



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ELABORACION DE
PULPA DE TAMARINDO EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS

**INFORME DE LA PRACTICA
P R O F E S I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICA DE ALIMENTOS
P R E S E N T A
GAONA DIEGO REYNA DEL CARMEN**



EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUIMICA

MEXICO, D.F.

2005

m340798



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

Astíndole a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a otorgar en formato electrónico e imprimir el contenido de mi trabajo receptor.

NOMBRE: Guerra Diego

Bayan del Comercio

FECHA: 07 - Febrero 2005

FIRMA: Rayan del C. Guerra D.

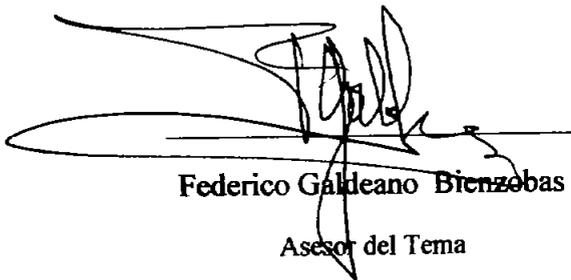
Jurado Asignado:

Presidente	Federico Galdeano Bienzobas
Vocal	Lucia Cornejo Barrera
Secretario	Luis Orlando Abrajan Villaseñor
1er. Suplente	Enrique Martínez Manrique
2 do. Suplente	Fabiola González Olguín

LUGAR DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

BEBIDAS SANAS S. A. DE C. V.

**LABORATORIO 4 EDIFICIO A FACULTAD DE QUÍMICA CIUDAD
UNIVERSITARIA, UNAM**



Federico Galdeano Bienzobas
Asesor del Tema

Reyna del Carmen Gaona D.

Reyna del Carmen Gaona Diego

Sustentante

AGRADECIMIENTOS

AL DIOS:

Le doy gracias por permitirme llegar hasta este momento que es importante para mí ya que ha sido largo el camino y muy difícil de llegar a la meta.

Le doy gracias por la fortaleza y la paciencia de poder seguir adelante a pesar de todos los eventos que estuvieron presentes en mi camino, que fueron topes altos de pasar pero que aún así decidí seguir adelante, y sin embargo hubo momentos en los que parecía que era imposible continuar.

Le doy gracias a DIOS por esos dos angelitos que son mis hijos que separcieron en mi vida y que por ellos es que decidí continuar sin importar todas las carencias que tuve ya que este ha sido el reto más grande que he tenido hasta este momento y que puedo decir que lo logré.

Gracias DIOS por todos esos momentos buenos y malos, sobre todo por esas situaciones tan amargas que me hicieron valorarme, crecer como persona y como ser humano.

Sólo es grande aquel que, considerando la vida como un viaje que debe conducirle a un fin, hace poco caso de las asperezas del camino, y no se deja desviar un instante de la senda recta; dirigiendo sin cesar la vista hacia el término de la carrera, poco importa que los abrojos y las espinas del sendero amenacen arrastrarle, le rozan sin alcanzarle y no obstante, no deja de seguir su curso.

La inteligencia es rica en méritos para el porvenir, pero con la condición de hacer de ella buen uso: si todos los hombres que la poseen la empleasen según las miras de Dios, la misión para muchos sería fácil para hacer avanzar a la humanidad; desgraciadamente para muchos es objeto de orgullo y de pérdida para ellos mismos.

El hombre abusa de su inteligencia como de todas sus otras facultades y sin embargo, no le faltan lecciones que le adviertan que una mano poderosa pueda quitarle lo que le ha dado.

AGRADECIMIENTO:

A mi madre.

Por el apoyo que me brindó en este trayecto de mi vida que ha sido el más representativo hasta ahora, por cuidar a mis pequeños y sé que nunca podré pagarle todo lo que ha hecho por ellos y por mí.

Gracias por que he aprendido muchas cosas de usted, por que es una persona fuerte, por que es una persona admirable y de buen ejemplo, que ha salido adelante por sí misma y que nos ha dado lo que hemos necesitado hasta entonces sobre todo por impulsarnos a seguir adelante en nuestro camino, sin detenernos a pesar de los tropiezos gracias por estar siempre con nosotros.

A mis hijos:

Por que han sido la razón importante en mi desarrollo y el motivo por el cual logré esta meta, sé que ha sido poco el tiempo que he convivido con ustedes, pero a veces es importante mantener un equilibrio, con todas las actividades que tengo que hacer, espero que algún día entiendan por que he estado poco tiempo con ustedes quiero que sepan que son la razón más importante en mi vida y deseo lo mejor para ustedes. Les dedico mi tesis por que fue en esos momentos cuando más me necesitaron y no atendí a su llamado.

Tú llevas en ti mismo un amigo sabiendo que no conoce.

Por que Dios reside en el interior de todo hombre, pero pocos saben encontrarle. El hombre que hace el sacrificio de sus deseos y de sus obras al ser de donde proceden los principios de toda cosa y por quien el Universo ha sido formado, obtiene por tal sacrificio la perfección. Porque quien encuentra en sí mismo su felicidad, su gozo, y en sí mismo también su luz, es uno con Dios, y sabedor. El alma que ha encontrado a Dios se libra del nacimiento y de la muerte, de la vejez y del dolor y bebe el agua de la inmortalidad.

81161V106111

Agradecer:

Al profesor Federico Galdano por su apoyo en el desarrollo del tema.

Al profesora Lucia Cornejo por su apoyo, su paciencia, dedicación y sus aportaciones en este tema.

Al profesor Orlando Tribayan por sus comentarios en el desarrollo del tema.

Final por sus consejos y su paciencia, así mismo por el tiempo que dedico en el desarrollo de mi presentación.

Al mi querido amigo Miguel A. Ramírez C., que me ha apoyado en los momentos que más necesité, le agradezco su inercible dedicación y su paciencia, con mi tema de labda y sus comentarios en el desarrollo de mi tesis, gracias por sus consejos y por que siempre me das palabras de aliento para seguir adelante.

Al Francisco Javier Molina G. Por formar parte importante en este momento de mi vida, por que nuestros destinos se cruzaron sin saber cual es el objetivo o el motivo de ello, te doy las gracias por todos esos momentos que has compartido conmigo y que han sido buenos y por que no también por aquellos que han sido malos, gracias por que formamos un buen equipo de trabajo juntos y por la paciencia que has tenido conmigo. Recuerda que todo amor y toda amistad dejan una huella en tu camino.

Conócete a ti mismo y conocerás el universo y a los Dioses

PIRÁGORAS

INDICE	Página
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
ANTECEDENTES	4
1.0 CAPITULO I EL TAMARINDO	
1.1 Características botánicas y descripción del árbol de tamarindo.	5
1.2 Cultivo.	9
1.2.1 Tratamiento Pregerminativo	
1.2.2 Germinación de la semilla de tamarindo.	10
1.2.3 Propagación.	
1.2.4 Reproducción sexual.	10
1.2.5 Reproducción asexual.	11
1.3 Aspectos de fertilización.	12
1.3.1 Maduración y cosecha.	13
1.3.2 Clima.	15
1.3.3 Suelo y topografía.	15
1.3.4 Plagas.	16
1.4 Producción.	17
1.4.1 Variedades	25
2.0 CAPITULO II USOS DEL ARBOL Y DEL FRUTO ASÍ COMO SU COMPOSICIÓN QUÍMICA	
2.1 Usos del árbol.	26
2.2 Usos del fruto.	28
2.2.1 Descripción de la pulpa de tamarindo.	28
2.2.2 Usos de la pulpa	30
2.3 La semilla y su composición química.	32
2.3.1 Ácidos grasos de la semilla	33
2.3.2 Fosfolípidos presentes en la semilla	35
2.4 Usos de la semilla	36
2.5 Cáscara del tamarindo	37
2.6 Ácidos orgánicos presentes en el tamarindo	38
2.7 Compuestos volátiles	39
2.8 Pigmentos	40
3.0 CAPITULO III PRODUCTOS INDUSTRIALIZADOS A BASE DEL FRUTO DE TAMARINDO.	41
3.1 Obtención de pulpa de tamarindo.	43
3.2 Obtención de jugo concentrado de tamarindo.	45
3.3 Obtención de polvo de tamarindo a partir de la pulpa.	49
3.4 Obtención de bebida a partir de polvo de tamarindo.	51
3.5 Obtención de bebidas de tamarindo.	53
3.6 Obtención de jarabe de tamarindo.	54
3.7 Otros procesos de industrialización de tamarindo.	55
3.8 Obtención de la pectina de tamarindo a partir de la pulpa.	57

3.9	Obtención de polvo de la semilla de tamarindo.	58
3.9.1	Adhesivo.	61
3.9.2	Polisacárido.	61
4.0	CAPITULO IV PROCESO DE MEJORAMIENTO ELABORACIÓN DE LA PULPA DE TAMARINDO	62
4.1	Recepción e inspección de materia prima.	
4.2	Limpieza y selección de tamarindo.	
4.3	Lavado.	
4.4	Trocado.	
4.5	Despulpado.	
4.6	Refinado.	63
4.7	Envasado.	
4.8	El control de proceso.	
4.9	<u>Proceso de mejoramiento de elaboración de pulpa de tamarindo.</u>	64
4.10	Muestreo de materia prima.	66
4.11	Recepción e inspección de materia prima.	
4.12	El control de plagas.	67
4.13	Almacenamiento de materia prima.	69
4.14	Limpieza y selección de tamarindo.	70
4.15	Lavado y desinfectado.	71
4.16	Trocado.	72
4.17	Despulpado.	
4.18	Refinado.	
4.19	Preparación de la pulpa.	
4.20	Envasado de la pulpa de tamarindo.	73
4.21	Identificación de lotes	
4.22	Registro de elaboración y producción.	74
4.23	Evaluación de calidad.	
4.24	Determinar los puntos críticos de control (PCC).	76
	4.24.1 Establecer especificaciones para cada punto crítico de Control Identificado.	76
	4.24.2 Monitorear cada punto crítico de control.	
	4.24.3 Establecer acciones correctivas que deben ser tomadas cuando el monitoreo indica que hay una desviación en un punto crítico de control.	77
	4.24.4 Establecer procedimientos de registro.	
	4.24.5 Establecer procedimientos de verificación.	77
	CONCLUSIONES.	80
	BIBLIOGRAFÍA.	81



5

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

México por sus condiciones geográficas tiene un enorme potencial de producción de frutas, siendo actualmente importante pero diseminado por todo el país.

El tamarindo es procedente de África del Este, *Tamarindus indica* es la única especie de su género *Tamarindus*. Los frutos de este árbol son unas vainas que contienen un máximo de diez semillas pardas, rodeadas de una abundante pulpa ácida.

El tamarindo es un fruto no climatérico esto quiere decir que hay que recolectarlo cuando esta perfectamente maduro, entre sus principales utilizaciones se puede emplear prácticamente todas las partes del árbol sobretodo para preparaciones alimentarias o preparaciones medicinales, no obstante el fruto es la parte vegetal más explotada (se utiliza en la elaboración de jugo, jarabe, bebida, condimento, confitería, dulces, mermelada, jaleas, etc.).

Los rendimientos de fruta anuales promedio de un árbol maduro son aproximadamente de 150 a 200 Kg., por árbol o alrededor de 12 a 16 ton/ha, es un fruto rico en pectina, azúcares reductores, minerales, vitaminas, contiene importantes cantidades de ácidos orgánicos, constituidos principalmente en un 98% de ácido tartárico. Uno de los principales componentes del aroma de la pulpa de tamarindo es el 2- acetil furano, benzaldehído, metil pirazonas entre otros.

El fruto de tamarindo es importante por su alto contenido de pulpa que representa el 42.8 % del fruto total, así mismo por su composición química que aporta una buena fuente de energía en virtud de los hidratos de carbono que son asimilables, en forma de fructosa y glucosa, o en forma de fibra. El tamarindo juega un papel muy importante en la nutrición humana, ya que posee sustancias alimenticias indispensables para el organismo, además de otras propiedades.

En este trabajo se presentan las mejoras realizadas al proceso de obtención de la pulpa de tamarindo para ofrecerla a diferentes consumidores, para su uso en la industria de alimentos.

Cuando hablamos de producción nos referimos al hecho de llevar a cabo todo un proceso, desde la recepción, selección de la fruta, hasta su presentación final que es la pulpa, pasando por el lavado, pelado, troceado de la fruta, despulpado, refinado y envasado final, todo esto manteniendo las buenas prácticas de manufactura.

Cuidando que el personal operativo tenga las herramientas y equipo necesarios para desarrollar eficientemente su labor y que además se tengan en cuenta todas las medidas de seguridad, buenas prácticas de manufactura e higiene, limpieza y sanitización de equipo, que previenen la contaminación microbiológica del producto.

Una de las funciones de comercialización, consiste en la entrega de la pulpa a los consumidores, bien sean cafeterías, heladerías, confiterías, refresqueras u otros; para ofrecer un producto de alta calidad, con sabor, color, olor y textura agradables, a un buen precio con una presentación final adecuada para cumplir con las exigencias del mercado.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

- Dar a conocer las mejoras que se realizaron en cada una de las etapas que se llevan a cabo en el proceso de obtención de pulpa de tamarindo como materia prima.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Mejorar la recepción e inspección del fruto de tamarindo como materia prima de los diferentes proveedores.
- Exigir a los proveedores que cumplan con las especificaciones requeridas para la recepción del fruto de tamarindo como materia prima.
- Mejorar el proceso de obtención de la pulpa de tamarindo, desde la limpieza, hasta la obtención de la pulpa.
- Determinar las especificaciones del monitoreo en la recepción de materia prima.
- Mantener las buenas prácticas de manufactura, limpieza y sanitización de equipo, así como monitorear los puntos críticos de control.

ANTECEDENTES

CAPITULO I

EL TAMARINDO

CAPITULO I

1.0 EL TAMARINDO

El Tamarindo es un árbol de gran tamaño, larga vida y usualmente siempre verde, nativo a los trópicos del Viejo Mundo. Este árbol se ha plantado y naturalizado extensamente en las regiones tropicales y subtropicales, incluyendo la región del Caribe, la América Central, el norte y la América del Sur, las Antillas y desde México hasta Brasil, en el sur de Florida, los Cabos, Bermudas, Cuba y Puerto Rico. Es nativo de las sabanas secas del África tropical, desde Sudán, Etiopía, Kenia y Tanzania, hacia el oeste a través del África hasta Senegal. El árbol fue introducido a Egipto, el Medio Oriente y Asia entre los años 1700 y 1800, probablemente llevado con los primeros embarques de esclavos del oeste de África Figura 1. En México se llega a encontrar en forma silvestre en las costas del Pacífico, principalmente en los estados Baja California Sur, Colima, Chiapas, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, México, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán, Figura 2. (17) (19)

Figura 1

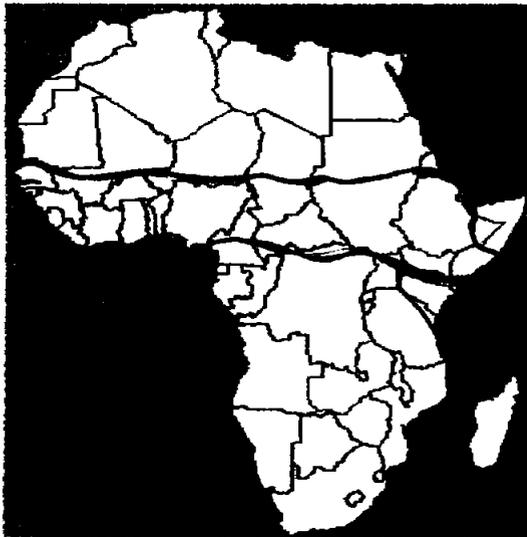


Figura 2



1.1 Descripción del árbol de tamarindo. (1)(8)

Es un árbol de tamaño grande, inerte, perennifolio bajo óptima condiciones o subcaducifolio, de 10 a 25 m ó hasta 30 m de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 1m o más. La copa redondeada, grande, extendida y abierta, con una cobertura de 6 a 10 m. Tiene un follaje denso o ralo, plumoso en apariencia y ofreciendo una sombra atractiva. Figura 3



Figure 1. Middle-aged Tamarind.

Características Botánicas (1) (8)

El nombre científico	<i>Tamarindus indica L.</i>
Familia de las leguminosas	leguminosae caesalpiniodene
Subfamilia	de las casias.
Tribu	amberstiae.
Género	Tamarindus.
Especie	indica

El Tronco es corto, derecho y grueso. Las Ramas están ampliamente extendidas, con las ramillas en forma de zigzag (pubescentes cuando jóvenes). Tiene una corteza externa con tonalidades que van desde grises hasta pardo oscuros (tostado o café). (18)

Las hojas alternas, paripinnadas, corto pecioladas, de 5 a 15 cm., de largo; con 10 a 20 pares de pinnas enteras, oblongas, con la base oblicua y el ápice redondeado, bases sésiles con longitud fluctuante de 0.3 a 2.5 cm. y aun ancho de 2 a 8 mm., color verde pálido.

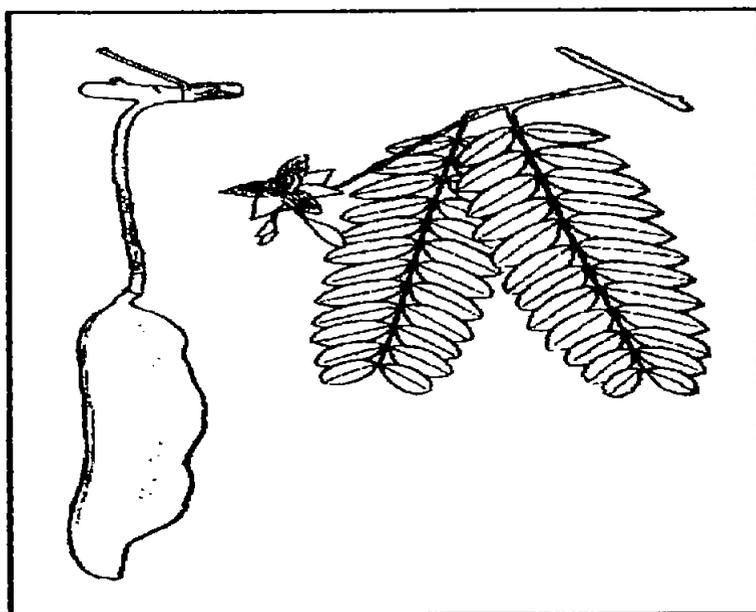
Las Flores. La florescencia ocurre por lo general en sincronía con los nuevos brotes foliares, lo cual ocurre en la mayoría de las áreas durante la primavera y el verano. El Tamarindo exhibe dos periodos de florescencia: uno durante los meses de marzo y abril y el otro durante octubre. (22)(23)

Las flores aparecen a través de todo el dosel en agrupaciones pequeñas, ralas y vistosas de flores de color amarillo pálido con una venación de color rosa. Las flores individuales, que miden aproximadamente 2.5 cm., de diámetro, poseen tres estambres y tres pétalos de tamaño desigual, uno con vetas amarillas y rojas o anaranjadas, y los otros dos reducidos a unas escamas diminutas. (9) (16) (18)

Las hojas y las flores son vegetales comestibles, las hojas contienen ácido oxálico 196 mg/100g y en las hojas se ha demostrado la presencia de calcio/ oxalato en una proporción de 1:1 a un pH 4.5, indicando que las hojas son buenas fuentes de calcio, pero la presencia de ácido oxálico puede afectar su valor nutritivo.

El ácido tartárico en hojas decrece de 20 a 12 % sobre base seca de Mayo a Diciembre. El ácido tartárico libre desaparece después de tres meses de la formación de la hoja. El ácido málico en hojas jóvenes la cantidad puede ser de 1.5% en las hojas durante el invierno. (19)

Las frutas, son de forma oblonga y con una sección transversal casi circular, tiene de 8 a 15 cm., de largo, de 1.9 a 2.5 cm., de ancho, de 1.0 a 1.6 cm., de gruesas, forma curva y protuberancias irregulares, con una capa externa llamada epicarpio que es de color pardo delgada, crustácea seca y escamosa, (se quiebra irregularmente al secarse), una capa mediana llamada mesocarpio que es pulposa combinada con fibras y una capa corécea interna llamada endocarpio septada entre las semillas, conteniendo 1 a 12 semillas. Las vainas indehiscentes se maduran aproximadamente 10 meses después de la florescencia, y pueden permanecer en el árbol hasta la siguiente florescencia. El tamarindo por lo usual comienza a producir fruta entre los 7 y los 10 años de edad, con la producción de vainas estabilizándose alrededor de los 15 años. *Figura 4, (17) (18)*



La vaina está compuesta de cáscara 15- 25 %, la parte comestible del tamarindo la pulpa 45-55%, semillas 25 – 35 %, y fibra 10- 15 %. Las semillas contienen testa que es la cubierta de color café de las semillas y es aproximadamente el 25-30%, el endospermo 70- 75 %.

