

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISION DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**



**EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE AZUCARES REDUCTORES EN LA  
PRODUCCION DE VINAGRE DE MANGO DE LA VARIEDAD “HADEN”**

**TESIS**

Presenta:

**JULIO CÉSAR TAFOLLA ARELLANO**

**Presentada como Requisito Parcial para**

**Obtener el Título de:**

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA.**

**AGOSTO DE 2008**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

La Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” a través del jurado examinador

Hace constar que la tesis titulada:

**EFEECTO DE LA CONCENTRACION DE AZUCARES REDUCTORES EN LA PRODUCCION DE VINAGRE DE MANGO DE LA VARIEDAD “HADEN”**

Presentada por:

**JULIO CÉSAR TAFOLLA ARELLANO**

Ha sido aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

En virtud de haber cumplido íntegramente los requisitos de la comisión de Tesis y

Monografías:

**A T E N T A M E N T E**

**“Alma Terra Mater”**

---

**M.C Antonio F. Aguilera Carbó**

**Presidente**

---

**Dr. Heliodoro de la Garza Toledo**

**1<sup>er</sup> Vocal**

---

**M.A Carlos Livas Hernández**

**2<sup>o</sup> Vocal**

---

**Lic. Laura Olivia Fuentes Lara**

**Vocal suplente**

---

**Ing. José Rodolfo Peña Oranday**

**Coordinador de la División de Ciencia Animal**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila.**

**Agosto de 2008**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

La Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” a través del jurado examinador

Hace constar que la tesis titulada:

**EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE AZUCARES REDUCTORES EN LA PRODUCCION DE VINAGRE DE MANGO DE LA VARIEDAD “HADEN”**

Presentada por:

**JULIO CESAR TAFOLLA ARELLANO**

Ha sido aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

El trabajo presentado ha sido dirigido por el siguiente comité:

M.C. Antonio F. Aguilera Carbó

Presidente

---

Dr. Heliodoro de la Garza Toledo

Co-director

---

Dr. Cristóbal Noé Aguilar González

Asesor Externo

---

M.A Carlos Livas Hernández

Asesor

---

## AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por ser mi fortaleza y protección, que siempre y en todo momento ha estado conmigo y más en esta etapa de mi vida.

A mi **Alma Terra Mater** por darme mi formación profesional y permitirme desarrollarme en el mundo alimentario que fue lo que siempre quise.

Al **Dr. Francisco Antonio Aguilera Carbó** por su gran apoyo, paciencia y conocimientos para dirigir la realización de este trabajo, por su tiempo y amistad.

Al **Dr. Heliodoro de la Garza Toledo (el padrino)** por el apoyo incondicional, conocimientos y tiempo para la realización de este trabajo, por ser un excelente e imprescindible amigo y por adentrarme más en el campo de los alimentos.

Al **Dr. Cristóbal** por su gran apoyo en la realización de este trabajo, por su tiempo y amistad.

Al **M.A Carlos Livas** por su amistad y apoyo incondicional.

Al **M.C Enrique Esquivel Gutiérrez** por todo el apoyo y por su amistad durante mi estancia en la Narro.

A **todos los maestros** de la carrera de ICTA, por sus conocimientos y amistad.

A **PROMANGO DE ACAPULCO S.P.R DE R.L C.V.** al señor **Ignacio cuevas Terrazas** por permitir hacer mi estancia en su empresa y por facilitarme la materia prima para la realización de este trabajo.

A mi padrino **Prof. Federico Valle Berrum** por sus conocimientos y por inculcarme el mundo alimentario.

Al **Prof. José Cruz Montiel** por ser un gran amigo, por compartirme sus conocimientos en el área de los alimentos.

A mis **amigos de la carrera de ICTA VII generación**: a Lisbeth, Iris, Dodany, Brenda, Lusvia, Caro, Paula, Lupita (Tabasco), Magaly, Bety, Aricelda, Toulouse (Cuñado), Juan (Pollo), Romeo (Anoréxica), Armando (Odi), Virgilio (Transgénico), Omar (wiris), Emilio (Gordo), Gaspar, Gerardo (Chilango), Enrique (Barrabas), Juan (Latin lover), Guillermo (Greñas), Adrian (Dino), Hugo, Gisela, Alejandro (Morelos) y a toda la popubanda de ICTA, por su amistad y todas las experiencias vividas durante la carrera.

A mis grandes cuates: El pantro, Rosalio, Virginio, Azucena, Juan de Dios, Beny, Jorge A. Coutiño, Rubén, Puma, Erubiel, Ausencio y a todos mis compañeros del Estado de Guerrero que estudian en la Narro.

Al **laboratorista Carlos Arrevalo Sanmiguel**, por su tiempo y conocimientos en los análisis bromatológicos para la realización de este trabajo.

Al **C.P. Juan Antonio Torres** por todo su apoyo incondicional y por ser un gran amigo y colega de la música.

A mis compañeros de DIA, U A de C, por todo el apoyo brindado, en especial Melissa Martínez Sosa.

## DEDICATORIAS

A **DIOS** por haberme dado la vida y la oportunidad de estudiar y culminar mis estudios profesionales. Por darme carácter y valor para seguir en el difícil camino de la vida.

A mis padres:

**René Tafolla Martínez**

**María Félix Arellano Palacios**

El estar lejos de ustedes me ha dado la oportunidad de valorar las cosas, porque tengo inmensas ganas de triunfar, de salir adelante, de honrarlos ya que me han dado lo mejor de ustedes: su cariño, su comprensión, y su apoyo en mis decisiones, sus experiencias, sus consejos, sus valores que me inculcaron, su amor, su tiempo, aunque el precio que tenga que pagar sea la ausencia de los seres que más quiero, el de no estar su lado compartiendo momentos de alegría, de tristeza, de llanto, de risa, de triunfos y derrotas. Esos momentos cuando más me necesitan, yo también los necesito. Esos momentos donde ustedes sufrían las consecuencias de mi ausencia, yo también los sentía, esos momentos donde necesitaba sus consejos, su comprensión, su cariño, me han hecho tanta falta.

Gracias por darme la vida, por su apoyo económico, moral y en mis decisiones, por compartir sus consejos y experiencias conmigo. Por darme su amor. Los extraño mucho, los amo.

A mis hermanos: **Víctor Hugo, René, Raúl, Arturo, María Félix, Xochitlquetzal y Aurelia**. Por todo su amor y apoyo. Por el tiempo que no pude estar con ustedes, espero y me comprendan, se que algún día también tomaran caminos diferentes y que todo sea por su bien, se me parte el corazón no estar compartiendo nuestras vidas, experiencias, esas fechas importantes con nuestros padres, en fin, me han hecho tanta falta, ánimo y que dios los bendiga.

A mí cuñada **Magdalena** y a mis sobrinos **José Ángel, Víctor Manuel, René y a mi nueva sobrina**. Gracias por todo el cariño y afecto hacia mí, se que algún día comprenderán el por qué no pude estar con ellos en sus primeros años.

A mis grandes amigos de toda la vida a **Carlos Alberto Tapia, Augusto de Paz Heredia, Raciél Vergara Almeda, Eustaquio Sánchez, Daniel Alejo, Elena (cuata)**. Gracias por compartir su sincera amistad y aunque hemos tomado diferentes caminos, siempre serán mis grandes amigos, suerte y que dios los bendiga donde quiera que se encuentren.

A **todos mis colegas de la música**: mi otra pasión que me ayuda a amortiguar todo el peso de la nostalgia, del tiempo y distancia que invade mi corazón, gracias dios mío por darme este maravilloso don.

A todos los **productores de mango**, espero y les sirva este trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
Indice de Contenido. . . . .	VIII
Indice de Tablas. . . . .	XII
Indice de Figuras. . . . .	XIII
Resumen. . . . .	XIV
<b>CAPITULO 1</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción. . . . .	1
1.2. Justificación. . . . .	3
1.3. Objetivos. . . . .	5
1.3.1. Objetivo General. . . . .	5
1.3.2. Objetivos Específicos. . . . .	5
1.4. Hipótesis . . . . .	6
<b>CAPITULO 2</b>	<b>7</b>
2.1. Revisión de literatura. . . . .	7
2.2. Vinagre. . . . .	7
2.2.1. Definición. . . . .	8
2.2.2. Usos. . . . .	10
2.3. Fermentación alcohólica. . . . .	10
2.3.1. Condiciones de la fermentación. . . . .	12
2.3.2. Temperatura. . . . .	12
2.3.3. Aireación. . . . .	12
2.3.4. pH. . . . .	13
2.3.5. Nutrientes y activadores. . . . .	13
2.3.6. Concentración inicial de azúcares. . . . .	13
2.4. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> . . . . .	14



2.5. Fermentación acética. . . . .	15
2.6. <i>Acetobacter aceti</i> . . . . .	16
2.7. Enzimas. . . . .	18
2.7.1. Enzimas pécticas o pectinasas. . . . .	18
2.7.2. Enzimas celulolíticas o celulasas. . . . .	19
2.8. Aspectos generales del mango. . . . .	21
2.8.1. Composición del mango. . . . .	21
2.8.2. Contenido nutricional. . . . .	22
2.8.3. Clasificación botánica. . . . .	23
2.8.4. Descripción botánica. . . . .	23
2.8.5. Fruta. . . . .	24
2.8.6. Semilla. . . . .	25
2.8.7. Recolección del mango. . . . .	25
2.9. Origen y distribución del mango. . . . .	26
2.10. Material vegetal. . . . .	28
2.11. Principales variedades de mango. . . . .	29
2.12. Características de las principales variedades de mango. . . . .	30
2.13. Características del mango variedad “haden”. . . . .	31
2.14. Producción mundial de mango. . . . .	32
2.15. Producción de mango en México. . . . .	33
2.16. Producción de mango en el estado de Guerrero. . . . .	36
2.17. Importancia económica como cultivo. . . . .	37
2.18. Potencial alimenticio y/o industrial. . . . .	38
<b>CAPITULO 3. . . . .</b>	<b>39</b>
3.1. Parte experimental. . . . .	39
3.2. Localización. . . . .	39
3.3. Recolección de la materia prima. . . . .	39
3.4. Pelado y troceado de la materia prima. . . . .	40
3.5. Extracción de la pulpa de mango. . . . .	40

3.6. Caracterización física y química del mango. . . . .	41
3.6.1. Determinación de materia seca total. . . . .	41
3.6.2. Determinación de humedad. . . . .	42
3.6.3. Determinación de cenizas. . . . .	42
3.6.4. Determinación de proteína por el método kjeldhal. . . . .	42
3.6.5. Determinación de grasa por el método Soxleth. . . . .	43
3.6.6. Determinación de fibra cruda. . . . .	43
3.6.7. Determinación de pectinas. . . . .	44
3.7. Tratamiento enzimático. . . . .	45
3.8. Nutrientes y activadores. . . . .	45
3.9. Propagación del inóculo de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> . . . . .	45
3.10. Fermentación acética. . . . .	46
3.11. Cuenta de número de células. . . . .	46
3.12. Determinación de azúcares reductores. . . . .	47
3.13. Determinación de sólidos solubles en grados Brix. . . . .	48
3.14. Evaluación del pH. . . . .	49
3.15. Determinación de acidez titulable. . . . .	49

**CAPITULO 4.- RESULTADOS Y DISCUSIONES . . . . . 50**

4.1. Caracterización física y química de la materia prima. . . . .	51
4.2. Tratamiento enzimático. . . . .	51
4.3. Fermentación acética. . . . .	52
4.3.1. Cuenta de número de células. . . . .	52
4.3.2. Determinación de azucares reductores. . . . .	53
4.3.3. Determinación de solidos solubles en grados Brix. . . . .	54
4.3.4. Evaluación del pH. . . . .	55
4.3.5. Acidez titulable expresada en grados Brix. . . . .	56

**CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS. .... 59**  
5.1. Conclusiones. .... 59  
5.2. Perspectivas. .... 60

**BIBLIOGRAFIA. .... 61**

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Pág.</b>
1. Contenido nutricional el mango. . . . .	22
2. Características de las principales variedades de mango	30
3. Producción de mango en México en orden de importancia. . . . .	34
4. Principales variedades con fines de exportación. . . . .	35
5. Nutrientes y activadores. . . . .	45
6. Volúmenes de solución madre y agua para preparar la curva de calibración de azúcares reductores. . . . .	48
7. Pesos y rendimientos en porcentaje del mango. . . . .	50
8. Caracterización física y química del mango. . . . .	51
9. Porcentaje de recuperación de jugo de mango. . . . .	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Estructura química del ácido acético. . . . .	9
2. Transformación de glucosa en etanol. . . . .	11
3. Diversas imágenes de <i>S. cerevisiae</i> . . . . .	14
4. Reacción de la formación de ácido acético. . . . .	15
5. Diagrama de producción de vinagre. . . . .	16
6. Observación microscópica de células de <i>Acetobacter aceti</i> . . . . .	17
7. Mango variedad "Haden". . . . .	31
8. Grafica de la producción mundial de mango	32
9. Principales estados productores de mango en México	33
10. Exportación de mango por país de destino. . . . .	35
11. Importancia del mango. . . . .	36
12. Ubicación geográfica del lugar de recolección de la materia prima. . . . .	39
13. Muestra de la materia prima recolectada. . . . .	40
14. Proceso de pelado y troceado del mango. . . . .	40
15. Separación de la pulpa y el bagazo. . . . .	41
16. Cámara de Neubauer. . . . .	47
17. Cuadrícula presente en la cámara de Neubauer. . . . .	47
18. Curva patrón de calibración de azúcares reductores	48
19. Tratamiento enzimático a 0.003% (izquierda) y 0.005% (derecha). . . . .	52
20. Curvas de crecimiento microbiano. . . . .	53
21. Consumo de azúcares reductores. . . . .	54
22. Consumo de grados Brix en función del tiempo. . . . .	54
23. Evaluación del pH durante la fermentación. . . . .	55
24. Producción de ácido acético en función del tiempo. . . . .	56

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se establecieron las condiciones preliminares para la producción de ácido acético a partir de mango de la variedad "Haden". Usando un tratamiento físico para la recuperación de la pulpa, así como un tratamiento enzimático para la clarificación del jugo, seguido de un proceso de fermentación.

Los resultados obtenidos demuestran que la estrategia seleccionada permite la producción de ácido acético en cortos tiempos de cultivo. Sin embargo, los valores de ácido acético alcanzados. Son 2.6 veces menores a los producidos en procesos de fermentación prolongados (semanas).

El uso de enzimas para macerar la pulpa de mango permitió la recuperación de un jugo rico en azúcares, sin embargo es muy importante considerar el valor inicial de sólidos solubles (Azúcares totales) para el inicio de la fermentación.

## CAPITULO 1

### 1.1 INTRODUCCIÓN

La importancia de la tecnología de los alimentos fue reconocida muy recientemente y apenas hace unos 20 años se manifiesta en todo el mundo una verdadera preocupación por la implementación de nuevas metodologías para la producción, el procesamiento y la conservación de productos alimenticios.

