

183
2 ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**"ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS EN LA PRODUCCION
DE JUGO DE MANGO (*Mangifera indica*)
CLARIFICADO POR ULTRAFILTRACION"**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A:
LETICIA MONICA SANCHEZ HERRERA



**FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR**

MEXICO, D.F.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
P r e s e n t e

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

Aspectos Microbiológicos en la Producción de Jugo de Mango (Mangifera indica)
Clarificado por Ultrafiltración.

realizado por Leticia Mónica Sánchez Herrera

con número de cuenta 8039763-2 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

M. en C. José Armando Ulloa

Propietario

M. en C. Montserrat Gisbert Cruz

Propietario

M. en C. Joaquín Cifuentes Blanco

Suplente

M. en C. Guadalupe Vidal Gao

Suplente

M. en C. Sigfrido Sierra Calva

Consejo Interdisciplinario de Biología

COORDINACION GENERAL
DE BILOGIA

“La idea de Dios está en nosotros y tiene un indudable y absoluto carácter innato. No puede ser *facticia*, producto de nuestra mente imperfecta (y basta el hecho de la duda para asegurarnos del carácter imperfecto de nuestra mente); tampoco puede ser *adventicia*, pues nada es perfecto en las ideas que se me presentan como procedentes del mundo exterior. Si a pesar de ello, la idea de Dios, como ser absolutamente perfecto, está en mi alma pensante, Dios mismo ha de haberla puesto en ésta.”

René Descartes, “El Discurso del Método”.

A mi esposo:

Luis

A ti, mi más sincero amor, por el apoyo constante e incondicional que he recibido en mi superación como mujer y profesionista.

A mis hijos:

Carolina y Aldo Hugo

Con amor y cariño.

Sin olvidar que crecer, no significa saber mucho sino ser mejores.

A LA MEMORIA DE MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS MAESTROS E
INSTITUCIONES DE ESTUDIO

Agradecimientos

A mi asesor: M. en C. José Armando Ulloa.

Con profundo respeto y admiración, por su entrega y dedicación durante la ejecución de este trabajo.

A mis compañeros del Programa de Investigación en Ingeniería y Tecnología de la Coordinación de Investigación Científica de la U.A.N.:

Ing. Ma. Goretti Valdivia Reynoso, Ing. Petra Rosas Ulloa, P. Ing. Guadalupe Herrera Patrón, P. Ing. Elizabeth Zamora Cienfuegos, P.S.S. Juan Carlos Leal Angulo, P.S.S. Francisco Murillo Olmeda y la Lic. Imelda de Jesús Vázquez Arámbula.

Con gratitud por su apoyo, compañerismo y consejos.

A la Dra. Ma. de Lourdes Robledo Marengo y al Dr. Miguel Mata Montes de Oca, por su invaluable y desinteresada ayuda en la revisión de este trabajo.

A los miembros del jurado, por su paciencia y apoyo.

A todas aquellas personas que, de una u otra manera, me estimularon para la culminación de este esfuerzo.

Este trabajo se realizó en el Programa de Ingeniería y Tecnología de la Coordinación de Investigación Científica de la U.A.N., bajo la Supervisión del M. en C. José Armando Ulloa, y forma parte del Proyecto de Investigación: "Producción de Jugo de Mango (*Mangifera indica* L.) Clarificado por Ultrafiltración" financiado por el FOSIMAC, según Convenio SIMAC/94/DI-04.

**"Aspectos Microbiológicos en La Producción
de Jugo de Mango (*Mangifera indica* L.)
Clarificado por Ultrafiltración"**

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Producción de Mango	3
2.1.1. Producción Mundial	3
2.1.2. Producción Nacional	3
2.1.3. Exportación de Mango en Nayarit	6
2.2. Características del Mango	6
2.2.1. Clima y Suelo para el Desarrollo del Mango	11
2.2.2. Fisiología de la Maduración del Mango	13
2.3. Épocas de Cosecha de Mango en México	13
2.4. Industrialización del Mango	15
2.5. Composición Química del Mango	16
2.6. La Ultrafiltración en la Producción de Jugos de Frutas	16
2.7. El 4-Hexyl-Resorcinol	21
2.8. Análisis Microbiológicos	21
3. OBJETIVOS	23
3.1. Objetivo General	23
3.2. Objetivos Específicos	23
4. MATERIALES Y MÉTODOS	24
4.1. Reactivos y Soluciones	24
4.1.1. Medios de Cultivo	24
4.2. Materia Prima	25
4.2.1. Escaldado	26
4.2.2. Despulpado	26