El fruto sazonado contiene 63 – 69 % pulpa en presencia de una alta humedad que es de aproximadamente el 45- 55% después de remover la cáscara y secarlo, la composición química del fruto se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Composición de la porción comestible del fruto maduro de tamarindo g/100g

Constituyentes	Porcentaje
Humedad	45 - 55%
Proteínas	1.40 – 3.30
Grasa	0.27 – 0.81
Azúcares totales	21.40 – 30.85
Sacarosa	0.10 - 0.80
Celulosa	1.80 – 3.20
Cenizas	1.20 – 1.72
Ácido Tartárico Total	8.40 – 12.40
Acidez total como ácido tartárico	17.10 – 18.40
pH	3.15
Pentosas	4.20 – 4.80

Fuente: J. Food Sci. Technol., 1998, Vol. 35, No. 3, pag., 193-208

Las semillas son obovoides-orbiculares, comprimidas, lateralmente, lisas, con la testa café lustrosa, de color pardo brillante, de aproximadamente 1.6 cm., de largo, con alrededor de 850 a 1000 semillas por kilogramo. Las semillas se liberan de las vainas caídas después de la descomposición parcial, y a veces son dispersadas por los animales, los cuales consumen las vainas. (3)

1.2 CULTIVO

1.2.1 Tratamiento Pregerminativo. (17)

- La inmersión en agua a 75°C durante 3 a 8 minutos estimula la germinación.
- Los porcentajes de ruptura de testa y germinativo alcanzados son superiores al de las semillas sin tratamiento: ruptura 97.5% (22.6 días) y germinación 87.5% (22.5 días).
- Sumergir una hora en ácido sulfúrico concentrado para asegurar altos porcentajes de germinación.
- La incubación con temperaturas hasta de 40°C eliminan la impermeabilidad.
- Estratificación en arena. Se recomienda la desinfección de las semillas antes de depositar las capas alternas de semillas y arena fina en un lugar sombreado; hay que mantener la humedad necesaria hasta el inicio de la germinación.
- Estratificación con temperatura constante. En pruebas *in vitro* los mejores resultados de germinación se obtuvieron a temperaturas constantes de 36°C. Cuando las semillas se incuban a 45°C se pudren y se mueren.
- Escarificación. Las semillas presentan una cubierta impermeable al agua, que se resuelve mecánicamente rompiendo la testa. Se perforan manualmente haciéndoles una ranura, grieta o fisura en la areola con una lima de mano. Con este método se obtiene el 100% de ruptura y 98.7% de germinación. Sin perforación la germinación alcanza sólo el 66%.
- En la India, han utilizado diferentes tratamientos:
 - a) Inhibición de las semillas en agua por 24 horas (63.6% de germinación);
 - b) Las colocan en una solución de excremento de vaca (500g de excremento disueltos en 10 litros de agua) por 24 horas (72.6%);
 - c) Las sumergen en orina de vaca (un litro de orina mezclada en 10 litros de agua) por 24 horas (82.8%);
 - d) Sin remojo (37%).

1.2.2 Germinación de la semilla de tamarindo. (18)

La germinación en el tamarindo es epigea. Entre los tratamientos recomendados para las semillas está el baño en agua fría o tibia por 24 a 48 horas, con o sin un baño inicial en agua caliente, aunque las semillas se pueden sembrar sin tratamiento previo alguno.

El crecimiento inicial se ve favorecido por el desyerbado, el suelo poroso y la sombra ligera. Se reporta que las plántulas en el vivero son tolerantes a la irrigación con agua alcalina (con un pH de 8.4), con unas concentraciones de carbonato (12mg/L) y bicarbonato (0.66g/L) altas.

1.2.3 Propagación.

La reproducción vegetativa del tamarindo produce raíces adventicias al ser dañado. Se reporta que el anillado de vástagos privados de luz estimula el crecimiento de raíces por acodos (acodo aéreo es un tipo de reproducción asexual) en un periodo de 10 semanas, pudiéndose acortar este proceso varias semanas a través de la aplicación de ácido indolbutírico, un regulador del crecimiento.

El Tamarindo se puede propagar por reproducción asexual (por injerto) y reproducción sexual (por semilla), para lo cual se deben seleccionar previamente los árboles "madres" que tengan la característica de altos productores, frutos de buena calidad, sanos y cuyos frutos tengan aceptación en el mercado.

1.2.4. Reproducción sexual (6) (17)

- I. Semilla- La multiplicación del tamarindo se ha hecho habitualmente por semilla su alto porcentaje de germinación. Se deben preparar semilleros o canteros con un alto porcentaje de arena, debidamente desinfectado y protegido del daño de animales y tener acceso a agua para su riego.

La siembra se efectúa colocando las semillas cada 3 ó 5 cm., entre sí y a no menos de 10 cm., entre cada hilera.

Una vez germinada la semilla tarda de 8 a 10 días en alcanzar una altura de 3 a 5 cm., que es la adecuada para el trasplante al vivero. Con un buen manejo en el vivero, la planta estará lista para sembrarse en el campo definitivo alrededor de 12 a 15 meses.

- II. Regeneración natural. - La tasa de germinación varía entre el 30 y el 70%. Se reporta que la regeneración natural es buena. Las plántulas producen una raíz pivotante larga a una edad temprana, la cual puede alcanzar 30cm., de longitud o más después de 2 meses de la germinación. Bajo condiciones favorables, las plántulas crecen 60cm., más de altura durante cada una de las dos primeras temporadas de crecimiento.
- III. Siembra directa. - Las plantaciones pueden ser establecidas por la siembra directa a lo largo de líneas taladas o mediante el trasplante de plántulas en contenedores de 4 a 6 meses después de la siembra; los trasplantes deben ser efectuados durante la temporada lluviosa en regiones con temporadas secas. En la India se plantan por lo común plántulas con una altura de 40 cm., a 2 m.

1.2.5 Reproducción asexual.

En la India se utiliza trasplantes de plántulas, nudos maduros y anteras (callos, embriogenesis); cortes de tallo, brotes de raíz o retoños (tocón), acodo aéreo, injerto o injerto de yema.

El trasplante de plantas más grandes y de mayor es más difícil, estas se pueden trasplantar con mayor éxito como plántulas recortadas, con los tallos y las raíces podados a un tamaño de 5cm., y entre 20 y 25 cm., respectivamente.

El acodo son tallos que dan origen a raíces y por tanto a un nuevo cogollo bajo la influencia del contacto profundo con la tierra o del contacto continuo con agua. En el acodo, sólo se separa el tallo del resto de la planta madre cuando el enraizamiento es suficiente.

La planta puede también desarrollar bulbillos en la axila de las hojas vegetativas o incluso en sustitución de las flores; son brotes o yemas que se colman de reservas o después caen, enraizan y producen una planta idéntica a la madre; de esta manera se aseguran las características de la planta madre, el aumento de la precocidad de la cosecha y un inicio de la producción a los 4 ó 5 años.

1.3 ASPECTOS DE FERTILIZACIÓN.

El tamarindo se encuentra en lugares con clima tropical semiárido, en clima tropical, si el suelo está drenado. También prospera en clima cálido húmedo sin estación seca bien definida y sin estación invernal.

En la actualidad, debido a la introducción al país del nuevo sistema de riego por goteo, las posibilidades económicas del cultivo se amplían considerablemente por varios conceptos:

- a) La oportunidad de establecer huertos de tamarindo en zonas de tipo desértico donde el abastecimiento de agua es muy reducido, puesto que las cantidades de líquido necesarias para el riego se reducen enormemente.
- b) Es posible proporcionar a los tamarindos los fertilizantes en disolución a través de las líneas de riego, con el máximo aprovechamiento del mismo.
- c) Con el riego por goteo se elevan considerablemente los rendimientos de los árboles, la calidad del producto final y con una cantidad mínima de agua, puede quintuplicarse el área de plantación, si comparamos el nuevo sistema de riego con los que se emplean hasta ahora de gravedad y aspersión.

Para una buena fertilización es recomendable muestrear técnicamente el terreno de siembra y enviar las muestras para su análisis a un laboratorio de alta confiabilidad técnica. En forma general, podemos decir que la planta de tamarindo responde bien a las aplicaciones de 50 grs. de nitrógeno por árbol por año, hasta llegar a los 3.5 ó 4.0 Kg. por árbol. El fósforo, se aplica en dosis de 30 a 40 grs., por planta hasta llegar a 2 Kg. Por planta, esto ocurre al octavo o décimo año. (8)

El árbol tiene capacidad de auto poda, sin embargo se puede practicar una poda de formación en los individuos jóvenes para permitir el buen desarrollo de 3 a 5 ramas. Las distancias más comunes de plantación son: 8 x 15 m, 8 x 12 m, 8 x 8 m, 12 x 12 m, 10 x 20 m, dependiendo de la fertilidad del suelo. Se siembran plántulas de tamaño variable desde 40 cm hasta 2 m de altura.

Los tipos se obtienen a partir de clones, que son seleccionados según las características que se deseen y que a continuación se enlistan:

- a) Número de vainas
- b) Tamaño de la vaina
- c) Acidez
- d) Número de frutos por racimos
- e) Coloración de la pulpa
- f) Adaptación del clón al medio ecológico
- g) Grosor y altura del árbol
- h) Resistencia a plaga y enfermedades
- i) Rendimiento promedio del clón

1.3.1 Maduración y cosecha. (10)

Según los cambios morfológicos y físicos en el desarrollo del fruto de tamarindo después de la antésis (amarre) se puede distinguir tres periodos críticos de crecimiento:

- A.- Premaduración (62.9 %)
- B.- Maduración (20.0 %)
- C.- Sazonamiento (17.1 %)

En la Premaduración hay actividad metabólica importante tanto de reservas como de productos acarrea como consecuencia un aumentó de tamaño, a una velocidad de crecimiento de 0.93mm/día.

El primer cambio visible en la maduración es el color en la epidermis de verde a café, debido a su rápido endurecimiento por la lignificación en las paredes celulares y la formación de células pétreas.

En el Sazonamiento ocurren los siguientes cambios: engrosamiento final tanto de tamaño y en peso, incrementándose en tamaño y la cantidad de espacios intercelulares, siendo al final de este periodo donde se realizan los principales cambios bioquímicos y fisiológicos.

El envejecimiento de un fruto es una fase de crecimiento vegetal que se extiende de la plena madurez a la muerte de las células, y que se caracteriza por la acumulación de productos metabólicos y la pérdida de peso.

En el fruto de tamarindo ocurre un efecto de sazónamiento constante, que forma parte de ellos mismos, que sus características de sabor y dulzor hacen que sea su vida de almacenamiento más duradera, ya que una vez cortado el fruto maduro (35 semanas) después de la antésis o (amarre), únicamente perderá como máximo el 12.75 % del peso original.

El tamarindo presenta un patrón de tipo no climatérico donde su deterioro no ocurre tan rápido como en otros frutos, debido a su deshidratación natural y por su composición química (alta concentración de acidez), que actúa como conservador natural que le ayuda a mantener sus características suigéneris, que le hacen ser uno de los frutos más gustados. (10), (16)

Algunos de los efectos restauradores que tiene el árbol de tamarindo son: Acolchado / Cobertura de hojarasca. Contribuye a la formación de la materia orgánica del suelo, mejora la fertilidad del suelo / barbecho, hay una recuperación de terrenos degradados y esta planta se ha empleado para rehabilitar sitios donde hubo explotación minera. Se utiliza para la conservación de suelo / control de la erosión. Estabiliza bancos de arena.

1.3.2 CLIMA (16)

El tamarindo se ha adaptado a regiones que poseen estaciones secas de larga duración. En regiones tropicales húmedas con un patrón de precipitación continua, los árboles tienden a crecer de manera pobre y por lo general no producen fruta. Las plántulas son muy sensitivas a las heladas, pero pueden soportar las sequías.

Las ramas, flexibles pero fuertes, rara vez se ven afectadas por el viento, y se sabe que el árbol es resistente durante huracanes. El árbol de tamarindo se encuentra en lugares con clima cálido semiseco, aunque puede prosperar también en climas cálido-húmedos. Los árboles jóvenes son muy sensibles a las heladas, pero los adultos pueden soportar hasta -3°C sin sufrir daños serios.

1.3.3 SUELOS Y TOPOGRAFÍA

El tamarindo requiere de suelos bien drenados y crece mejor en suelos aluviales profundos. La especie puede prosperar en variedad de suelos, incluyendo las arenas costeras y los suelos rocosos, aunque se ha reportado un crecimiento pobre en sitios caracterizados por capas inferiores sólidas, calcáreas y poco profundas.

Su rango de precipitación va de 800 a 1,400 m por año. Crece a orillas de caminos, a lo largo de la orilla de ríos, arroyuelos, es común alrededor de las casas y en su área de distribución natural, sobre o a la par de hormigueros y nidos de termitas.

Prospera bien en terrenos profundos con buen drenaje, textura de migajón-arcillo-arenosos y un pH de 6.5 a 7.5, sin embargo puede vegetar en suelos ligeramente ácidos, relativamente pobres o crecer en terrenos calcáreos siempre y cuando se le dé una buena fertilización y se cuente con agua para riegos en periodos secos. (17)

Los árboles de tamarindo producen una raíz pivotante robusta y un sistema radical lateral extenso, excepto en sitios caracterizados por suelos pobremente drenados o compactados. A pesar de que el tamarindo se había considerado anteriormente como una especie no-modulante, la información reciente sugiere que forma una asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*, dándoles la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico bajo condiciones apropiadas.

1.3.4 PLAGAS

Los frutos maduros en los climas húmedos son fácilmente atacados por hongos, por insectos en semilla, fruto, hojas. Los frutos se llegan a infestar con pequeños escarabajos.

Daños por ramoneo, por roedores, por termitas. La madera es fuerte y durable pero muy susceptible al ataque de termitas. Daño por hongos en tallo, madera, raíz hojas y frutos.

Se reporta que las plagas más serias de insectos que atacan al tamarindo en la India son: *Aonidiella orientalis*, *Aspidiotus destructor*, *Saissetia oleae*, *Nipaecoccus viridis*, *Planococcus lilacinus*, y el barrenador *Pachymerus gonagra*.

Las hojas son consumidas por frecuencia por el escarabajo brúcido *Caryoborus gonagra*. El insecto de la laca *Kerria lacca* y el gusano *Pteroma plagiophleps* Hampson ha sido reportado causando daño a las ramas del tamarindo.

En el sur de la India, se reporta que el tamarindo es el huésped del nematodo de coco. La termita *Cryptotermes haitanensis* (Isóptera, Kalotermitidae), en Hainan, China, se sabe que atacan la fruta y las semillas del tamarindo.

En la India, las vainas almacenadas del tamarindo son susceptibles al ataque por *Paralipisa gularis* y *Corcyra cephalonia*.

La larva del escarabajo brúcido del cacahuete *Cariedón serratus*, es considerado como una plaga seria en la India, en Colombia y Puerto Rico. En la India el tamarindo es susceptible a un gran número de enfermedades.

Estas incluyen la mancha foliar causada por *Bartalina robillardoides* Tassi, *Exosporium tamarind.*, *Hendersonia tamarindi.*, *Pestalotia poonensis*, *Phyllosticta tamarindicola*, *P. Tamarindina* Chandra & Tandon, *Prathigada tamarindi*, *Shaceloma* sp. Y *Stigmia tamarindii*, los añublos polvosos *Erysiphe polygoni* y *Oidium* sp; y el moho del hollín *Meliola tamaridi*. *Fracchiaca indica* Talle enfermedad del tallo, *Ganoderma lucidum*.

Como una causa de la pudrición de la raíz y de la madera *Hypoxylon nectrioides*, como la causa del cancro del tallo, *Lenzites palisoti*, como causante de pudrición de la madera, *Myriangium tamarinidi*, como un parásito de la corteza, *Pholiota gollani*, causa pudrición en el tallo, *Phytophthora nicotianae* var., *nicotianae* como causal de una pudrición del collar y *Stereum nitidulum* y como causa de una pudrición del tronco y la raíz de los árboles de tamarindo. (3)

1.4 PRODUCCIÓN

El crecimiento del árbol de tamarindo es lento, con unos incrementos anuales usualmente entre 50 y 80 cm., altura. Dependiendo de las condiciones del sitio, los árboles maduros alcanzan una altura máxima de entre 15 y 25 m. Los árboles a menudo tienen una larga vida: se han reportado individuos de hasta 150 años de edad en Hawai y 200 años en Sri Lanka.

La producción de frutos empieza después de los 8, 10 ó 12 años de edad (por semilla) y la producción de vainas se estabilizan a los 15 años. Un árbol maduro (20 años) puede producir de 200 a 500 Kg., de frutos por año ó 12 a 16 toneladas por hectárea. La producción es cíclica con cosechas abundantes cada 3 años. El árbol aún sigue productivo después de 30 ó 60 años. (Tabla 2. producción nacional de tamarindo de 1990-2003).

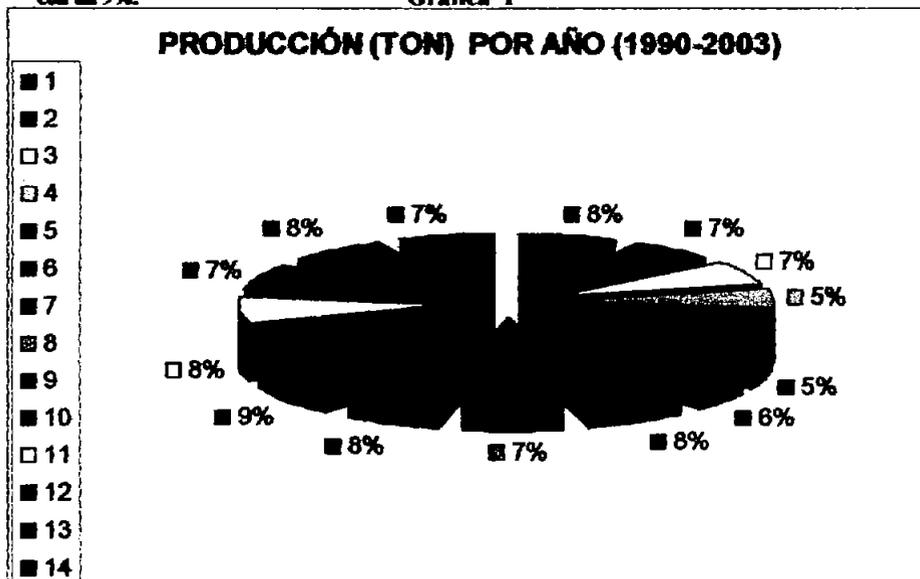
Tabla 2. Producción Agrícola 1990-2003 / Resumen Nacional / TAMARINDO

Año	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	Precio Medio Rural (\$/Ton)	Valor Producción (Pesos)
2003	6,494.10	6,217.30	28,615.53	4.603	4,513.60	129,139,113.50
2002	6,283.75	5,971.20	30,336.28	5.080	3,930.98	119,251,179.50
2001	5,744.25	5,588.00	29,256.93	5.236	3,979.72	116,434,327.15
2000	5,583.75	5,403.50	30,352.10	5.617	4,399.67	133,539,193.78
1999	6,313.75	6,252.75	34,637.95	5.540	3,319.53	114,901,905.07
1998	5,901.00	5,758.00	29,419.18	5.109	2,751.38	80,943,290.65
1997	5,724.00	5,606.00	28,668.00	5.114	2,125.38	60,967,300.43
1996	5,820.00	5,716.00	31,224.00	5.463	2,344.73	73,211,881.80
1995	5,968.00	5,328.00	22,682.00	4.259	1,702.39	38,618,178.00
1994	5,599.00	5,113.00	21,248.00	4.156	1,649.35	35,045,405.00
1993	5,238.00	4,976.00	21,240.00	4.268	1,357.37	28,830,487.00
1992	5,435.00	4,824.00	27,341.00	5.668	1,363.56	37,281,035.00
1991	5,257.00	5,132.00	26,035.00	5.073	830.00	22,910,493.00
1990	5,371.00	4,922.00	29,534.00	6.000	860.88	25,425,134.00

FUENTE: Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON).

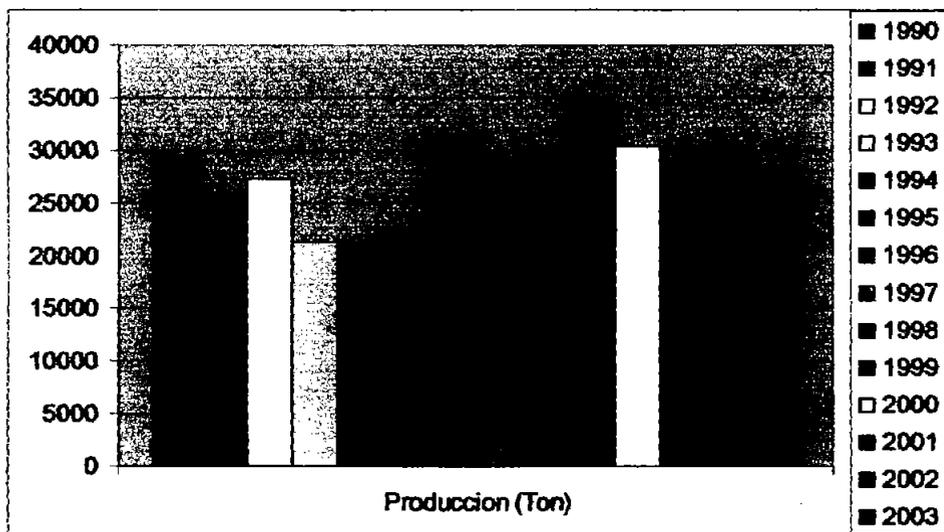
En la gráfica 1 se muestra el porcentaje de la producción nacional en toneladas, de tamarindo a partir de 1990 a 2003. Esta representación indica que el año 1999 fue el más alto en producción con un 9%.