El cambio, una de las evoluciones más recientes e importantes dentro de la industria alimentaria, ha sido el gran esfuerzo que ha impulsado a la biotecnología para abrir nuevas fuentes de conservación de los alimentos o la mejora de estos, sobresaliendo las fermentaciones alimentarias (Varman et al., 1994).

La conservación de los alimentos mediante la fermentación de los mismos, es uno de los métodos más viejos conocidos por el hombre. Como lo es el caso de la fermentación acética. Industrialmente, son útiles los microorganismos que producen fermentación, que incluyen las levaduras, los mohos y las bacterias (Prescott). Siendo de estas últimas las más importantes las del género *Acetobacter*, el género lo forma un grupo de especies íntimamente relacionadas, situado entre la familia y la especie capaces de producir: Ácido acético (Carbonell, 1970)

El ácido acético es quizá el ácido orgánico de mayor importancia industrial. Sin embargo, es necesario distinguir entre la forma concentrada o "acético glacial" y la forma de uso alimentario conocida como "vinagre" o ácido acético en el grado alimenticio, cuya concentración aproximada es del 5% (Ayala et al., 2006).

La composición química de un vinagre es, esencialmente, la del vino de cual procede, exceptuándose la total transformación del alcohol etílico en ácido acético (Carbonell, 1970).

Hoy en día, la ruta biológica proporciona cerca del 10% de la producción mundial, pero sigue siendo importante en la producción del vinagre, dado que las leyes mundiales de pureza de alimentos estipulan que el vinagre para uso en alimentos debe ser de origen biológico.

Sin embargo cualquier fruta es buena para elaborar este producto siendo posible obtener una gran variedad de sabores como: vinagres de manzana, piña, plátano, fresa, mandarina, naranja, ciruela, durazno, etc. (Carbonell, 1970).

Como una alternativa al negocio de la fruticultura, como lo es el caso del fruto del mango, nace la idea de darle un valor agregado y otra forma de industrialización como lo es el vinagre. Ya que México es el principal país exportador a nivel mundial de esta fruta y el cuarto en cuanto a producción mundial, y sus opciones de industrialización son pocas.

En la presente investigación se aplicó un tratamiento físico para la disminución del tamaño de partículas de la pulpa, de un tratamiento enzimático para la clarificación de la pulpa, la fermentación acética del jugo obtenido, así como la evaluación del mismo proceso en función del consumo de azúcares reductores, azúcares totales, Grados Brix, del incremento de número de células, de la disminución pH y de la acidez titulable de la cinética de fermentación.



## 1.2 JUSTIFICACIÓN

El siguiente trabajo fue elaborado a partir de la idea de tener más opciones de comercialización de la fruta del mango, también de darle un valor agregado, teniendo más diversidad de productos, considerando el diseño de nuevos productos a partir de esta fruta.

Además, con la intención de reducir las pérdidas económicas al productor que le causa la no industrialización del mango y la disminución drástica del precio del mismo en el mercado, principalmente en los meses de abril a junio, la elaboración de nuevos productos resulta una necesidad (Cuevas, 2007).

A pesar de que el mango posee una serie de características favorables para su industrialización y de que su producción es de un carácter muy estacional, en nuestro país esta fruta es poco aprovechada en ese sentido. Una de las razones para ello es el hecho de no disponerse de una información adecuada sobre el comportamiento de las variedades frente a los métodos de conservación y procesamiento industrial (Rivera, 2005).

En México, uno de los grandes cuellos de botella surge entre el 15 de mayo y el 15 de julio, cuando la producción se satura y empiezan los problemas de comercialización y competencia entre algunos estados debido a que estos envían el producto al mismo tiempo (SAGARPA).

Uno de los principales problemas que se enfrentan los productores (al igual que otras frutas) es el bajo precio recibido y el retraso (o a veces la dificultad de obtenerlo) del pago. Esto es problemático para los productores pequeños y, sobre todo para los que no son miembros de ninguna agrupación.

La falta de organización de los productores, sobre todo los que generan volúmenes pequeños, perjudica la venta de su fruta lo cual contribuye directamente en la pérdida de grandes cantidades de fruta (Cuevas, 2007).

En este contexto, se optó por la elaboración de vinagre de mango (*Mangifera indica L.*) de la variedad "Haden", ya que es una de las variedades con mayor aceptación en todos los mercados (Nacionales e Internacionales), por sus características como; bajo contenido de fibra, alto contenido de azúcares (los cuales pueden ser fermentados), buena coloración. Además de ser una variedad temprana que satura el mercado en los meses de abril y mayo, con lo cual se causa su pérdida económica, debido a la gran oferta del mismo.

México es el principal país exportador a nivel mundial y ocupa el cuarto lugar a nivel internacional en producción. Siendo el estado de Guerrero uno de los más productores; del cual destaca la región de la Tierra caliente, Costa Chica y Costa Grande (SAGARPA).

El vinagre de mango representa un producto novedoso que posee características especiales por los atributos sensoriales que se desarrollan y por la oportunidad que representa en el mercado mexicano.

Además de los beneficios antes mencionados sobresale el hecho de encontrar un nuevo uso del mango, que permitiría un ingreso permanente al productor al darle un valor agregado, mediante la fermentación acética para la obtención de vinagre.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Elaborar vinagre de mango, usando un tratamiento físico para la recuperación de la pulpa, así como un tratamiento enzimático para la clarificación de la misma.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Caracterizar física y químicamente al mango.
- Establecer las condiciones de procesamiento para la obtención de la pulpa de mango.
- Evaluar la adición de enzimas pectolíticas y celulolíticas en el tratamiento de clarificación del jugo de mango.
- Establecer las condiciones de elaboración del vinagre de mango.

## **1.4 HIPÓTESIS**

El mango de la variedad “Haden” posee un alto contenido en azúcares y bajo contenido en fibra, que representa una opción potencial para la elaboración de vinagre de mango.

## **CAPITULO 2**

### **2.1 REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.2 EL VINAGRE**

El vinagre se conoce desde hace más que 4,000 años. Ya en el imperio de Mesopotamia se conocía la Cerveza Ácida, es decir el Vinagre de Cerveza. Sin embargo en estos tiempos no se elaborada conscientemente, si no era fruto de circunstancias casuales. Si larga y antigua es la historia del vino, poca es su ventaja sobre la del vinagre. Seguro que las primeras elaboraciones surgieron de forma espontánea, y abandonados los productos resultantes éstos se acetificaron (Carbonell, 1970).

Hasta a mediados del siglo XVI la existencia del vinagre era tímida, considerándosele, no obstante y desde siempre, como una aprovechable alteración del vino.

Es precisamente durante el siglo XVIII cuando se comienza a escudriñar – con escasos conocimientos científicos- sobre las causas que obran en el vino para que se convierta en vinagre. Hasta aquí todo había sido logrado por el más completo empirismo.

Fue necesaria la intervención de Luis Pasteur, con la adición de sus *Etudes sur le vinaire*, aparecidos en París en 1868, para aunar conceptos, diluir antagonismos y demostrar de una manera evidente que en un vino sometido a la esterilización no es posible la fermentación acética, aun en presencia de oxígeno, y que esta fermentación comienza y manifiesta su actividad cuando se siembra en el vino el microorganismo *Acetobacter aceti* (Carbonell, 1970).

Aquí termina la larga historia del vinagre. Con Pasteur comienza la corta e intensa historia de los procesos bioquímicos de la fermentación acética y de los actuales procedimientos empleados para la elaboración de vinagres.

### 2.2.1 DEFINICIÓN

El vinagre es esencialmente una solución diluida de ácido acético hecho por fermentación, a la que se le pueden agregar sales y vegetales. Estas sustancias adicionales, cuya naturaleza y cantidad exacta dependen sobre todo del ingrediente utilizado, dan al producto su cualidad distintiva. El azúcar es la base en la producción del vinagre. Cualquier solución diluida de un azúcar fermentable puede transformarse en vinagre en condiciones favorables. Muchos jugos de frutas se prestan para este fin si contienen en proporción apropiada azúcar y otras sustancias necesarias o deseables (Ayala et al., 2006).

El ácido acético (AA) es uno de los ácidos orgánicos más comunes. Este compuesto químico es el responsable de olor amargo característico del vinagre. Desde épocas antiguas se le conoce en su forma diluida como vinagre y se encuentra en una concentración de 4 al 8%. El vinagre generalmente se forma por la acción de las bacterias *Acetobacter*, las cuales en presencia de oxígeno y etanol dan la formación del AA y agua (Sholberg et al., 2003).

Todo vinagre se hace por dos procedimientos bioquímicos distintos y ambos son el resultado de la acción de microorganismos. El primer proceso es llevado a cabo por la acción de fermentos que transforman el azúcar en alcohol y en el gas bióxido de carbono. Esta es la fermentación alcohólica. El segundo proceso resulta de la acción de un grupo amplio de aceto-bacterias que tienen el poder de combinar el oxígeno con el alcohol, para así formar ácido acético. Esta es la fermentación acética o acetificación.

El ácido acético, o su forma ionizada, el acetato, es un ácido que se encuentra en el vinagre, y que es el principal responsable de su sabor y olor agrios. Su fórmula es CH<sub>3</sub>-COOH (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>), y, de acuerdo con la IUPAC se denomina sistemáticamente ácido etanoico.

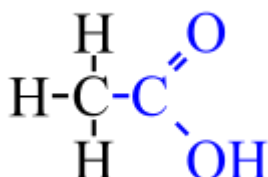


Figura 1. Estructura química del ácido acético.

Químicamente el ácido acético, cuyas características químicas y físicas son:

- Peso molecular: 60,05616
- Estado: solido incoloro
- Punto de fusión: 16.7°C
- Punto de ebullición: 118,8°C
- Densidad: 1,049

Es un ácido monobásico, dando sales neutras o acetatos. Las proporciones en que el ácido se encuentra en los vinagres oscilan desde un 5 al 10%. Concentraciones superiores suelen ser dificultosas de obtener y, por lo general, antieconómicas.

La composición del vinagre es compleja, como lo es la del vino. El ácido acético es el componente que imprime característica fundamental al mismo, ello es indudable, pero la suma de todos los componentes, sin excepción alguna, forman el vinagre (Carbonell, 1970).

### **2.2.2 USOS**

El vinagre tiene sus aplicaciones racionales y prácticas. En primer lugar, es un condimento imprescindible, bien en forma simple, bien como componente básico, de productos preparados: mostaza, mayonesa, salsas a la vinagreta, etc. Como condimento se consumen grandes cantidades de vinagres (Carbonell, 1970).

Un segundo uso del vinagre, aprovechando sus indiscutibles propiedades antisépticas, es como agente conservador en las elaboraciones de encurtidos: pepinillos, judías verdes, setas, coliflor, alcaparras, etc. La agradabilidad de sus aromas y sabores se prestan para el caso. Las acciones astringentes y neutralizantes del vinagre han beneficiado desde siempre (Carbonell, 1970).

Las propiedades del vinagre como conservante, acidificante y saborizante alimenticio han favorecido su aplicación en la industria alimentaria. Existen diferentes presentaciones de ácido acético que son ampliamente usadas en esta industria, como el vinagre, sales de AA, etc. Éstos han sido reconocidos por los organismos reguladores de la inocuidad de aditivos alimentarios como seguros para la salud del consumidor (GRAS) (Ayala et al., 2006).

Debido a las propiedades desinfectantes que tiene el AA, se utiliza para el control de diferentes especies de levaduras, bacterias y en menor grado para hongos (Karapinar y Gonul, 1992).

El ácido acético en las concentraciones normalmente usadas (4 al 8%), contribuye favorablemente al gusto y aroma de los alimentos.

### **2.3 FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA**

El común denominador es el contenido significativo de etanol obtenido mediante la fermentación, donde generalmente predomina como microorganismo productor, la levadura *Saccharomyces cerevisiae* la cual crece y se reproduce rápidamente en medios que contienen glucosa y fructosa (Táboas, 2002).



Las levaduras metabolizan los azúcares principalmente por medio de la ruta metabólica conocida como glucólisis (vía Embden-Meyerhof-Parnas), aunque posteriormente el piruvato se descarboxila para formar acetaldehído y finalmente etanol (Scragg, 2004). En su conjunto la glucólisis implica la escisión de la glucosa, de 6 carbonos, para rendir 2 moléculas de piruvato, de 3 carbonos, en presencia de oxígeno, la cual se lleva a cabo por la acción secuencial de 10 enzimas.

En las levaduras y otros microorganismos que fermentan la glucosa cuando se encuentran en condiciones anaerobias la transforman en etanol y CO<sub>2</sub>, como se observa en la siguiente figura (2), (Scragg, 2004).

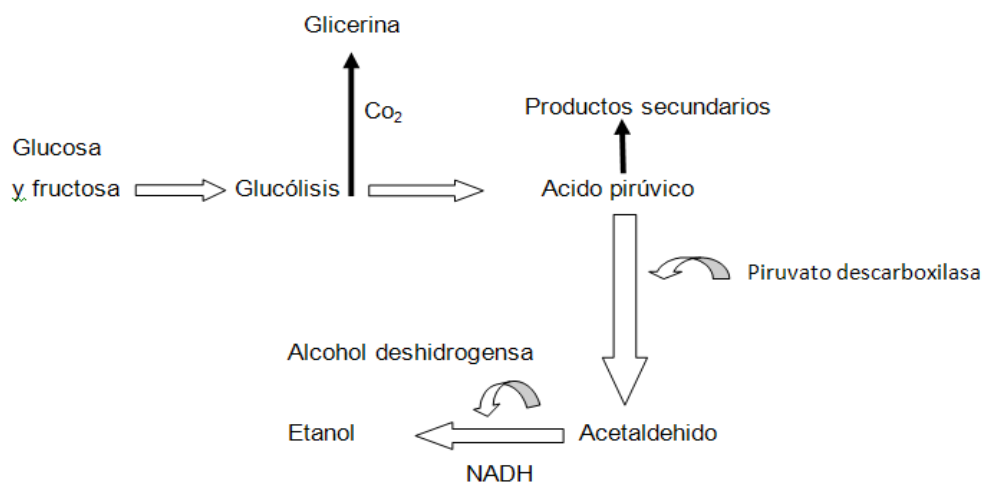


Figura 2.- transformación de glucosa en etanol.

Como las levaduras no tienen la enzima lactato deshidrogenasa llevan a cabo 2 reacciones que la sustituyen.

En la primera, el ácido pirúvico procedente de la degradación de la glucosa, pierde un grupo carboxílico por acción de la piruvato descarboxilasa formando acetaldehído.

En la segunda etapa, el acetaldehído se reduce a etanol por el NADH en presencia de la enzima alcohol deshidrogenasa. El NADH procede de la deshidrogenación del gliceraldehido 3-fosfato y aporta el poder reductor a la reacción que cataliza la deshidrogenación del etanol. Los productos finales son, etanol y CO<sub>2</sub> en la fermentación alcohólica.

### **2.3.1 CONDICIONES DE LA FERMENTACIÓN ALCOHOLICA**

Existen una serie de condiciones necesarias para que la fermentación se pueda llevar a cabo como las que se describen a continuación.