4.2.3. Despectinado	26
4.2.4. Filtración	27
4.2.5. Clarificación por Ultrafiltración	27
4.3. Evaluación Microbiológica	28
4.3.1. Durante la Elaboración del Jugo de Mango	28
4.3.2. Durante el Almacenamiento del Jugo de Mango Envasado	28
4.4. Técnica para la Cuenta Microbiana	30
4.4.1. Caracterización Morfológica General de Colonias Microbianas	32
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
5.1. Microbiología de la Elaboración de Jugo de Mango	33
5.1.1. Cuenta Microbiana de la Pulpa de Mango	33
5.1.2. Efecto de la Adición de Metabisulfito de Sodio	33
5.1.3. Despectinado de la Pulpa de Mango	34
5.1.4. Filtración de la Pulpa de Mango	34
5.1.5. Clarificación del Jugo de Mango por Ultrafiltración	34
5.2. Microbiología del Jugo de Mango en Almacenamiento	36
5.3. Microorganismos Aislados	40
5.3.1. Características Morfológicas	40
5.3.2. Características Microscópicas	40
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
6.1. Durante el Proceso de Elaboración del Jugo de Mango	42
6.2. Durante el Almacenamiento del Jugo de Mango	42
7. BIBLIOGRAFÍA	43

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Partes del Fruto de Mango	9
Fig. 2. Esquema del Proceso de Ultrafiltración	18
Fig. 3. Elementos de un Sistema de Ultrafiltración	20
Fig. 4. Análisis Microbiológicos Durante el Proceso de Elaboración del Jugo de Mango	29
Fig. 5. Método Utilizado en los Análisis Microbiológicos	31
Fig. 6. Jugo de Mango Clarificado por Ultrafiltración Pasteurizado y Adicionado con 4-Hexyl-Resorcinol	39
Fig. 7. Jugo de Mango Envasado con Crecimiento de Hongos	39
Fig. 8. Detección de <i>Saccharomyces</i> sp.	41
Fig. 9. Detección de <i>Penicillium</i> sp.	41

INDICE DE CUADROS

Cuadro I. Principales Países Productores de Mango a Nivel Mundial	4
Cuadro II. Principales Estados Productores de Mango en México	5
Cuadro III. Evolución de la Exportación de Mango en Nayarit	8
Cuadro IV. Épocas de Cosecha de Mango en México	14
Cuadro V. Componentes Químicos del Mango	17
Cuadro VI. Cuentas Microbiana en la Etapa de Despectinado	35
Cuadro VII. Cuentas Microbianas del Jugo de Mango Durante su Almacenamiento	37

RESUMEN

Con el propósito de evaluar el comportamiento microbiológico en las distintas etapas de la producción de jugo de mango (*mangifera indica L.*) clarificado por ultrafiltración, y del producto envasado (en botellas de vidrio) durante su almacenamiento, se utilizó mango de la variedad Kent cosechado en el estado de Nayarit. Para tal efecto, se realizaron las cuentas de bacterias mesofílicas aerobias, levaduras y hongos filamentosos, en la pulpa de mango (PM), PM adicionada con 150 ppm de metabisulfito de sodio (PMM), PMM tratada enzimáticamente por 12 horas a 40 °C (PMME), PMME filtrada (PMMEF), y en el jugo clarificado obtenido de la PMMEF en el equipo de ultrafiltración; continuándose en el jugo envasado, el cual fue separado en tres tratamientos: testigo, pasteurizado a 70 °C por 15 minutos y el adicionado con 0.02% de 4-hexyl-resorcinol, en períodos de 7, 14, 21, 30, 60 y 90 días en el producto almacenado a temperatura ambiente. Los resultados demuestran que la acción del metabisulfito de sodio reduce el 72% de las bacterias mesofílicas aerobias presentes en la pulpa, el 97% de hongos filamentosos y el 49% de las levaduras. Al finalizar el tratamiento enzimático los niveles de bacterias se reducen al 100%, hongos al 99.9% y levaduras al 95%, incrementándose las bacterias durante el filtrado a un nivel tres veces mayor al inicialmente encontrado en la PM. Las cuentas de bacterias mesofílicas aerobias, hongos y levaduras fueron nulas después del tratamiento de clarificación por ultrafiltración. Sin embargo, las cuentas en UFC/g para el tratamiento testigo durante su almacenamiento fueron: bacterias mesofílicas aerobias de 55 a 50,000, levaduras de 30 a 50,000, y hongos de 320 a 50,000. Los tratamientos pasteurizado y el adicionado con 4-hexyl-resorcinol, no presentaron crecimiento microbiano significativo en ningún período de almacenamiento. Por lo anterior se concluye que, a fin de garantizar completamente la estabilidad microbiológica del jugo, es necesario aplicar un tratamiento técnico posterior al envasado, como lo es la pasteurización, o emplear el aditivo 4-hexyl-resorcinol.