Gráfica 1



1999 la producción alcanzada fue de 35,000 ton., después disminuyó en el 2000 al 2003 manteniéndose constante

GRÁFICA 2



FUENTE: Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON).

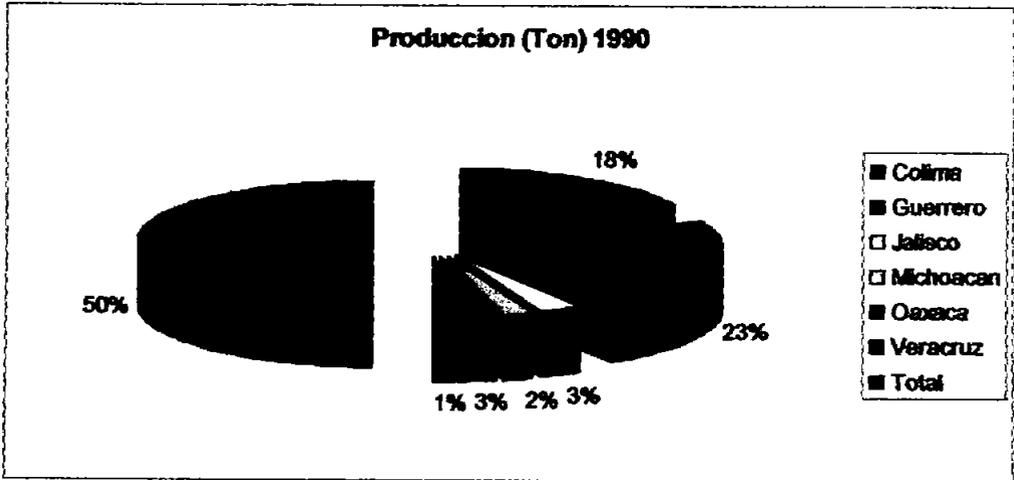
Tabla 3 Producción Agrícola 1990 / TAMARINDO

Estado	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	Precio Medio Rural (\$/Ton)	Valor Producción (Pesos)
BAJA CALIFORNIA SUR	5.00	5.00	10.00	2.000	1,600.00	16,000.00
CHIAPAS	1,220.00	1,220.00	8,540.00	7.000	1,100.00	9,394,000.00
GUERRERO	1,964.00	1,968.00	14,325.00	7.286	750.00	10,743,750.00
JALISCO	402.00	335.00	1,387.00	4.140	1,214.66	1,684,732.00
MEXICO	5.00	5.00	15.00	3.000	1,100.00	16,500.00
MICHOACAN	870.00	720.00	1,807.00	2.510	1,059.60	1,914,701.00
MORELOS	28.00	26.00	292.00	11.231	307.36	89,750.00
NAYARIT	92.00	92.00	507.00	5.511	1,804.61	914,935.00
OAXACA	675.00	450.00	2,300.00	5.111	200.00	500,000.00
SINALOA	51.00	46.00	46.00	1.000	1,696.00	78,016.00
VERACRUZ	40.00	40.00	80.00	2.000	800.00	64,000.00
YUCATAN	17.00	17.00	25.00	1.471	350.00	8,750.00
TOTAL	5,371.00	4,922.00	29,534.00	6.000	868.88	25,425,134.00
Region Centro	33.00	31.00	307.00	9.903	346.09	106,350.00
Region Centro Occidente	1,364.00	1,147.00	3,701.00	3.227	1,219.77	4,514,368.00
Region NorOeste	56.00	51.00	56.00	1.098	1,678.36	94,016.00
Region SurEste	3,918.00	3,693.00	25,470.00	6.897	813.13	20,710,500.00

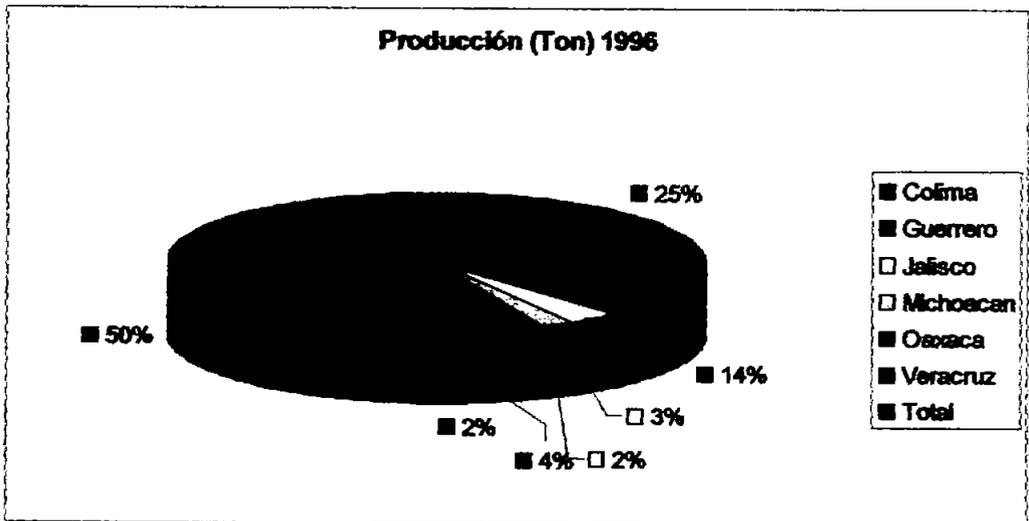
FUENTE: Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON).

En las siguientes tablas y gráficas 3, 4 y 5 detallan los estados de mayor producción en los años 1990, 1996 y 2003 de tamarindo que son, Guerrero, Jalisco, Oaxaca, Colima, Michoacán y Veracruz donde las superficies de cultivo de tamarindo se incrementa año con año, solo en algunos estados y en otros se mantiene constante.

Gráfica 3



Gráfica 4



FUENTE: Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON).

Tabla 4. Producción Agrícola 1996 / TAMARINDO

Estado	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	Precio Medio Rural (\$/Ton)	Valor Producción (Pesos)
BAJA CALIFORNIA SUR	7.00	7.00	21.00	3.000	3,000.00	195,000.00
CHAPAS	328.00	328.00	984.00	3.000	1,750.00	1,722,000.00
COLIMA	2,028.00	1,963.00	14,273.00	7.271	2,982.46	41,512,448.38
GUERRERO	1,932.00	1,921.00	8,055.00	4.193	884.63	7,125,704.00
JALISCO	243.00	229.00	1,813.00	7.917	4,136.00	7,498,568.00
MEXICO	3.00	3.00	10.00	3.333	1,200.00	12,000.00
MICHOACAN	241.00	241.00	1,156.00	4.797	2,733.15	3,184,992.08
MORELOS	34.00	30.00	243.00	8.100	2,368.72	575,598.96
NAYARIT	91.00	91.00	382.00	4.198	2,769.11	1,057,800.00
OAXACA	514.00	512.00	2,320.00	4.531	1,200.00	2,784,000.00
SINALOA	137.00	129.00	269.00	2.085	1,146.47	308,400.00
TAMAULIPAS	16.00	16.00	32.00	2.000	2,000.00	64,000.00
VERACRUZ	205.00	205.00	1,433.00	6.990	4,200.00	6,178,000.00
YUCATAN	41.00	41.00	233.00	5.683	1,643.82	383,009.88
TOTAL	5,820.00	5,716.00	31,224.00	5.463	2,344.73	73,211,881.80
Region Centro	37.00	33.00	253.00	7.667	2,322.58	587,888.96
Region Centro Occidente	2,603.00	2,524.00	17,624.00	6.983	3,021.66	53,253,768.96
Region NorOeste	16.00	16.00	32.00	2.000	2,000.00	64,000.00
Region NorOeste	144.00	136.00	290.00	2.132	1,425.52	413,400.00
Region SurEste	3,020.00	3,007.00	13,025.00	4.332	1,458.33	18,893,113.88

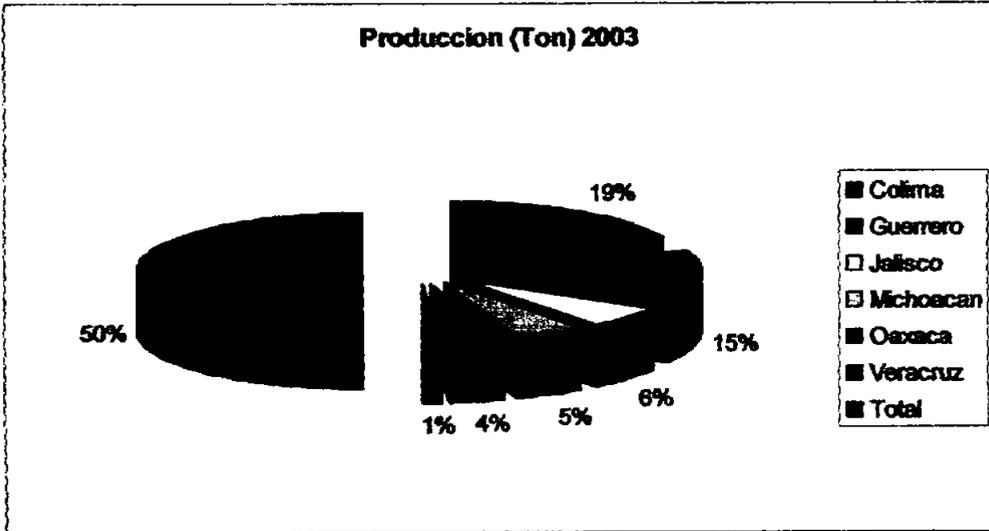
FUENTE: Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON).

Tabla 5 Producción Agrícola 2003 / TAMARINDO RIEGO + TEMPORAL

Estado	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	Precio Medio Rural (\$/Ton)	Valor Producción (Pesos)
BAJA CALIFORNIA SUR	5.00	5.00	30.00	6.000	4,000.00	120,000.00
CAMPECHE	16.00	15.50	132.10	8.523	2,262.72	298,905.00
CEBAPAS	69.00	69.00	192.20	2.786	1,549.64	297,800.00
COLEMA	1,938.10	1,815.30	10,490.10	5.779	6,105.39	64,046,143.50
GUERRERO	1,822.50	1,822.50	7,920.90	4.346	2,786.40	22,070,000.00
JALISCO	1,075.00	925.00	3,134.36	3.388	4,982.67	15,617,480.00
MEXICO	3.00	3.00	24.00	8.000	8,000.00	192,000.00
MICHOCAN	723.00	723.00	2,668.80	3.691	5,745.32	15,333,100.00
MORELOS	35.00	35.00	200.40	5.726	2,801.49	561,020.00
NAYARIT	118.50	116.00	599.70	5.170	4,308.07	2,583,550.00
OAXACA	440.00	440.00	2,190.00	4.995	2,883.53	5,295,000.00
SINALOA	15.00	15.00	52.50	3.500	3,833.33	201,250.00
TABASCO	41.00	41.00	62.00	1.512	5,000.00	310,000.00
TAMAULIPAS	8.00	8.00	4.00	0.500	2,000.00	8,000.00
VERACRUZ	144.50	144.50	736.97	5.100	2,900.00	1,842,425.00
YUCATAN	40.50	39.50	169.50	4.291	2,576.99	436,800.00
TOTAL	6,494.10	6,217.30	28,615.53	4.603	4,513.60	129,139,113.50
Region Centro	38.00	38.00	224.40	5.905	3,359.37	753,350.00
Region Centro Occidente	3,854.60	3,579.30	16,892.96	4.720	5,776.39	97,580,273.50
Region NorOeste	8.00	8.00	4.00	0.500	2,000.00	8,000.00
Region NorEste	20.00	20.00	82.50	4.125	3,893.94	321,250.00
Region SurEste	2,573.50	2,572.00	11,411.67	4.437	2,672.33	30,465,770.00

FUENTE: Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON).

Gráfica 5



FUENTE: Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON).

La India es el país que explota más extensamente el tamarindo, cuenta con plantaciones comerciales que generan unas 250,000 toneladas por año. En Tamil Nadu se cultivan 9,521 hectáreas. Los frutos producen 29,880 toneladas de pulpa cada año.

El tamarindo ha ido cobrando gran importancia bajo la cobertura del Programa Forestal Social en Dharmapuri, Tirunelveli y otros distritos, en donde se han establecido cultivos en gran escala. Otros países con grandes plantaciones comerciales son: Belice, Brasil y Guatemala. (19)

Los frutos pueden dejarse hasta 6 meses en el árbol después de su maduración, pero el contenido de humedad se reducirá en un 20%. Estos deben cosecharse cortándolos directamente del árbol. El peciolo o pedúnculos que sostiene la fruta en el árbol son muy duros y no es posible trozarlo con la mano sin dañar el fruto.

El fruto puede durar hasta 18 meses almacenado a 20°C en un lugar seco con ventilación poca luz y que no entre el agua.

El fruto maduro debe almacenarse bajo refrigeración 5°C, para prolongar el tiempo de disponibilidad de una pulpa fresca. (17)

1.4.1 Variedades de tamarindo.

Hay cultivos selectos que proporcionan pulpa dulce. Uno de Tailandia Makhm Waan y el otro en Miami Florida, llamado Manila dulce. El tamarindo está clasificado como una de las 32 especies frutícolas más importantes. (15)

No se han desarrollado variedades mejoradas que maduren o se desarrollen rápidamente, pero existen dos tipos clasificados por el color de sus frutos: rojo y café. El tipo café es el más común produciéndose comercialmente en abundancia. (14)

El color en la pulpa de tamarindo es café-rojo, después oscuro y al término de un año se oscurece más quedando un tono negro. Esto se debe a la presencia de algunos aminoácidos y azúcares reductores presentes en la pulpa generándose así las reacciones de Maillard.

La variedad de tamarindo roja es más dulce que la variedad común que es la café evidentemente porque tiene un bajo contenido de ácido libre. En la variedad de tamarindo roja el ácido está presente en la combinación principalmente de biftalato de potasio, y un pequeña extensión tartarato de calcio. La variedad café que es la común tiene una porción libre de ácido y bajo contenido de pectina comparado con la variedad roja. (19)

En el análisis de composición química de la variedad roja y la variedad café se encontraron los siguientes datos respectivamente: tabla 6

TABLA 6. DIFERENCIAS EN LA COMPOSICIÓN DE VARIETADES DE TAMARINDO

Constituyentes	Variedad roja %	Variedad café %
Humedad	20.1	18.2
Ácido tartárico libre	6.6	9.8
Ácido tartárico combinado	11.4	6.7
Azúcares invertidos	36.4	38.2
Pectina	4.4	2.4

Fuente: J. Food Sci. Technol., 1998, Vol. 35, No. 3, pag., 193-206

CAPITULO II

USOS DEL ÁRBOL Y DEL FRUTO

ASÍ COMO SU

COMPOSICIÓN QUÍMICA.

CAPITULO II

2.0 USOS DEL ARBOL Y DEL FRUTO ASÍ COMO SU COMPOSICIÓN QUÍMICA.

2.1 USOS DEL ÁRBOL

La madera. Es muy dura y pesada, con un peso específico de 0.86 a 0.90 g/cm³, fuerte y fibrosa, difícil de trabajar y sujeta a rajarse durante el secado; sin embargo, la madera toma un buen pulido. Se emplea en toda clase de construcciones especialmente en las que exigen elasticidad y resistencia de tensión, como por ejemplo, en trabajos de herramientas, ruedas, mazos, tablones, mueblería, moledores de arroz, implementos de agricultura, moledores de azúcar y aceite, etc. Tiene un alto valor calorífico y como tal se emplea para carbón de leña en polvo para escopetas o fusiles y en hornos de ladrillo. En la India la madera se emplea para fabricar papel. La madera se ha vendido en la América del Norte como "caoba de madera". Se ha descrito la madera del tamarindo como una fuente de leña y carbón excelente. (19)

Corteza del tallo.- la corteza que es astringente, se usa para curar parálisis, una cocción de la corteza se usa como loción para los ojos y como un astringente en el tratamiento de la diarrea. En el este del Sudan la corteza se usa como un tónico y antipirético. La corteza del tallo se extrae para fines medicinales mientras el árbol no está en periodo de floración. (5)

La ceniza de la corteza se usa en enfermedades vías urinarias, asma, amenorrea y como digestivo, en la India.

Las cenizas de la madera se utiliza para remover el pelo de cueros de animales; las vainas, la corteza y las agallas se colectan de las ramas jóvenes del árbol y se utilizan también para el teñido de cuero y telas en África. (9)

En el norte de Nigeria, la raíz, pulverizada y cocida, se toma como remedio para la diarrea y la disentería en la India. (17)

La raíz se utiliza para el tratamiento en enfermedades del hígado (desordenes biliosos), ictericia y hemorragias. (18)

Las flores. Son una buena fuente de miel, son refrescantes y antibiliosas. Se prepara una cataplasma en afecciones inflamatorias y reumatismo para aliviar el dolor, la conjuntivitis y hemorragias. (3)

Las flores y hojas: tienen un contenido de humedad entre 70-78%, son fuente de proteínas, hidratos de carbono, fibra, además de contener un cierto sabor a menta astringente se emplean como masticatorio. (Tabla 7. composición química)

TABLA 7. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE HOJAS Y FLORES DE TAMARINDO

Constituyentes	Hojas	Flores
	%	%
Humedad	70.5 – 78.0	80.0
Proteínas	4.0 – 5.8	2.8
Grasas	1.2 – 2.1	1.5
Fibra	1.9 – 3.0	1.5
Carbohidratos totales	16.0 – 18.0	-
Cenizas / minerales	1.0 – 1.5	0.7

Fuente: J. Food Sci. Technol., 1998, Vol. 35, No. 3, pag., 193-208

Las flores y las hojas: son ricas en minerales (tabla 8), entre los principales se encuentra el calcio, fósforo, magnesio y hierro, también tiene algunas vitaminas, como son tiamina, riboflavina, Niacina y vitamina C, estas son las características por el cual se usan en el tratamiento de varias enfermedades.

Las hojas se usan también en el tratamiento de llagas; el jugo de las hojas es hervido con aceite, se aplica externamente para el tratamiento del reumatismo e hinchazones externas. Se usa una cataplasma de las hojas para lavar las heridas y reducir la inflamación. Las hojas hervidas se usan externamente para el tratamiento de la oftalmia en la India.

Las hojas producen un tinte rojo, el cual se usa para dar un matiz amarillo a las telas previamente teñidas con añil. Tanto las hojas como la corteza son ricas en taninos y la corteza quemada se usa para la producción de una tinta. (3)

TABLA 8. MINERALES Y VITAMINAS DE FLORES Y HOJAS.

Calcio, mg	101 - 250	35.5
Magnesio, mg	71.0	-
Fósforo, mg	140.0	-
Hierro, mg	2.0 - 5.2	1.5
Cobre, mg	2.0	-
Cloruro, mg	94.0	-
Sulfuro, mg	63.0	-
Tiamina, mg	0.1 - 0.2	0.07
Riboflavina, mg	0.1 - 0.2	0.14
Niacina, mg	1.5 - 4.1	1.14
Vitamina C, mg	3.0 - 6.0	13.80
Carotenos, mg	-	0.31
Sodio, mg	8.0	-
Potasio, mg	270.0	-
β - carotenos, μ g	2500	-
Ácido Oxálico, mg	196	-
Calorías, Kcal.	75	-

Fuente: J. Food Sci. Technol., 1998, Vol. 35, No. 3, pag., 193-208

El fruto, hojas, semilla, corteza, tallo joven, fruto (vaina); todos ellos son droga oficial (medicinal), en la farmacopea de Estados Unidos y otros países. (18)

2.2 USOS DEL FRUTO

2.2.1 La pulpa de la fruta.- comprende alrededor de la mitad del peso de la vaina, tiene un sabor agrídulce y olor característico, con una humedad de 15-30%, además contiene hidratos de carbono totales 57-70%, como son, almidón, pectina, residuos celulósicos, azúcares reductores: glucosa 70% y fructosa 30%; ácido tartárico cuya concentración es del 8 al 18 %, la pulpa de tamarindo contiene 600 mg de taninos/100g., como se menciona en la tabla 9. (3) (17) (18)

TABLA 9. COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LA PULPA DEL TAMARINDO BASE HÚMEDA

CONSTITUYENTES	PORCENTAJE %
Humedad	15.00 – 30.00
Total Cenizas	2.10 – 2.90
Proteínas	2.00 – 8.79
Grasa cruda	0.50 2.53
Fibra Cruda	2.20 – 18.30
Azúcares Reductores	25.00 – 45.00
Azúcares No Reductores	16.52
Azúcares Totales	41.20
Almidón	5.70
Pectina	2.00- 4.00
Residuo Celulósico	19.40
Albuminoides	3.00 – 4.00
Carbohidratos Totales	56.70 – 70.70
Carbohidratos Disponibles Totales	41.77
Ácido Tartárico	8.00 – 18.00
Taninos, mg	600.00
Ácido ascórbico, mg	3.0 – 9.0
β -caroteno, μ g	10.00 -60.00

Fuente: J. Food Sci. Technol., 1998, Vol. 35, No. 3, pag., 193-208

La porción comestible del fruto representa en promedio el 50% obteniéndose por cada 100 gramos de ésta un valor energético que fluctúa entre 250 y 265 calorías, dependiendo del contenido total de hidratos de carbono.