### **2.3.2 TEMPERATURA**

Las levaduras son microorganismos mesófilos, esto hace que la fermentación pueda tener lugar en un rango de temperaturas desde los 13-14°C hasta los 33-35°C. La temperatura más adecuada para realizar la fermentación alcohólica se sitúa entre los 18-23°C y es la que se emplea generalmente en la elaboración de vinos blancos (De la garza, 2008).

Por encima de 33-35°C el riesgo de parada de fermentación es muy elevado, al igual que el de alteración bacteriana ya que a estas elevadas temperaturas las membranas celulares de las levaduras dejan de ser tan selectivas, emitiendo substratos muy adecuados para las bacterias.

### **2.3.3 AIREACIÓN**

Durante mucho tiempo se pensó que las levaduras eran microorganismos anaerobios estrictos, es decir, se debía de realizar la fermentación en ausencia de oxígeno. Sin embargo, es un hecho erróneo ya que requieren una cierta aireación. Esta oxigenación se consigue en los procesos previos a la fermentación y mediante remontados de aireación en la elaboración de tintos, habitualmente se realizan solamente para arrancar la fermentación y a las 24 h. después, (remontados típicos de la escuela bordolesa).

### **2.3.4 EL pH**

El pH del vino (3,1- 4) no es el más adecuado para la vida de las levaduras, menos para la de las bacterias, prefiriendo convivir con valores más elevados. Cuanto menor es el pH peor lo tendrán las levaduras para fermentar, aunque más protegido se encuentra el vino ante posibles ataques bacterianos. Además, más elevada será la fracción de sulfuroso que se encuentra libre.

### **2.3.5 NUTRIENTES Y ACTIVADORES**

Las levaduras fermentativas necesitan los azúcares para su catabolismo, es decir para obtener la energía necesaria para sus procesos vitales, pero además necesitan otros substratos para su anabolismo como son nitrógeno, fósforo, carbono, azufre, potasio, magnesio, calcio y vitaminas, especialmente tiamina (vitamina B1). Por ello es de vital importancia que el medio disponga de una base nutricional adecuada para poder llevar a cabo la fermentación alcohólica.

El nitrógeno es de todos el más importante, siendo necesario que el mosto contenga inicialmente nitrógeno amoniacal y en forma de aminoácidos por encima de 130-150ppm (De la garza, 2008).

### **2.3.6 CONCENTRACIÓN INICIAL DE AZÚCARES**

No podemos pensar en fermentar un mosto con una concentración muy elevada de azúcares. En estas condiciones osmófilas las levaduras simplemente estallarían al salir bruscamente el agua de su interior para equilibrar las concentraciones de solutos en el exterior y en el interior de la célula, es decir, lo que se conoce como una plasmólisis.

## 2.4 *Saccharomyces cerevisiae*

Es un hongo unicelular que se divide por gemación y puede tener una reproducción asexual cuando se encuentra en su forma haploide, y de manera sexual cuando a partir de un cigoto se forma un asca que contiene cuatro ascosporas haploides (Martínez, 2006).

En la Figura 3, se puede observar la morfología macroscópica de *Saccharomyces cerevisiae* sobre una placa de Agar Sabouraud, así como también una fotografía con el microscopio electrónico

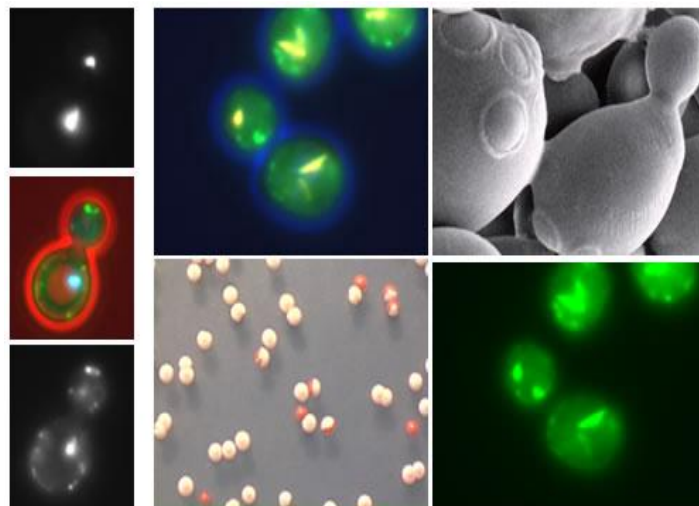


Figura 3.- Diversas imágenes de *S. cerevisiae*.

### CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA

**Reino:** Fungi

**Filo:** Ascomycota

**Clase:** Hemiascomycetes

**Orden:** Saccharomycetales

**Familia:** Saccharomycetaceae

**Género:** *Saccharomyces*

**Especie:** *S. cerevisiae*

## 2.5 FERMENTACIÓN ACÉTICA

La fermentación principal de los *Acetobacter*, accionada por la alcoholdehidrogenasa, es la mutación del alcohol etílico a ácido acético. Ambos compuestos concretan el principio y el fin del proceso, un tanto confuso aun en sus fases intermedias.

Lo más probable es que primeramente se forme por deshidrogenación acetaldehído, el cual por nueva deshidrogenación enzimática se convierta, a su vez, en ácido acético (Wieland).

En la fabricación del vinagre la enzima actúa sobre el alcohol del vino, lográndolo ácido acético, que forma en el vinagre (al igual que el etanol en el vino) como el segundo de los componentes cuantitativos. El primero es el agua, los demás, en cantidades muy menores; pero todo sin excepción son integrantes del vinagre, Figura (4) (Solberg et al., 2003).

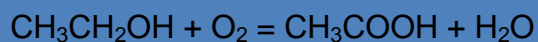


Figura 4. Reacción de la formación de ácido acético.

### RENDIMIENTO DE ETANOL A ACIDO ACETICO

Cada molécula de alcohol etílico produce una molécula de ácido acético.

46 gr de etanol + 32 gr de oxígeno = 60 gr de ácido acético + 18 gr de agua.

Con un 1 grado alcohólico se logra 1 grado acético teóricamente, aunque realmente se logran transformaciones con un rendimiento del 90% de ácido acético. En la práctica depende de la correcta o defectuosa marcha de la fermentación. En la siguiente figura (5) se presenta un diagrama del proceso de producción de vinagre.

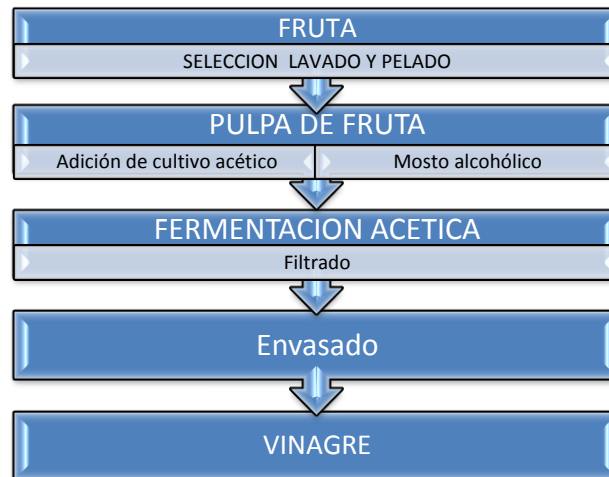


Figura 5.- Diagrama de producción de vinagre.

## 2.6 *Acetobacter aceti*

Industrialmente, son útiles los microorganismos que producen fermentación, que incluyen las levaduras, los mohos y las bacterias (Prescott). Siendo de estas últimas las más importantes las del género *Acetobacter*, el género lo forma un grupo de especies íntimamente relacionadas, situado entre la familia y la especie capaces de producir: Ácido acético.

*Acetobacter* es un género de bacterias del ácido acético caracterizado por su habilidad de convertir el alcohol (etanol) en ácido acético en presencia de aire. Hay muchas especies en este género y también otras bacterias son capaces de formar ácido acético bajo varias condiciones; pero todas las *Acetobacter* son reconocidas por esta habilidad característica. La especie más común para producir vinagre es la *Acetobacter aceti* la cual es una bacteria gram negativa que crece preferentemente en un rango de pH de 2.8-4.3 (Carbonell, 1970).

En la siguiente figura (6) se observan células de *Acetobacter aceti*

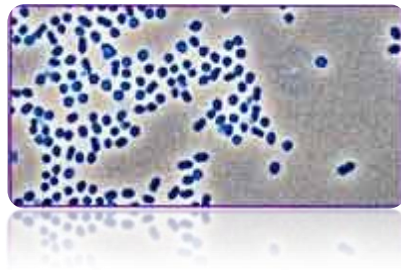


Figura 6.- Observación microscópica de células de *Acetobacter aceti*

*Acetobacter* es de particular importancia comercialmente, debido:

- son usadas en la producción de vinagre (intencionalmente convirtiendo el etanol del vino en ácido acético)
- pueden destruir vino al infectarse para producir excesivas cantidades de acético o acetato etílico, haciéndolo indeseable.

#### CLASIFICACIÓN CIENTIFICA

**Dominio:** Bacteria

**Filo:** Proteobacteria

**Clase:** Proteobacteria alfa

**Orden:** Rhodospirillales

**Familia:** Acetobacteraceae

**Género:** *Acetobacter*

**Especie tipo:** *Acetobacter aceti*

*Acetobacter* puede distinguirse en laboratorio por el crecimiento de colonias en un medio conteniendo 7 % etanol y suficiente carbonato de calcio para hacer al medio parcialmente opaco. Cuando las colonias de *Acetobacter* forman suficiente acético del etanol, el carbonato cálcico ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ) alrededor de las colonias se disuelve, formando una zona clara muy apreciable.

## **2.7 ENZIMAS**

Las enzimas se encuentran en los productos obtenidos a partir de fuentes microbianas más importantes para las necesidades humanas, porque una gran cantidad de procesos industriales en el área ambiental, así como en la biotecnología de los alimentos utilizan las enzimas en una etapa determinada del proceso. Las enzimas son catalizadores biológicos específicos de naturaleza proteica en su estructura globular se entrelazan y se pliegan una o más cadenas polipeptídicas, que aportan un pequeño grupo de aminoácidos para formar el sitio activo o lugar donde se adhiere el sustrato y donde se lleva a cabo la reacción (Montes-Horcasitas y Magaña-Plaza,2002).

### **2.7.1 ENZIMAS PÉCTICAS O PECTINASAS**

Dentro de la gran variedad de enzimas producidas por los microorganismos se encuentran las pectinasas que tienen también una gran importancia comercial, ya que son muy utilizadas en la elaboración de jugos y bebidas para ayudar a la filtración y a la clarificación de las mismas para de esta manera aumentar los rendimientos del producto deseado.

Las pectinasas o enzimas pectolíticas son un grupo complejo de enzimas que se encargan de la degradación de sustancias pécticas presentes en la pared celular de las plantas superiores, estas constituyen un sistema complejo de enzimas que incluyen hidrolasas, liasas y oxidasas que intervienen en la degradación o modificación de la pectina. Mas del 25% de las ventas mundiales en el mercado de las enzimas está ocupado por este tipo de enzimas (Jacob y Prema, 2006).



## **CLASIFICACION DE LAS PECTINASAS**

Las pectinasas se clasifican de acuerdo al mecanismo de acción que tienen sobre las sustancias pécticas, en desesterificantes y depolimerizantes; las pectinasas desesterificantes a su vez se clasifican de acuerdo al tipo de éster que hidrolizan en la molécula de pectina, de tal forma que existen pectinasas que hidrolizan grupos metilo (pectinmetilesterasa) y acetilo (pectinacelilesterasa) (Contreras-Esquivel et al. 1997).

Las enzimas depolimerizantes se clasifican usando el siguiente criterio: si la ruptura del enlace glucosídico es hidrolítica o transeliminativa, si el mecanismo de la reacción es exo o endo y por ultimo si la enzima muestra mayor afinidad al ácido péctico o pectina como sustratos (Sakai et al. 1993).

Las pectinliasas (Poli  $\alpha$  1,4 metoxigalacturonide liasa, EC 4.2.2.10) que son producidas solamente por mohos y que degradan el enlace glucosídico entre los enlaces de galacturónido metoxilado por una reacción de transeliminación (Voragen et al. 1995). Las pectatoliasas que actúan sobre el enlace glucosídico adyacente a los grupos carboxilos libres por un mecanismo de transeliminación y puede ser de tipo exo o endo. Las ramnogalacturonasas o  $\alpha$ -D-galactopiranosilurónico-1,2- $\alpha$ -L-ramnopiranosil hidrolasa son enzimas encargadas de hidrolizar la unión del ácido galacturónico-ramnosa es el esqueleto principal del ramnagalacturonano presente en la molécula de pectina (Rodriguez-Jasso, 2006) y las poligalacturonasas que actúan preferentemente sobre pectinas de bajo peso molecular y/o ácido péctico ya que pueden hidrolizar enlaces glucosídicos adyacentes a grupos carboxilos libres.

### **2.7.2 ENZIMAS CELULOLITICAS O CELULASAS**

Las enzimas celulolíticas, son definidas como aquellas enzimas que hidrolizan la celulosa, obteniendo finalmente azúcares solubles que son suficientemente pequeñas como para pasar a través de la pared celular.

La celulasa es una enzima compleja especializada en descomponer celulosa, transformándola en glucosa. Las celulasas son glucosidasas capaces de catalizar la hidrólisis de los enlaces  $\alpha$ -1, 4 glicosídicos de la celulosa. Las exocelulasas hidrolizan principalmente por el final del polímero de celulosa, mientras que las endocelulasas lo hacen en cualquier parte de la cadena. Los últimos productos formados por la acción de celulasas son cadenas cortas de oligosacáridos consistentes en dos-cinco moléculas de glucosa unidas.

## **2.8 ASPECTOS GENERALES DEL MANGO**

El mango está reconocido en la actualidad como uno de los 3 ó 4 frutos tropicales más finos. Ha estado bajo cultivo desde los tiempos prehistóricos. Las Sagradas Escrituras en Sánscrito, las leyendas y el folklore hindú 2.000 años a.C. se refieren a él como de origen antiguo, aún desde entonces. El árbol de mango ha sido objeto de gran veneración en la India y sus frutos constituyen un artículo estimado como comestibles a través de los tiempos (Yahia, 1996).

El mango es una de las frutas más populares e importantes del mundo debido a sus excelentes características organolépticas y nutricionales, esto ha propiciado que en muchos países, especialmente en Asia, se le conozca como "el rey de las frutas". Tiene efecto laxante, diurético, astringente y refrescante. Además es buena fuente de calcio, fósforo y hierro, así como de las vitaminas C, A, tiamina y niacina, entre otros componentes benéficos.

### **2.8.1 COMPOSICIÓN DEL MANGO.**

La semilla del mango abarca del 9 al 27% aproximadamente del peso total de la fruta. El color del pellejo y de la pulpa varía con la madurez y el cultivo. Su contenido de carotenoides aumenta durante su madurez es buena fuente de provitamina A (Luh, 1980).

La parte comestible del fruto total corresponde de entre 60% y 75%. El componente mayoritario es el agua en un 84%. El contenido de azúcar varía de 10-20% y de las proteínas en 0.5%.