1. INTRODUCCIÓN

Dados los actuales cambios en el ámbito comercial y económico del país, así como la necesidad de contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de la población, se ha hecho necesaria la aplicación de mejores métodos de control para la obtención de productos de calidad en la industria alimentaria mexicana, por lo que se ha demandado la adecuación de un sistema de control sanitario para minimizar los riesgos para la salud en el manejo, uso y consumo de los productos, propiciando una cultura de calidad. Por ello, la Secretaría de Salud ha implantado las siguientes medidas: (a) instrumentación de prácticas de higiene y aplicación de análisis de riesgos, (b) aplicación de métodos de identificación y control de puntos críticos (ARICPC), para garantizar la calidad sanitaria de los alimentos, poniendo énfasis en la prevención, y no en el análisis e inspección de los productos finales, por lo que la identificación de los puntos de riesgo a controlar en el proceso de un alimento, disminuye o elimina la posibilidad de desarrollo, supervivencia o contaminación con microorganismos inaceptables, desde el punto de vista de la seguridad o alteración de los alimentos, así como de los factores físicos o químicos que pudiesen deteriorar la calidad de un producto y poner en peligro la salud del consumidor^{28,29}.

Tomando en consideración lo anterior, resulta importante el monitoreo de la calidad microbiológica en las distintas etapas de elaboración de cualquier proceso alimentario, tal y como es la producción de jugo de mango clarificado por ultrafiltración. Este proceso implica diversas operaciones, dentro de las que destacan: escaldado, obtención de la pulpa, clarificación enzimática, filtración y clarificación por ultrafiltración. Operaciones en las que dadas las condiciones propias de la materia prima, su contacto con materiales, equipos y factores físicos tales como la temperatura, pH, concentración de sólidos, etc., podrían proporcionar condiciones favorables para el desarrollo de microorganismos.

2. ANTECEDENTES

2.1. Producción de Mango

El mango se considera una de las 3 más importantes frutas tropicales en el mundo. Su fino sabor, aroma, atractivo color y valor nutritivo, lo hacen ser preferido por grandes segmentos de la población. Esta especie ha estado sometida durante siglos a la reproducción sexual en la mayor parte de las zonas productoras. Se han logrado fijar una gran diversidad de características mediante propagación vegetativa, dando lugar a variedades cuyo cultivo comercial resulta conveniente por su calidad. Las principales variedades explotadas comercialmente en México son: Haden, Irwin, Kent, Keitt, Sensation, Tommy Atkins, Zill y Ataulfo, establecidas en la zona costera del Pacífico, y Manilas y Criollos en el Golfo de México¹⁰.

2.1.1. Producción Mundial de Mango.

En el ámbito internacional México ocupa el 2º lugar en la lista de los principales productores de esta fruta (Cuadro I), situación que se ha repetido durante varios años. Este hecho tiene un singular significado para nuestro país ya que, dadas las condiciones económicas que imperan actualmente, nos presenta un punto de oportunidad para la obtención de recursos provenientes del exterior, a través del desarrollo y exportación de productos industrializados basados en este importante recurso¹¹.

2.1.2. Producción Nacional de Mango.

Los datos de los últimos años revelan que la producción de mango ha entrado en un periodo de franco desarrollo, debido en gran parte a la introducción de variedades mejoradas del grupo Mulgoba procedentes de Florida, E.U., desde hace unos 30 años. En el Cuadro II se muestra

**Cuadro I. Principales Países Productores de Mango a Nivel Mundial
(En Toneladas Métricas)**

País	1991	1992	1993
India	8,752	9,500	10,000
México	1,118	1,120	1,130
Pakistán	776	787	794
Indonesia	640	700	750
Tailandia	614	615	620
China	595	599	613
Nigeria	500	500	500
Brasil	393	394	396
Filipinas	307	330	360
Haití	280	230	230
Zaire	210	212	212

Fuente: FAO, 1993 ¹¹.