Otros ácidos orgánicos tales ácido acético, cítrico, ascórbico, málico y succínico, así como aminoácidos, los principales son Lisina, Triptofano, Metionina, vitaminas B1, B2, C y minerales, especialmente es rica en calcio, fósforo, magnesio, potasio y sodio, se presenta en la siguiente tabla 10.

TABLA 10. OTROS CONSTITUYENTES DE LA PULPA DEL TAMARINDO

CONSTITUYENTES	
Triptofano	20.00 µg
Metionina	16.00 µg
Lisina	155.00 µg
Vitaminas A	50.00 µg
Vitamina B ₁ (Tiamina)	0.59 mg
Vitamina B ₂ (Riboflavina)	0.19 mg
Vitamina C (Ac. Ascórbico)	20.00 mg
Ac. Nicotínico (Niacina)	2.14 mg
Azufre (S)	9.00 mg
Calcio (Ca)	80.00 mg
Fósforo (P)	95.80 mg
Hierro (Fe)	2.80 mg
Magnesio (Mn)	21.00 mg
Manganeso (Mn)	2.40 mg
Potasio (K)	787.10 mg
Sodio (Na)	51.00 mg
Carotenoides	0.10 mg

Fuente: Jiménez Delgado Enrique "Industrialización de Tamarindo." Tesis: UNAM. México. 1983.

2.2.2 Usos de la pulpa:

La pulpa del fruto de tamarindo se usa extensamente en la cocina del sur de la India, como condimento para arroz, pescado y carnes, salsas, en la industria como materia prima, para la preparación de refrescos, jarabe de tamarindo, dulces de tamarindo, confituras, jaleas, mermeladas y helados, a través de las diferentes áreas de distribución natural y artificial.

La pulpa del fruto se usa a menudo como un emplasto para cubrir las heridas o se ingiere como un laxante, la pulpa es antipirética, antiescorbútica, para tratamiento de ácido úrico y colesterol. El fruto era bien conocido en Europa durante la Edad Media por sus propiedades medicinales, habiendo sido introducido a la India a través de comerciantes árabes.

La pulpa mezclada con sal marina, se usa para pulir plata, cobre y bronce en la India y otras partes se usa como pomada para reumatismo. Se reporta que las frutas poseen propiedades antibacterianas antifungales. (18)

La pulpa de tamarindo contiene una cantidad importante detectable de ácido fítico, pero la semilla contiene 47 mg. por 100g. El cual puede tener un mínimo efecto en el valor nutritivo. (19)

Ácido fítico, éster hexafosfórico del inositol, representa un porcentaje elevado del fósforo de muchos cereales, actúa como secuestrador de varios elementos químicos y los vuelve indisponibles; combinado con la sal de calcio y de magnesio recibe el nombre de fitina; este abunda en el material extracelular de sostén en los tejidos de las plantas superiores. (4) (13)

La tripsina es el mayor inhibidor activo presente en la pulpa, que en la semilla, pero es termolábil en ambas. Aunque la pulpa es relativamente pobre en proteína y grasa, la semilla es una buena fuente de ambas. (19)

La tripsina es un enzima proteolítica específica, sólo cataliza la hidrólisis de aquellos enlaces peptídicos, en que la función carbono es aportada por el resto de lisina o por el de arginina. Este enzima es procedente del páncreas, es segregado en el intestino delgado en forma de su precursor, el tripsinógeno. (13)

2.3 LA SEMILLA.

En la siguiente tabla 11 se presenta la composición química de la semilla, estas contiene almidón (63%), proteínas (16%), grasa, y hidratos de carbono.

TABLA 11. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SEMILLA.

CONSTITUYENTES	g/100g
Humedad	11.3%
Ceniza	4.1%
Proteína	16%
Grasa	5.4%
Fibra Cruda	8.8%
Carbohidratos	57.1%

La proteína de la semilla es rica en ácido glutámico (18%), ácido aspártico (11.6%), glicina (9.1%) y leucina (8.2%) pero deficiente en metionina, treonina, valina y cisteína, por lo que se le considera una proteína de baja calidad.

Los polisacáridos de las semillas de tamarindo tienen aplicaciones alimenticias: mejoran la textura de helados, mermeladas, ates y pastas; estabilizan cremas, mayonesas y quesos. (16) (19)

Los polisacáridos están constituidos por cadenas largas de unidades de monosacáridos que pueden ser lineales o ramificadas; son encontrados en la naturaleza, se presentan como polisacáridos de alto peso molecular, la D-glucosa es la unidad monosacáridica predominante en estos. (4)

El almidón solamente contiene unidades de D-glucosa, es un homo polisacárido; es el más abundante en las plantas se depositan habitualmente en forma de grandes gránulos en el citoplasma celular, estos gránulos están constituidos por polisacáridos y en dichos gránulos hay proteínas y enzimas que participan en la síntesis de ruptura de polisacáridos. (13)

La India que es el principal productor de semilla en el mundo, ha encontrado que el mayor provecho de éstas es para obtener pectina, la cual está siendo aplicada con muy buenos resultados en diversas áreas principalmente en la industria textil. (3)

La pectina es un polisacárido constituido por 150 -500 unidades ácido galacturonico peso molecular del polímero, (30,000-100,000) parcialmente esterificado con un grupo metoxilo. La cadena que constituye el esqueleto contiene también restos de L-ramnosa y esta ramificada con cadenas laterales compuestas mayoritariamente por β -D-galactopiranososa y α -L-arabinofuranosa. (4)

2.3.1 Los ácidos grasos se aislaron por primera vez a partir de fuentes naturales, especialmente de las grasas, estas sustancias tiene puntos de ebullición y de fusión altos, esto se atribuye a la fuerte asociación intermolecular mediante enlaces de hidrogeno. Son asequibles comercialmente e intermediarios de síntesis químicas. La siguiente tablas 12, muestra la composición química de ácidos grasos en el aceite de la semilla de Tamarindo.

TABLA 12. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ÁCIDOS GRASOS PRESENTES EN EL ACEITE DE LA SEMILLA DE TAMARINDO (3)

ACIDOS GRASOS	PORCENTAJE
Ácido Láurico (12:0)	Trazas
Ácido Mirístico (14:0)	Trazas
Ácido Palmítico (16:0)	14.8%
Ácido Esteárico (18:0)	5.9%
Ácido Oleico (18:1)	27.0%
Ácido Linoléfico (18:2)	7.5%
Ácido Linolénico (18:3)	5.6%
Ácido Araquídico (20:0)	4.5%
Ácido Behénico (22:0)	12.2%
Ácido Lignocéfico (24:0)	22.3%

Una cuestión sobresaliente en el aceite de acuerdo con su composición de ácidos grasos es que además de contener altos porcentajes de ácidos grasos saturados, contiene un elevado porcentaje de ácido linolénico, una combinación poco común. (3)

De las semillas se extrae un aceite que se menciona como aceptable y de adecuadas cualidades culinarias. El aceite es singular en su proporción de ácido lignocérico (22.3%), que es un esfingolípido, ya que contiene a su vez un azúcar y una esfingosina. Son muy abundantes en las membranas de las células cerebrales y nerviosas, particularmente en las vainas de la mielina.

Sólo se conoce otro aceite con cantidades sustanciales de este ácido graso saturado y es de las semillas de madera de coral. El aceite se puede clasificar bajo el grupo de grasa vegetal debido a su gran cantidad de ácidos grasos saturados y a su punto de fusión que es relativamente alto.

De acuerdo a otra bibliografía más reciente Tabla 13, los datos que se obtienen de la composición de las semillas son:

Tabla 13

Ácido Palmítico	(C: 16)	14.9 – 19.4%
Ácido Oleico	(C: 18:1)	15.3 – 26.3%
Ácido Linoléico	(C: 18:2)	36.0 – 48.6%
Ácido Estéarico	(C: 18)	6.2 – 7.2 %
Ácido Araquídico	(C: 20)	2.3 – 3.3%
Ácido Behénico	(C: 22)	3.1 – 4.8%
Ácido Lignocérico	(C: 24)	3.9 – 8.0%

La composición en ácidos grasos del aceite de la semilla de tamarindo varía notablemente en relación con el país donde se produce.

Como ejemplo podemos citar los siguientes artículos:

1. En la India Pitke P. M. et al 1977 Fatty Acid Composition on Tamarind Kernel Oil. The Am. Text. Ind. Res. Assoc., Vol 1. Jun.)

2. En sudan (R. W. Andriamantena et al. JAOCS, Vol. 60 No. 7 July 1983 pags. 1318-1321), además de que se han reportado variaciones en el contenido de proteína y extracto etéreo en semillas provenientes de India y Egipto.

2.3.2 Fosfolípidos.

Se identificaron, en el fruto de tamarindo fosfatidil colina, fosfatidil etanolamina, fosfatidil serina, fosfatidil inositol, ácido fosfatídico y derivados fosfatidil de colina y etanolamina se identificaron a partir de fosfolípidos de aceite de semilla de tamarindo. Fosfatidil colina (FC) Y fosfatidil etanolamina (FE) se aislaron por cromatografía en columna y su composición ácida grasa, que se observa en la siguiente tabla, se determinó por cromatografía líquido-gas.

COMPOSICIÓN DE ACIDOS GRASOS DE FOSFATIDIL COLINA Y FOSFATIDIL ETANOLAMINA DE ACETTE DE SEMILLA DE TAMARINDO

FOSFOLIPIDO	COMPOSICIÓN DE ACIDO GRASO (% EN PESO)				
	C ₁₆	C ₁₈	C _{18:1}	C _{18:2}	C ₂₀
FOSFATIDIL COLINA	55.9	—	21.8	22.3	—
FOSFATIDIL ETANOLAMINA	61.6	11.0	6.3	12.3	5.8

Fosfatidil colina, fosfatidil etanolamina, FC y FE son los mejores fosfolípidos presentes en el aceite de semilla de tamarindo y constituyen aproximadamente el 60% del total de fosfolípidos. (7) (10) (14)

Los Fosfolípidos son lípidos que se encuentran en las membranas celulares y en las grasas de depósito solamente en cantidades pequeñas. El fosfolípido más sencillo es el ácido fosfatídico, que no contiene ningún grupo esterificando al ácido fosfórico, es intermedio importante para la biosíntesis de otros fosfoglicéridos. Son los más abundantes en las plantas superiores y en los animales son la fosfatidil etanolamina y la fosfatidil colina. Inositol derivado del ciclohexano, que existe en varias formas esteroisómeras, se encuentra no solamente en el lípido fosfatidil inositol, sino también como ácido fítico que es el ester hexafofórico del inositol. (13)

2.4 USOS DE LAS SEMILLAS: molidas son astringentes y se usan para el tratamiento de la disenteria en la India. Se reporta que las semillas hervidas y machacadas se usan para el tratamiento de úlceras y piedras en la vejiga y la cáscara molida de las semillas se usa en el tratamiento de la diabetes.

Las semillas cocidas y pulverizadas se emplean como suplementos, solos o mezclados con harinas o cereales para alimentar al ganado, pueden ser preparadas para ser usadas en la estabilización de alimentos procesados y para la conversión de jugos de frutas en jaleas. Se observa que el 50% de las semillas en el forraje aumentan con satisfacción el crecimiento del ganado vacuno porque retienen agua y aumentan el aprovechamiento de nitratos. (19)

Las semillas, molidas, hervidas y mezcladas con goma arábica, producen un excelente pegamento fuerte para la madera.

Las semillas se usan también para producir un aceite de color ámbar para lámparas de aceite o para la preparación de pinturas y barnices.

La testa de la semilla contienen una mezcla de sustancias tánicas y agentes colorantes que dan la posibilidad de que se utilicen en tintes, curtidos y adhesivos y se ha determinado que la cáscara las semillas es un veneno efectivo para peces.

Se ha encontrado que la cáscara de la semilla del tamarindo se puede usar como sustituto de producto de harina de pescado. (3)

La cubierta de la semilla tiene compuestos antioxidantes que podrian emplearse como una fuente industrial, textil como sustituto de almidón seguro y de bajo costo para conservar los alimentos. Estos compuestos son: 2-hidroxi-3',4'-dihidroxiacetofenona, metil 3,4-dihidroxibenzoato, 3,4-dihroxifenil acetato. En la tabla 14 se presenta el contenido de minerales presentes en la semilla. (18)

Otros usos industriales incluyen su empleo en impresiones de color en textiles, encoladura de papeles, tratamientos de cuero, manufactura de plástico estructural y pegamento para madera.

Con frecuencia se usa para almidonar mantas. Debido a su carácter hidrofílico y su capacidad de formar soluciones de alta viscosidad, el polvo de semilla sirve como un excelente agente cremoso por la concentración de goma látex, actúa como estabilizador de suelo y puede usarse en composiciones de ladrillos. (3)

TABLA 14. MINERALES CONTENIDOS EN LA PULPA DE TAMARINDO, SEMILLA, ENDOSPERMO, TESTA.

(mg/100g)

MINERAL	PULPA	SEMILLA	ENDOSPERMO	TESTA
Calcio	81 - 466	9.3 - 786.0	120.0	100.0
Fósforo	86 - 190	68.4 - 165.00	-	-
Magnesio	72.03	17.5 - 118.3	180.0	120
Potasio	62 - 570	272.8 - 610.0	1020.0	240.0
Sodio	3.0 - 76.7	19.2 - 28.8	210.0	240.0
Cobre	21.83	1.60 - 19.0	-	-
Hierro	1.3 - 10.9	6.5	80.0	80.0
Zinc	1.06	2.8	100.0	120.0
Níquel	0.52	-	-	-
Manganeso	-	0.9	-	-

Fuentes: J. Food Sci. Technol., 1998, Vol. 35, No. 3, pag., 193-20

2.5 CÁSCARA DEL TAMARINDO

La cáscara del tamarindo se encuentra entre el 15-25 % del contenido de la vaina, contiene una gran cantidad de taninos y azúcares reductores como glucosa y fructosa a continuación se menciona su composición química en la tabla 15

TABLA 15. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CASCARA DE TAMARINDO

Azúcar Reductores	11.760 %
Cenizas	4.310 %
Acidez Titulable	3.949 % Como Ácido Cítrico
Acidez Titulable	4.232 % Como Ácido Tartárico
Taninos	2.200% Como Ácido Tartárico

Jiménez Delgado Enrique "Industrialización de Tamarindo." Tesis: UNAM. México, D. F., 1983.

2.6 Ácidos Orgánicos presentes en el tamarindo

Se identificaron como ácidos presentes en el tamarindo a los ácidos tartárico que representan el 98 y 2 % de otros ácidos (málico, oxálico, succínico, cítrico, oxálico), están presentes en la pulpa representan la acidez total.

El ácido tartárico.

Tiene un fuerte sabor agrio y una capacidad de aumentar el sabor de la fruta el cual es un constituyente natural. Este es especial con un verdadero sabor natural de uvas, grosella, frambuesa, limón y naranja

Casi el 50% de ácido tartárico esta en forma combinada principalmente como bitartrato de potasio y una pequeña cantidad de tartrato de calcio. Comercialmente tiene la configuración L (+) pero es dextrorrotatorio; este es el más soluble en agua de los acidulantes sólidos. (7)(10)(14)

Ac. Mesotartárico



Ac. L (+) tartárico



El ácido tartárico que esta presente en el tamarindo es el natural dextro rotatorio de la forma L (+) ácido tartárico, PM. 150.086, punto de fusión 169-170 °C; con una solubilidad 139g/100ml de agua a 20 °C, solubilidad en bitartrato de potasio 0.84g/100g agua a 25 °C, solubilidad en tartatro de calcio 0.02g /100 g de agua y este tiene 4 moléculas de agua la sal anhidra de calcio. (12)

La estimación total de mercado en todo el mundo para ácido tartárico es de 58,000 toneladas y de biftalato de potasio (ácido-base) es de 20,000 toneladas. La composición de la muestra de ácido tartárico esta representada por bebidas alcohólicas 30%, emulsificantes 20%, farmacéutica 15%; alimentos 10%, textiles 10%, electroquímicos 10% y otros 5%. El ácido tartárico es aprovechado por la Food and Drug Administration (FDA) considera como una sustancia GRAS. El ácido tartárico y los tartatos son absorbidos por el intestino y excretado por la orina. (19)

El ácido oxálico es un producto comercial que se obtiene por la reacción del formiato sódico con el hidróxido sódico a temperatura elevada. El oxálico sufre descarboxilación a T° ambiente y 140°C, el oxálico da como otro producto el fórmico.

Los ácidos succínico y málico producen anhidos intramoleculares estables cuando se les calienta con anhido acético. El succínico se obtiene por hidrogenación de ácido maleico, compuesto polifuncional con doble enlace y dos grupos carboxilo que se fabrican en gran escala por oxidación catalítica del benceno. (12)

2.7 Compuestos volátiles.

Los compuestos volátiles de la pulpa de tamarindo son recientemente investigados por la técnica combinada de cromatografía de gas-líquido y espectroscopia de masas. Sesenta y uno compuestos identificados y confirmados. Los resultados de este estudio sugieren que el aroma del tamarindo consiste de notas cítricas y notas semejantes a calentar, sazonar, condimentar o tostar.

Notas Características	Compuestos
Tostado	5 - pirazona
	2- alkilthiazoles
Cítricas	Limoneno
	Terpineno-4-ol, geraniol, geranial.
Calentar, sazonar.	Metil salicilato, zafral, ionona, cinnamaldehído.

Otros compuestos identificados son: Hexanol, cis-3-hexen-1-ol, trans-2-hexen-1-ol, y trans y cis-linalol óxidos, 2-acetil furano, benzaldehído, linalonol, 4-terpenol, fenilacetaldéhído, α -terpenol, 2-fenil etil alcohol y dibutilbifalato.

Los compuestos volátiles de la pulpa fueron extraídos con pentano/éter etílico (1:1) separado por cromatografía en columna y analizado por cromatografía de gas-líquido, fueron identificados 10 hidrocarburos y 25 compuestos polares. Monoterpenos, derivados de furano, derivados benzaldehído y metil pirazonas.

El más abundante constituyente es el 2-acetil-furano y trazas de furfural y 5-metilfurfural puede ser el mayor contribuidor de aroma en el tamarindo, 5-pirazonas y 2-alkilthiazoles, compuestos que normalmente son formados durante el tostado de numerosos alimentos, están presentes en el tamarindo. (7) (19)

2.8 Pigmentos

Los carotenoides constituyen un grupo de terpenos muy difundidos en los reinos animal y vegetal. Tienen color amarillo, naranja o rojo debido al gran número de dobles enlaces conjugados. (12)

Las flores, las hojas 2500 μ g, la pulpa de tamarindo 10-60 μ g, la cáscara, la testa de la semilla contienen β -carotenos; este se oxida con facilidad rompiéndose por el doble enlace central y originando dos equivalentes del aldehído que se conoce como retinal. La reducción bioquímica del carbonilo al aldehído produce vitamina A, que es un factor de crecimiento importante.

El pigmento antocianina, crisantemina, son responsables del color de la pulpa de tamarindo en la variedad roja y en la variedad común contiene leucocianidina. Los pigmentos antoxantina, luteína y epigenina están presentes en un 2%, en las hojas del tamarindo. La fruta tiene bajo contenido de antocianinas, mientras que las flores contienen únicamente xantofila, las semillas con testa contienen leucoantocianidinas. (7) (14) (19)

CAPITULO III

PRODUCTOS

INDUSTRIALIZADOS

A BASE DEL FRUTO

DE TAMARINDO.

3.0 PRODUCTOS INDUSTRIALIZADOS A BASE DEL FRUTO TAMARINDO.

Considerando el rápido incremento en la producción de tamarindo, ha sido necesario desarrollar métodos de preservación para regular el valor de la fruta durante un largo periodo.

Las propiedades terapéuticas del tamarindo, hacen del fruto un producto con un valor adicional, el tamarindo procesado tiene una vida de anaquel larga, su preservación permite su utilización por el hombre.

El tamarindo es utilizado como materia prima en una diversidad de productos y sub-productos algunos ejemplos de sus productos comerciales son:

- Dulces elaborados a partir de Tamarindo
 - Pulpa de Tamarindo sin semilla con azúcar.
 - Pulpa de Tamarindo sin semilla sin azúcar.
 - Pulpa de Tamarindo sin semilla con azúcar y color caramelo.
 - Pulparindo, Frutina, Rielitos, Tama-roca, Bolitas de tamarindo.
- Otros productos:
 - Confitería, Mermelada, Jaleas, Salsas Vinagretas, Productos Farmacéuticos de Origen Natural (laxantes).

