, proveniente de los azúcares reductores, y grupos amino de aminoácidos o proteínas. Este tipo de reacción de oscurecimiento es el que sucede más frecuentemente cuando los alimentos se

calientan a temperaturas altas, o cuando se almacenan por pe ríodos muy largos y va acompañado además por una reducción de la solubilidad de las proteínas, una baja en el valor nutritivo y la producción de sabores amargos. Esta reacción se lleva a cabo en tres pasos siendo en el último la formación de pigmentos.

La reacción de Maillard se favorece a pH ligeramente alcalinos. A medida que aumenta la temperatura se favorece la reacción; además la actividad de agua desempeña un papel muy importante en estas reacciones, ya que los alimentos con bajos valores de actividad acuosa son más propensos al oscurecimiento (5).

El oscurecimiento enzimático en frutas y hortalizas se debe a peroxidases y fenolasas. Estas reacciones ocurren prácticamente a cualquier valor de actividad acuosa; son, sin embargo, importantes a valores de  $a_w$  arriba de 0.3. La reacción de las enzimas durante el almacenamiento puede ser prevenida o disminuida por el escaldado (3).

#### 4 INFLUENCIA DE LA $a_w$ EN EL CRECIMIENTO DE MICROORGANISMOS

El crecimiento de microorganismos también está en relación con la actividad del agua, debido particularmente a la influencia de la presión osmótica sobre los cambios entre membranas. Su crecimiento sólo se observa con actividades de agua relativamente elevadas. Hay generalmente un valor óptimo de actividad del agua para su crecimiento, situado entre 0.92 y 0.99. Por debajo de este óptimo el crecimiento se retarda, paraliza o inhibe. Esto explica, parcialmente, la relativa estabilidad frente a los microorganismos de los alimentos secos y adicionados de sal o azúcar, tales como quesos, salchichones, mermeladas, etc.

El CUADRO VI da una idea de las actividades mínimas de agua necesarias a las diversas clases de microorganismos.

No obstante es preciso resaltar que se observan diferencias apreciables de una especie a otra de un mismo género y que por otro lado, la composición del medio con la posible presencia de sustancias que favorecen o inhiben el crecimiento, juega un papel esencial. Por otra parte, en los alimentos sólidos, de estructura heterogénea, la actividad del agua puede ser diferente de una parte a otra, de tal manera

## CUADRO VI

ACTIVIDAD DE AGUA MINIMA APROXIMADA  
PARA EL CRECIMIENTO DE MICROORGANISMOS (10).

M.O.	$a_w$
Bacterias	0.91
Levaduras	0.88
Mohos	0.80
Bacterias halófilas	0.75
Mohos xerófilos	0.65
Levaduras osmófilas	0.60



que la proliferación de microorganismos puede originarse en algunos puntos y de aquí propagarse a los otros.

Es alentador resaltar que las bacterias, entre las que se encuentran las especies patógenas y tóxicas más frecuentes, prácticamente no se multiplican por debajo de una actividad de agua de 0.90 - 0.85. El Staphylococcus aureus, especie toxigéna de las más resistentes a la sequedad, tan poco se desarrolla debajo de una  $a_w$  de 0.86. Sin embargo, tal actividad corresponde ya a un fuerte grado de deshidratación de un alimento sólido o para una disolución de solalidad muy elevada. Tampoco se debe olvidar que para los mohos el límite de la actividad del agua es 0.70 - 0.80 y que algunos de éstos producen micotoxinas.

Algunos alimentos con una actividad de agua entre 0.80 y 0.90 como las mermeladas y que recibieron un tratamiento térmico, son más susceptibles al desarrollo de hongos que al de levaduras. Esto se debe a que algunas esporas resistentes al calor pueden sobrevivir y germinar, lo cual es facilitado por el conocido hecho de que la resistencia térmica de los microorganismos suele aumentar al reducir la actividad acuosa del valor óptimo para su desarrollo.

Es evidente que los alimentos frescos con una actividad de agua elevada son los más expuestos a la proliferación microbiológica; pero por las cifras que acabamos de citar indican que incluso es posible con actividades de agua de 0.60 a 0.65, zona en la que se sitúan los alimentos de contenido medio en agua. Por consiguiente, estos alimentos son pericos y deben adoptarse medidas específicas de protección ng necesarias para evitar la invasión microbiana (10).

## 5. METODOS DE CONSERVACION DE FRUTAS TROPICALES

Para almacenamiento de frutas tropicales, se tienen tres tipos disponibles de conservación que pueden aplicarse al chicozapote:

### a) Conservación a bajas temperaturas (Refrigeración):

El control de temperatura es el factor independiente más importante en las operaciones de conservación. Este método trabaja bajo el principio de que cuanto más alta es la temperatura, mayor es la actividad metabólica de las frutas y menor es su vida útil. Sin embargo, con frutas tropicales, existe un límite mínimo más alto de temperatura, ya que son mucho más susceptibles a sufrir daños por frío.

### b) Conservación bajo atmósferas controladas:

El sistema de almacenamiento bajo atmósferas controladas se basa en los efectos que inducen los cambios en la composición de los gases involucrados en el proceso de respiración (oxígeno y dióxido de carbono). El almacenamiento bajo atmósferas controladas puede utilizarse con ventaja en la conservación de frutas, ya que permite mantenerlos durante períodos comparables o mayores a los que se obtendrían normalmente a temperaturas muy bajas y sin el riesgo de los desórdenes ocasionados por éstos.

c) Almacenamiento bajo vacío:

Este sistema de conservación mantiene los productos a temperatura controlada, en aire humidificado a presiones entre  $1/2$  y  $1/20$  del valor de la presión atmosférica. El método permite regular todos los factores ambientales que causan descomposición y deterioro de calidad, en forma continua, sencilla y automática únicamente por medios mecánicos. En el vacío parcial que se genera, el dióxido de carbono, el etileno y los subproductos volátiles se difunden rápidamente de los tejidos de la fruta y son arrastrados inmediatamente afuera de la cámara de almacenamiento; además a la presión de trabajo, la concentración de oxígeno es reducida por el descenso en su presión parcial, lo cual se traduce en la reducción de la intensidad de respiración, con el retardamiento consecuente en el proceso de maduración y de la síntesis de etileno (16).