Cuadro II. Principales Estados Productores de Mango en México

Entidad Federativa	Producción (Ton)
Guerrero	138,709
Veracruz	114,905
Nayarit	112,285
Michoacán	110,748
Oaxaca	101,865
Sinaloa	98,220
Chiapas	50,731
Colima	48,724
Jalisco	36,255
Campeche	1,692

Fuente: SAG (1994) ²⁵.

la producción de mango por entidad federativa del año de 1994. De esto se deduce que el estado de Nayarit es uno de los principales productores de esta fruta, ocupando el tercer lugar a escala nacional. La producción de mango en Nayarit, aparte de abastecer la demanda en la entidad, contribuye a satisfacer la nacional, siendo los mercados más importantes Guadalajara, Distrito Federal, Aguascalientes y Monterrey ²⁵.

2.1.3. Exportación de Mango de Nayarit

El mango producido en el estado se consume y comercializa normalmente en fresco, ya que el aprovechamiento y conservación por parte de agroindustrias en la entidad es casi nulo. La comercialización se orienta, por un lado, hacia la exportación, la que comprende un 20% de la producción total, realizándose esta actividad en plantas empacadoras del estado y que asciende a 35,000 toneladas, cubriendo ampliamente la cuota del mango para exportación y dirigiéndola principalmente a países como: USA, Canadá, Japón, Francia, Alemania, Inglaterra, Australia, Holanda y Bélgica. El resto de la producción se dirige al mercado nacional ¹⁶ (Cuadro III).

2.2 Características del Mango

El mango *Mangifera indica* L. pertenece a las dicotiledóneas. Es una de las especies importantes de la familia de las Anacardiaceae, en la cual se incluyen 64 géneros, la mayoría árboles y arbustos ³⁰. El nombre "Mangifera" es derivado de la palabras Mangai, que significa mango, y "fero", que quiere decir producir; la palabra "indica" de la India, lugar del que es originario, y representa el nombre de la especie. La mayoría de todas las especies de la familia se caracterizan por sus canales de resina y muchas son famosas por su savia irritante y tóxica, que puede ocasionar dermatitis severa ⁷².

El árbol es siempre verde, su porte es en general mediano, de 10 a 20 m de altura en estado adulto, aún cuando algunos pueden alcanzar de 40 a 50 m y su forma depende de varios factores.

entre ellos el tipo de propagación empleado. El árbol de semilla es erecto y alto, mientras que el injertado es más bajo, de ramificación escasa y abierta ⁵.

El sistema radicular presenta un amplio desarrollo, las raíces principales penetran de 6 a 8 metros, mientras que las superficiales se extienden en un radio de hasta 10 m del tronco, siendo esta característica la que le permite resistir, hasta cierto punto, condiciones bajas de humedad. El tronco principal es más o menos recta, cilíndrico y de 75 a 100 cm de diámetro. La corteza, de color gris a café, tiene grietas longitudinales o surcos reticulados poco profundos, que a veces contienen pequeñas gotas de resina²².

Las normas del crecimiento del árbol dependen de la variedad y de las condiciones ambientales. En general el desarrollo de los nuevos brotes ocurre de 1 a 3 períodos al año. Las hojas jóvenes son primeramente de color violeta rojizo, bronceadas o verde pálido, cambiando más tarde a color verde oscuro, son alternas, espaciadas irregularmente a lo largo de las ramas, de forma oblonga elíptica o lanceolada, gruesas, relativamente angostas y largas (30 cm ó más). La vena central y los 15 a 30 pares de venas laterales son muy prominentes. El mayor desarrollo ocurre en los meses de primavera y verano y solamente una parte del árbol, o unas pocas ramas, inician nueva actividad en un período determinado ⁵.