En este capítulo se darán a conocer los procesos de obtención de productos industrializados a base de tamarindo, considerando también las partes como desechos (semilla y cáscara), empezando por la obtención de pulpa de tamarindo y su proceso de manufactura para obtener otros sub-productos a continuación se mencionan todos los productos elaborados a base de este fruto.

- Obtención de pulpa de tamarindo.
- Obtención de concentrado o jugo concentrado de tamarindo.

- Obtención de pulpa de tamarindo en polvo.
 - Bebida a partir de pulpa de tamarindo en polvo.
 - Refresco a partir de pulpa de tamarindo en polvo.
 - Bebida de tamarindo a partir del jugo clarificado.

- Otros procesos industrializados son los siguientes:
 - Obtención de la pectina a partir de la pulpa de tamarindo.
 - Obtención de la pectina a partir de la semilla de tamarindo.
 - Obtención de polvo de tamarindo a partir de la semilla.

3.1 MÉTODO DE OBTENCIÓN DE PULPA DE TAMARINDO. (13)

PULPA DE TAMARINDO: es un líquido denso, obtenido de la molienda, tamizado, homogeneizado y pasteurizado del tamarindo. Sin adición de conservadores, colorantes y saborizantes. Conserva el olor, sabor característico al fruto. Su color café, textura suave, un pH de entre el 2 - 4. (8)

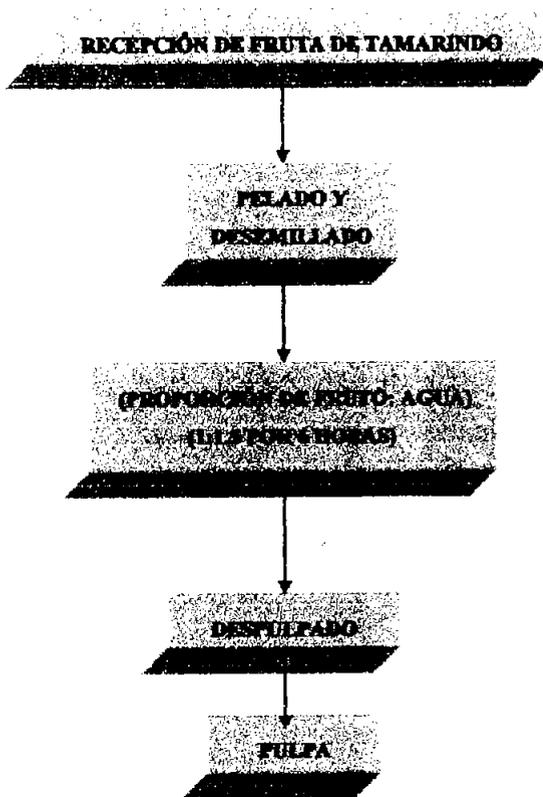
Después de la recepción del fruto, la fruta es separada de las semillas, de la fibra y secada para reducir el contenido de humedad; la pulpa puede ser separada manualmente o mecánicamente, primero es necesario una dilución de 1:2 fruta: agua, produce un alto rendimiento en sólidos solubles totales. La pulpa obtenida de esta dilución tiene aproximadamente 13.2° Brix con un excelente sabor de fruta. La proporción de peso de tamarindo maduro es: pulpa 42.8%, semillas 31%, cáscara 23.3% y fibra 2.9%. (17)

Este método de extracción mecánica pelado de tamarindo produce una alta calidad en la pulpa de tamarindo prolongando su vida de anaquel. Un extracto de tamarindo, agua-alcohol tiene un pH de 2.0-3.5 y 80% sólidos reemplazando el total de fruta descascarada. **Diagrama 1**

Otro método propuesto por La Central Food Technological Research Institute (CFTRI), la fruta de tamarindo puede ser procesado sucesivamente para bebidas. En un pequeño deshidratador eléctrico es práctico y conveniente para procesar la fruta cultivada en huertas.), se mezcla la cáscara y la fruta de tamarindo con un mínimo de agua y pasándolo por un despulpador remueve, semillas, fibra y material celulósico, se envasa en tambos para mantener la calidad de la pulpa para su uso posterior en la industria. (19)

La diferencia entre estos dos métodos es que el primero no utiliza la cáscara y el segundo si, por lo tanto este último obtendrá un mayor rendimiento de pulpa y mejores características sensoriales y fisicoquímicas.

DIAGRAMA 1. OBTENCIÓN DE PULPA DE TAMARINDO.



Fuente: J. Food Sci. Technol., 2003, Vol. 40, No. 1, 76 – 79

3.2 OBTENCIÓN DE JUGO CONCENTRADO DE TAMARINDO.

Jaleel et al (1980) uso una enzima péptica para la producción de concentrado de tamarindo. La pulpa es extraída con agua caliente, seguido por una fuerte presión. La enzima péptica concentrada es usada para la despectinización de la pulpa de tamarindo. Después de 15 h de reacción el jugo es exprimido. El tratamiento con la enzima péptica concentrada da un jugo clarificado, limpio, libre de residuos celulósicos, cuya concentración da una aceptable viscosidad y libre fluido. De 5 Kg. de pulpa, que se utilizaron 3.46 Kg. de concentrado es obtenido como rendimiento, con las siguientes características: Brix 10, acidez 18.1% y pH 2.0

Diagrama 2 obtención de jugo clarificado.

Obtención de jugo concentrado. Para la preparación de concentrado, después de la limpieza del fruto de tamarindo, la pulpa es extraída con agua hirviendo usando un principio contra corriente donde el extracto diluido es usado para extraer lotes frescos de pulpa, un extracto contiene aproximadamente 20% sólidos solubles totales. El extracto es separado de la pulpa, usando un tamiz y el concentrando se somete al vacío en un evaporador. Donde los sólidos solubles totales alcanzan el 68%, el material es directamente trasladado y llenado en latas y botes estos se conservan en congelación. El rendimiento del producto concentrado obtenido puede ser aproximadamente de 75% de la pulpa que se utilizo inicialmente. Se muestra en el diagrama 3

El concentrado de tamarindo o jugo concentrado de tamarindo es un producto fácilmente reconstituible y dispersable en agua caliente. El concentrado puede ser almacenado por largos periodos. Se muestra en la tabla 16 la composición química del concentrado de tamarindo. El proceso de manufactura de concentrado de tamarindo ha sido desarrollado por (CFTRI). (19)

Tabla 16. COMPOSICIÓN DE JUGO CONCENTRADO DE TAMARINDO Y PULPA DE TAMARINDO EN POLVO

Constituyentes	Jugo concentrado	Pulpa en polvo.
Humedad %	30.0	3.5 - 8.8
Ácido tartárico total, %	13.0	8.7 - 11.1
Azúcar invertida	50.0	15.8 - 25.0
Proteínas, %	2.0	1.7 - 2.4
Almidón, %	—	20.0 - 41.3
Cenizas, %	—	2.1 - 3.2
Fibra cruda, %	2.0	—
Pectina, %	2.0	—

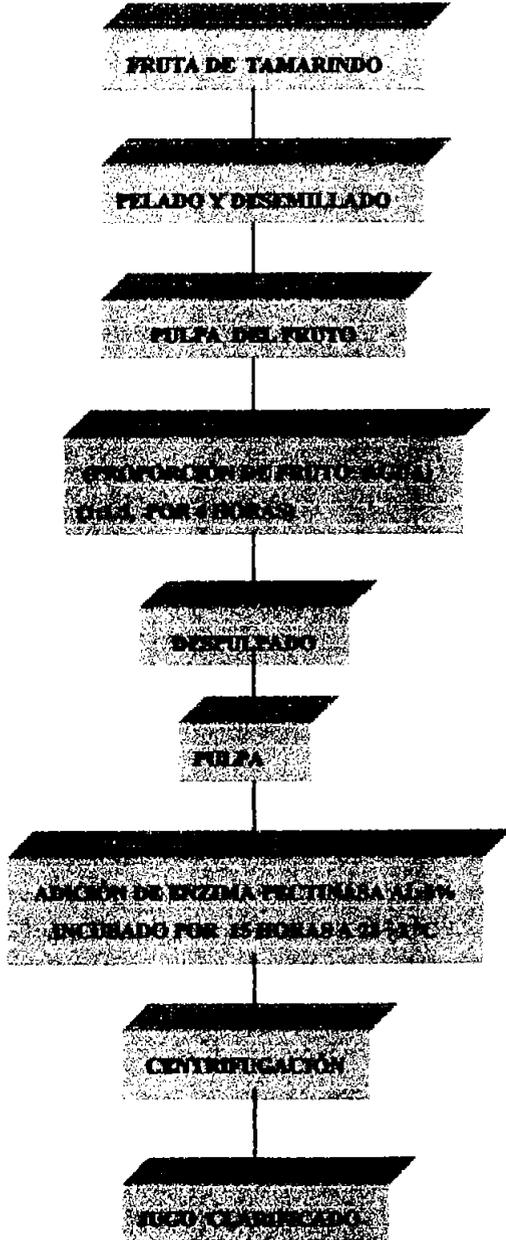
Fuente: J. Food Sci. Technol., 1998, Vol. 35, No. 3, pag., 193-208

Otro proceso de obtención de jugo concentrado de tamarindo es el siguiente: la pulpa de tamarindo es tratada con agua caliente, se realiza una extracción del jugo, concentrando la pulpa que tiene un contenido de 65-70% de sólidos solubles y todo el azúcar es invertido, el ácido y la pectina están presentes en la pulpa original, además el concentrado tiene un 13% de ácido tartárico total, 50% de azúcar invertido, 2% proteína, 2% pectina y 30% de humedad.

Se determinó la composición de azúcar en el jugo concentrado de tamarindo; contiene bajos niveles de sacarosa; 0.63% sacarosa, 9.98% glucosa, 9.55% fructosa y 3.58% xilosa. (15)

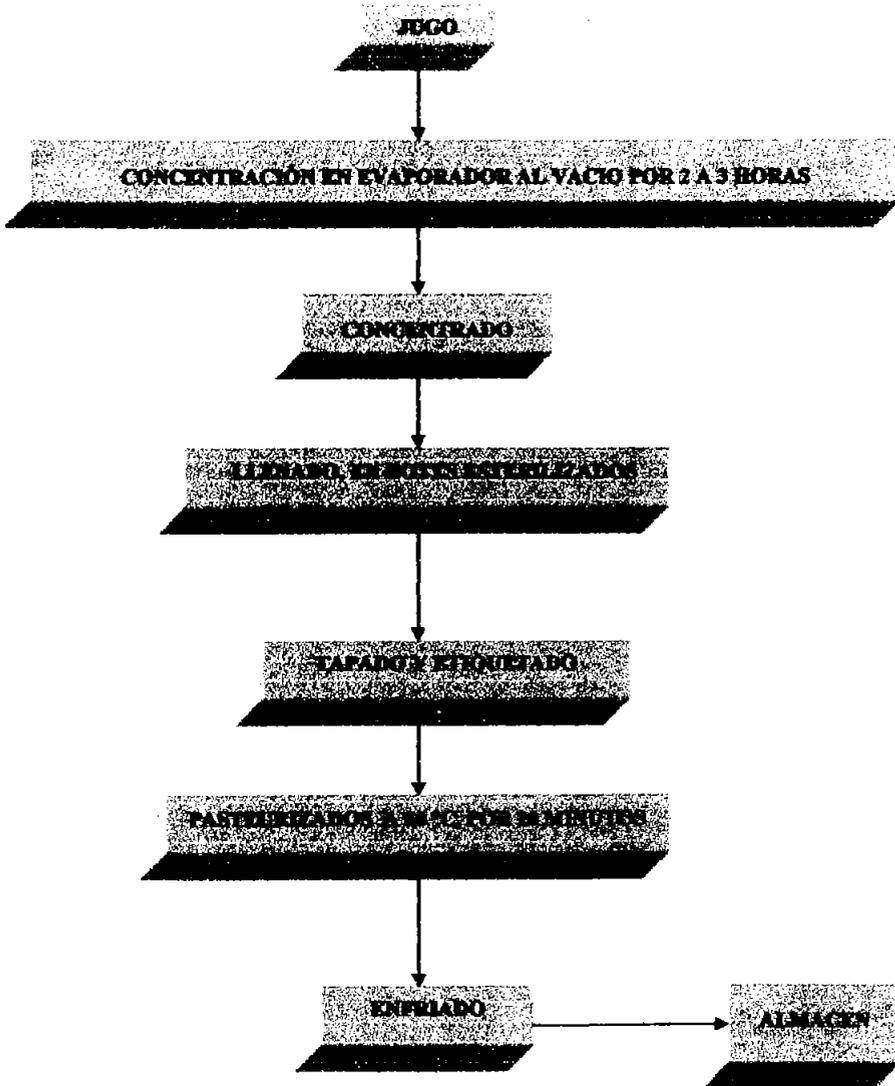
En los dos métodos se realiza una extracción del jugo y luego se concentra en un evaporador para obtener de sólidos totales entre 65-75%.

DIAGRAMA 2. JUGO DE TAMARINDO CLARIFICADO



Fuente: J. Food Sci. Technol., 2003, Vol. 40, No. 1, 76 - 79

DIAGRAMA 3. OBTENCIÓN DE JUGO CONCENTRADO DE TAMARINDO.



Fuente: J. Food Sci. Technol., 2003, Vol. 40, No. 1, 76 - 79

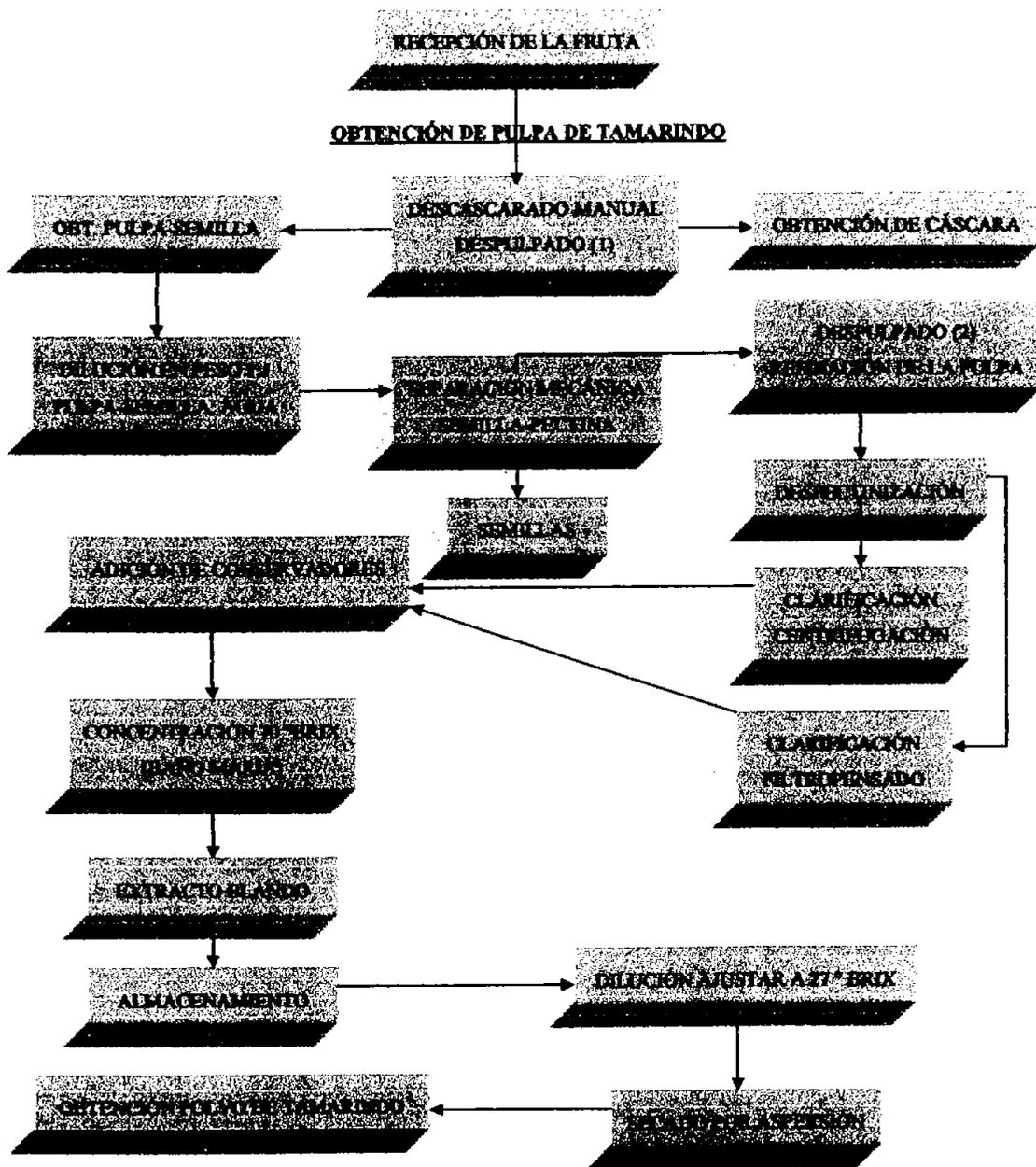
3.3 OBTENCIÓN DE POLVO DE TAMARINDO A PARTIR DE LA PULPA.

El tamarindo en polvo es uno de los productos alimenticios más convenientes desarrollados a partir de pulpa de tamarindo y es producido y manufacturado a gran escala por diversos países. Hay una variación en las características fisicoquímicas de una marca a otra. Se han analizado 16 muestras comerciales de polvo de tamarindo por composición fisicoquímica y se tienen los siguientes resultados: que el sólido es soluble en agua en un rango de 18.6-25.0 % y el grado de color café en términos de absorbancia a 440nm en un rango de 0.17 a 0.46 %. El porcentaje de acidez está en un rango de 8.7 a 11.1% con un valor promedio de 9.9% como ácido tartárico. La humedad contenida está en un rango de 3.5 a 8.8 con un promedio de 6.5%. Los minerales estimados, son calcio y potasio donde se estima que va desde 74-143mg y 23.8-27.7mg, respectivamente, con respecto a metales pesados cadmio y arsénico. El cobre contenido en estas muestras está en un rango de 1.2-3.4ppm.

El ingrediente más alto en el polvo de tamarindo es el almidón y es aquí donde la variación del porcentaje de almidón adicionado en las muestras es diferente, el contenido es 23-41% en promedio en diferentes polvos. Es necesario especificar el límite máximo permisible de contenido de almidón de maíz en polvo de tamarindo. (18)

La (CFTRI), desarrollo un proceso para la preparación de tamarindo en polvo, de libre flujo, que mantiene su color natural y su sabor original con estas características tiene un periodo de seis meses de conservación. El producto tiene un valor superior como muestra y esta disponible en el mercado. Diagrama 4 (7) (14)

DIAGRAMA 4. OBTENCIÓN DEL POLVO DE TAMARINDO A PARTIR DE LA PULPA. (3)



3.4 OBTENCIÓN DE BEBIDA A PARTIR DEL POLVO DE TAMARINDO.

A partir de la obtención de tamarindo se puede preparar la bebida de tamarindo sin gas y la bebida gasificada de tamarindo (refresco); a continuación se presenta en el diagrama 5 y 6 respectivamente la obtención de estos productos.

En la bebida sin gas se le adicionan al polvo los colorantes, el azúcar, los conservadores, ácido cítrico y tánico se mezclan los polvos para después empacarlos para su venta.

DIAGRAMA 5. BEBIDA A PARTIR DEL POLVO DE TAMARINDO.