Analizando y concluyendo para cada uno de estos métodos de conservación se tiene que:

a) El chicozapote posee características muy tropicales, esto es que sólo soporta para su refrigeración una diferencia de temperaturas igual a  $10^{\circ}\text{C}$ . Este tipo de conservación es difícil de llevarse a cabo, por eso se concluye que

la refrigeración inhibe el proceso de maduración de la fruta y por tanto, aunque sea el método más comercial y con la mayor experiencia en la conservación de alimentos no es recomendable para esta fruta.

b) El método de atmósferas controladas, es el más apropiado por el principio en el cual se basa: al controlar la relación  $O_2/CO_2$  y remover el etileno producido por la fruta se retarda en forma uniforme y por más tiempo de maduración. Este tipo de conservación hace necesario el estudio de las atmósferas más adecuadas para el chicozapote y que se conserve la fruta a una temperatura mayor a 17 °C; esto implica un mayor costo en comparación a la refrigeración.

c) El método bajo vacío es similar en principio al de atmósferas controladas y por lo consiguiente adolece de los mismos problemas anteriores; es más costoso, se tiene menos experiencia que en los anteriores y también se tiene que efectuar un estudio de la relación de atmósferas más adecuadas.

Por otro lado se tiene que, actualmente la fruta se conserva al ambiente para su presentación al mercado como fruta fresca. En base a esto, se puede pensar en una conservación bajo atmósferas autocontroladas, es decir, que la fru

ta se conserve a temperatura ambiente y envuelta en bolsas de polietileno con o sin agujeros, dependiendo de si la fruta respira rápido o lento. El chicozapote como todo organismo aeróbico, absorbe oxígeno y produce dióxido de carbono, al estar envuelta. La relación  $O_2/CO_2$  va a ir disminuyendo o se irá retardando la respiración y por tanto retardando la maduración (16).

Como en la mayoría de las frutas, el chicozapote presenta una gran heterogeneidad en cuanto a la maduración, motivo por el cual, se aplicaron reguladores de crecimiento, obteniendo frutos con una maduración más homogénea pero con una tendencia a la sobremaduración, logrando controlar este segundo problema con aspersiones de isopropil-N-fenil carbamato a 100 ppm (33).

Flores y Rivas, almacenaron en 1974 chicozapote por un período de no más de 23 días a 12 °C, unos 18 días a 15 °C y tan sólo de 8 a 9 días a 17 °C, y una vez alcanzada la madurez, se logró conservarlos en buen estado por 10 días más a 0 °C (33).

En trabajos llevados a cabo en el ICAITI, se ha encontrado que la fruta almacenada a temperatura de refrigeración y ambiental, muestran una temperatura crítica de 8 a 10 °C,

a la cual el fruto manifiesta incapacidad para madurar, puesto que a los 10 días presenta características de fruta inmadura (sensorialmente), pocos azúcares, alto contenido de acidez y del contenido de pectinas solubles en agua; aún después de haber sido transferida a temperatura ambiente, la madurez fue completamente anormal; en cambio esta fruta madura entre 6 a 8 días después de la cosecha bajo condiciones ambientales (33).

Otros informes demuestran que el chicozapote almacenado durante 26 días a 3-5 °C y 8-10 °C acentúa su daño por frío cuando se le transfiere a 25 °C para que alcance la madurez comestible (8).

Uno de los métodos más utilizados desde hace tiempo para la conservación de los alimentos es la adición de ácidos, sales y azúcares, sin embargo, los conservadores incluyen agentes antimicrobianos, antioxidantes, compuestos que retienen el color y sabor, estabilizadores de nutrientes, etc.

Los conservadores se utilizan en alimentos para controlar el crecimiento microbiano. Los más importantes son el ácido benzoico, sórbico, acético, propiónico, los nitritos y nitratos, los sulfitos, el dióxido de azufre y los epóxidos.

No obstante, sólo veremos brevemente los más utilizados en la elaboración de conservas de frutas.

Ácido benzoico: es uno de los conservadores más utilizados en la manufactura de alimentos, aunque también se encuentra en pequeñas cantidades en forma natural en la ciruela pasa, la canela y algunas flores; en general, por ser más soluble en agua que en ácido, se emplea más su sal sódica. La forma no disociada del ácido es la que tiene actividad antimicrobiana y por lo tanto el pH tiene un efecto decisivo en su efectividad; en el caso del ácido benzoico el pH óptimo de actividad se encuentra entre 2.5 y 4.0, por lo que es adecuado para usarse en alimentos ácidos, y activo principalmente contra levaduras y bacterias y en menor grado contra hongos. El ácido benzoico no causa problemas de toxicidad en el hombre cuando se ingiere en las concentraciones que normalmente se usan en alimentos, 0.50 - 0.14 en peso, ya que se elimina en forma de ácido hipúrico (benzil glicina) al reaccionar con la glicina en una reacción de detoxificación.