La inflorescencia es una panícula terminal, en forma de pirámide de 40 a 60 cm de largo, muy ramificada, en la cual pueden encontrarse flores estaminadas, con uno o dos estambres (funcionales o fértiles) de uno o más estaminodios, y flores perfectas o hermafroditas, donde el gineceo consta de un ovario conspicuo, de una sola celda, globosa, un estilo lateral, curvado hacia arriba y estigma terminal pequeño, dominando éstas últimas en número hacia las porciones terminales. Globalmente, sin embargo, se produce una mayoría de estaminadas y una minoría de hermafroditas. Todas tienen cinco sépalos pubescentes de color verde y 5 pétalos caedizos de colores anaranjado, rojo, amarillentos o verdosos. El disco es grande, de 5 lóbulos, está situado arriba de la base de los pétalos. En la mayoría de las variedades se producen de diciembre a marzo,

Cuadro III. Evolución de la Exportación de Mango en Nayarit

Año	Exportación (Ton)
1986	8,422
1987	12,304
1988	9,300
1989	14,319
1990	15,741
1991	23,962
1992	14,824
1993	27,322
1994	35,062

Fuente: SAG (1994)³⁰.

pero algunas lo hacen de octubre a mayo. Si en la primera floración no se desarrollan suficientes frutos, se produce una segunda y aún una tercera floración²².

El fruto es una drupa aplanada, variando considerablemente en tamaño, forma, color, presencia de fibra, textura, sabor y olor. El color exterior va desde amarillo, anaranjado o verde como base, algunos con chapeo de colores que varían del rojo claro, al morado oscuro. La superficie lisa uniforme es interrumpida por pequeñas glándulas circulares, en ocasiones prominentes, llamadas lenticelas²². Su característica más distintiva es la pequeña proyección cónica desarrollada lateralmente conocida como "pico"; ésta puede ser muy desarrollada en algunas variedades y menos en otras, en cuyo caso lo reemplaza una mancha clara.²².

La forma varía de redondeada a ovalada u oblonga, o bien puede ser algo alargada con una longitud que fluctúa de 5 a 30 cm, según la variedad o tipo de que se trate. El cuerpo del fruto es desigual de perfil, con el lado dorsal convexo y el ventral con una concavidad hacia el ápice. La base puede ser caída, elevada o intermedia.

Al igual que muchas otras frutas, en el mango se pueden separar tres partes: epicarpio, mesocarpio y el endocarpio. El epicarpio o cáscara, ocupa desde 6 hasta un 15% del peso total del fruto. Es una superficie lisa que contiene lenticelas y su color exhibe diferentes mezclas de verde, amarillo y tintes rojos, como se indicó anteriormente (Fig. 1).

El mesocarpio o pulpa, representa del 65 al 85% en peso. Es firme, rica en azúcares y cromatóforos, atravesada por las fibras del endocarpio, conteniendo un jugo dulce de agradable sabor. El color de la pulpa varía de amarillo a anaranjado.