El ácido predominante es el ácido cítrico aunque también se encuentra el ácido málico, succínico, urónico, tartárico y oxálico en menores cantidades (Jagtiani et al, 1988).

## 2.8.2 CONTENIDO NUTRICIONAL (Stafford, 1983). 100g

El mango es una fruta popular y en su mayoría es consumido en su estado fresco; ya es considerado como una de las frutas tropicales mas deliciosas (Luh, 1971). Es una buena fuente de carbohidratos, de fibra, de vitaminas y minerales, según la siguiente tabla (1).

Tabla 1.- Contenido nutricional del mango

<b>Agua</b>	<b>81.7%</b>
<b>Calorías</b>	66 cal.
<b>Proteína</b>	0.7 g
<b>Grasa</b>	0.4 g
<b>Carbohidratos totales</b>	16.8 g
<b>Fibra</b>	0.9 g
<b>Ceniza</b>	0.4 g
<b>Calcio</b>	10 mg
<b>Fosforo</b>	13 mg
<b>Hierro</b>	0.4 mg
<b>Sodio</b>	7 mg
<b>Potasio</b>	189 mg
<b>Vitamina A</b>	4,800 UI
<b>Tiamina</b>	0.05 mg
<b>Riboflavina</b>	0.05 mg
<b>Niacina</b>	1.1 mg
<b>Acido ascórbico</b>	35 mg

El mango se caracteriza por ser una fuente importante de vitamina A, B y contiene variantes de vitamina C. (Purseglove, 1974). Su composición depende de la variedad, así como el estado de madurez que se tenga (Stafford, 1983). El contenido de ácido ascórbico y la acidez total aumentan durante el desarrollo del fruto, mientras que los carotenoides y azúcares totales aumentan (Laskshminarayana, 1973).

### 2.8.3 CLASIFICACION BOTÁNICA

El mango (*Mangifera indica L.*) pertenece a la familia Anacardiaceae, donde se encuentran varias especies frutales con importancia comercial, bien para los mercados de exportación. La clasificación botánica es:

**Reino:** Vegetal

**Clase:** Angiospermas

**Sub Clase:** Dicotiledónea

**Orden:** Sapindales

**Familia:** Anacardiaceae

**Género:** *Mangifera*

**Especie:** *Mangifera Indica L.*

En el género *Mangifera*, que según Mukherjee (1949) comprende 41 especies o, según Singh (1969) 62, se encuentran hasta 15 especies con frutos comestibles.

### 2.8.4 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El árbol de mango es de una dimensión variable, ramificado y longevo. Su temperatura óptima de crecimiento es de aproximadamente 24°-27°C, en suelos cuyos pH sea alrededor de 5.5 a 7.5 (Purseglove, 1974). Crece en zonas tropicales a alturas de 4,000 ft. Sobre el nivel del mar y a 2,000 ft. En zonas donde las estaciones estén muy marcadas (Purseglove, 1974).

### 2.8.5 FRUTA

Se trata de una gran drupa carnosa que puede contener uno o más embriones. Los mangos de tipo indio son monoembrionicos y de ellos derivan la mayoría de los cultivares comerciales. Generalmente los mangos poliembrionicos se utilizan como patrones. Posee un mesocarpo comestible de diferente grosor según los cultivares y las condiciones de cultivo.

Su peso varía desde 150 g hasta 2 kg. Su forma también es variable, pero generalmente es ovoide-oblonga, notoriamente aplanada, redondeada, u obtusa a ambos extremos, de 4-25 cm. de largo y 1.5-10 cm. de grosor. El color depende de la región donde este cultivado, pero abarca mezclas de verde, amarillo y rojo (Popenoe, 1974). En la siguiente figura (7) se muestra un ejemplo de la forma y color de un mango.



Figura 7.- Fruta de Mango

La cáscara es gruesa, frecuentemente con lenticelas blancas prominentes; la carne es de color amarillo o anaranjado, jugosa y sabrosa. Su valor alimenticio no es en absoluto despreciable, con un contenido en azúcar normalmente comprendido entre el 10 y el 20% y un contenido de proteínas entorno al 0,5%, siendo una buena fuente de vitaminas A y C.

### **2.8.6 SEMILLA**

Es ovoide, oblonga, alargada, estando recubierta por un endocarpo grueso y leñoso con una capa fibrosa externa, que se puede extender dentro de la carne.

La semilla del mango abarca del 9 al 27% aproximadamente del peso total de la fruta. El color del pellejo y de la pulpa varía con la madurez y el cultivo. Su contenido de carotenoides aumenta durante su madurez es buena fuente de provitamina A (Luh, 1980).

### **2.8.7 RECOLECCIÓN DEL MANGO**

La recolección de los frutos debe hacerse con sumo cuidado utilizando herramientas apropiadas que eviten cualquier tipo de daños tales como magulladuras, golpes etc. De hecho, incluso en las normas de recolección de la asociación de cultivadores de mango de Sudáfrica se recomienda que las personas que recogen los mangos tengan las uñas cortas para evitar dañar los frutos y que no utilicen guantes de tela para evitar que estos se vuelvan abrasivo por mor de las exudaciones de látex (Milne, *op. Cit.*).

En general se recomienda realizar la recolección en los momentos más frescos del día en tiempo caluroso, pero también se ha señalado que debe evitarse cosechar a primeras horas de la mañana o durante lluvia abundante, puesto que bajo estas condiciones el flujo de látex es mayor (Bósquez y Baez, 1997).

La recolección del mango es manual. En árboles pequeños se realiza desde el suelo o con ayuda de una pequeña escalera. En los más grandes puede utilizarse plataformas motorizadas de tres ruedas empleadas desde hace tiempo en otras especies frutales del tipo de las que se utilizan en la recolección de cerezas. Este tipo de plataformas móviles pueden elevar o descender a un operario que las maneja desde la propia plataforma.

El corte de la fruta debe hacerse con tijeras de poda o similares pero es práctica habitual el empleo de palos o, mejo, tubos ajustables provistos de un gancho con una cuchilla para recoger los frutos.

Los frutos cosechados, antes de su coloración en las cajas o cestos de recolección, pueden recogerse en bolsas de lona, siendo mejores aquellas diseñadas especialmente para abrirse por la parte inferior permitiendo una suave descarga en los recipientes de campo.

De forma general, pero particularmente en cultivares sensibles al daño por látex, el fruto debe cosecharse con un pedúnculo largo (alrededor de 20 mm) y colocarse en una sola capa con este hacia abajo en un envase que contenga material absorbente en su fondo. También se recomienda limpiar el mango con una esponja mojada en una solución de carbonato de sodio al 0,5% o hidróxido de calcio al 1% (Bósquez y Báez *op cit.*) o de tepal al 0,5% (Kruger *op cit.*).

Cuando la planta de empaque está muy próxima son preferibles estos tratamientos en el almacén. En cualquier caso, una vez que el fruto llegue a la empaedora es preciso realizar un nuevo recorte del pedúnculo dejándolo al tamaño apropiado para la exportación.

## **2.9 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL MANGO**

El mango es una especie de origen indo-birmano (norte de la India) o malayo, probablemente cultivada por el hombre desde hace mas de 4.000 años (Popenoe, 1920) de la que se habla ya en los libros de los vedas, que son las sagradas escrituras hindúes. Las primeras noticias sobre esta especie para el mundo occidental llegan en el año 327 a.C. con las expediciones de conquista de Alejandro Magno al Valle del Indo, donde observa un huerto de mangos (De Laurossilhe, 1980).

El origen es de la India del este, Assam a Birmania y posiblemente en la región de Malay (Popenoe, 1920). Vavilov (1926) también sugirió la región de Indo-Burma como el centro del origen del mango. La introducción de tipos superiores en la región de Malay de la India es también una evidencia de su origen en la India.



De acuerdo con el estudio detallado de la historia, la distribución phyto-geográfica de la especie aliada, expedientes del fósil, la evidencia de variedades salvajes y cultivadas en la India, Mukherjee (1951) consideraba el origen del género *Manguifera* probablemente en Birmania,

Tailandia, Indochina y la península de Malay, pero el nacimiento del mango común en la región de Assam-Burma y no en Malay.

Según De Candolle (1884), es imposible dudar que el mango pueda ser del Asia del Sur o archipiélago de Malay, cuando nosotros vemos la multiplicidad de variedades en esos países, variedad de nombres, en particular en sánscrito, es abundante en los jardines de Bengala, de la península de Deccan y Ceilán.

De acuerdo con los resultados recientes (Mukherjee, 1997 y Bompard y Schnell, 1997), el centro del origen y la diversidad del género *Manguifera* ahora se establece firmemente que se encuentra en Asia suroriental.

Los misioneros budistas primero, los misioneros mahometanos luego, y por último los marineros españoles y portugueses diseminan el mango por los trópicos. Debe destacarse que la confusión entre el termino portugués "manga" y el español "mango", ambos derivados del nombre tamil "Man-kay" o "Man-gay", parece haberse originado en México en la edad moderna, debido a una doble introducción de material vegetal procedente de las zonas de dominio mundial hispano y portugués (Velazco Cárdenas, 1974). Esta confusión persiste aun en algunos países de Centroamérica, e incluso en las Islas Canarias, aplicándose generalmente el término "mango" a los frutos con abundante fibra en la fruta y el de "manga" a los de escasa fibra (Galán Sauco y García Samarin, 1979).

El mundo occidental se relaciono con el mango e inicio su actual distribución mundial con la apertura, por los portugueses, de las rutas marítimas hacia el lejano oriente. Así los portugueses en Goa, cerca de Bombay, transportaron fruta del mango al sur de África de ahí hacia Brasil, alrededor del siglo XVI y más o menos 40 años después a la isla Barbados. Fue introducido a México a fines del siglo XVIII, cuando los españoles trajeron la variedad "Manila" en la Nao de China, desde Manila a Acapulco, de donde se disperso para su cultivo.

En 1950 viveristas de Florida (EUA) introdujeron a Guerrero variedades importantes, conocidas en México como "petacones". Ya establecido el cultivo de mango, México lo hizo parte fundamental de su economía.

## 2.10 MATERIAL VEGETAL

Los cultivares de mango pueden agruparse en 3 grupos principales según el lugar de selección:

**Cultivares Indios:** su sabor a trementina es muy marcado. La longitud de las fibras y el color de la piel son muy variables, teniendo algunos una piel bastante roja. La mayoría son dulces con un contenido en ácidos bajo.

**Cultivares Indochinos y Filipinos:** son muy dulces, sin fibra ni sabor a trementina. La epidermis es verde amarillenta. Carabao es el cultivar más importante en Filipinas, exportándose en cantidades considerables a Japón. Bajo el sinónimo de Manila es uno de los cultivares más importantes de México.

**Cultivares de Florida:** dominan la mayoría de las plantaciones de mango en casi todo el mundo, aunque en algunas áreas de cultivo predomine la selección local. En general tienen excelentes características, pero la mayoría son sensibles a la descomposición interna.

Desde 1940 se han desarrollado en Florida un grupo de cultivares con similares características. Algunos ejemplos son Tommy Atkins, Zill, Torbet, Kensington, Irwin, Haden Glenn, Lippens, Van Dyke, Sensation, Osteen, Keitt. El orden de maduración es aproximadamente el mismo en diferentes zonas de cultivo.

Dentro de una zona, el período de maduración para la totalidad de los cultivares de mango es extiende sobre aproximadamente 3 meses. Actualmente se continúa investigando para el desarrollo de nuevas variedades de mango como Nomi (Tomer *et al*, 1993), Tango (Lavi *et al*, 1997), Shelly (Lavi *et al*, 1997) etc., cultivares mejor adaptados a las condiciones de cada área productiva donde se han desarrollado.

## 2.11 PRINCIPALES VARIEDADES DE MANGO.

La clasificación de las variedades en función de su periodo de cosecha es la siguiente:

1. Variedad Temprana: Haden
2. Variedad Media Temporada: T. Atkins y Van dike.
3. Variedad Final Media Temporada: Kent
4. Variedad Tardía: Keitt

En México se producen numerosas variedades. Destacan por su volumen las criollas y algunas otras como Manila, Zill, Ataulfo, Haden, Kent, Tommy Atkins, Keitt, Irwin y Sensation. En 1955 se introdujeron al país, de florida estas últimas seis variedades y desde entonces ha aumentado su cultivo, de las cuales se exportan grandes cantidades. Las variedades más importantes en el mercado nacional, sobre todo en el centro y sur del país, son la Manila y las criollas.

Las variedades de origen de Florida son las más comunes y de mayor aceptación en el mercado mundial. Comentarios sobre algunas de ellas se presenta a continuación:

Kent y. Haden representan las mejores variedades porque poseen un color agradable y buenas cualidades gustativas.

Tommy Atkins cuenta con un período de conservación mayor, pero es menos apreciada desde el punto de vista gustativo. Esta variedad tiene elevada preferencia en el mercado de EE.UU. debido a su coloración roja.

Keitt es la menos buscada en razón de su falta de calidad gustativa.

Irwin es de calidad mediana.

Parvin, es una variedad de Puerto Rico. Es apreciada en Gran Bretaña.

Zill, variedad cultivada en África del Sur, es de buena calidad pero su calibre pequeño representa una desventaja.

## 2.12 CARACTERÍSTICAS DE LAS PRINCIPALES VARIEDADES DE MANGO

Las características de cada variedad de mango se muestran en la siguiente tabla (2).

Tabla 2.- Características de las principales variedades de mango

Variedad	Alternancia	Tamaño	Color de la fruta	Contenido de fibra	Susceptibilidad a la antracnosis	Sensibilidad al frío	Sensibilidad a enfermedades de almacenamiento
<b>HADEN</b>	Fuerte	Mediano	Rojo / amarillo	Regular	Alta	Alta	Fuerte
<b>KEITT</b>	Poca	Grande	Rosado / amarillo	Muy poca	Mediana	Alta	Poca
<b>KENT</b>	Mediana	Mediano	rojo / amarillo	muy poca	mediana	poca	mediana / alta
<b>TOMMY ATKINS</b>	Poca	Mediano	Amarillo / rojo	Regular	Poca	Poca	Poca
<b>EARLY GOLD</b>	Mediano	Pequeño	Anaranjado / amarillo	Muy poca	Muy poca	Mediano	Poca
<b>IRWIN</b>	Poca	Mediano	Rojo / amarillo	Muy poca	Mediana	Poca	Poca
<b>MANGA ROSA</b>	Poca	Pequeño	Amarillo / rosado con manchas rojas	Muy alta	Alta	Alta	Poca
<b>PALMER</b>	Poca	Mediano	Amarillo	Muy poca	Mediana	Mediano	Poca
<b>SENSATION</b>	Poca	Pequeño	Amarillo con manchas rojas	Poca	Mediana	Poca	Poca
<b>SUFAIDA</b>		Mediano	Rojo / Amarillo	Regular	Poca	Poca	Poca
<b>VAN DYKE</b>	Poca	Pequeño	Rojo / Amarillo	Poca	Poca	Poca	Poca
<b>ZILL</b>	Mediana	Pequeño			Alta	Alta	Alta

Fuente: PROTRADE - GTZ 1992

### **2.13 CARACTERISTICAS DEL MANGO VARIEDAD "HADEN"**

El Haden se desarrolló en Florida como planta de semilla del cultivar indio Mulgoba en 1910. Las siguientes características lo han hecho muy popular en el comercio internacional: color rojo atractivo de la piel, alta resistencia de la piel, muy importante para el transporte a larga distancia y contenido en ácidos relativamente alto.