Sulfitos: uno de los principales usos de los sulfitos y sus derivados es en la industria vitivinícola, pero se emplea también para el control de microorganismos en otros ali



mentos. Las formas comerciales de esta familia de compuestos son las sales de sodio o potasio de los sulfitos, bisulfitos y metabisulfitos, que al disolverse en agua forman diferentes derivados con el ácido sulfuroso y los iones sulfito y bisulfito. La proporción de cada forma azufrada depende del pH del sistema; el ión bisulfito predomina a pH de 4.5 o menor, y es considerado como el agente activo inhibidor del crecimiento bacteriano. No se conoce totalmente el mecanismo de acción de estos compuestos; sin embargo, existen varias exposiciones; a) puede haber reacciones entre el bisulfito y el acetaldehído de las células microbianas; b) el bisulfito inhibe la actividad de algunas enzimas microbianas que contienen enlaces disulfuro, y c) el ión bisulfito interfiere en las reacciones de respiración de los microorganismos. Los derivados azufrados son metabolizados por el hombre y eliminados en la orina en forma de sulfatos sin ningún efecto dañino (5).

Muchos son los alimentos tradicionales que están preservados por un sistema que combina distintos factores ambientales de "stress", en los últimos tiempos se ha tomado conciencia del modo de acción y del efecto sinérgico del uso combinado de los factores de preservación. Estos factores actúan básicamente disminuyendo o previniendo el crecimiento,

más bien que matando los microorganismos presentes en el alimento (14).

Leistner en 1985 definió la tecnología del efecto de las barreras o factores combinados para desarrollar productos del tipo ANI (alimentos de humedad intermedia) o FEA (productos estables en anaqueil). La inactivación o inhibición de hongos y levaduras es esencial para la conservación de estos productos. En general, como vimos anteriormente, existen diversos métodos para la conservación de frutas incluyendo enlatado, secado, congelación, etc. Sin embargo, estos procesos están basados únicamente en la utilización de relativamente pocos parámetros de conservación, por ejemplo, temperatura, actividad de agua, pH, potencial redox y preservativos químicos. Se ha establecido que la estabilidad microbiana de casi todos los alimentos se basa en la utilización de algunos de estos parámetros, por lo que el término de barreras o factores combinados ha sido introducido por Leistner (7).

El desarrollo de ANI o FEA generalmente requiere la disminución de la  $a_w$  por medio de la adición de un agente depresor de  $a_w$  o por secado. En el caso de productos de frutas preservadas por medio de las tecnologías ANI o FEA, usualment

te se utilizan azúcares como agentes depresores de la  $a_w$ . Las moléculas de azúcares más pequeñas tienen mayor capacidad para disminuir la  $a_w$  que las moléculas de azúcares más grandes en la misma proporción de peso (11).

Si consideramos dos factores,  $a_w$  y pH en forma aislada, ninguno de ellos podría ser el único fundamento de un método de preconservación de frutas; por ejemplo, para inhibir por  $a_w$  deberíamos deshidratar el alimento hasta  $a_w = 0.61$ , pues no existen humectantes compatibles orgánicamente que permitan reducir tanto la  $a_w$ . Lo mismo respecto del pH, pues para inhibir hongos y levaduras deberíamos reducir el pH de la fruta a valores alrededor de 1. Pero estos factores pueden interaccionarse entre sí y/o con otros para constituir un sistema conservador combinado (30).

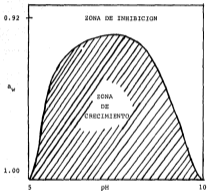
El fundamento de este método es el siguiente: las células vegetativas poseen mecanismos homeostáticos que les permiten mantener el pH interno constante ante la variación de pH del medio externo, o mantener su contenido de agua constante, a pesar de la reducción externa de la  $a_w$ . Ambos mecanismos son consumidores de energía; luego cualquier restricción en la disponibilidad de energía va a contribuir a la efectividad del proceso de preservación a bajos pH y a bajas  $a_w$  (30).

La interrelación entre  $a_w$  y pH sobre el crecimiento de microorganismos pueden observarse en la FIGURA # 5. Generalmente, cuando la  $a_w$  de un alimento es reducida, el rango de pH dentro del cual ocurriría el crecimiento bacteriano disminuye. Estos efectos se han encontrado para varios microorganismos, y en particular para el Cl. perfringens y para E. aureus. Efectos similares ocurren en hongos y levaduras.

Un caso de sinergismo entre pH y adición de conservadores químicos se presenta cuando se usan como tales ácidos lipofílicos (ácido sórbico, ácido benzoico, etc.). La forma no disociada de estos ácidos se disuelve en la membrana celular y actúa como transportadora de protones, haciendo que los mismos penetren en la célula más rápidamente que en su ausencia y por lo tanto incrementando los requerimientos energéticos para mantener constante el pH (30).

FIGURA # 5

EFFECTOS DE LA  $a_w$  Y DEL pH EN EL  
CRECIMIENTO DE MICROORGANISMOS (30).



#### IV MATERIAL Y METODO

## I MATERIA PRIMA

Como material de prueba se empleo pulpa de chicozapote previamente preparada.

## II METODOS FISICOQUIMICOS Y EQUIPO DE LABORATORIO

### A) Métodos Fisicoquímicos

#### 1) Actividad de agua:

La actividad de agua de la pulpa de chicozapote fue determinada en pequeñas muestras de la pulpa a 25 °C por medio de un higrómetro, Thermoconstaster. Movasina modelo RTD-13, TH-2. Para evitar interferencias en las lecturas, entre cada una de las muestras probadas, se utilizaba una celda con sulfato de cobre con el fin de bajar la lectura y eliminar algunas sustancias volátiles que pudieran alterar las lecturas finales.

#### 2) Viscosidad:

La viscosidad de la pulpa fue determinada por un viscosímetro, HAARE MODELO RV 12 con cilindros 807-0512 y 807-0461. Todas las lecturas se hicieron a 25 °C.

## 3) Color:

Se determinó utilizando un espectrofotómetro de reflectancia relativa AGTRON - M - 400 - A con filtro rojo.

Una vez homogeneizada perfectamente bien la muestra de la pulpa se colocó en una celda especial del espectrofotómetro de reflectancia relativa, quedando compacta sin la presencia de burbujas de aire. Las lecturas se tomaron directamente y a temperatura ambiente.