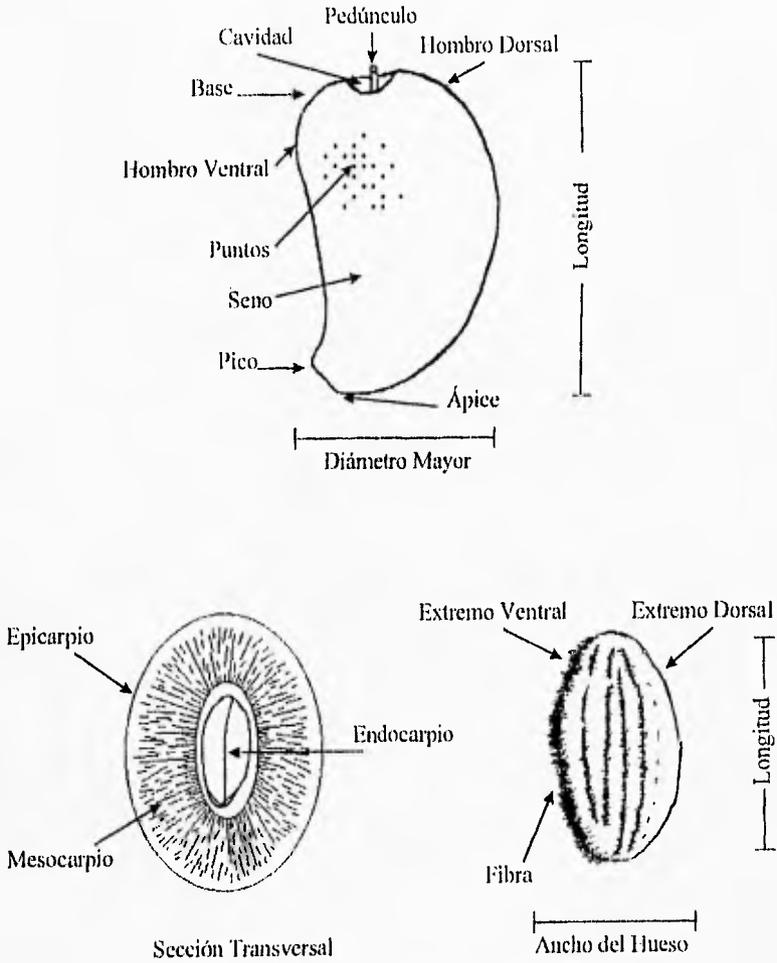


Fig. 1 Partes del Fruto de Mango ⁸

El endocarpio o semilla (hueso), es grueso y leñoso, cubierto con una capa de fibra; la cantidad y longitud de la misma es un carácter importante en los trabajos de selección. Además, de la unión del fruto al pedúnculo, una vez desprendido el primero, gotea la savia acuosa o lechosa del mango, la que puede manchar a la fruta y a las personas puede causarle una ligera irritación en la piel ⁵.

Su desarrollo fisiológico se efectúa aproximadamente en 16 semanas (dependiendo de la variedad). En ese período se registra un aumento en el peso y dimensiones, mismo que se reduce considerablemente entre la novena y catorceava semana, período en el cual se desarrolla la semilla. Se cosecha desde fines de mayo hasta septiembre, produciéndose en racimos ³.

La semilla es aplanada, constituida en su mayor parte por los cotiledones. Puede contar con un sólo embrión resultado del proceso de la fecundación de la ovocélula por el espermatozoo, o bien de 2 a 5 ó más embriones, uno producido sexualmente y el resto originados en el tejido de la nuecla. Los embriones que no derivan del proceso sexual, dan origen a plantaciones idénticas a la planta madre. A los mangos con un solo embrión, característica de los tipos hindúes, se les llama monoembriónicos y los que poseen dos o más, como es el caso de los indochinos, se les llama poliembriónicos ¹⁶.

2.2.1. Clima y Suelo para el Desarrollo del Mango

Es un frutal de clima tropical, su distribución se encuentra, por tanto, dentro de los trópicos de Cáncer y Capricornio. Puede prosperar en climas subtropicales, hasta los límites en los que la temperatura media del mes de enero (al norte del ecuador) o la temperatura media del mes de julio (al sur del ecuador) no caiga abajo de los 15 °C. En los trópicos debe explotarse a altitudes sobre el nivel del mar no mayores a los 1,000 m y en los subtropicos en lugares cercanos al nivel del mar. Sin embargo, tanto en México como en la India y en otros países, el mango prospera hasta alturas

cercanas a los 1,500 m. Se considera como ideal la altitud entre 0 y 1,000 m que corresponde en nuestro país a las llanuras costeras del Golfo de México y del Océano Pacífico, mismas que integran la zona cálida, con temperatura media anual de 22 °C o mayor^{22,30}.

El mango es muy sensible a las bajas temperaturas y no puede soportarlas a nivel de subcongelación por más de unas cuantas horas. En Florida, los árboles adultos han muerto por la acción de heladas prolongadas abajo de los 0 °C, los jóvenes son aún más sensibles, pudiendo morir por la presencia de temperaturas de 2 °C o inferiores, si éstos no se protegen. Las heladas de corta duración pueden no dañar a los árboles en conjunto, pero sí a los brotes tiernos y a la inflorescencia. En lugares montañosos con riesgo de heladas es importante evitar depresiones y escoger ubicaciones con una circulación adecuada de aire¹⁶.

En México, en los estados de Sinaloa, Tamaulipas y norte de Veracruz, así como en lugares con altitudes superiores a los límites del cultivo comercial, pueden presentarse heladas o bajas temperaturas (inferiores a 7 °C), que en ocasiones afectan seriamente a los brotes tiernos y a la floración.

El mango, por su origen, es un frutal de clima monzónico en el que se alternan las épocas de elevada humedad y de sequía. Es lógico, por tanto, que en nuestro medio prospere mejor en lugares en donde se alternan épocas húmedas después de la cosecha, para estimular el nuevo crecimiento vegetativo, y una época seca, que ocurre varios meses antes de la floración, para inducir a un período de reposo.