Se obtuvo de una semilla del cultivar Mulgoba, paltada en 1902 por el capitán J.J Haden, en Coconut Grove, Florida. En la década de los 50, un productor particular lo introdujo al estado de Guerrero.

Es el cultivar de mayor importancia económica en México y en el estado de Guerrero, debido a su utilización para la exportación, con amplia distribución de la costa del pacífico.

Fruto de tamaño largo, de forma ovalada y gruesa; base redondeada; seno basal ausente, ápice redondeado y punteado, poco caído, superficie lisa, color amarillo, lenticelas largas, color amarillo pálido; cascara muy gruesa y correosa; pulpa amarilla anaranjada, jugosa casi sin fibra, textura firme, con fibras cerca de la semilla; buen sabor ligeramente ácido. Como se muestra en la siguiente figura (7),



Figura 7.- Mango variedad "Haden"

## 2.14 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE MANGO

El mango se produce en más de 90 países del mundo, siendo los más importantes; India, China, Tailandia, México, Pakistán, Brasil, Filipinas, Haití, República Dominicana, etc. (SICA)

En la actualidad hay aproximadamente 150 cultivares comerciales de mangos producidos en seis regiones del mundo:

- Florida (EUA), México y Centroamérica.
- Las islas del Caribe
- Sudamérica
- África/Península Arábica.
- Subcontinente indio
- Indochina (China)/Indonesia/Pacífico.

Estas regiones satisfacen la demanda mundial de este fruto. Así, de los casi 63 millones de toneladas de frutas tropicales producidas en el mundo anualmente (98% es generado por países en vía de desarrollo), 36% está representado por el mango. De los casi 25 millones de toneladas de mango producidas anualmente, India aporta 55%, China, 11%; México y Tailandia contribuyen cada uno, con 5%, como se ve en la siguiente grafica (figura 8).

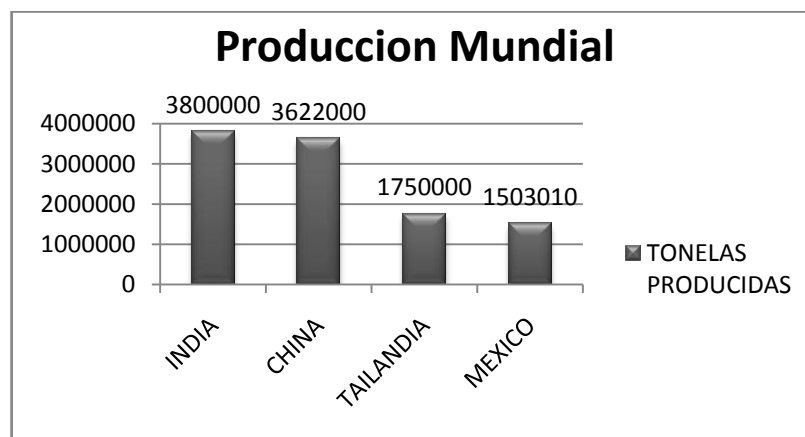


Figura 8.- Grafica de la producción mundial de mango.

## 2.15 PRODUCCIÓN DE MANGO EN MÉXICO

México es el cuarto mayor productor de mango en el mundo, después de India, China y Tailandia. Es conveniente señalar que la producción de mango en México ha mostrado una tendencia general a la alza en años recientes (SAGARPA).

El área cosechada de mango en México en años recientes ha fluctuado entre 120 000 y 167 000 Ha, con una tasa de crecimiento anual promedio de 6.8% en cuanto a nuevas áreas de cultivo.

Las primera huertas establecidas en México fueron en los estados de Guerrero, Jalisco y Sinaloa en las costas del pacifico y en el estado de Veracruz en el Golfo de México (Velasco, 1974).

El mango se produce en 26 de las 32 entidades de México. La mejor zona productora es la costa occidental, que incluye parte de los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y una porción de Chiapas. Las entidades en orden de importancia son: Nayarit, Veracruz Guerrero, Oaxaca, Michoacán (Mora, 2004), tal como se aprecia en la figura (9).



Figura 9.- Principales estados productores de mango en México.

El mango por su capacidad de adaptación a diferentes condiciones adversas, es uno de los frutales más ampliamente distribuidos en el país; por lo que la mayor parte de la producción nacional proviene de huertos de traspatio, sin embargo existen pocos huertos comerciales.

Respecto a la producción de mango en México, la variedad más importante es el Manila, en el 2005 se produjeron 286,881.37 toneladas. Los subsecuentes lugares en orden de importancia se encuentran las variedades Haden, Ataulfo, Tommy Atkins, Kent, Criollo, Keitt, Manililla y Paraíso, Tabla (3).

Tabla (3).- Producción de mango en México en orden de importancia.

TIPO	2001	2002	2003	2004	2005
<b>MANILA</b>	191,417.60	278,822.11	354,443.15	375,253.78	286,881.27
<b>HADEN</b>	N.D	46,275.90	165,923.85	206,649.59	238,091.94
<b>ATAULFO</b>	N.D	119,888.25	164,634.92	221,728.07	217,099.46
<b>TOMMY ATKINS</b>	N.D	51,862.20	138,873.87	204,786.59	209,916.58
<b>KENT</b>	251.00	43,778.50	66,069.63	119,063.89	103,403.95
<b>CRIOLLO</b>	8,844.90	17,696.70	46,755.15	151,693.36	106,688.15
<b>KEITT</b>	N.D	40,810.60	44,405.50	58,962.81	27,207.35
<b>MANILILLA</b>	N.D	15,861.00	15,409.03	22,256.97	33,508.51
<b>PARAISO</b>	N.D	N.D	N.D	2,698.40	2,085.00
<b>TOTAL</b>	<b>200,513.50</b>	<b>614,995.26</b>	<b>996,585.10</b>	<b>1363,094.36</b>	<b>1224,882.31</b>

FUENTE [www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx)

Nota: N.D. No disponible.



México es principal país exportador a nivel mundial, en la siguiente tabla (4) se muestran las principales variedades con fines de exportación y la exportación por país de destino, figura (10).

Tabla 4.- Principales variedades con fines de exportación.

VARIEDAD	EPOCA DE COSECHA
HADEN	JUNIO-JULIO
KENT	JULIO-SEPTIEMBRE
KEITT	AGOSTO-SEPTIEMBRE
TOMMY ATKINS	JUNIO-JULIO
ATAULFO	FEBRERO-JULIO

FUENTE: BANCOMEX

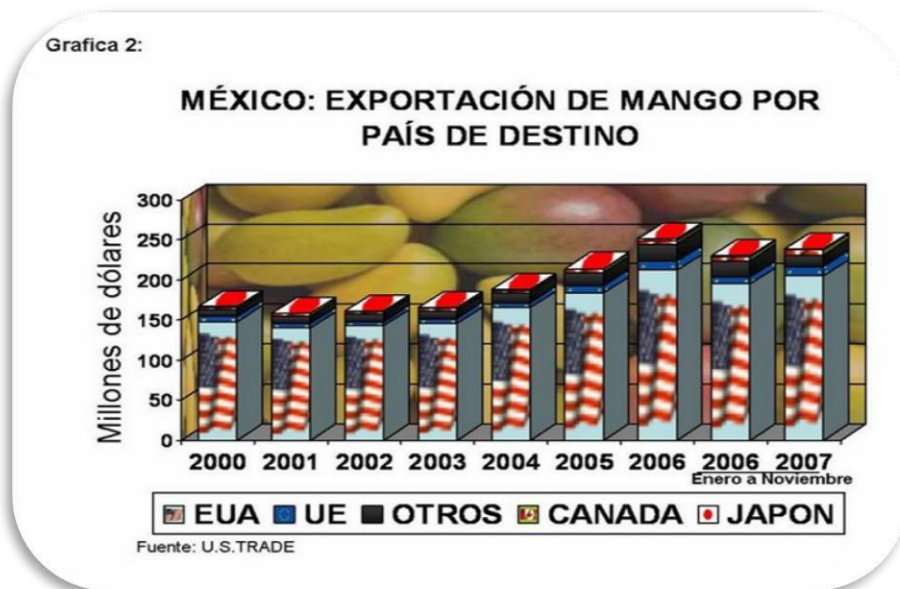


Figura 10.- Exportación de mango por país de destino.

## 2.16 PRODUCCIÓN DE MANGO EN EL ESTADO DE GUERRERO

Guerrero es el tercero productor de mango a nivel Nacional solamente después de Veracruz y Michoacán (Figura 11). El mango es cultivado en cinco de las siete regiones geográficas del Estado; siendo prioritariamente la costa grande, costa chica, tierra caliente, zona norte y montaña (SAGARPA). Se cultiva aproximadamente una superficie de 23,000 hectáreas, con 7,300 productores en 54 municipios de la entidad. El rendimiento medio es de 10.6 toneladas por unidad de superficie. El precio del mango ha sido muy inestable y bajo, debido a la estacionalidad de la producción, oscilando su precio en \$7.00 y \$0.50 por kilogramo. Guerrero tiene poca infraestructura para la industrialización y comercialización del mango (CEMANGO).

Las principales variedades cultivadas son: Haden, Manila, Tommy Atkins y Ataulfo; en menor escala se producen Irwin, Keitt y Sensation.

El cultivo de mango en el estado es uno de los más rentables y con mayor potencial a futuro, la Costa Grande es la región que tiene las mejores condiciones climáticas y edafológicas en el mundo para la adaptación de este cultivo, logrando cosechas desde enero hasta octubre ininterrumpidamente (SAGARPA).

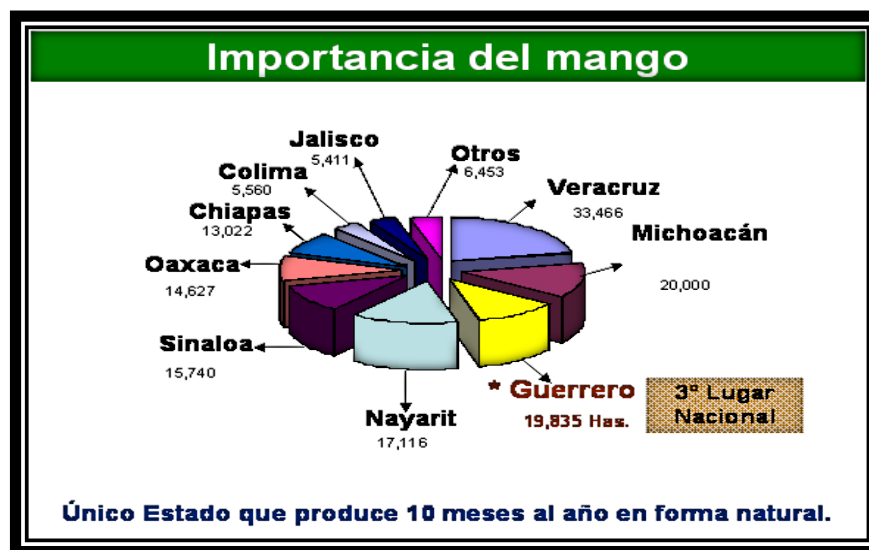


Figura 11. Importancia del mango.

## **2.17 IMPORTANCIA ECONÓMICA COMO CULTIVO**

Aunque que se ha incrementado el comercio mundial de mango, este sigue considerado aun bajo si se compara con el de otras frutas, como: plátano, manzana, cítricos y uvas. Varios aspectos favorecen esta situación, por ejemplo, pese a que en el mundo a que en el mundo existen más de 1100 variedades de mango, las que tienen demanda comercial solo son menos de 10.

Ahora, se encuentran bajo cultivo áreas importantes de mango en la India, Indonesia, Florida, Hawái, México, Sudáfrica, Queen Island, Egipto, Israel, Brasil, Cuba, Filipinas y otros numerosos países. Probablemente la India tiene más plantaciones comerciales que el total del resto del mundo.

Sin embargo, la importancia económica real del mango estriba en el tremendo consumo local que se realiza en cada ciudad de las tierras bajas de los trópicos, ya que se trata de una de las plantas más fructíferas de los países tropicales. Esta especie se cultiva en todos los países de Latinoamérica, siendo México el principal país exportador del mundo (SIAP).

Como cosecha de exportación, se coloca bastante abajo en la lista de las frutas, siendo sobrepasada en mucho por los plátanos, cítricos, aguacates, dátiles, higos, piñas y posiblemente otros, pero ocupa el segundo lugar, sólo superándolo los plátanos, en términos de uso doméstico.

El mango es consumido en gran parte en estado fresco, pero también puede ser utilizado para preparar mermeladas y confituras. Actualmente se está empleando bastante en la industria farmacéutica.

## **2.18 POTENCIAL ALIMENTICIO Y/O INDUSTRIAL**

Actualmente México industrializa menos del 1% de su producción. Existen industrias para la elaboración de puré de mango, jugos, conservas, deshidratados, mermeladas, así como cubos de pulpa de mango congelado. Algunas industrias del noroeste de México están aprovechando sus instalaciones para producir puré de mango en la temporada y puré de tomate en el invierno, lo cual nos demuestra que se puede dar una complementariedad con otras frutas y hortalizas (Gómez Tadeo, 2000).

Aunque el mango se consume principalmente en estado fresco, algunos de sus factores, como su naturaleza climatérica, su alta sensibilidad a las bajas temperaturas durante el almacenamiento refrigerado, problemas que se presentan durante su transporte a lugares lejanos, sobreproducción y desplome de precio de la fruta está propiciando que se busquen nuevas tecnologías o que se incremente la utilización de las existentes para su procesamiento y conservación. En el país se pierde el 30 por ciento de la producción nacional por "falta de opciones de comercialización". (Magdalena Cisneros, 2003).

Es uno de los pocos frutos que se puede procesar en cualquier estado de su desarrollo. El estado fisiológico y la variedad necesarios en el fruto por procesar dependen del producto que se va a elaborar, aunque también es de vital importancia considerar color, tamaño, forma, textura, consistencia, sabor y aroma, para obtener un producto final de excelente calidad (Cuevas, 2007) .

De los productos derivados de las frutas, las rebanadas de mango en almíbar es el segundo producto más importante después de la piña. El consumo de productos a base de mango como bebidas sabor mango, solo o combinado con otras frutas, está aumentando rápidamente en Europa. El comercio de jugos, concentrados y pulpa de mango es importante.

El mango deshidratado es poco conocido y se vende a precios que llegan a duplicar el de la piña y el de la papaya, pero si el precio bajara, el consumo se incrementaría notablemente, aunque quizá no se convierta en un gran mercado, ya que el comercio de las frutas deshidratadas es bajo (Promango, 2007).