## 4) Humedad:

Se determinó la humedad de cada muestra en una termobalanza digital para la determinación de la humedad en alimentos, BRAINWEIGH MB 100 CHAUS. Se utilizaron para cada determinación 10 g de muestra aproximadamente. Se usó una temperatura de 186 °C (HEAT 9) por 17 minutos.

## 5) Cenizas:

Método oficial de la A.O.A.C. (4).

## 6) Sulfitos (14):

Se determinó por medio de una destilación rápida. En el matraz de bola se colocaron 10 g de muestra problema con 100 ml de agua destilada y perlas de ebullición. Del otro



lado del condensador se colocó un vaso de precipitados sobre un agitador magnético que contenía 75 ml de agua, 1 ml de solución indicadora de almidón al 2%, de 4 a 5 gotas de yoduro de potasio al 1% y de 3 a 4 gotas de yodo estándar 0.02 N. Cerca del vaso de precipitados se colocó una bureta con yodo estándar. Se adaptó el aparato de destilación y se adicionaron 200 ml de HCl al 15% al matraz de bola y enseguida se inició el calentamiento. En el momento en que aparecía la primera gota del destilado, se contaban 9 min. Los vapores comenzaban a decolorar el yodo del vaso lo que confirmaba la presencia de sulfitos (la conexión debía quedar sumergida en el líquido) y era entonces el momento de titular con el yodo estándar manteniendo el color azul original. Si después de los 9 min. el color azul permanecía estable (30 a 45 seg), se suspendía la titulación y se dejaba de destilar.

Los cálculos se llevaron a cabo de la siguiente forma:

$$SO_2 \text{ (ppm)} = \frac{V \times N \times 32 \times 1000}{P.N.}$$

en donde:

- V = ml de I utilizados
- N = normalidad del I estándar
- 32 = peso equivalente del  $SO_2$

P.M. = peso de la muestra en gramos

1000 = conversión de mg moles a g moles

### 7) pH (4):

Se determinó según la técnica del A.O.A.C. (1975), en un potenciómetro CORNING pH METER 3 D digital. El potenciómetro se estandarizó de acuerdo con las instrucciones del aparato empleando dos soluciones reguladoras con pH cercano al de la muestra problema a 25 °C. Una vez estandarizado el potenciómetro se procedió a tomar las lecturas de pH de cada una de las muestras problema.

### B) Equipo de Laboratorio

- 1) Balanza digital METTLER PC 8000 (cap. máx. 8 kg).
- 2) Balanza analítica SARTORIUS (cap. máx. 200 g).
- 3) Incubadora THELCO, Precisión Científica.
- 4) Parrilla de calentamiento y agitación magnética marca METROFORM.
- 5) Autoclave PRESTO con manómetro (20 lb).
- 6) Cámaras de temperatura controlada a 25 °C, a 15 °C y a 4 °C.
- 7) Horno 200 °C.

8) El material de vidrio fue el común de laboratorio.

### III ANALISIS MICROBIOLOGICOS

Estos análisis se llevaron a cabo con el fin de darnos una idea de la calidad microbiológica del producto durante el almacenamiento. Se le hicieron al fruto chicozapote fregado y después a la pulpa preparada al tiempo cero y cada 15 días durante 2 meses.

1) Cuenta bacteriana total por vaciado en placas (1,6):

Para llevar a cabo este análisis fue necesaria la preparación de la solución diluyente y del agar para cuenta estándar, ambas se describen a continuación.

Solución reguladora diluyente:

Se disolvieron 14 g de fosfato ( $KH_2PO_4$ ) en 500 ml de agua destilada y se ajustó el pH a 7.2 con hidróxido de sodio 1 N. Se llevó a 1 lit con agua destilada. Se esterilizó durante 20 minutos a 121 °C. Se conservó en refrigeración hasta su uso. Se tomaron 1.25 ml de solución madre y se llevó a 1 lit con agua destilada (ésta fue la solución de trabajo).

**Agar cuenta estándar:**

Se disolvieron 23.5 g de agar (plate count agar) en un l lt de agua destilada. Se mezcló bien hasta obtener una suspensión uniforme. Se calentó agitando frecuentemente hasta que hirviera durante un minuto. Se esterilizó a 121 °C (15 lb de presión) durante 15 min. Se enfrió a 43 ó 45 °C, antes de su uso.

**Procedimiento:**

1) Se homogenizaron 10 g de muestra vigorosamente en un frasco con 90 ml de diluyente esterilizado previamente.

2) Se hicieron diluciones usando alícuotas de 10 ml en 90 ml de diluyente hasta la tercera solución. Se inoculó 1 ml de cada dilución en cajas Petri estériles.

3) Se agregó a cada caja, de 12 a 15 ml del medio agar cuenta estándar fundido y mantenido a 43 ó 45 °C en baño maría.

4) Se incorporó el inculo al medio por rotación de la caja sobre una superficie lisa y se dejó solidificar.

5) Se incubaron las cajas Petri a 35 °C durante 24 y 48 horas.

6) Se hizo el recuento de las colonias desarrolladas.

## 2) Recuento de hongos y levaduras:

Para este análisis también fue necesaria la preparación de la solución diluyente de la misma forma que se hizo en la cuenta bacteriana total y de agar papa dextrosa que se describe a continuación:

### Agar Papa Dextrosa:

Se disolvieron 19 g de medio en un litro de agua destilada. Se mezcló bien, agitando frecuentemente e hirviendo durante un minuto. Se esterilizó a 121 °C (15 lb de presión) durante 15 min. El pH se ajustó a 3.5 aproximadamente para lo cual se adicionaron 14 ml de una solución estéril de ácido tartárico al 10% al medio fundido y enfriado a 45 °C. No debe recalentarse el medio ajustado porque puede presentarse hidrólisis del agar y el medio no se solidificaría.