El mango puede prosperar en una gran variedad de suelos. La mayor parte de los autores consultados coinciden en que los suelos aluviales profundos, los limos y los suelos rojos lateríticos, bien drenados y con abundante materia orgánica, son los ideales para este cultivo. Los límites del pH más adecuado fluctúan entre 5.5 y 7.5, sin embargo, en varias de las zonas productoras de México se desarrolla satisfactoriamente en suelos con pH de 8.25. Por tratarse de

un cultivo con amplio sistema radicular, es necesario considerar la naturaleza del suelo además de la localización del manto freático, el cual debe estar por debajo de 2.5 m¹⁶.

2.2.2. Fisiología de la Maduración del Mango

Debido al comportamiento clásico, que como fruta climatérica tiene el mango, es importante conocer el estado de madurez en el cual se encuentra el fruto en el momento del corte, ya que el desarrollo típico del aroma y sabor pueden depender básicamente de este parámetro^{3,14}.

Se ha observado que los frutos cortados cuando alcanzan su madurez fisiológica, muestran un climaterio respiratorio normal¹⁵, buenas cualidades comestibles, y una mejor textura y color, conservándose por más tiempo, mientras que los cosechados tardíamente y que han madurado en el árbol, presentan desórdenes de maduración y presencia de tejidos esponjosos, ya que se encuentran en su etapa posclimatérica, lo que provoca que los azúcares, el color, el sabor y la textura sufran cambios adversos que alteran seriamente la calidad de la fruta y acortan su vida en almacenamiento^{3,30}.

2.3. Épocas de Cosecha de Mango en México

En el Cuadro IV se muestran las distintas épocas de cosecha de mango, de las diversas variedades que se producen en nuestro país, las cuales comprenden el período de febrero a septiembre, iniciándose la cosecha del mango criollo el primero de febrero en el estado de Oaxaca, y concluyéndose el 15 de septiembre en Sinaloa con el mango de la variedad Kent, y el mango de la variedad Keitt en el estado de Nayarit³⁰.

Cuadro IV. Épocas de Cosecha de Mango en México

Entidad Federativa	Varietal	Época de Cosecha
Guerrero	Haden	del 5 de junio al 30 de julio
Guerrero	Kent	del 15 de abril al 30 de junio
Michoacán	Haden	del 15 de mayo al 30 de julio
Michoacán	Kent	del 5 de junio al 30 de julio
Colima	Haden	del 20 de mayo al 30 de julio
Colima	Kent	del 15 de junio al 10 de agosto
Nayarit	Haden y Tommy	del 15 de junio al 15 de julio
Nayarit	Kent	del 15 de julio al 25 de agosto
Nayarit	Keitt	del 10 de agosto al 15 de sept.
Sinaloa	Haden y Tommy	del 5 junio al 20 de agosto
Sinaloa	Kent	del 20 de junio al 15 de sept.
Sinaloa	Keitt	del 1o. de agosto al 15 de sept.
Chiapas	Haden	del 1o. de mayo al 30 de junio
Chiapas	Kent	del 1o. de mayo al 30 de junio
Chiapas	Keitt y Tommy	del 1o. de mayo al 30 de junio
Veracruz	Manila	del 15 de abril al 15 de julio
Oaxaca	Criollo	del 1o. de febrero al 15 de abril

Fuente: SAG/México ³⁰.

2.4. Industrialización del Mango

Actualmente existen varios productos industriales obtenidos a partir del mango, como son: rebanadas en almíbar, puré para infantes, néctares y hojuelas. Es conveniente que se tomen en cuenta otros productos que no se encuentran aún en el mercado, pero que podrían tener éxito; además de que su proceso no es complicado y sería factible aprovechar las instalaciones existentes para otras frutas ¹⁷.

Algunos de los productos que pueden obtenerse a partir del mango son los siguientes: ates y rollos, mermeladas, pulpa concentrada y/o congelada, rebanadas congeladas, hojuelas de mango, rebanadas deshidratadas y jugos. Los usos que pudieran tener estos productos son: bases para helados, nieves y refrescos, alimentos infantiles, repostería y dulcería en general. En el caso de la pulpa concentrada y congelada, para consumo directo, y adornos de repostería en el caso de las rebanadas congeladas.