## CAPITULO 3

### 3.1 PARTE EXPERIMENTAL

### 3.2 LOCALIZACIÓN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila a 8 km al sur de la ciudad de Saltillo, presentando una latitud norte de 25° 23', una longitud al oeste 101° 02', en el laboratorio de Nutrición y Alimentos. Y en los laboratorios de Microbiología y de Fermentaciones del DIA de la facultad de ciencias químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila. Unidad Saltillo. Blvd. Venustiano Carranza, Saltillo, Coahuila.

### 3.3 RECOLECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.

El fruto del mango (*Mangifera indica L.*) variedad “Haden” fue recolectado de las huertas de Promango de Acapulco S.P.R. de R.L ubicadas en el ejido la Sabana, municipio de Acapulco, Guerrero que se ubica en las coordenadas del 17° 14' al norte, de 16° 41' de latitud norte en el sur; al este de 99° 29'; y al oeste 100° 00' de longitud oeste (figura 12), durante el mes de abril del 2008. Se cortaron 12 mangos de manera manual de los cuales se desechó uno por putrefacción, cortando el fruto con un poco de pedúnculo, ya que haciéndose a ras se derramaría savia lo que contribuye más tarde a que se arrugue el fruto. El cual posteriormente fue lavado para limpiar restos de contaminantes y empacado para su transporte. De esta forma se obtuvo la materia prima para la investigación.



Figura 12.- Ubicación geográfica del lugar de recolección de la materia prima.



Figura 13.- Muestra de la materia prima recolectada.

### **3.4 LAVADO, PESADO, PELADO Y TROCEADO DE LA MATERIA PRIMA**

Una vez llegada la materia prima a laboratorio se procedió a su lavado y pesado de cada uno de los mangos. El pelado consistió en la eliminación de la cascara del mango, además de la separación de la pulpa de mango y la semilla (hueso) y el troceado, pesando cada una de sus partes. Se llevo a cabo de manera manual con cuchillos afilados ya que son los que causan menos daños, mejor calidad y rendimiento (Somsem et al., 2004). Como se muestra en la siguiente figura (14).



Figura 14.- Proceso de pelado y troceado del mango.

### **3.5 EXTRACCION DE LA PULPA DE MANGO**

Se llevó a cabo la obtención de la pulpa de mango utilizando un extractor (International, modelo EX -5- 3/4 ) que separa la pulpa del bagazo, de esta forma se obtuvo la pulpa. En la siguiente figura (15) se muestra separación de la pulpa y el bagazo.

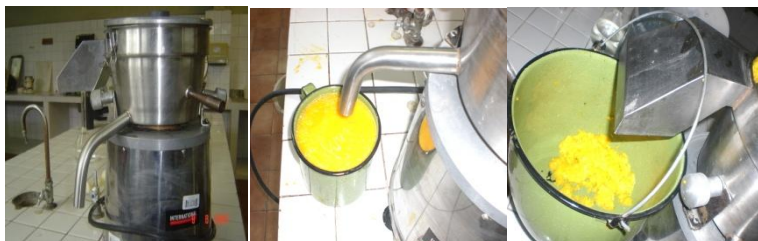


Figura 15.- Separación de la pulpa y el bagazo.

### 3.6 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DEL MANGO

Las caracterizaciones se llevaron a cabo aplicando un análisis bromatológico y otros parámetros físico- químicos descritos a continuación: los procedimientos descritos son los propuestos en el AOAC (1980).

#### 3.6.1 DETERMINACIÓN DE LA MATERIA SECA TOTAL

Se peso 2 g de muestra en un crisol de porcelana (el cual previamente, se coloco en una estufa a una temperatura de 100°C hasta obtener un peso constante), posteriormente se introdujo a una estufa a una temperatura de por 24 hrs., se enfrió en un desecador y se registro el peso, la materia seca total fue calculada de la siguiente manera:

$$\% \text{ de la materia seca} = \frac{\text{peso del crisol con muestra} - \text{crisol}}{\text{gramos de muestra}} * 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

#### 3.6.2 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Se determinó por diferencia de peso de los resultados obtenidos en al análisis de materia seca total y fue calculada de la siguiente manera:

$$\% \text{ de humedad} = 100 - \% \text{ MST} \quad \text{Ecuación 2}$$

### 3.6.3 DETERMINACIÓN DE CENIZAS

Se estimó mediante el método de Mineralización por vía seca (AOAC 1980). Consiste en colocar 2 g de muestra seca en un crisol de porcelana (previamente a peso constante), preincinerar en un mechero hasta que deje de sacar humo, introducir en la mufla a 600 °C durante 2-3 hrs, llevar a peso constante y pesar. El porcentaje de cenizas en la muestra se calculó de la siguiente manera:

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{\text{peso del crisol con ceniza} - \text{peso del crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} * 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

### 3.6.4 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA POR EL MÉTODO KJELDHAL

La determinación de proteína se realizó por el método kjeldhal, el cual se describe a continuación brevemente: se colocó 1 gr.de muestra y 30 ml de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentrado, catalizador y 4 perlas de vidrio en un matraz kjeldhal, el cual se colocó en el digestor Kjeldhal a una temperatura de 100°C hasta obtener una mezcla de color verde translúcida y un color cristalino en el matraz sin muestra (blanco). Una vez frías a temperatura ambiente las muestras, enseguida, se adicionaron 300 ml de agua destilada, 110 ml de hidróxido de sodio (NaOH) y 5 granallas zinc.

Posteriormente se obtuvieron 250 ml destilados de cada muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 ml de capacidad y se tituló con ácido sulfúrico, el nitrógeno obtenido se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de nitrogeno} = \frac{(\text{ml gastados de H}_2\text{SO}_4 - \text{ml blanco})(\text{normalidad del ácido})(0.014)(100)}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

Ecuación 4



$$\% \text{ de proteína} = \% \text{ de nitrógeno} * 6.25$$

Finalmente el porcentaje de la proteína cruda se calculo multiplicando el porcentaje del nitrógeno obtenido por el factor 6.25.

### 3.6.5 DETERMINACIÓN DE GRASA POR EL MÉTODO SOXLETH

En esta determinación se pesaron 5 g de muestra colocados en un dedal de celulosa e introducido a un sifón unidos a un matraz bola fondo plano (previamente sometido a peso constante y adicionando 150 ml de hexano). Enseguida, se insertó la parte superior del sifón a un refrigerante y la muestra se reflujó por 12 horas, después de este tiempo se evaporó el solvente contenido en el matraz y enseguida se metió a una estufa a temperatura de 105°C por 24 horas, se enfrió en un desecador de vidrio y se registró el peso. El porcentaje de grasa fue calculado de la siguiente manera:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{\text{peso del matraz con grasa} - \text{peso del matraz sin grasa}}{\text{gramos de muestra}} * 100 \quad \text{Ecuación 5}$$

### 3.6.6 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

Este análisis consistió en 2 etapas, en la primera, se colocaron 2 g de muestra desengrasada en un vaso de Berzelius y 100 ml de ácido sulfúrico. Este se sometió a ebullición por 30 minutos y después se lavo con agua destilada caliente hasta la eliminación de la reacción ácida.

En la segunda etapa, se midieron 100 ml de NaOH y se colocaron en el mismo vaso, enseguida se calentó a ebullición por 30 min. y se lavó con agua destilada caliente hasta reacción alcalina. La fibra cruda se colocó en un crisol de porcelana y se introdujo en una estufa a una temperatura de 105°C por 24 horas.

Después de ese tiempo se registro el peso del crisol y finalmente la muestra se calcinó a 600°C por 3 horas en un mufla y el porcentaje de fibra cruda se calculo según la ecuación 6.

$$\% \text{ de fibra cruda} = \frac{\text{crisol con muestra seca} - \text{crisol con cenizas}}{\text{gramos de muestra}} * 100 \quad \text{Ecuación 6}$$

### 3.6.7 DETERMINACIÓN DE PECTINAS

Se pesaron 10 gr de pulpa de mango, se colocó en un mortero, se añadieron 50 ml de agua fría, se molió y se colocó el extracto sobre un embudo con un filtro de tela (lino), y se filtró en un matraz Erlenmeyer de 500 ml, este proceso se repitió 3 veces, luego se añadió 100 ml de hidróxido de sodio 0.1 M y se dejó reposar durante la noche. Pasado el tiempo se añadió 50 ml de ácido acético 1 M, se mezcló y después de 5 minutos se añadió 50 ml de cloruro de calcio 1 M.

Se dejó reposar por una hora, y se hirvió durante 10 minutos y se filtró a través de un crisol de capa porosa previamente puesto a peso constante. Se lavo el residuo con agua destilada caliente hasta que no tuviera cloruros (prueba con nitrato de plata, hasta que no se produzca en el líquido filtrado turbidez). Se procedió a secar en una estufa por 1 hora a 80 °C y se pesó (peso constante).

El residuo obtenido es pectato de calcio ( $\text{Ca C}_{17}\text{H}_{22}\text{O}_6$ ) y su porcentaje se calculó de la siguiente manera:

$$\% \text{ de pectato de calcio} = \frac{(\text{peso del crisol} + \text{muestra}) - \text{peso del crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

Ecuación 7

### 3.7 TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Para obtener un jugo clarificado de la pulpa de mango se utilizó un complejo enzimático comercial de pectinasas y celulasas MACEREX PM de la empresa ENMEX el cual se utilizó a condiciones señaladas por el proveedor (Temperatura hasta 60°C, pH 3.5-5), sin embargo para optimizar su rendimiento se utilizaron dos concentraciones: 0.003% y 0.005% a 30°C.

### 3.8 NUTRIENTES Y ACTIVADORES

Se utilizaron los siguientes (Tabla 5).

Tabla 5.- Nutrientes y activadores

Nutriente	g/L
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10
KHPO <sub>4</sub>	1
Mg SO <sub>4</sub> · 7 H <sub>2</sub> O	0.1

### 3.9 PROPAGACIÓN DEL INÓCULO DE *Saccharomyces cerevisiae*

Se utilizó un cepa pura de *Saccharomyces cerevisiae* obtenida de la fermentación alcohólica de sotol, la cual se propago en 150 ml de jugo de mango a 16°Brix a una temperatura a 30°C con una agitación de 200 rpm por 72 horas.

Este inóculo se utilizó para realizar una fermentación alcohólica de jugo de mango clarificado, añadiendo en una proporción del 10% V/V. La fermentación se realizó a 30° C sin agitación, en frascos de vidrio cerrados de 80 ml por un tiempo 12 horas. A tres diferentes concentraciones de azúcares medidos como grados Brix: 12, 14 y 16° Brix.

### 3.10 FERMENTACION ACETICA

Para evaluar la producción de ácido acético después de la fermentación alcohólica, se realizó una cinética de la fermentación acética espontánea, la cual se llevó a cabo en frascos de vidrio de 80 ml, con 20 ml de jugo de mango a tres diferentes concentraciones de azúcares medidos como grados Brix: 12, 14 y 16° Brix sin agitación a 30°C durante 72 horas. Con 3 repeticiones de cada tratamiento. Se evaluaron los siguientes parámetros cada 12 horas: # de células, pH, grados Brix, azúcares totales, azúcares reductores y acidez titulable.

### 3.11 CUENTA DE NÚMERO DE CELULAS

Para determinar la densidad de las bacterias presentes en diferentes etapas de la fermentación se utilizó un método de conteo directo en el microscopio, mediante la cámara de Neubauer, la cual presenta una cuadrícula, que se ha marcado con ayuda de una punta diamante (Figura 16). Es un cuadrado de 3 x 3 mm, con una separación entre dos líneas consecutivas de 0.25 mm. La depresión central del cubreobjetos está hundida 0.1 mm respecto a la superficie, de forma que cuando se cubre con un cubreobjetos éste dista de la superficie marcada 0.1 milímetro, y el volumen comprendido entre la superficie y el cubreobjetos es de 0.1 milímetro cúbico, es decir 0.1 microlitro. Se contaron los cuadros en forma de Z (figura 17), y se procede a realizar los siguientes cálculos.

$$\text{No. de células} = \left( \frac{\# \text{ de células contadas}}{\text{cuadros contados}} \right) (\text{Cuadros totales})(10,000)(Fd)$$

Fd = factor de dilución utilizado en algunas ocasiones

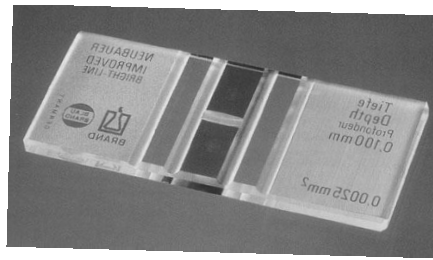


Figura 16.- Cámara de Neubauer

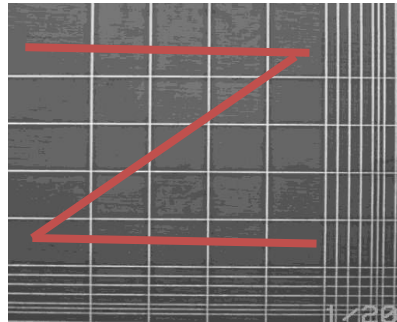


Figura 17.-Cuadrícula presente en la Cámara de Neubauer.

### 3.12 DETERMINACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES

Se cuantifico por espectrofotometría mediante el método DNS (Miller, 1959), el cual se describe brevemente: se preparó una dilución 1:10, es decir, 0.5 ml de muestra de mango en 4.5 ml de agua. De esta dilución se tomaron 0.5 ml de muestra y se colocaron en un tubo de ensaye, se le añadió 0.5 ml de reactivo DNS, se colocó en ebullición durante 5 minutos y posteriormente 2 minutos en baño de hielo, se le agregó 4 ml agua destilada y se agitó en vortex, se enfrió a temperatura ambiente para su lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 540 nm.

Para esto se preparó una solución (Tabla 7). La cantidad de azúcares reductores se determinó por la curva de calibración de fructosa (figura 18).

Tabla 6.- Volúmenes de solución madre y agua para preparar la curva de calibración de azúcares reductores.

N. DE TUBO	0	1	2	3	4	5
SOL.MADRE	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
AGUA DEST	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
D.N.S	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

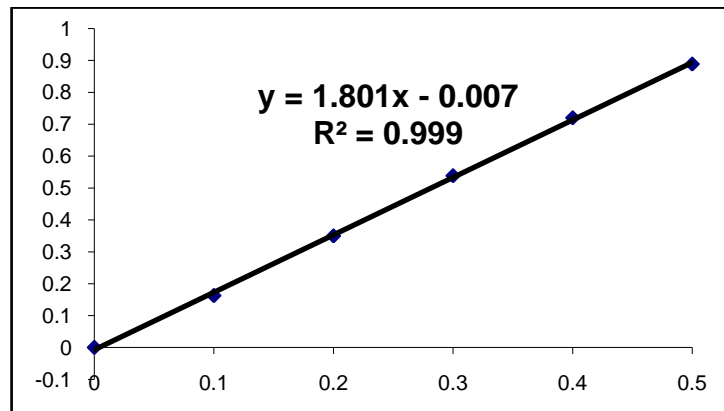


Figura 18.- curva de calibración de azúcares reductores.