### Procedimiento:

- 1) Se homogeneizaron 10 g de muestra vigorosamente en un frasco con 90 ml de diluyente previamente esterilizado.
- 2) Se hicieron diluciones usando alícuotas de 10 ml en 90 ml de diluyente hasta la tercera solución.
- 3) Se agregó a cada caja Petri de 15 a 30 ml de medio agar-papa-dextrosa y se dejó solidificar.

4) Se agregó 1 ml de inoculo a cada caja Petri y se extendió homogéneamente con una varilla de vidrio esterilizada.

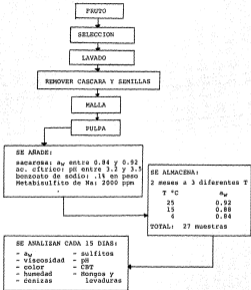
5) Se incubaron las cajas Petri a 35 °C durante 3 - 5 días.

6) Se hizo el recuento de las colonias y se multiplicó por el inverso de la dilución para así reportar como colnias por gramo de muestra.

## V PARTE EXPERIMENTAL

## PARTE EXPERIMENTAL

## DIAGRAMA DE FLUJO





## PARTE EXPERIMENTAL

En el diagrama de flujo dado anteriormente se presenta el diseño del trabajo experimental en el que se utilizaron aproximadamente 70 kg de chiconzapote, obtenidos del mismo lote en la Central de Abastos, procedentes de Oaxaca. Se hizo una selección para obtener un fruto homogéneo en cuanto a tamaño y madurez. Una vez seleccionado se lavó con agua perfectamente, se peló manualmente y se le extrajeron las semillas. Se pasó por una malla de acero inoxidable marca "mantinox", No. 8 con una apertura en cm de 2.38 o en pulgadas de 0.937 y con un área abierta de 53.4% para obtener la pulpa. Ya obtenida la pulpa se le determinó la actividad de agua que fue de 0.98 y el pH que fue de 4.71.

Como hemos visto la finalidad de este proyecto es alargar la vida de anaquel del chiconzapote, es por esto que se baja la actividad de agua de la pulpa, ya que a menor actividad de agua se bloquean las reacciones enzimáticas y el desarrollo de microorganismos.

Se utilizó azúcar (sacarosa) para bajar la actividad de agua. Se hicieron varias pruebas agregando diferentes

cantidades de azúcar hasta conseguir la actividad de agua deseada. Se buscaban 3 diferentes actividades de agua: 0.84, 0.88 y 0.92. Para la de 0.84 se añadió azúcar con una relación de 1.5:1, es decir, 1.5 de azúcar por 1 de pulpa de chicozapote, para la de 0.88 una relación de 1:1 y para la de 0.92 de 0.5:1. Después de preparar cada muestra y homogeneizarla perfectamente se verificaba la  $a_w$  con el higrómetro, se hacían los ajustes necesarios hasta obtener la  $a_w$  correcta.

Por otro lado también se le añadió a la pulpa ácido cítrico para bajar el pH de 4.71 a un intervalo entre 3.2 y 3.5. Para lograr esto lo que se hizo fue que por cada 500 g de pulpa de chicozapote se le añadió aproximadamente 1.5 g de ácido cítrico, se homogeneizaba perfectamente y se verificaba el pH de la pulpa con el potenciómetro, se hacían los ajustes necesarios para obtener el pH deseado.

Como conservadores se añadieron benzoato de sodio al 0.1% en peso y metabisulfito de sodio a 2000 ppm.

Ya obtenida la pulpa con las características deseadas se envasó en recipientes de plástico y se almacenó por dos meses a 3 diferentes temperaturas y a tres diferentes actividades de agua:

T °C	$a_w$
25	0.92
15	0.88
4	0.84

Obteniéndose un total de 17 muestras, ya que cada actividad de agua se analizó a las 3 diferentes temperaturas.

El análisis de las muestras se hizo cada quince días y por triplicado para cada determinación:

- 1) Actividad de agua
- 2) Viscosidad
- 3) Color
- 4) Humedad
- 5) Cenizas
- 6) Sulfitos
- 7) pH
- 8) CNF
- 9) Hongos y levaduras

## VI RESULTADOS Y DISCUSION

Algunas muestras no se determinaron, ya que la pulpa presentaba características de fermentación lo que no permitía su análisis.

Se analizarán en primer lugar los resultados obtenidos en las determinaciones de  $a_w$  y de humedad de las pulpas de chicozapote con  $a_w$  de 0.92, 0.88 y 0.84, almacenadas a las temperaturas de 4, 15 y 25 °C, durante 60 días.

Se puede notar en los resultados del CUADRO VII que en las tres pulpas y a las tres temperaturas, conforme transcurren los días, disminuyen los valores de  $a_w$ , siendo esto más notorio al incrementar la temperatura.

Por lo que respecta a la humedad como se puede ver en el CUADRO VIII sucede el fenómeno contrario, ya que aumenta la humedad con el transcurso del tiempo; esta variación es similar en las tres diferentes temperaturas, sin embargo, presentan variaciones con respecto al transcurso de los días.

Para el caso de las determinaciones de  $a_w$  se pueden señalar los siguientes aspectos como una explicación a estas variaciones:

CUADRO VII: VALORES DE  $a_w$  DE PULPA DE CHICOZAPOTE A LAS DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

t (días)	$a_w = 0.92$			$a_w = 0.88$			$a_w = 0.84$		
	T °C			T °C			T °C		
	4°	15°	25°	4°	15°	25°	4°	15°	25°
0	0.925	0.925	0.925	0.886	0.886	0.886	0.837	0.837	0.837
15	0.911	0.907	0.885	0.873	0.875	0.855	0.834	0.827	0.815
30	0.915	0.885	0.856	0.879	0.857	0.847	0.837	0.813	0.800
45	0.912	0.867	n.s.d.	0.877	0.850	0.828	0.811	0.808	0.786
60	0.910	0.860	n.s.d.	0.875	0.840	n.s.d.	0.824	0.800	n.s.d.