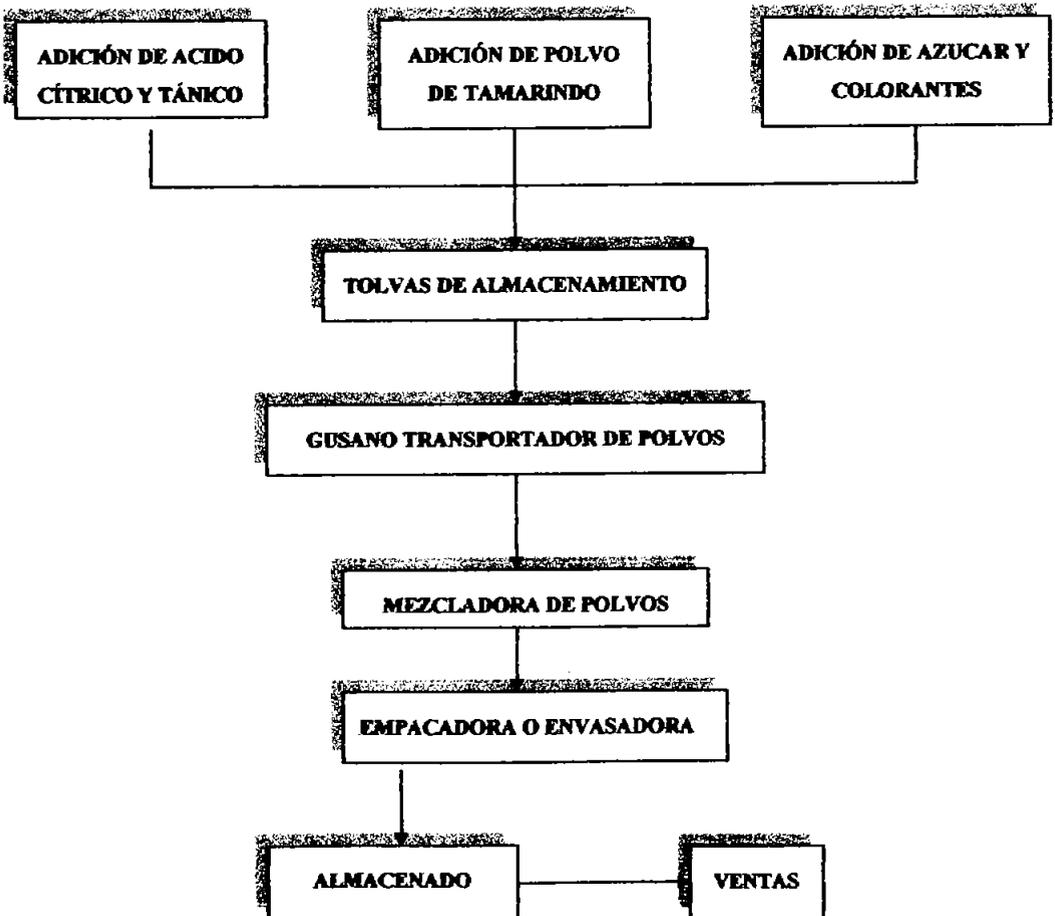
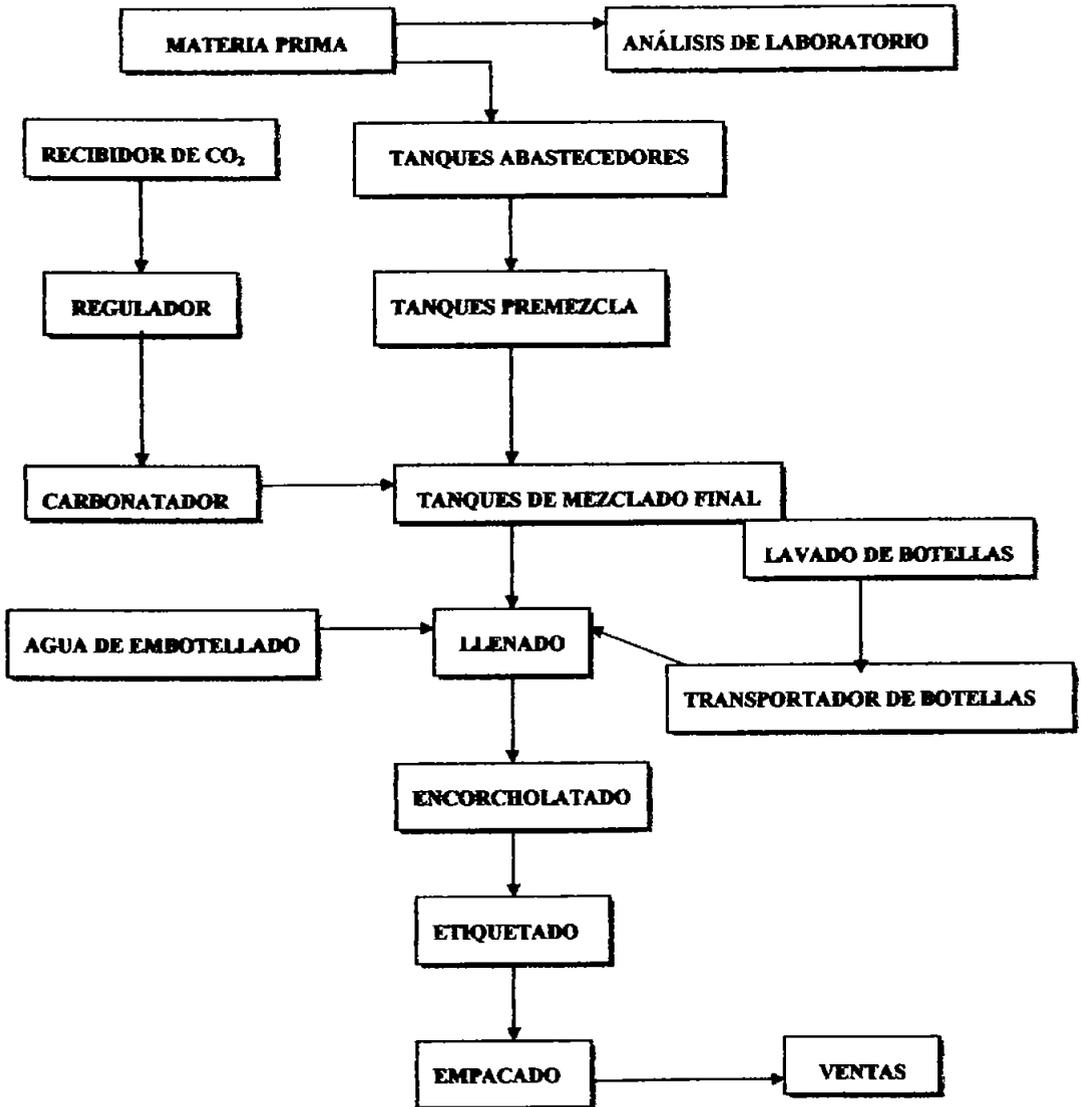


DIAGRAMA 6. ELABORACIÓN DE BEBIDA GASIFICADA DE TAMARIDO.

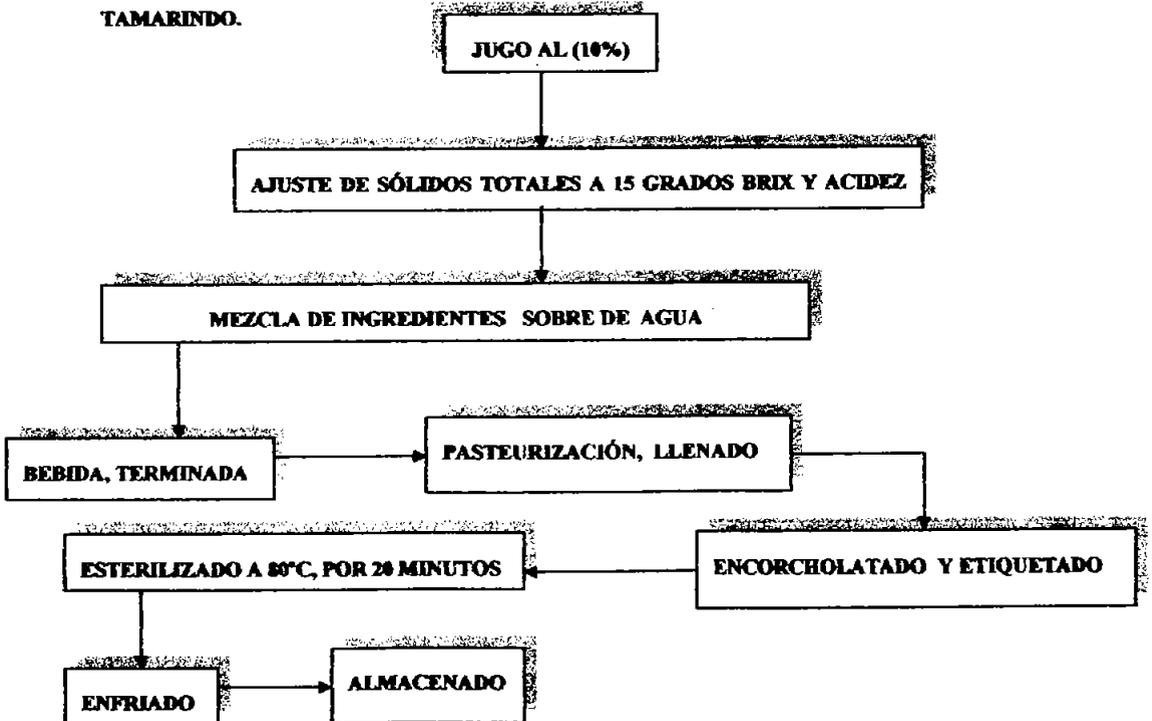


Fuente: J. Food Sci. Technol., 2003, Vol. 40, No. 1, 76 - 79

3.5 OBTENCIÓN DE BEBIDA DE TAMARINDO A PARTIR DEL JUGO DE TAMARINDO. (16)

Otro método para preparar la bebida de tamarindo se prepara a partir de la obtención de jugo clarificado de tamarindo como se explica en el diagrama 2. El extracto de tamarindo se reemplaza con ácido fósfórico, ácido cítrico que son para bebidas suaves. Las bebidas contienen extracto de tamarindo a un pH bajo ya que tiende a mejorar su vida de anaquel. Las bebidas de tamarindo contienen 9-12% de concentrado de pulpa y 21.5° Brix, las bebidas pasteurizadas, son almacenadas por un año. Diagrama 7. El extracto de etanol de tamarindo es el más efectivo inhibidor probado contra todo microorganismo en bebidas suaves. El tamarindo puede ser usado crudo para la preparación de vino; la vinagreta de tamarindo contiene de 10-14% y 15° Brix.

DIAGRAMA 7. PREPARACIÓN DE BEBIDA DE TAMARINDO A PARTIR DEL JUGO DE TAMARINDO.

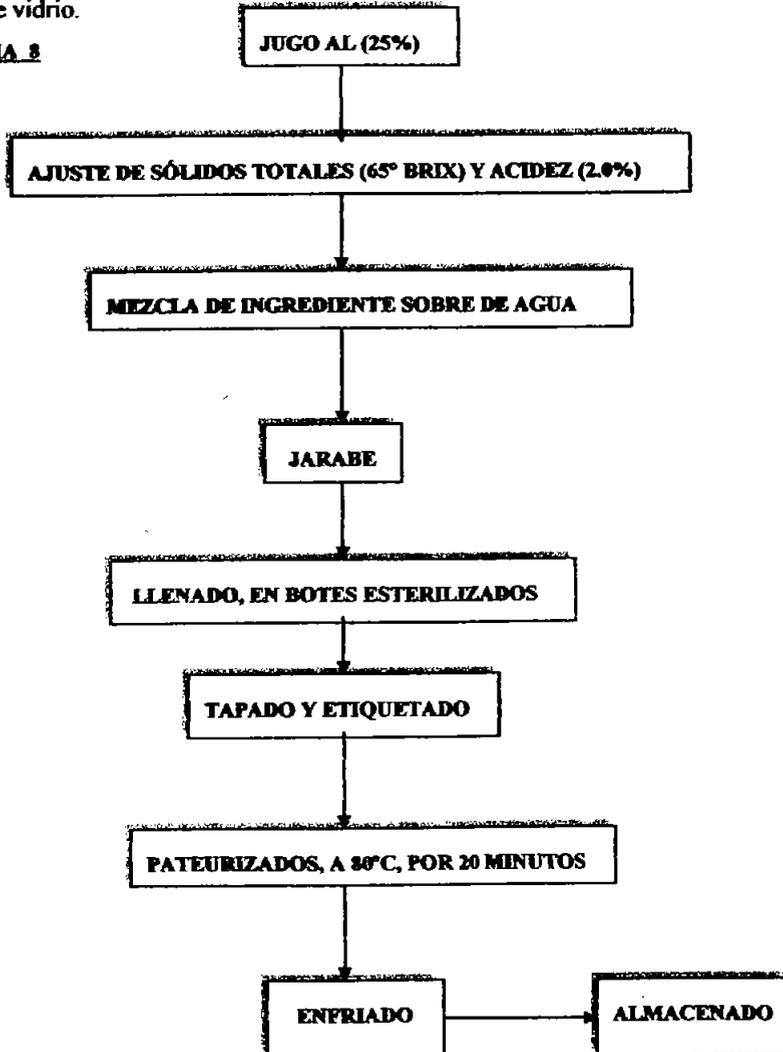


Fuente: J. Food Sci. Technol., 2003, Vol. 40, No. 1, 76 - 79

3.6 PREPARACIÓN DE JARABE DE TAMARINDO A PARTIR DEL JUGO DE TAMARINDO.

La preparación del jarabe de tamarindo se realiza a partir del jugo clarificado explicado en el diagrama 2. Para obtener el jarabe se ajustan los sólidos totales hasta alcanzar 65° Brix, se ajusta la acidez a 2.0%, listo para ser llenado y esterilizado en botellas de vidrio.

DIAGRAMA 8



Fuente: J. Food Sci. Technol., 2003, Vol. 40, No. 1, 76 - 79

3.7 OTROS PROCESOS DE INDUSTRIALIZACIÓN DEL FRUTO DE TAMARINDO

La pectina de la pulpa de tamarindo es químicamente semejante a la pectina de la manzana, la pectina comercial se obtiene apartir de la pulpa de manzana. Tabla 17 análisis comparativo de pectina de semilla de tamarindo y pectina de otras frutas. La pectina pulverizada y preparada de diferentes muestras de pulpa tiene un contenido de: Humedad 7.8-8.9 %, cenizas 2.3 - 3.0 %, pectato de calcio 70.0 - 80.4%, metoxilo 7.9 - 9.9%, ácido urónico 43.0 - 56.4% y grado de gelificación 130 -180.

TABLA 17. ANÁLISIS COMPARATIVO DE PECTINA DE SEMILLA DE TAMARINDO Y PECTINAS DE FRUTAS

PECTINAS	Tamarindo						
	Proceso frío		Manzana	Limón	Naranja	Papaya	Guayaba
	De Savur	Precipitado con alcohol					
Humedad	5.63	6.77	11.6	9.3	8.7	8.9	10.2
Cenizas	1.26	2.48	2.2	1.05	2.38	2.63	2.73
pp. con alcohol	99.87	99.68	91.76	94.14	95.35	92.80	93.80
Proteínas	0.88	1.58	0.66	1.16	1.87	2.78	2.15
Frac. Soluble en éter	2.68	2.50	8.63	6.84	5.87	7.32	6.88

Referencias: 20 Y 21

La pectina purificada y analizada presenta ácido galacturonico 81.3%, galactosa 2.0 % y arabinosa 6.8 %. La pectina de tamarindo también puede ser usada en cosméticos, como un agente emulsificante para aceites esenciales, como adhesivo, como agente deshidratante en productos en polvo, como ingrediente desintegrante en píldoras y tabletas, como excipiente en preparación de ungüentos, como medio nutritivo en trabajos bacteriológicos, etc. Comparación entre la pectina de la semilla de tamarindo y el polvo de tamarindo en la tabla 18. (5)

La pectina de la pulpa de tamarindo presenta una capacidad engomante mayor que la pectina de la semilla de tamarindo, así como su color, la finura de su textura y su viscosidad es de mejor calidad.

TABLA 18. COMPARACIÓN ENTRE PECTINA DE TAMARINDO Y POLVO DE SEMILLA DE TAMARINDO.

CARACTERÍSTICAS	PECTINA DE TAMARINDO	POLVO DE SEMILLA DE TAMARINDO
Color	Prácticamente blanco	Crema, en ocasiones café ó café rojizo
Olor	Inodoro	Tiene el olor típico del grano de tamarindo
Finura	120 Mallas	Variedad comercial usualmente entre 80-84 M.
Humedad	Contiene solamente 5-6 %	Varia de 8 - 12 %
Cenizas	0.91 %	2 - 4 %
Materia Mineral	0.13 %	1.8 3.0 %
Proteínas	Purificada sólo 0.28 %	Varia de 15 - 20 %
Viscosidad (30°C)	78 - 80 Redwood sec.	40 - 50 Redwood sec.
Grado	300 grados contra el almidón de maíz	150 grados contra el almidón de maíz
Acción sobre seda artificial	No corroe las fibras de la seda	Corroe las fibras de seda artificial

Fuente: 20 y 21

La pectina de Tamarindo tiene un gran número de aplicaciones, no solamente en el tratamiento de algodón sino también, con la adición de gomas adecuadas, para el tratamiento de seda artificial. Además, la pectina de tamarindo es de uso considerable en el tratamiento de papel y en vista de su gomosidad natural, para el encuadernado de papel.

Investigaciones y ensayos en laboratorio y a gran escala en un buen número de molinos, en diferentes partes de la india han demostrado que la pectina de la pulpa de tamarindo, tiene una capacidad engomante de 300% mejor que el almidón de maíz. Se muestra la comparación en la Tabla 19. (4)

3.8 OBTENCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA PULPA DE TAMARINDO.

La pulpa de tamarindo también contiene pectina que tiene que ser trabajada y procesada para la producción de pectina, tartarato y etanol. La pulpa es repetidamente extraída con agua hirviendo y el extracto filtrado es colectado y enfriado, para separarlo con bitartrato de potasio. El sobrenadante es concentrado bajo vacío y la pectina es separada por la adición de alcohol. Después del filtrado es recuperado el alcohol, es tratado con óxido de calcio para precipitar tartrato de calcio. Los azúcares remanentes son fermentados con levaduras y el alcohol es recuperado.

El recuperado es aproximadamente del 2.5% de pectina, en adición para un 12% de ácido tartárico y 12% de alcohol de pulpa de tamarindo, el cual hace el proceso atractivo. Para el aislamiento de ácido tartárico, el uso de vaina verde ha sido sugerido, ya que estas contienen más ácido tartárico en forma libre.

TABLA 19. COMPARACIÓN ENTRE PECTINA DE TAMARINDO Y ALMIDÓN DE MAÍZ.

PROPIEDADES	PECTINA DE TAMARINDO	ALMIDÓN DE MAÍZ
Apariencia Física	Polvo fino blanco, inodoro	Polvo fino blanco, inodoro
Grado	300 grados.	100 grados.
Acción del calor	La viscosidad es incrementada progresivamente hasta llegar a un máximo. Luego cae aunque el calentamiento sea progresivo.	La viscosidad empieza a caer después de alcanzar el punto de gelatinización.
Acción de los álcalis	Los álcalis estabilizan la viscosidad de la pectina.	Inestable en la presencia de álcalis.

Fuente: 20 y 21

3.9 OBTENCIÓN DE POLVO DE TAMARINDO A PARTIR DE LA SEMILLA.

El polvo de semilla de tamarindo tiene una extensa variedad de usos en la industria textil, jugos y alimentos. Por sus propiedades físicas, reológicas puede ser usado como un sustituto de pectina en la industria alimentaria.

El polvo de semilla de tamarindo es preparado por descortización de la semilla y el pulverizado de esta hasta obtener una crema blanca. La descortización de la semilla es un sedimento que requiere una medida de malla en la maquina, para obtener un polvo fino con un rendimiento de 55-60%. Este es fácil de deteriorarse por un largo periodo de almacenamiento particularmente en condiciones de humedad.

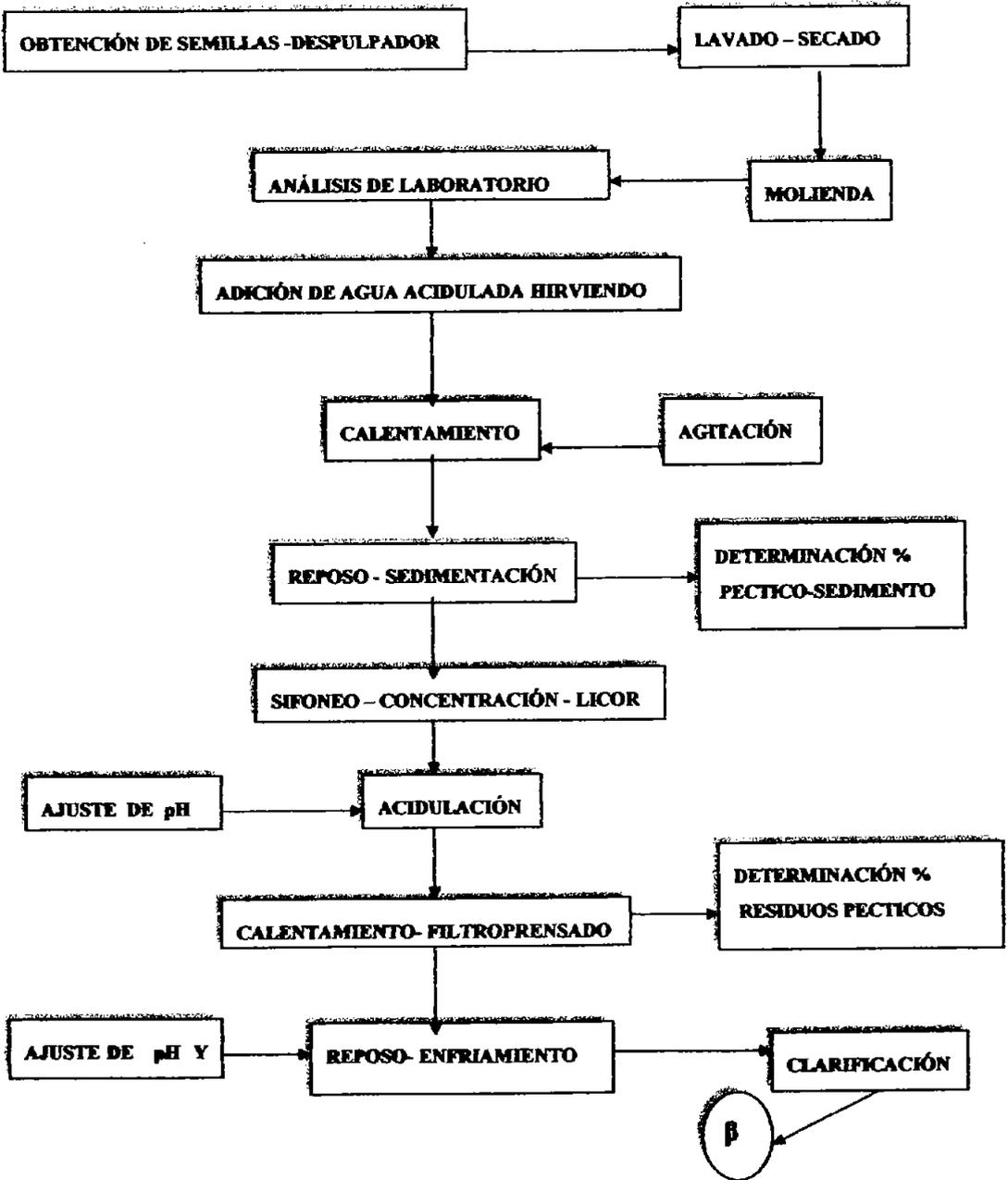
El polvo puede ser mezclado con 0.5% de bisulfito de sodio después empacarse para prevenir la degradación enzimática. Una muestra de polvo de semilla de tamarindo tiene una viscosidad relativa de 5.0 a 35° C en una solución al 0.5%, el cual es más alto que una solución de 1.5 % de almidón de maíz, el polvo de semilla de tamarindo es mucho más barato que el almidón y es requerido en pequeñas cantidades comparado con otros almidones comunes.