### 3.14 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES EN GRADOS BRUX

Para determinar el contenido de sólidos solubles en porcentaje de grados Brix se utilizó un instrumento óptico llamado refractómetro y/o Brixómetro, en el cual se colocó una gota de cada uno de los diferentes mostos en el portamuestra y posteriormente se observó a través del lector la escala la concentración de sólidos solubles presentes (figura 19.)

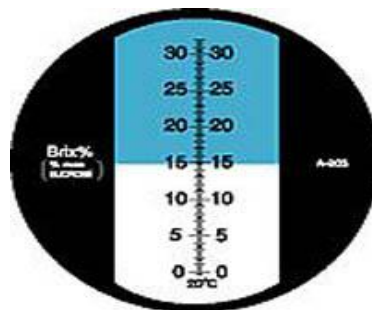


Figura 19.- Escala observada en el refractómetro de grados Brix.

### 3.14 EVALUACIÓN DEL pH

El valor del pH de cada muestra se determinó mediante un potenciómetro, el cual fue calibrado previamente al análisis.

### 3.15 DETERMINACION DE ACIDEZ TITULABLE.

La determinación de acidez titulable se llevo a cabo de la siguiente manera:

Se midieron 10 ml de muestra (Vinagre) y se le agregaron 4 gotas de indicador (Fenolftaleína), agito suavemente. Posteriormente se llevo a cabo la titulación con NaOH 0.1 N. por medio de una bureta dejando caer lentamente hasta obtener una coloración rosa pálido que permaneciera por 30 segundos. Los resultados se obtuvieron mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Acidez titulable} = \frac{(\text{ml de NaOH gastados})(N. OH)(0.060)}{\text{ml muestra}} \times 100$$

## CAPITULO 4.- RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 CARACTERIZACION FISICA Y QUIMICA DE LA MATERIA PRIMA

La parte que se utilizó para la obtención del jugo de mango es la pulpa del mismo. Por lo que se propone utilizar mangos que contengan la mayor cantidad de la misma y huesos más pequeños, para hacer más rentable el proceso.

En la siguiente tabla (7), se presentan los pesos y rendimientos (promedios) y en porcentaje de las partes del mango de la variedad "Haden".

Tabla 7.- Pesos y rendimientos en porcentaje del mango

	<b>Peso en gr</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Cascara</b>	66	15,27
<b>Hueso</b>	40	9,41
<b>Pulpa</b>	327	75,31
Total (Fruta entera)	<b>434</b>	<b>100</b>

Los resultados mostraron que el porcentaje de la semilla (hueso) en el mango variedad "Haden" es el mínimo reportado en la literatura (9%), obteniendo una gran parte comestible del 75%, equivalente al máximo reportado, con un 15 % de cascara, lo que lo hace uno de los mangos más rentables para la obtención de su pulpa.



Se realizó un análisis bromatológico del fruto de mango. Los resultados del mango variedad "Haden" se presentan en la tabla 8.

Tabla 8.- Caracterización física y química del mango

<b>MANGO</b>	
<b>MATERIA SECA TOTAL</b>	18,93%
<b>HUMEDAD</b>	81,06%
<b>CENIZAS</b>	0,25 g
<b>PROTEINA</b>	1 gr
<b>GRASA</b>	0,58g
<b>CARBOHIDRATOS</b>	16 g
<b>FIBRA CRUDA</b>	1,2 g
<b>PECTINA</b>	0,66g

#### **4.2 TRATAMIENTO ENZIMATICO**

Para el tratamiento enzimático se empleó una enzima comercial Macerex PM, seguido de una filtración y decantación para la recuperación del jugo de mango. Se utilizaron dos diferentes concentraciones de enzima al 0.003% y 0.005% a 30°C durante 20 horas. Los mejores resultados se obtuvieron al aplicar una concentración alta de enzima (0.005%). En la figura 19 se presentan imágenes de los matraces que contenían los tratamientos enzimáticos de la pulpa de mango empleando dos diferentes concentraciones de enzima, en los cuales la separación de las fases de jugo obtenido y fibra, presentan una mayor separación de jugo con la concentración de 0.005%. Esta observación es confirmada con los resultados de la tabla 9 donde se obtiene un 9 % más de rendimiento.



Figura 19.- Tratamiento enzimático a 0.003% (izquierda) y 0.005% (derecha).

La tabla 9 presenta los resultados promedios en porcentaje de rendimiento de jugo obtenido después del tratamiento enzimático.

Tabla 9.- Porcentaje de recuperación de jugo de mango.

Concentración de enzima	Porcentaje de jugo recuperado
0.003%	71
0.005%	80

### 4.3 FERMENTACION ACETICA

En esta etapa se evaluaron los siguientes parámetros: # de células, pH, azúcares reductores, grados Brix, acidez titulable, cada 12 horas durante 72 horas a 3 diferentes concentraciones de grados Brix: 16, 14 y 12. Siendo los tiempos a 12, 24, 36, 48, 60 y 72 horas respectivamente. Los resultados son los siguientes.

#### 4.3.1 CUENTA DE NUMERO DE CELULAS

Aparentemente no hubo una diferencia significativa entre las cinéticas de crecimiento microbiano de los tratamientos evaluados. La figura 20 presenta las curvas de crecimiento microbiano. Para los tres tratamientos la concentración celular máxima se alcanzó a las 60 h del cultivo.

El cálculo de la velocidad de crecimiento demostró que para las concentraciones de 12 y 14 grados Brix se obtuvo el mayor valor de velocidad, 80 millones de células/h. Para el tratamiento de 16 grados Brix dicho valor fue menor (60 millones de células/h).

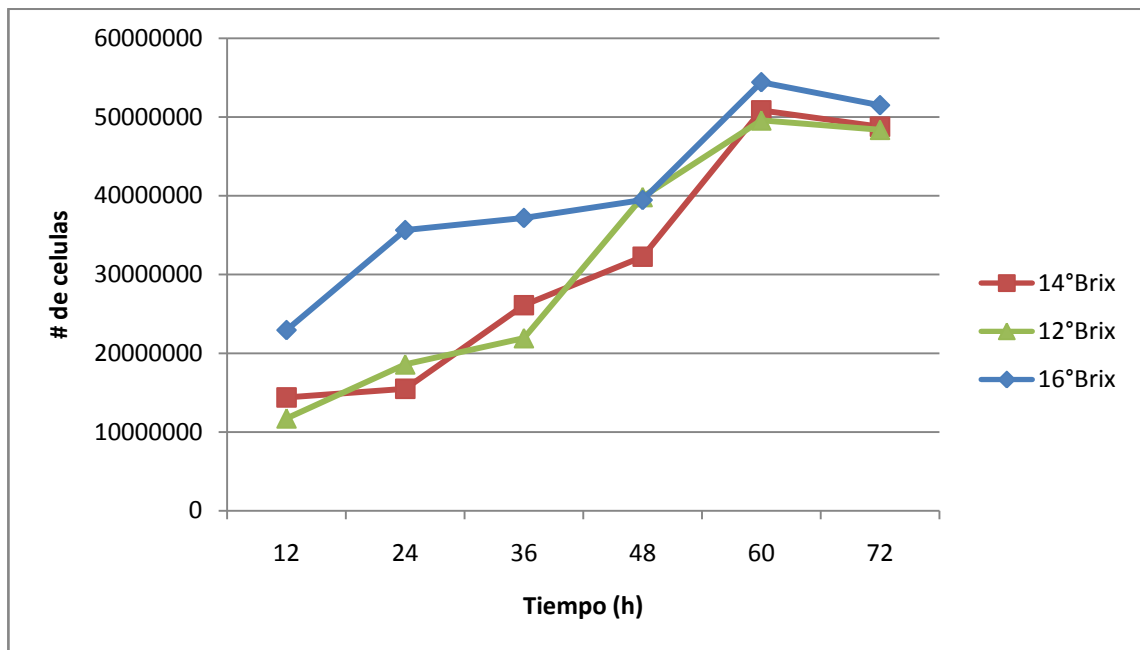


Figura 20.-Curvas de crecimiento microbiano.

#### 4.3.2 DETERMINACION DE AZUCARES REDUCTORES

El consumo de azúcares reductores de los diferentes tratamientos (a 16°, 14° y 12° Brix), se realizó principalmente hasta las 36 horas de la fermentación, posteriormente disminuye su consumo aun después de las 60 horas, la diferencia en consumo de azúcares reductores entre los tratamientos no son significativas. La figura 21 presenta el consumo de azúcares reductores.

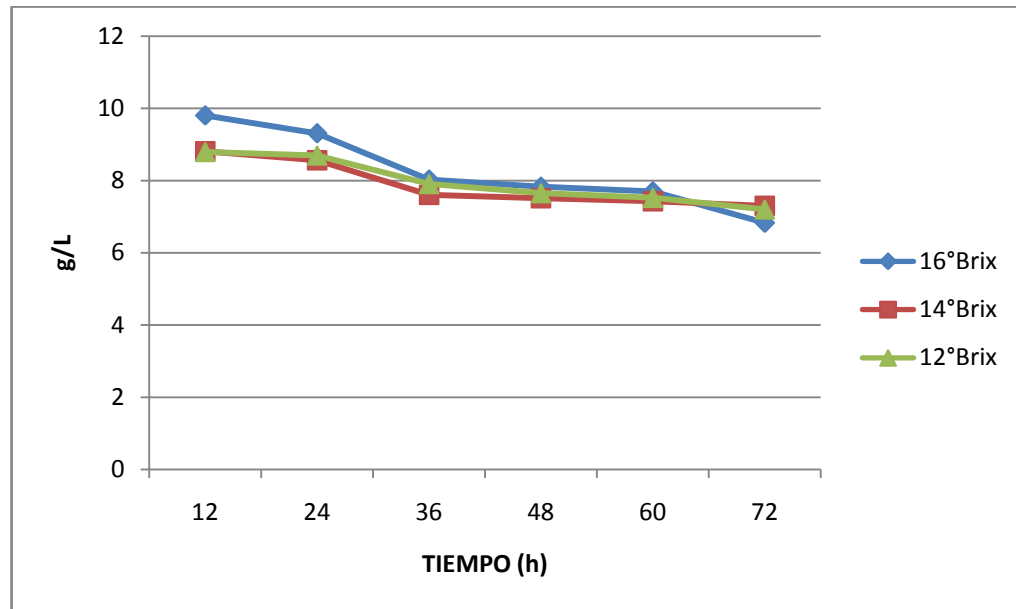


Figura 21.- Consumo de azúcares reductores.

#### 4.3.3 DETERMINACION DE SOLIDOS SOLUBLES EN GRADOS BRUX

El consumo de azúcares se midió también en función de la reducción de grados Brix durante la fermentación en los diferentes tratamientos, se observa que la disminución de sólidos solubles expresados en grados Brix se realiza principalmente hasta las 72 horas.

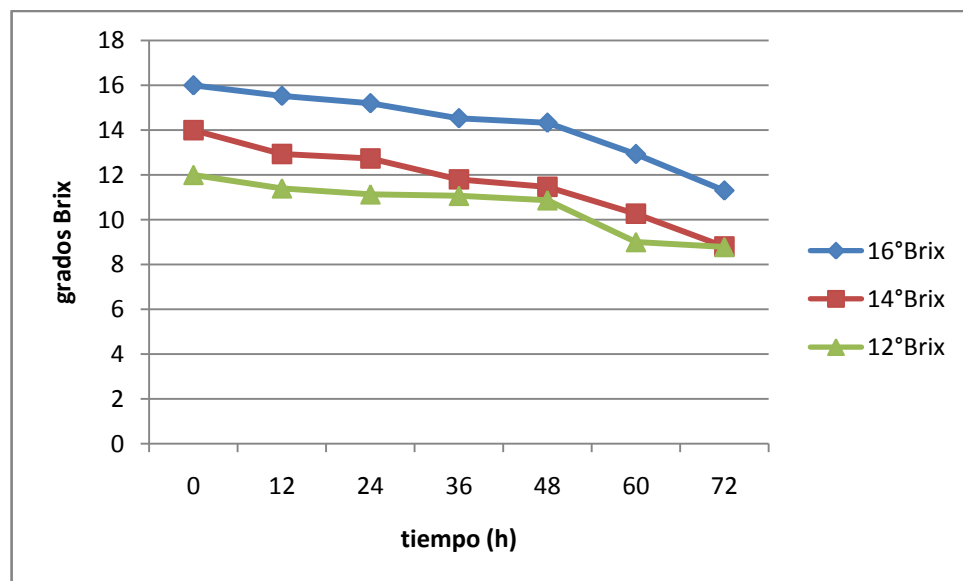


Figura 22.- Consumo de grados Brix en función del tiempo.

#### 4.3.4 EVALUACION DEL pH

Al igual que en los cultivos microbianos en la fermentación de jugo de mango, el control del pH es un parámetro importante que permite un monitoreo adecuado del proceso, ya que variación en los valores de pH se asocian a cambios metabólicos funcionales de los microorganismos que participan en la fermentación. En el presente estudio los valores de pH obtenidos para la cinética de fermentación no presentaron desviaciones que indicaran modificaciones al proceso bioquímico. No se encontraron diferencias significativas en los patrones de evolución del pH, el cual tuvo valores de 3.6 al inicio disminuyendo hasta valores de 2.7 como lo muestra la figura 23.

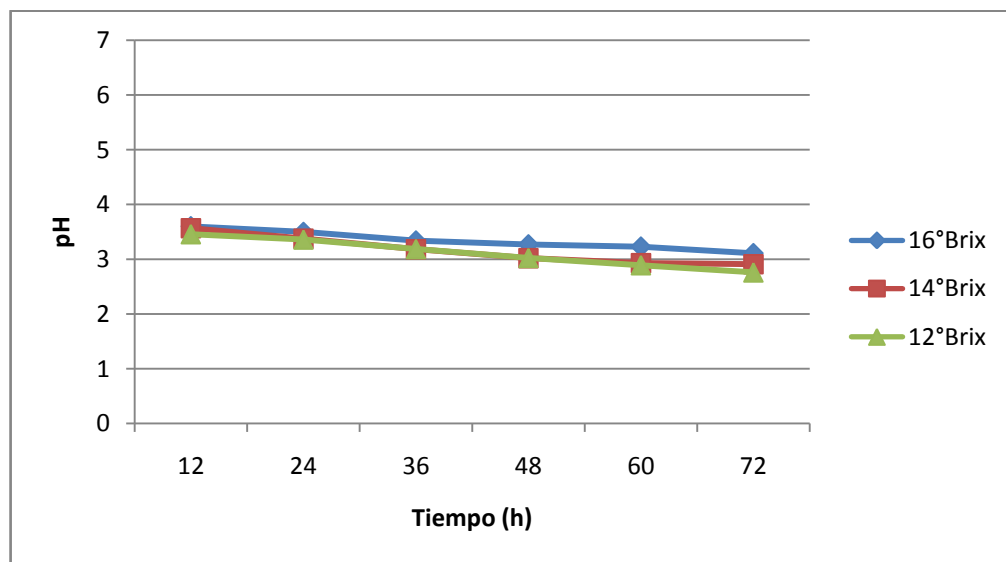


Figura 23.- Evaluación del pH durante la fermentación.