Las determinaciones de  $a_w$  se realizaron a 25 °C, no importando la temperatura de almacenamiento.

n.s.d. = no se determinó.

CUADRO VIII: VALORES DE POR CIENTO DE HUMEDAD DE PULPA DE CHICOZAPOTE A LAS DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

t (días)	$a_w = 0.92$			$a_w = 0.88$			$a_w = 0.84$		
	T °C			T °C			T °C		
	4°	15°	25°	4°	15°	25°	4°	15°	25°
0	51.1	51.1	51.1	35.3	35.3	35.3	30.2	30.2	30.2
15	51.0	52.5	56.9	38.7	40.7	38.1	36.8	34.1	35.7
30	52.3	56.7	57.6	41.1	38.4	41.7	36.8	29.8	37.3
45	53.4	59.2	n.s.d.	47.0	40.1	44.8	30.6	36.2	37.7
60	55.4	55.2	n.s.d.	40.8	36.5	n.s.d.	34.8	27.3	n.s.d.

n.s.d. = no se determinó.

- 1 Variaciones propias de la determinación de la  $a_w$ .
- 2 La mayor temperatura favoreció a la disolución de más azúcar.
- 3 La hidrólisis de la sacarosa y de las pectinas para dar azúcares de menor peso molecular, favoreciendo lo anterior por el incremento de la temperatura de almacenamiento.

Una explicación de las variaciones de humedad en los diferentes lotes con el transcurso del tiempo, además de lo señalado en los puntos 1 y 2 anteriores, es la siguiente:

- 1 El envasado no era herético.
- 2 Mientras mayor contenido tenía de azúcar, más higroscópico era el material y mayor posibilidad de que absorbiera humedad.

De lo mencionado anteriormente, el aspecto más relevante es que la  $a_w$  disminuye, confiriéndole mayor estabilidad al producto y, por otro lado, la absorción de humedad no tiene mucha importancia, ya que no influye en los resultados.

El pH no presentó variación durante el almacenamiento en los diferentes lotes, como se puede ver en el CUADRO IX,



CUADRO IX: VALORES DE pH DE PULPA DE CHICORAPOTE A LAS DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

t (días)	$a_w = 0.92$			$a_w = 0.89$			$a_w = 0.84$		
	T °C			T °C			T °C		
	4°	15°	25°	4°	15°	25°	4°	15°	25°
0	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
15	3.4	3.5	3.4	3.4	3.6	3.4	3.4	3.5	3.4
30	3.6	3.4	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.3
45	3.7	3.3	n.s.d.	3.5	3.4	3.4	3.4	3.3	3.2
60	3.7	3.3	n.s.d.	3.5	3.4	n.s.d.	3.3	3.3	n.s.d.

n.s.d. = no se determinó

esto se debe a que la fruta tiene un efecto regulador por las diferentes sales que contiene.

#### Cambios en el color:

La pulpa de chicozapote debido a que no ha sufrido ningún tratamiento térmico, sus sistemas enzimáticos están activos, por lo que es susceptible de presentar pardeamiento enzimático debido principalmente a las polifenoloxidasas; no se descarta que también presente pardeamiento no-enzimático como resultado de las reacciones de Maillard. Sin embargo, se considera que el de mayor importancia es el primero.

En los resultados que se presentan en el CUADRO X podemos observar que en el lote con  $a_w$  de 0.92 a 4 °C la variación de color es mínima, ésta aumenta conforme aumenta la temperatura, esto se debe a que conforme aumenta la temperatura aumentan las reacciones de pardeamiento y hay variación de color. En la pulpa se encuentran varios compuestos fenólicos que a mayor temperatura reaccionan con el oxígeno dando compuestos coloridos. Por otro lado también está en función de la actividad de agua, ya que a menor  $a_w$  tengo que añadir más azúcar y esa azúcar impide la reacción con el oxígeno.

CUADRO X: VALORES DE POR CIENTO DE REFLECTANCIA PARA DETERMINACION DE COLOR EN PULPA DE CHICOSPOTE A LAS DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

t (dias)	$a_w = 0.92$			$a_w = 0.88$			$a_w = 0.84$		
	T °C			T °C			T °C		
	4°	15°	25°	4°	15°	25°	4°	15°	25°
0	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8
15	8.2	8.4	11.2	7.3	7.2	7.8	10.6	7.5	7.5
30	7.5	10.3	10.2	6.8	6.7	8.2	10.8	7.1	6.4
45	7.5	11.4	n.s.d.	7.0	6.1	7.6	10.8	6.7	6.7
60	7.5	11.0	n.s.d.	6.6	6.7	n.s.d.	10.3	6.5	n.s.d.

n.s.d. = no se determinó

Es de señalarse que este lote es el que tiene mayor cantidad de pulpa y menor de azúcar.

Para los otros dos lotes con  $a_w$  de 0.93 y 0.94 los cambios de color son pequeños con respecto a la temperatura y al transcurso del tiempo, siendo el color un poco más claro en el de  $a_w$  de 0.94.

Los resultados evidencian el papel protector del azúcar en el pardeamiento enzimático, ya que ésta impide que el oxígeno entre en contacto con la pulpa, por lo que se hace más difícil la oxidación de los compuestos fenólicos.