El polvo contiene polisacárido (60%), proteínas, fibra, grasa, sales inorgánicas, algunos azúcares libres y taninos. El polisacárido consiste de D-glucosa, D-xilosa, D-galactosa y L-arabinosa en una proporción de 8:4:2. El polisacárido puede ser usado como sustituto de almidón y pectina, aunque este es de forma estructuralmente diferente que estos.

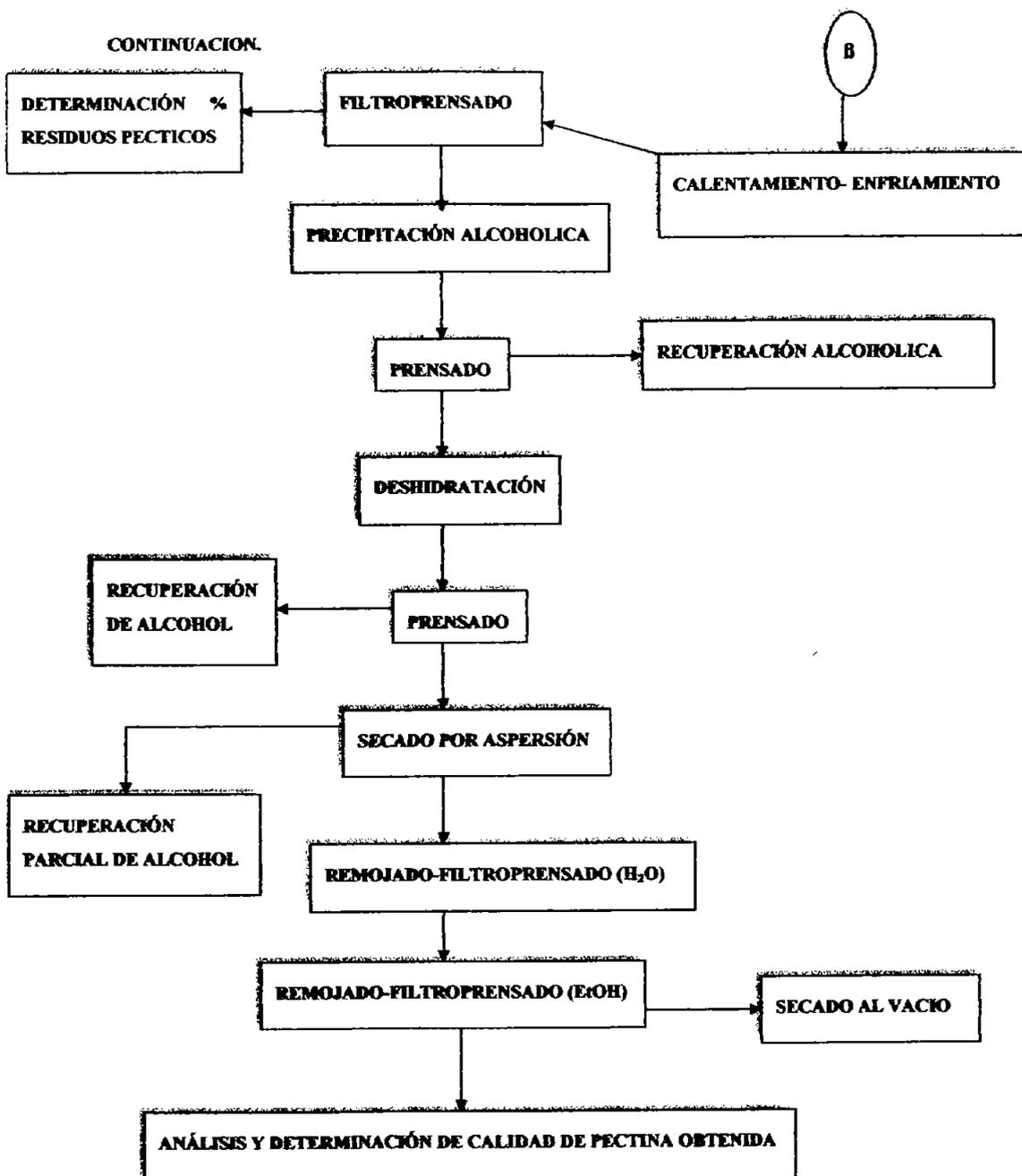
El clarificado de polvo de semilla de tamarindo es obtenido por un tratamiento con una base fuerte, seguida por una neutralización y finalmente un aislamiento. El producto final puede ser usado como un espesante en alimentos para consumo humano. Como se muestra en el Diagrama 9.

En la industria de alimentos, jaleas obtenidas de pectina de semilla de tamarindo son comparadas favorablemente en fuerza y transparencia con aquellas obtenidas de pectinas de otras frutas. Aún más, en vista de la naturaleza coloidal de la pectina de tamarindo, puede ser utilizada adecuadamente como un estabilizador en helados mayonesas y quesos. (19)

DIAGRAMA 9. OBTENCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA SEMILLA DE TAMARINDO



CONTINUACION.



Fuente: Jiménez Delgado Enrique "Industrialización del Tamarindo". Tesis UNAM México, 1983

3.9.1 ADHESIVO.

El polvo de semilla de tamarindo, cuando es hervido en agua con ácido bórico y fenol es un buen adhesivo para papel. También tiene un alto grado adhesivo el polvo de semilla de tamarindo puede ser preparado por tostado de la semillas a 110° C por 15 minutos, para remover la testa pulverizando extremadamente fuerte a 180 mallas y haciendo potaje con agua hirviendo. Esta mezcla con 200% agua caliente, 5% glucosa, 4% formol y 12% bicarbonato de sodio. El adhesivo esta listo para ser usado.

El xiloglucano de la semilla de tamarindo esta comercialmente disponible como aditivo para alimento por su importante viscosidad y textura en el procesado de alimentos. (7)

3.9.2 POLISACÁRIDO.

La propiedad del polisacárido del polvo de semilla de tamarindo, es su habilidad para formar geles con concentraciones de azúcar así como lo hace la pectina de la fruta. Sin embargo estos geles no contienen grupos ácido galacturónico o grupos de metil urónico y tampoco distintas pectinas de frutas, pero forman geles sobre un extenso rango de pH.

Para la preparación del polisacárido a gran escala es gradualmente agregado en 30 a 40 minutos, una carga de agua hirviendo que contiene ácido cítrico ó ácido tartárico a una concentración de 0.2% y la mezcla es agitada vigorosamente y calentada por 30-40 minutos, la solución resultante es reposada durante la noche y en la mañana el sobrenadante es sifoneado y concentrado bajo vacío, pasado por un filtro y secado. El producto resultante es pulverizado en un molino. El polisacárido se dispersa fácilmente en agua fría formando una solución viscosa, mucilaginosa a bajas concentraciones.

El polisacárido es un excelente sustituto de pectina para la elaboración de mermeladas, conservas y jaleas de frutas. El tratamiento con ácido cítrico decrece la indeseable tenacidad del gel. El polisacárido forma el mejor gel a concentraciones 0.7 - 0.9 %, del peso final del gel, mientras que la concentración requerida para la preparación de fruta es casi el doble. El polisacárido es utilizado en confitería. (19)

CAPITULO IV

MEJORAMIENTO DEL PROCESO

DE ELABORACIÓN DE PULPA DE

TAMARINDO.

CAPITULO IV

4.0 PROCESO DE ELABORACIÓN DE PULPA DE TAMARINDO A MODIFICAR

En este capítulo se explicará como se lleva a cabo la elaboración de pulpa de tamarindo desde la recepción de materia prima, así como cada etapa del proceso, refinado y producto final. Así mismo se menciona el desarrollo de actividades que se realizaban en el momento en que ingrese a la empresa y posteriormente se mencionan las mejoras y los controles que actualmente se están llevando a cabo en el proceso de obtención de pulpa de tamarindo.

- 4.1 Recepción de Materia Prima.** Recepción del tamarindo sin muestro previo, no checaba el fruto en la recepción.
- 4.2 La limpieza y selección:** La limpieza se hacía manual, para limpiar el tamarindo del polvo se usaba un tanque con aire que tiene una manguera conectada a la válvula, con este aire se roseaba el tamarindo sobre la superficie para retirar el polvo, posteriormente se seleccionaba el fruto.
- 4.3 Lavado del fruto:** Una vez limpio, se lava en una solución de hipoclorito de sodio al 6%, durante 15 minutos.
- 4.4 Troceado:** Esta operación, el personal que la realizaba no estaba capacitado por lo tanto no se trocaba toda la fruta y esta se desperdiciaba al pasar al despulpador.
- 4.5 Despulpado:** El despulpado esta operación requiere de un operador bien capacitado para manejar correctamente el equipo, para evitar la pérdida del producto.

4.6 Refinado: el refinado es una operación importante por que la pulpa debe pasar por malla número 50 ya que esta es una de las especificaciones que requiere el cliente para su producto que es el refresco de tamarindo, de otro modo sino cumple con esta especificación hay devoluciones de este.

4.7 Envasado.

El envasado se realiza de la siguiente manera se enjuagaban los tambos nuevos y se vacía la pulpa ya preparada al tambo. No se realizaba frotis de tambo limpio para microbiología, los utensilios que se usaban para llenar los tambos no se lavaban correctamente.

4.8 El control de proceso.

-No se encontraron muestras en el anaquel de lotes anteriores de pulpas, no se encontraron registros en bitácoras de análisis fisicoquímicos o microbiológicos.

-Ausencia de manuales de proceso, de recepción de materia prima, de fisicoquímicos, ausencia de manuales de buenas prácticas de manufactura, de control de puntos críticos, de control de plagas, etc.

4.9 PROCESO DE MEJORAMIENTO DE ELABORACIÓN DE PULPA DE TAMARINDO

Cada una de estas actividades se debe de cuidar para evitar que las pérdidas de este producto sean muy altas, por lo que a continuación se menciona como se empezó a tomar medidas de buenas prácticas de manufactura, cuidándose los puntos críticos de control, de cada una de las etapas que tiene que ver con la preparación de las pulpa de tamarindo a nivel industrial y en grandes cantidades evitándose estos problemas y disminuyendo el grado de contaminación microbiológica o contaminación cruzada, así aumentando la vida de anaquel del producto.

En la figura 5 se presenta un resumen de las actividades y etapas que se han ido controlando para mejorar el proceso de elaboración de pulpa de tamarindo, tomando en cuenta las normas de la secretaria de salud, las buenas prácticas de higiene y manufactura, así como los puntos críticos de control.

En el diagrama 10 se presentan las actividades que se desempeñan en el proceso de mejoramiento de obtención de pulpa de tamarindo.

Aspectos importantes:

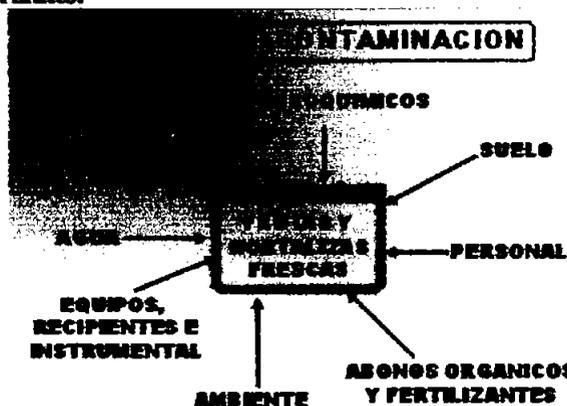
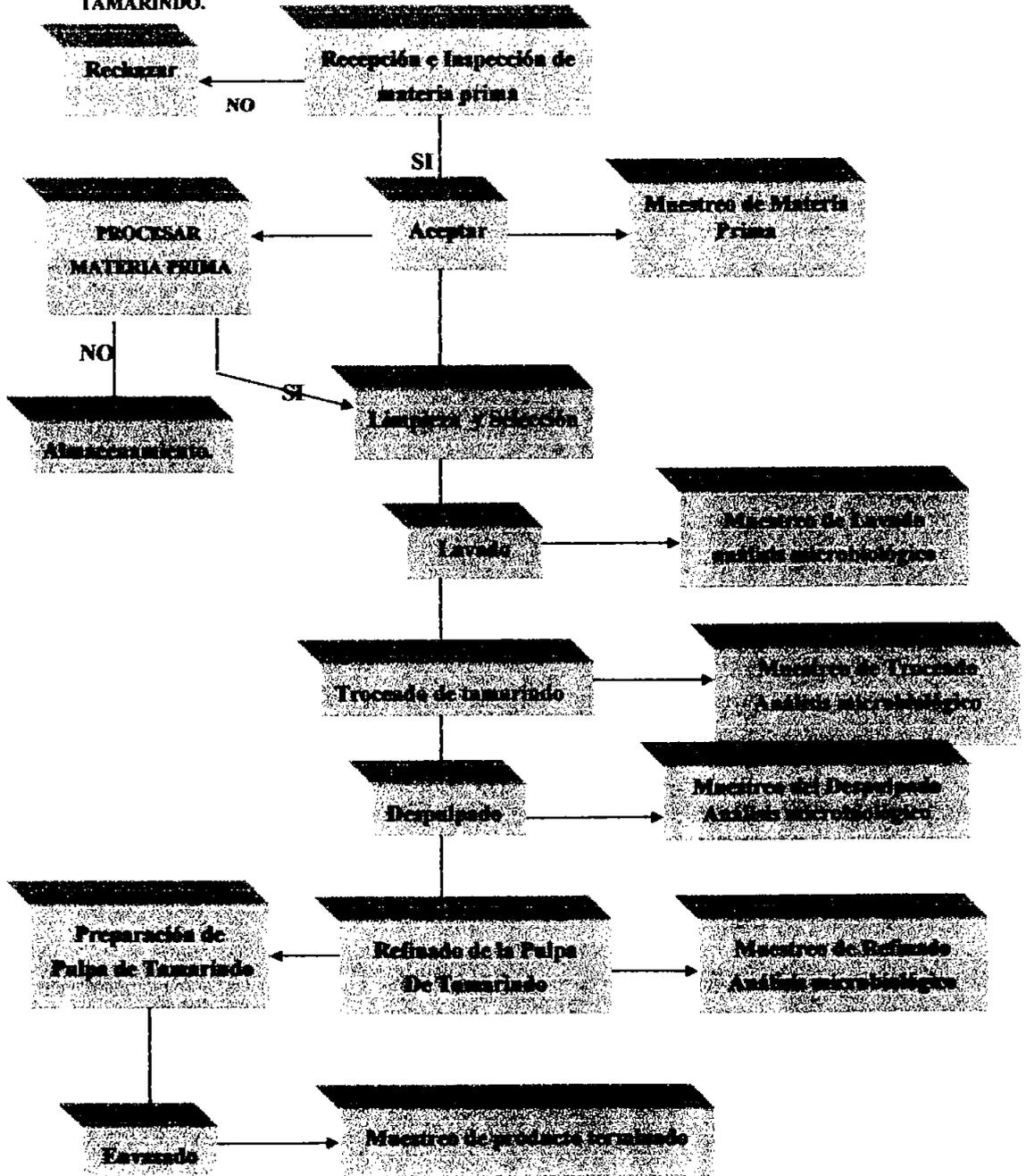


Figura 5. Fuentes de Contaminación de Frutas y Hortalizas Frescas

Los controles microbiológicos van dirigidos a la reducción o eliminación de los riesgos para el consumidor de los alimentos. Los controles microbiológicos suelen ir dirigidos a los puntos críticos de control definidos mediante técnicas de análisis de peligros (HACCP).

DIAGRAMA 10 PROCESO DE MEJORAMIENTO DE ELABORACIÓN DE PULPA DE TAMARINDO.



4.10 Muestreo de materia prima.

- Se toma una muestra al azar de 5 costales que tienen un peso en promedio de 35Kg., la muestra tomada es de aproximadamente de 1 Kg., de tamarindo, a esta muestra se le realizan análisis fisicoquímicos, pH, % acidez, grados Brix y análisis sensoriales, color, olor y sabor.

4.11 Recepción e inspección de materia prima.

- Recepción e inspección de la fruta como materia prima. No se deberá aceptar ninguna materia prima si se sabe que contiene parásitos, microorganismos o sustancias tóxicas, descompuestas o extrañas, que no pueden ser reducidas a niveles aceptables por los procedimientos normales de clasificación y preparación o elaboración de acuerdo con la Secretaría de Salud, así como de cualquier otra materia extraña, vidrios, metales, pedazos de madera, ramas, estiércol, etc.
- No deberá contener ningún contaminante químico en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud. Los límites máximos para estos contaminantes queden sujetos a lo que establezca la Secretaría de Salud, los estudios para establecimiento de límites máximos de residuos de plaguicidas deberán estar sujetos a verificación del cumplimiento de los principios de Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL), por parte de la Secretaría, de los organismos de certificación o las unidades de verificación.
- Preguntar al proveedor tipo de insecticida que utilizo en la fumigación de la fruta, así como verificar por norma si esta permitido y deja residuo en el fruto.(se manda una muestra a un laboratorio de terceria).
- Se registra en una bitácora la fecha de recepción, lote, cantidad recibida, proveedor, así como, color, olor, sabor, pH, acidez y observaciones.

- 4.12 El control de plagas es aplicable a todas las áreas del establecimiento, recepción de materia prima, almacén, almacén de producto terminado, distribución, punto de venta, producción, punta de venta y vehículos de reparto.
- Todas las áreas de la planta deben mantenerse libres de insectos, roedores, pájaros u otros animales.
 - NORMA Oficial Mexicana NOM-050-FITO-1995, Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el establecimiento de límites máximos de residuos de plaguicidas en productos agrícolas.
 - En caso de que alguna plaga invada el establecimiento, deberán adoptarse medidas de control o erradicación. Las medidas que comprendan el tratamiento con agentes químicos, físicos o biológicos, sólo deberán aplicarse bajo la supervisión directa del personal que conozca a fondo los riesgos para la salud, por que el uso de esos agentes es nocivo para la salud.
 - Sólo deberán emplearse plaguicidas, cuando otras medidas no sean eficaces. Antes de aplicar plaguicidas se deberá tener cuidado de proteger todos los productos, equipos y utensilios contra la contaminación.
 - Después de aplicar los plaguicidas, deberá limpiarse minuciosamente el equipo y los utensilios contaminados, a fin de que antes de volverlos a usar queden eliminados los residuos.
 - Todos los sistemas de control de plaga deben ser aprobados por el Departamento de Calidad. Se debe llevar un calendario e registro de control de plagas y guardarlo en un archivo.

- Tratamiento de fumigación. NORMA Oficial Mexicana NOM-044-FTTO-1995, establece los requisitos y especificaciones fitosanitarios para la importación de productos y subproductos vegetales procesados y deshidratados. Esto es aplicable si y solo si la materia prima presenta plagas.

- Los usos autorizados a nivel nacional bajo las condiciones existentes de los plaguicidas, son necesarios para un control eficaz y fiable de las plagas; los que comprenden una gama de niveles de aplicaciones de plaguicidas hasta la concentración de uso autorizado más elevada, de forma que quede la concentración mínima posible de residuos en el fruto.

- El método de aplicación debe estar de acuerdo con la recomendación proyectada, para los plaguicidas con presión de vapor elevada como son los fumigantes, aerosoles, humos o nieblas, debe respetarse la forma de aplicación comercial utilizada a continuación se menciona en la tabla siguiente las condiciones y la concentración de plaguicida.