#### 4.3.5 ACIDEZ TITULABLE EXPRESADA EN ACIDO ACETICO.

La mayor producción de ácido acético se realiza a las 36 horas de la fermentación en las diferentes concentraciones de grados Brix (16,14, 12). La s figura 24 muestra los resultados obtenidos.

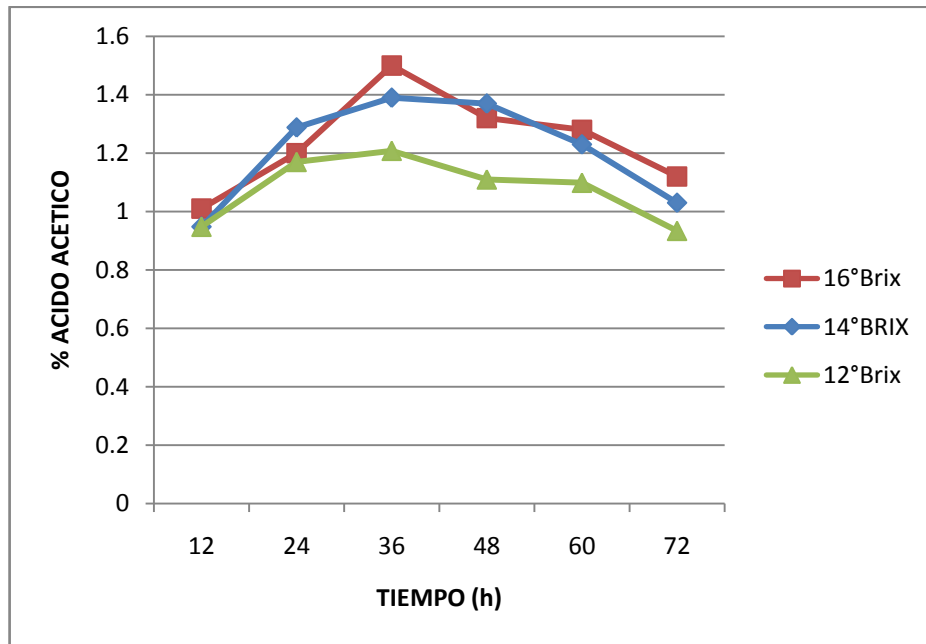


Figura 24.- Producción de ácido acético en función del tiempo.

Las modificaciones en los valores de pH no tuvieron asociación clara con los patrones de producción del ácido acético debido principalmente a que el medio de fermentación pudiese tener un efecto amortiguante por el tipo y concentración de compuestos solubles y suspendidos.

En esta investigación fue posible asociar las curvas de crecimiento microbiano a las cinéticas de producción de ácido acético, ya que dentro de las primeras 36 horas de fermentación, posiblemente debido a que en este periodo las células se comportaron en un periodo fermentativo para posteriormente continuar con un régimen oxidativo que favoreció la multiplicación celular.

El efecto de la concentración de azúcares reductores durante las primeras 36 horas se asocia con la conversión a ácido acético.

No existen al momento reportes de producción de ácido acético a partir de mango de la variedad "Haden" a nivel comercial ni de investigación. Sin embargo en la literatura existe el reporte de empleo de los residuos de la industria de mango para la producción de vinagre el cual posee buena calidad y se genera una concentración de 4.5-5% requiriendo tiempos de fermentación de 4-5 semanas (Sethi y Maini, 1999). Los microorganismos empleados para la producción de vinagre son principalmente bacterias entre los que destacan *Acetobacter aceti*, *gluconobacter oxidans* y *acetomonas ssp.* Así mismo se ha reportado el empleo de *Saccharomyces cerevisiae* variedad *Ellipsoideus* (Joshi y Pandey, 1999). Los antecedentes descritos nos permiten demostrar en este primer estudio que el jugo de mango no ha sido aprovechado para la producción de vinagre, lo cual resalta la relevancia del presente estudio.

La presente investigación demuestra la posibilidad técnica de desarrollar esta tecnología la cual tiene como ventajas:

Utilizar el mango para su diversificación en otros productos de interés comercial y económico. Representa una opción para aprovechar el mango cuando su depreciación económica es muy drástica para reducir las pérdidas al productor debido a que la madurez comercial no coincide con la madurez fisiológica, siendo afectada por la oferta y la demanda del mismo.

Con este trabajo de investigación se pretende usar como materia prima mango con un grado de madurez avanzada, así como con daño mecánico para la producción de ácido acético, lo cual representa un potencial para su aprovechamiento industrial.

El cultivo del mango en nuestro país posee un gran potencial que no ha sido explotado y por lo tanto es necesario que se creen organizaciones integrales para que los productores puedan explotar esta fruta.

Durante la temporada de producción los precios del mango se fincan por los suelos, por tal motivo es importante las iniciativas que el productor vaya a tomar una de estas iniciativas es el proceso de industrialización, por el cual permite almacenarlo durante más tiempo, aprovechar los bajos precios del producto, evitar la pérdida del fruto y diversificarlo.



## **CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS**

### **5.1 CONCLUSIONES**

- Es posible elaborar vinagre de mango variedad "Haden" usando un tratamiento físico para la recuperación de la pulpa, así como un tratamiento enzimático para la clarificación de la pulpa.
- El mango "Haden" posee un 75% de
- pulpa del mismo.
- El mango "Haden" posee un alto contenido en azúcares los cuales pueden ser utilizados para la fermentación acética.
- La adición de enzimas pectolíticas y celulolíticas resulta conveniente y rentable para la clarificación de la pulpa de mango.
- Se establecieron las condiciones preliminares para la producción de vinagre de mango de la variedad "Haden".

## 5.2 PERSPECTIVAS

- Es conveniente ejecutar una serie de estudios que permitan la optimización del proceso de producción de vinagre del mango, que incluyan el estudio de la influencia de los factores intrínsecos y extrínsecos que afectan los cultivos, microbianos, el aislamiento e identificación de cepas autóctonas productoras de ácido acético y los estudios de fermentaciones controladas.
- Se recomienda la ejecución de experimentos que permitan además evidenciar la posibilidad de uso de jugo de mango "Haden" para la producción de alcohol y el desarrollo de una nueva bebida alcohólica fermentada.

## BIBLIOGRAFIA

Arenas R. L. 1991, Análisis fluctuaciones en precios de mangos (*Manguifera Indica L.*) En México, Monografía de Licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo Coah. México.

Arriola, M. 1986. Posibilidades de Industrialización de Frutas Tropicales. En: Segunda Mesa Redonda de la Red Latinoamericana de Agroindustria de Frutas Tropicales. Bogotá, Colombia.

Barnett, E. 1989. Manejo post-cosecha y procesamiento de mango Haden. En: Tercera reunión de la Red Latinoamericana de Agroindustria de Frutas Tropicales. Bogotá, Colombia.

Bautista Justo M., García O., Salcedo H., y Parra N, L. 2001. Azúcares de Agaves (Agave Tequilana Weber) cultivados en el estado de Guanajuato. Acta Universitaria, abril, año/vol. 11, número 001. Universidad de Guanajuato, México. Pág. 33-38.

Beber para experimentar. Mayo de 2008. Obtenido de <http://www.acenologia.com/editorial94.htm>

Boletín del mango. Junio de 2008 Obtenido de [www.agropiura.gob.pe/web2/docs/boletidpa/boletinmango.pdf](http://www.agropiura.gob.pe/web2/docs/boletidpa/boletinmango.pdf)

Carbonell Razquin Mateo, 1970. Tratado de viticultura Anexo sobre vinagres. Editorial Aedos. Barcelona, España. Pág. 207-238.

Caseres M., Magdub A., Laraque A. 2005. Elaboración de una bebida alcohólica a partir de piñas de henequen. Agave Foucroydes. CICY,

Castañeda J. N. 2005 Producción y comercialización de Mango en México Caso: La región del Soconusco, Chiapas, monografía de Licenciatura UAAAN Buenavista, saltillo Coah. México.

Coello T. J. 2003. Oportunidades comerciales del sotol, como alternativa a la producción campesina. Tesis de licenciatura. Universidad Agraria Autónoma Antonio Narro, pág. 24-34.

Consejo Estatal del Mango de Guerrero A.C  
<http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/guerrero/agricultura/acerca.htm>.

Cruz R. M. 2007. Características fisicoquímicas de plantas hembras y machos de sotol. Tesis de Licenciatura. FCQ. Universidad Autónoma de Coahuila, pág. 20-28.

Cuevas Terrazas, Ignacio. Presidente de Promango de Acapulco S.P.R. de R.L. Entrevista personal .Abril de 2008.

Chávez, C. X. 1988. Tecnología para producir Mango en el valle de Apatzingan, folleto para productores, SARH-INIFAP-CIFAP/MICH.CEFAPVA, Apatzingan, Mich.

De la garza Toledo. 2008. Aspectos fundamentales y tecnológicos para la producción de sotol. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Coahuila. Facultad de ciencias químicas. Departamento de Biotecnología. Saltillo, Coahuila.

Desrosier, Norman W. 1987. Conservación de alimentos. Editorial continental S.A de C.V., México. pág. 286-312.

El cultivo del mango. Abril, 2008. Obtenido de  
[http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/mango2.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/mango2.htm)

El vinagre. Junio de 2008 Obtenido de  
<http://www.proluxsa.com/spanish/elvinagre.html>

Ferrucci Francisco, 1996. Estudios de Mercado para frutas y hortalizas seleccionadas. IICA/PROCIANDINO

Galán Sauco V. 1990. Los frutales tropicales en los subtropicos. I. Aguacate - Mango- Lichi y Longan. Ediciones Mundi-prensa. Madrid España, 1990. pág. 59-88.

Galán Sauco, Víctor. 1999. "El cultivo del mango". Mundi-prensa. España, pág. 69-90

García Murrieta M. 1992. Evaluación tecnológica de la fermentación industrial de alcohol en México. Tesis de licenciatura. ENCB, IPN, pág. 1-5.

Gómez Tadeo, Rodolfo. 2000. Modelo de organización para los productores de mango en el estado de Nayarit. Trabajo de observación. UAAAN. División de ciencias socioeconómicas. Saltillo, Coahuila.

González Aguilar, Gardea A, Cuamea-Navarro.2005. Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. Logiprint digital S.R.L de C.V. CIAD, AC. MEXICO 2005. Pág. 97-99.

Grupo Intergubernamental sobre el Banano y las Frutas Tropicales, FAO, Estadísticas de Frutas Tropicales, 1999

Grupo latino editores, 2006. Manual del Ingeniero de Alimentos. Edición 2006 Colombia. pág. 75-81, 166,190-191, 206-210.

Grupo noriega Editores. Biotecnología Alimentaria. Editorial Limusa S.A de C.V. México D.F. pág. 570-574.

*Joshi, V.K. y Pandey, A. 1999. Production of organic acid. In Biotechnology: food fermentation. Microbiology Biochemistry and Tecnology. Volume II. Joshi y Pandey (Eds). Educational Publishers and distributor. Nueva Delhi, India.*

Los vinos cambian de sabor. Abril de 2008 Obtenido de <http://www.univision.com/content/content.jhtml?cid=817659>

Madigan M; Martinko J (editors). (2005). *Brock Biology of Microorganisms*, 11th ed., Prentice Hall. ISBN 0-13-144329-1. Obtenido de "<http://es.wikipedia.org/wiki/Acetobacter>"

Martínez Ávila, Guillermo Cristian. 2008. "Purificación parcial de una poligalacturonasa de *Aspergillus kawachii* producida en fermentación sólida empleando espuma de poliuretano como soporte y su aplicación para la extracción de pectina". Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Coahuila. Facultad de Ciencias Químicas. Departamento de Investigación en Alimentos. Saltillo Coahuila.

Martínez Santiago S. 2004. Cultivo del mango (*Mangifera indica* L.) en la Costa Grande del estado de Guerrero. Monografía de Licenciatura. UAAAN. División de Ingeniería. Saltillo, Coahuila.

Martínez Sosa M., De la Garza H. 2006. Aislamiento e identificación de levaduras presentes en el proceso de producción de sotol. Tesis de licenciatura de QFB. FCQ. U A de C, pág. 43-53.

México producción de mango. Obtenido de <http://latinamerican-markets.com/mexico---produccion-de-mango>

Potter Norman N., Hotchkiss Joseph H. 1999. Ciencia de los alimentos. Editorial Acribia S.A España .pág. 291-295

Propiedades del vinagre. Agosto de 2008. Obtenido de <http://www.vegetomania.com/vida-sana/propiedades-del-vinagre>.

Rivas, N. y J. Azocar.1976. Caracterización físico-química de algunas variedades de mango cultivadas en Venezuela y su adaptabilidad a la fabricación de néctar enlatado. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. Región Tropical. 24.

Segundo S. L. 2005, Análisis de la producción y comercialización del mango (Manguifera Indica L.) En México, Monografía de Licenciatura UAAAN Buenavista, saltillo Coah. México.

Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP, SIACON, SAGARPA. Consulta de Indicadores de Producción Nacional y Márgenes de Comercialización de Mango. [www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx)

Sethi, V. y Maini, S.B. 1999. Prroduction of organic acid. In Sethi, V. y Maini, S.B. 1999. Prroduction of organic acid. In Biotechnology: food fermentation. Microbiology Biochemestry and Tecnology. Volume II. Joshi y Pandey (Eds). Educational Publishers and distributor. Nueva Delhi, India.

Sholberg PL, T Shepard, L Moyls. 2003. Monitoring acetic acid vapor concetration during fumigation of fruit control of post harvest decay. *Canadian Biosystems Engineering*. 45:313:317.

Somsem D, A Capelle, J Tramper. Manufacturing of par- fried French- fries. Part 2. Modeling yield efficiency of peeling. *J. Food Eng*. 64: 199-207.

Suarez Mora O. 2004. Producción de mango (Manguifera indica L.) en la Costa Chica de Guerrero, México. Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Agronomía. Saltillo, Coahuila.

Varman Alan H, Putherland Jane P. 1994. Bebidas, tecnología, química y microbiología. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España. pág. 307- 310.

Velazco Cárdenas, J. 1974. "El mango en México". CONAFRUT. MEXICO. Pág.113

Vogt Ernst, 1972. Fabricación de vinos. Editorial Acribia, Zaragoza, España. pág. 12.13, 207,208

Wieb Bernd, 1992. Elaboración artesanal de frutas y hortalizas. Editorial Acribia S.S, Zaragoza España. Pág.1-2.

Wikipedia. Vinagre. Julio del 2008. Obtenido de [es.wikipedia.org/wiki/Vinagre](http://es.wikipedia.org/wiki/Vinagre).

Yahia Kazuz E., Ornelas Paz J., Ariza Flores R.1996. El mango. Editorial Trillas. México 1996.pags.9-15,18-25.

*Yoneda, N., Kusano, S.; Yasui, M.; Pujado, P.; Wilcher, S. (2001). "Recent advances in processes and catalysts for the production of acetic acid". Applied Catalysis A, General 221 (1-2): 253-265.*