#### Cuenta microbiológica:

En los lotes con  $a_w$  de 0.92, 0.93 y 0.94, por lo que respecta a la cuenta total de mesófilos y de hongos y levaduras, de los resultados que se presentan en los CUADROS XI y XII respectivamente se observa una disminución de la cuenta durante el tiempo de almacenamiento y también con la temperatura; sin embargo, a 25 °C y  $a_w$  de 0.92 a partir de los 30 días de almacenamiento presentó signos de fermentación; para el caso de las otras dos  $a_w$  y a esta temperatura, la fermentación empezó a los 45 días.

CUADRO XI: CUENTA TOTAL DE MESOFILICOS COL/GRAMO DE PULPA DE CHICOSAPOTE  
A LAS DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

t (dias)	$a_w = 0.92$			$a_w = 0.88$			$a_w = 0.84$		
	T °C			T °C			T °C		
	4°	15°	25°	4°	15°	25°	4°	15°	25°
15	20	30	-	60	10	-	90	30	-
30	20	30	-	40	30	-	80	30	-
45	10	10	n.s.d.	20	20	-	80	30	-
60	10	10	n.s.d.	20	20	n.s.d.	70	20	n.s.d.

n.s.d. = no se determinó

- = negativo

CUADRO XII: CUENTA TOTAL DE HONGOS Y LEVADURAS COL/GRAMO DE PULPA DE CHICZOAPOTE A LAS DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

	$a_w = 0.92$			$a_w = 0.88$			$a_w = 0.84$		
	T °C			T °C			T °C		
t (dias)	4°	15°	25°	4°	15°	25°	4°	15°	25°
15	-	-	-	-	-	-	80	20	-
30	-	-	-	-	-	-	70	20	-
45	20	-	n.s.d.	40	-	-	60	20	-
60	20	-	n.s.d.	30	-	n.s.d.	60	10	n.s.d.

n.s.d. = no se determinó

- = negativo

Con lo que respecta a la viscosidad del producto, como podemos ver en el CUADRO XIII, se puede observar que el valor de  $n$  es menor que 1, por lo que tenemos un fluido tiempo independiente pseudoplástico.

En cuanto a los resultados de cenizas que se dan en el CUADRO XIV no hubo cambios significativos. A los lotes que se les agregó más cantidad de ardor se encontró que tenían menos cantidad de cenizas.

En cuanto a los sulfitos:

Se perdieron rápidamente ya que no estaban los envases cerrados herméticamente y, por otro lado, se agregaron a la pulpa en forma de solución, lo que contribuyó en gran parte a su pérdida, comprobándose esto en la primera determinación.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CUADRO XIII: VALORES DE INDICE DE CONSISTENCIA Y DE INDICE DE COMPORTAMIENTO DE FLUJO DE PULPA DE CHICORAPOTE A LAS DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

	$a_w = 0.92$			$a_w = 0.88$			$a_w = 0.84$		
	T °C			T °C			T °C		
t (dias)	4°	15°	25°	4°	15°	25°	4°	15°	25°
15	n=0.42 K=1.98	n=0.56 K=6.09	n=0.52 K=3.83	n=0.37 K=3.44	n=0.40 K=4.14	n=0.39 K=1.58	n=0.24 K=3.44	n=0.55 K=21.2	n=0.28 K=4.28
30	n=0.51 K=4.31	n=0.54 K=5.78	n=0.53 K=2.10	n=0.32 K=2.53	n=0.31 K=2.79	n=0.34 K=2.57	n=0.26 K=3.98	n=0.30 K=3.36	n=0.28 K=4.40
45	n=0.38 K=1.82	n=0.48 K=3.86	n.s.d.	n=0.35 K=2.67	n=0.40 K=4.36	n=0.33 K=2.55	n=0.20 K=3.01	n=0.27 K=5.95	n=0.28 K=5.22
60	n=0.52 K=5.06	n.s.d.	n.s.d.	n=0.36 K=3.43	n.s.d.	n.s.d.	n=0.28 K=5.38	n.s.d.	n.s.d.

K = Índice de consistencia  
n = Índice de comportamiento de flujo  
n.s.d. = no se determinó



CUADRO XIV: VALORES DE POR CIENTO DE CENIZAS DE PULPA DE CHICOSAPOTE A LAS DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

	$a_w = 0.92$			$a_w = 0.88$			$a_w = 0.84$		
	T °C			T °C			T °C		
t (días)	4°	15°	25°	4°	15°	25°	4°	15°	25°
0	0.31	0.31	0.31	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25
15	0.50	0.50	0.50	0.34	0.36	0.34	0.23	0.24	0.14
30	0.50	0.41	0.52	0.33	0.34	0.37	0.24	0.19	0.26
45	0.43	0.39	n.s.d.	0.32	0.32	0.29	0.29	0.18	0.29
60	0.69	0.24	n.s.d.	0.56	0.20	n.s.d.	0.30	0.17	n.s.d.

n.s.d. = no se determinó

## VII CONCLUSIONES

- 1 La conservación de la pulpa de chicozapote depende de su  $a_w$  y la temperatura de almacenamiento, se puede conservar a una  $a_w$  menor de 0.88 y temperatura menor de 15 °C durante por lo menos dos meses; a 15 °C se conservó 30 días a las  $a_w$  de 0.92 y 0.88; y 45 días a las 3 diferentes  $a_w$ : 0.92, 0.88 y 0.84.
- 2 La cuenta total de mesófilos a las temperaturas de 4 y 15 °C y a las 3  $a_w$  disminuye con el tiempo de almacenamiento.
- 3 Para la cuenta de hongos y levaduras el comportamiento de las pulpas es semejante que en el caso anterior.
- 4 Con respecto a la viscosidad podemos concluir que es un fluido tiempo independiente pseudoplástico, lo que facilita el mezclado del producto.
- 5 Podemos concluir con respecto a los valores de pH que a estas condiciones de almacenamiento y con estas características de la pulpa de chicozapote no hay variación.