TABLA 20 TRATAMIENTO: T 101(t¹) BROMURO DE METILO A PRESION ATMOSFERICA NORMAL, EN CAMARA O EN CUBIERTA DE PLASTICO.

TEMPERATURA	DOSIS (g/m ³)	CONCENTRACION (g/m ³) TRAS LECTURA DE:					
		0.5 H.	2.0 H.	3.0 H.	4.0 H.	5.0 H.	6.0 H.
33°C O MAYOR	64	58	34	34	-	-	-
27 - 32°C	64	58	32	-	32	-	-
21 - 26°C	80	72	42	-	42	-	-
16 - 20°C	80	72	40	-	-	40	-
10 - 15°C	96	85	50	-	-	50	-
4 - 9°C	96	85	48	-	-	-	48

- Fumigación con insecticidas por aspersión, se utiliza para insectos voladores pueden también controlarse usando insecticidas en aerosol con repelente anticontaminante, es decir insecticidas aéreos. Se recomienda el uso de insecticidas piretroides, con base en piretro y piretrinas, que son insecticidas naturales muy seguros derivados de flores que crecen en el este de África. Estos insecticidas no tiene efectos residuales, lo que significa que el insecto debe tener contacto con ellos en el momento de ser aplicados.

4.13 Almacenamiento de materia prima.

- Las entradas de las plataformas de carga y descarga deben estar techadas para evitar la entrada de lluvia.
- Los pisos deben ser de material adecuado, de fácil limpieza, resistente para soportar la carga.
- Los techos estarán en perfecto estado, libres de goteras.
- Se recomienda que las tarimas queden separadas de la pared 50cm., para prevenir cargas sobre las mismas y facilitar recorridos de verificación.
- Las estibas se harán respetando las especificaciones y evitando rebasar la altura establecida.
- Se recomienda llevar un control de primeras entradas y primeras salidas, a fin de evitar que se tengan productos sin rotación.
- Se tomarán precauciones para evitar que las materias primas sufran contaminación química, física, microbiológica u otras sustancias objetables, así mismo se evitara la entrada y al establecimiento de plagas.
- La materia prima deberá almacenarse en condiciones que confieran protección contra la contaminación y reduzca al mínimo los daños y deterioros.
- No se permite el almacenamiento de la materia prima directamente sobre el piso ya que se deben almacenar sobre tarimas.
- Otros aspectos importantes en la recepción de materia prima son: no debe presentar contaminación por mohos en la superficie del fruto para evitar contaminación cruzada durante el proceso de fabricación y una posterior descomposición del producto.

- Revisar el tamarindo que su contenido de humedad sea característico, no debe estar mojado o muy aguado, esto es par evitar que se deteriore por la presencia de mohos.
- Comparación del color con un patrón (pantone) ya que hay un tamarindo de color rojo, por lo que esta fuera del parámetro de especificaciones generales.
- Lugar de procedencia del tamarindo, Veracruz, Guerrero, Oaxaca y Colima.
- El departamento de calidad aprobará o rechazará la materia prima, según sea el caso antes de ser usada en el área de producción.

4.14 Limpieza y selección de tamarindo.

- Las materias primas deberán inspeccionarse y clasificarse antes de llevarlas a la línea de producción y en caso necesario, deberá efectuarse pruebas de laboratorio.
- **Limpieza:** conjunto de procedimientos que tiene por objeto eliminar tierra, residuos, suciedad, polvo, grasa u otras materias objetables.
La suciedad favorece a los microorganismos, *Suciedad:* Objetos extraños (fragmentos de metal, pintura, tierra, colillas de cigarros), insectos (fragmentos, huevos, larvas), roedores (heces, pelo), microorganismos (toxinas, agentes patógenos) etc.

Es importante la limpieza del fruto por que hay una gran demanda de los consumidores por alimentos limpios y seguros para la salud. Así mismo para tener una Vida en anaquel más amplia del producto terminado.

- La limpieza del fruto se realiza de la siguiente forma: se vacía el tamarindo a una maquina limpiadora, la función es quitar todo el polvo, hojas, palos, piedras, etc. Sale de la maquina y se selecciona el tamarindo separando el que esta muy seco y quebrado, muy aplastado que tiene hojas muy pegadas, roído, agujerado, con mucha tierra, etc.

4.15 Lavado y desinfectado.

➤ Es el procedimiento que se utiliza para impartir a un producto u objeto la calidad de sanidad o seguridad, es decir liberarlo de materiales nocivos para el ser humano. El término significa básicamente eliminación de la manera más completa y permanentemente la suciedad. En el proceso de lavado en el que actúa un detergente ocurren simultáneamente tres fenómenos:

1. Separación de la mugre o residuo de donde estaba depositada.
2. Dispersión y emulsificación.
3. Estabilización de partículas en el seno de la disolución agua-detergente.
4. Enjuagar el Tamarindo

4.15.1 Desinfectado:

Se pesa la fruta se sube al tanque de troceado y se inunda para ser lavado y desinfectado con una solución de benzoato de sodio, 400ml de ácido cítrico al 50% y con 200 ml. de hipoclorito de sodio al 13 %, por 20 minutos. Posteriormente se desagua y se enjuaga con agua.

4.16 Troceado.

Después del lavado de la fruta se le adicionan los demás ingredientes a la fruta y se trocea, esta operación se lleva a cabo en el mismo tanque de capacidad de 1100 litros y tiene una flecha de 1 m de largo en los extremos tiene un par de aspas semejantes a la de un ventilador que giran en su mismo eje troceando la fruta y mezclando los ingredientes, hasta quedar una pasta muy homogénea y bien troceada.

En la reducción de tamaño de los sólidos, los materiales de alimentación se reducen a tamaños más pequeños por medio de una acción mecánica, es decir los materiales se fracturan.

Los equipos para la reducción de tamaño pueden clasificarse, de acuerdo a la forma en que se aplican las fuerzas, de la siguiente manera: entre dos superficies como la trituración y cortado, en una superficie sólida o por impacto y por la acción del medio circundante como en los molinos coloidales.

4.17 Despulpado.

Después del Troceado sigue el despulpado se lleva acabo en un equipo llamado despulpador, este equipo esta compuesto por una malla redonda grande de 1m de largo del numero 20 dos pares de aspas largas que tienen en los extremos dos empaques o gomas, lo que hace es que al pasar el producto troceado sobre la despulpadora las aspas aspas están girando, haciendo un barrido sobre la malla, separando por un lado la fibra o hebras del tamarindo así como toda la semilla quedando una pulpa gruesa que esta compuesta por la carnosidad del fruto y un porcentaje de la cáscara.

4.18 Refinado del de tamarindo.

Se refina el despulpado se pasa por los molinos coloidales de piedras, la pulpa tiene que pasar la malla No. 50 la pulpa esta lista para usarse.

Los molinos giratorios se usan para la reducción de materiales a tamaños intermedios y finos. En este tipo de molinos, una coraza cilíndrica en un eje horizontal, se carga con un medio de molienda que consiste en dos discos de pedernal; la reducción de tamaño a una partícula más fina se lleva a cabo por la acción de girar de ambos discos y el material pasa entre ambos.

- Se realiza un muestro del refinado en un frasco esterilizado (200g) se lleva al laboratorio para análisis microbiológico por vaciado en placa con, agar cuenta estándar, hongos y levaduras, conformes; análisis fisicoquímicos, pH, % acidez, grados Brix y densidad; análisis sensoriales, color, olor y sabor.

4.19 Preparación de la pulpa.

Se prepara la pulpa con los ingredientes finales se mezcla bien y posteriormente es envasada para se venta, de esta pulpa se toma una muestra en frascos esterilizados y se analizan, fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales.

4.20 Envasado de la pulpa de tamarindo.

- Todo el material que se emplee para el envasado deberá almacenarse en condiciones de limpieza. El material deberá ser apropiado para el producto y las condiciones previstas de almacenamiento, no debe transmitir al producto sustancias objetables que lo alteren y lo hagan riesgoso, en cantidades que excedan los límites aceptados por la Secretaría de Salud. El material de envasado deberá conferir una protección apropiada contra la contaminación.
- Los recipientes no deberán haber sido utilizados para ningún fin previo al envasado, que pueda dar lugar a contaminación del producto. Siempre que sea posible, los recipientes deberán inspeccionarse inmediatamente antes de su uso a fin de tener la seguridad de que se encuentran en buen estado y será necesario limpiarlos y sanearlos. Cuando se laven, deberán escurrirse bien antes del llenado. En la zona de envasado sólo deberá manejarse el material de envase necesario para uso inmediato.
- El envasado deberá hacerse en condiciones que no permitan la contaminación del producto y en tambo nuevos de plástico con capacidad de 200 litros, del envasado se toma una muestra de tamarindo de 200g en frascos esterilizados se realiza un análisis, microbiológico, fisicoquímicos y sensoriales.

4.21 Identificación de lotes.

Cada recipiente deberá estar permanentemente codificado con una etiqueta para identificar el día, la hora, en que se fabricó, núm., de tampo y lote. Se entiende por lote una cantidad definida de productos, producida en condiciones esencialmente idénticas.

4.22 Registro de elaboración y producción.

De cada lote deberá llevarse un registro continuo, legible y con la fecha de los detalles pertinentes de elaboración, estos deberán anotarse en una bitácora. Estos registros deberán conservarse por lo menos durante un periodo que se tenga señalado como vida de anaquel, en caso de necesidad específica, se llevarán los registros por lo menos dos años.

- ✓ El embalaje de los productos, deberá de llevar una codificación con el objeto de garantizar la identificación de los mismos en el mercado.
- ✓ Los productos que no han salido al mercado y deban ser reprocesados, deberán tener condiciones tales que no afecten la calidad de los lotes subsecuentes a los cuales se incorporen. El proceso debe hacerse a la mayor brevedad posible. El departamento de calidad debe ser consultado para las evaluaciones que se consideren necesarias.

4.23 Evaluación de Calidad.

Para obtener la garantía de la condición sanitaria de sus actividades y productos, deberán contar con laboratorio propio y se mandan a analizar las muestras a un laboratorio de tercera autorizada por la Secretaría de Salud, para el análisis de identificación de rastros de insectos presentes en la muestra de pulpa de tamarindo, según el método de la A.O.A.C.

Así mismo, se ha elaborado y aplicado un programa sistematizado de calidad de los productos.

Es conveniente tener un control sanitario de los productos elaborados. Los controles establecidos en el programa variaran según el producto y las necesidades de la empresa y se establecerá como premisa, que todo producto que resulte contaminado adulterado o alterado, sea rechazado para consumo humano.

Se realizara la toma de muestras representativas desde la recepción de materia prima, lavado y cada una de las etapas del proceso de producción de elaboración del producto para determinar la inocuidad y calidad del producto.

Los procedimientos de laboratorio utilizados se ajustan a los métodos reconocidos o normalizados, por la Secretaría de Salud con el fin de que los resultados puedan interpretarse fácilmente, en cualquier caso, se mencionará junto con los resultados analíticos, el método de prueba utilizada y su referencia documentada.

Se llevará un control de especificaciones microbiológicas, físicas y químicas. Tales especificaciones deberán incluir los métodos de toma de muestras, metodología analítica y los límites de aceptación.

Es importante llevar un control en el Departamento de Calidad que certifique constantemente:

- Identificar y registrar cualquier problema de calidad del producto.
- Recomendar, iniciar y verificar soluciones para llevar a cabo una mejora continua de calidad de procesos.
- Identificar los informes de los defectos que surgen durante las actividades de producción y cuales son las acciones correctivas.
- Las ordenes de producción con información completa.
- Se deben tener registros completos de los datos de recepción de materias primas, del proceso de fabricación y del producto terminado.
- Llevar una bitácora con las desviaciones de proceso cuando éstas sucedan.
- Llevar una bitácora de análisis físicos, químicos y microbiológicos de cada etapa del proceso de elaboración del producto y producto terminado.
- Llevar una bitácora con la información de evaluación de la calidad del producto, lote por lote.

- Mantener muestras de retención de cada lote, durante los tiempos calculados para la vida de anaquel del producto.
- Manuales de control de materias primas.
- Manuales de buenas prácticas de manufactura.
- Manuales de limpieza y sanitización de equipo.
- Manuales de proceso.
- Manuales de puntos críticos de control.

4.24 Determinar los puntos críticos de control (PCC).

Un PCC (punto crítico de control), es cualquier operación del proceso en donde la pérdida de control puede generar un riesgo de contaminación en el producto, que afecte la salud del consumidor.

La Comisión Internacional para Especificaciones Microbiológicas de Alimentos (ICMSF) recomendó, en 1988, que sean establecidos 2 tipos de puntos críticos de control:

Punto crítico de control 1 (PCC1) es la operación donde se efectúa el control completo de un riesgo y se elimina el riesgo que existe en esa etapa en particular.

Punto crítico de control 2 (PCC2) es la operación donde se lleva a cabo un control parcial, por lo que sólo es posible reducir la magnitud del riesgo.

4.24.1 Establecer especificaciones para cada punto crítico de control Identificado.

Es necesario especificar los criterios que van a indicar que la operación designada como punto crítico de control (PCC) está controlada. Dar valores de referencia o límites específicos, relativo a una característica física, química y microbiológica.

4.24.2 Monitorear cada punto crítico de control.

El monitoreo es una secuencia planteada de observaciones o mediciones para establecer si un punto crítico está bajo control, este monitoreo debe ser capaz de detectar cualquier desviación de lo especificado o programado de manera que permita tomar medidas correctivas rápidamente, se debe establecer de antemano las acciones de

monitoreo que se llevarán a cabo, además asignar quien y como las hará y cada cuando se realizarán.

Se usan los siguientes tipos de monitoreo:

- a) Observaciones visuales.
- b) Análisis sensoriales.
- c) Análisis físicos químicos.
- d) Análisis microbiológicos.

4.24.3 Establecer acciones correctivas que deben ser tomadas cuando el monitoreo indica que hay una desviación en un punto crítico de control.

Las acciones correctivas deben ser claramente definidas antes de llevarlas a cabo y la responsabilidad de las acciones deberá asignarse al responsable de control de calidad tomando en cuenta los siguientes puntos:

- a) Conocer el destino de un producto rechazado.
- b) Corregir la causa del rechazo para asegurar que el punto crítico de control está de nuevo bajo control.
- c) Mantener registros de las acciones correctivas que se tomaron.

4.24.4 Establecer procedimientos de registro.

Es necesario tener registros de la materia prima, el proceso y el producto, ya que éstos van a permitir evaluar cuales son los problemas que se han presentado si los puntos críticos se encuentran bajo control.

4.24.5 Establecer procedimientos de verificación.

La verificación tiene como finalidad determinar si el plan desarrollado para la aplicación de método de ARICPC está de acuerdo con el diseño original.

La verificación puede incluir la revisión de los registros de los análisis microbiológicos, químicos y físicos.

La aplicación del método de ARICPC, requiere de la ejecución de las siguientes etapas; es necesario realizar las tareas que se indican en la secuencia lógica que se detalla a continuación:

1. Formar el equipo que se va a encargar de análisis de riesgo y puntos críticos de control.
2. Descripción del producto.
3. Identificar el uso que le dará el consumidor al producto.
4. Elaborar un diagrama de flujo del proceso.
5. Análisis sistemático de los riesgos asociados a cada operación de proceso y las medidas preventivas para controlar los riesgos.
6. Identificación de los puntos críticos de control del proceso aplicando el árbol de decisiones del ARICPC.
7. Elaborar un diagrama de flujo con los PCC identificados.
8. Establecer especificaciones para cada punto crítico de control.
9. Establecer procedimientos de monitoreo para cada punto crítico de control.
10. Establecer acciones correctivas.
11. Establecer procedimientos de registros y documentación.
12. Elaborar hoja de control.
13. Establecer procedimientos de verificación.

En estas etapas se persiguen los siguientes objetivos:

- Identificar las materias primas y los alimentos que pudieran contener sustancias tóxicas, microorganismos patógenos o un número elevado de microorganismo que causen deterioro al alimento, además de las condiciones que permitan la multiplicación de microorganismos en la materia prima y en el producto.
- Identificar en cada operación o etapa del proceso del alimento, las fuentes y los puntos específicos de contaminación.
- Evaluar los riesgos y la gravedad de los peligros identificados.

Para poder identificar los riesgos es necesario contar con la siguiente información:

- a) Descripción de la materia prima (sus características físicas, químicas y microbiológicas).
- b) Descripción del producto terminado (sus características físicas, químicas y microbiológicas).
- c) Identificación del uso que se le dará al producto.
- d) Diagrama de flujo del proceso.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES.

De acuerdo a los resultados y tomando en cuenta que los objetivos planteados fueron cumplidos a continuación se hacen las siguientes conclusiones:

- Se establecieron las especificaciones de proceso en cada una de las etapas de elaboración de pulpa de tamarindo.
- Se estandarizaron las especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas de la pulpa de tamarindo.
- Se aumento la vida de anaquel de la pulpa de tamarindo de seis meses a un año.
- Se siguen aplicando las buenas prácticas de manufactura e higiene de alimentos así como la limpieza y sanitización de equipo.
- La venta y distribución de la pulpa de tamarindo ha aumentado y hasta el momento no se han tenido pérdidas y tampoco devoluciones.
- Se mejoró la recepción e inspección del fruto de tamarindo como materia prima controlando así la calidad del producto.
- Se mantiene un control de proveedores que cumplan con las especificaciones requeridas para la recepción de materia prima.
- Se siguen los procedimientos de evaluación de calidad mandando a analizar las muestras a laboratorios de tercería.
- Se realiza un monitoreo de análisis de riesgo puntos críticos de control en materia prima, etapas intermedias del proceso y producto final.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. Anónimo, recopilación bibliográfica del tamarindo, CONAFRUT, SARH, 1972-1979.
2. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Sistema de información agropecuaria de consulta (SIACON). Año 1990-2001
3. Balderas P. R., Galván B. E., "Extracción y caracterización del aceite de la semilla de tamarindo." Tesis de Licenciatura UNAM. México, D. F., 1993.
4. Fenemma O. R. Introducción a la ciencia de los alimentos. Editorial Reverte. España 1985
5. Gaytan O. L. J., "Obtención de un extracto y secado por aspersión de tamarindo natural, su aplicación en diversos productos alimenticios". Tesis de Licenciatura UNAM México, D. F., 1985
6. GUIA TÉCNICA PARA EL CULTIVO DE "TAMARINDO" - Nombre Común: **Tamarindo** Nombre Científico: *Tamarindus indica* L. AGRONEGOCIOS, como producir guías de cultivo.
7. Hasan, S.K and Ijaz, S. 1972. "Tamarind seeds. Agric. Ledger (Veg. Prod. Ser., 101) 2, 13-16 (Chem. Abstr. 11, 1305).
8. |Hernández, U.H.Y., (1980), estudios bioquímicos y fisiológicos en pre y poscosecha de la fruta del tamarindo, Tesis de Maestría, CONAFRUT, G.A.R.H, México.
9. Jambulingam, R.; Fernandes, E.C.M. 1986. Multipurpose trees and shrubs on farmlands in Tamil Nadu State (India). *Agroforestry Systems*. 4(1): 17-32.

10. Jiménez Delgado Enrique "Industrialización de Tamarindo." Tesis de Licenciatura UNAM. México, 1983.
11. Kotecha and S.S. Kadam "Preparation of ready-to-serve beverage, syrup and concentrate from tamarind." J. Food Sci. Technol., 40(1); 76-79, 2003
12. L. Allinger Norman "Química Orgánica" Editorial Reverté, S.A. Barcelona. Universidad de Georgia. 1976
13. L. Lehninger Albert. "Bioquímica" Editorial Omega S.A. Barcelona 1972
14. Leung, W. T. y Flores, M. "Food Fruits Composition Table for Use in Latin America. Natl. Inst. of Health Bethesda, Md. 1961
15. Manohar B. Ramakrishna et al "Studied Some Physical Properties of Tamarind Juice Concentrates" J. Food Engg. 13:241-248 1991
16. National Academy of Sciences. Tropical legumes: resources for the future. Washington, DC: National Academy of Sciences. 332 p. 1979.
17. Ocampo, R.A.(editor). 1994. National Academy of Sciences. Species Plantarum 1: 34. 1753 "*Tamarindus indica* L. 1994.
18. Parrotta A. J. "*Tamarindus indica* L." Tamarind SO-ITF-SM-30 New Orleans. Department of Agriculture, Forest. Service, Southern Forest Experiment Station. 5.p 1990
19. Shankaracharya N. B., "Tamarind Chemistry, Technology and Uses a Critical Appraisal" J. Food Sci. Technol., Vol. 35, No. 3, pag., 193-208 1998
20. Savur, G. Roo. Utilization of Tamarind Seed "Pectin in Textile Industries". The Indian Textile Journal. April, 1955.

21. Savur, G. Roo. Tamarind Seed "Pectin" Industries of Indian. Chemistry and Industries April 7, 1956.
22. Wenkam, N.S. and Miller, C.D. Composition of Hawaii Fruits. Hawaii Agric. Exp. Stn., Univ. Hawaii, Bull. 135. 1965
23. Worthington, T. B. Ceylon trees: Colombo: The Colombo Apothecaries. Co 429 p. 1959.