- 6 Con respecto al color hay un poco de variación en cuanto a suente la temperatura de almacenamiento, esto se debe a que se propician las reacciones de pardeamiento enzimático.

## VIII BIBLIOGRAFIA

- 1 Adams, D. M.: Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. American Public Health Association. U.S. A. 1984.
- 2 Anzaldúa, M. A.; Brennan, J. C.; La medición de la textura de frutas y verduras por medio de calor. Tecnología de Alimentos. Vol. 19 (2). 1984 México.
- 3 Arana, E. R.: Actividad del agua en relación con los alimentos. Tecnología de Alimentos. Vol. 15 (6). México, 1980.
- 4 Association of Official Agriculture Chemistry (AOAC): Official Methods of Analysis, 11 th. edition. Washington D.C., 1975.
- 5 Badui, D. S.: Química de los Alimentos. Ed. Alhambra. México, 1982.
- 6 Bodily, H. L.: Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. American Public Health Association. U.S.A. 1984.
- 7 Boletín de divulgación de grupos mexicanos No. 1. Desarrollo de alimentos de humedad intermedia importantes para Iberoamérica. Agosto 1988.
- 8 Buenrostro, M. G.: Conservación del Chicozapote y Mango Manila en refrigeración. Tesis. México, 1982. Fac. Química. UNAM.
- 9 Carrillo, C. y Morales de León, J.: Manual de técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos.

Depto. de Ciencia y Tecnología de Alimentos.  
I.N.M.S.T. México, 1984.

- 10 Cheftal, J. C.; Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Ed. Acribia. Vol. 1. Zaragoza, España, 1976.
- 11 Cherifa, J.; Conservación de alimentos de alta humedad por métodos combinados basados en la reducción de la actividad de agua. IPN, México, 1987.
- 12 Desrosier, N. W.; Conservación de los Alimentos. Ed. CECSA. México, 1984.
- 13 Desrosier, N. W.; Elementos de Tecnología de Alimentos. Ed. CECSA. México, 1984.
- 14 Davies, J. W.; Analysis for total sulphite in foods by using rapid distillation followed by redox titration. J. Assoc. Anal. Chem. (69(5):69-73. 1986.
- 15 Fennema, O. E.; Introducción a la Ciencia de los Alimentos. Ed. Everté. Tomo II. España, 1982.
- 16 Fourzali, M. E.; Anteproyecto para la Industrialización del Chicozapote en el Edo. de Chiapas. Tesis. México. 1975. Facultad de Química. USAM.
- 17 Frazier, W. C.; Microbiología de los Alimentos. Ed. Acribia. España, 1977.
- 18 Frutas 32. Aspectos generales de la producción en México. Comisión Nacional de Fruticultura. SAG. Folleto No. 7. México, 1972.

- 19 García López, I. E.; Evaluación de la calidad del fruto de árboles criollos de chichorapote para un mejoramiento selectivo. Tesis. Toluca, México, 1982. Fac. Química.
- 20 Mackey, A. C. y Hard, M. M. y Zarchinger, M. V.; Measuring textural characteristics of fresh fruit and vegetables. Technical Bulletin No. 133. Agricultural experiment station. Oregon State University. Corvallis, Oregon, 1973.
- 21 MacLeod, A. J. y González de Troconis, N.; Volatile flavor components of sapodilla fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry 30(3), 515-517, 1982.
- 22 Manual para educación agropecuaria. Elaboración de frutas y hortalizas. SEP/Trillas. Area: Industrias rurales. México, 1985.
- 23 Muller, E. G.; Introducción a la recolección de los alimentos. Ed. Acribia. España, 1977.
- 24 Nilo Rivas, E. y Martos, C.; Physico-chemical characterization of sapodilla in Zulia State, and studies on its suitability of canning. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 10 (1/2-3/4) 57-69, 1979.
- 25 Pearson, D.; The Chemical Analysis of Foods. Longman Group, Co., 1977.
- 26 Potter, N.; La Ciencia de los Alimentos. Ed. Edutek. México, 1978.



27. Banedan, L. y Mendoza, M.: Changes in sugar, texture and soluble solids in sapodilla plum var: concludo. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad de Zulia (6(2) 744-757. Maracaibo, Venezuela, 1983.
28. Banqanna, S.: Manual of Analysis of fruit and vegetable products. McGraw Hill. New Delhi, 1977.
29. Rockland, L. B. y Beachat, L. R.: Water activity: Theory and applications to food. Edited by Institute of Food Technologists. 1987.
30. Sajer, S.: Preconservación de duraznos por métodos combinados. Tesis M.C. Universidad Nacional de Mar de Plata, Argentina, 1985.
31. Scorza, O. C. y Chirife, J. y Cattaneo, P.: Factores que condicionan el crecimiento microbiano en alimentos de humedad intermedia. La Alimentación Latinoamericana, No. 127, 1981.
32. Sanson, J. A.: Tropical Fruits. Tropical Agriculture series. Longman Group Limited, London, 1980.
33. Seminario sobre procesamiento de frutas tropicales. CEA-México, 1976.
34. Steven Nagy, Ph. D.; Philip E.; Shaw Ph. D.: Tropical and Subtropical Fruits, Composition, Properties and Uses. AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, Printed in U.S.A., 1980.

- 35 Toledo, R. T.; Fundamentals of Food Process Engineering. AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, 1981.
- 36 Troller, A. y Christin, J. H. B.; Water Activity and Food. Academic Press, New York, 1978.
- 37 Vigo, M. E.; Estudio sobre alimentos tradicionales de humedad intermedia, elaborados en la Argentina, determinación de la actividad acuosa, pH, humedad y sólidos solubles. Revista Agroquímica y de Tecnología de Alimentos, 21(1); 1981.
- 38 Whitman, W. F.; South America Sapote. Proceedings of the Florida State, Horticultural Society, 85, 226-227, 1976.