2.5 Composición Química del Mango

La función nutricional del mango no depende solamente de su composición química, sino también de las cantidades que se consuman de éste. El porcentaje que aporta en 100 gramos de porción comestible con respecto a la recomendación diaria para adultos es la siguiente: 1.5 % de calorías, 0.4 % proteínas, el 60 % de vitamina C, del 25 al 60% de los precursores de la vitamina A, 5 % de tiamina, 5 % riboflavina, 3 % de niacina, 2% de calcio y 1 % de las necesidades del hierro, también es rico en agua que representa una parte importante de su peso. Su sabor, aroma y color lo hacen agradable al consumidor.⁸

La proporción de sus diversos constituyentes químicos varía considerablemente durante el crecimiento, maduración y almacenamiento.⁸ La composición promedio de esta fruta se presenta en el Cuadro V.

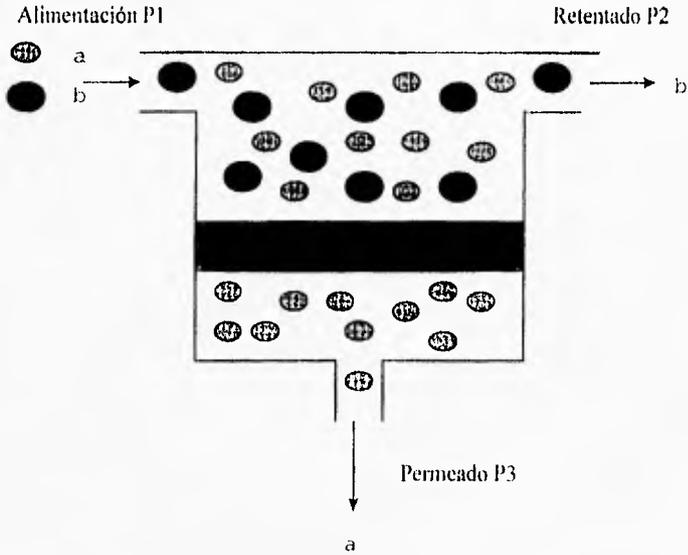
2.6 La Ultrafiltración en la Producción de Jugos de Frutas

La ultrafiltración es un proceso de separación, en dónde la alimentación se bombea bajo presión a través de membranas resistentes y selectivas en términos del tamaño de poro¹⁸ (Fig. 2); mediante este proceso de separación se retienen solamente macromoléculas o partículas más grandes de 10-200 Angstroms. La separación se realiza a través de membranas porosas que permiten el paso del agua y moléculas de bajo peso molecular (azúcares, sales) reteniendo moléculas de alto peso molecular (proteínas) e impurezas, como bacterias, levaduras y coloides, entre otras⁹.

Cuadro V. Componentes Químicos del Mango

Característica	Proporción 100 g de porción comestible
Calorías	40
Proteínas	0.4 %
Grasa	0.1 %
Calcio	7-11 mg
Hierro	0.2-0.4 mg
Tiamina	0.3-0.5 mg
Riboflavina	0.04-0.06 mg
Niacina	0.4-0.6 mg
Ácido Ascórbico	30-48 mg
Agua	81.7 %
Producto Residual	38.0 %

Fuente: FAO ¹¹.



$$P1 > P2 > p3$$

Caída de Presión $\Delta P = P1 - P2$

Fuerza Impulsora = Transmembrana $\Delta P (\Delta PTM)$

$$\frac{(P1 + P2) - P3}{2} \simeq \frac{(P1 + P2)}{2}$$

Fig. 2 Esquema del Proceso de Ultrafiltración ¹⁸

Los elementos básicos que conforman una unidad de ultrafiltración son los siguientes: tanques de alimentación y recuperación del producto, bomba de alimentación, membranas de separación e instrumentación para monitorear el flujo y la temperatura de las corrientes del proceso (Fig. 3).

El papel que juegan las membranas es fundamental en el proceso de separación por ultrafiltración. El uso clásico de ellas se refiere a la separación de sólidos inmiscibles y partículas de corriente líquida o gaseosa, siendo la función principal de una membrana actuar como una barrera selectiva que permite pasar ciertos componentes y retener algunos otros de una mezcla ⁹.

Para que una membrana pueda ser utilizada en cualquier proceso de separación, debe reunir ciertos requisitos indispensables en el tratamiento de alimentos, entre los que destacan los siguientes:

- a) Ser capaz de dar el grado de separación deseado en condiciones de gran fluidez y durante períodos prolongados de trabajo.
- b) Resistir la limpieza y desinfección de acuerdo con las necesidades que exija el mantenimiento del grado higiénico deseado durante la separación.
- c) Tener un tiempo suficiente de vida bajo las condiciones de trabajo.

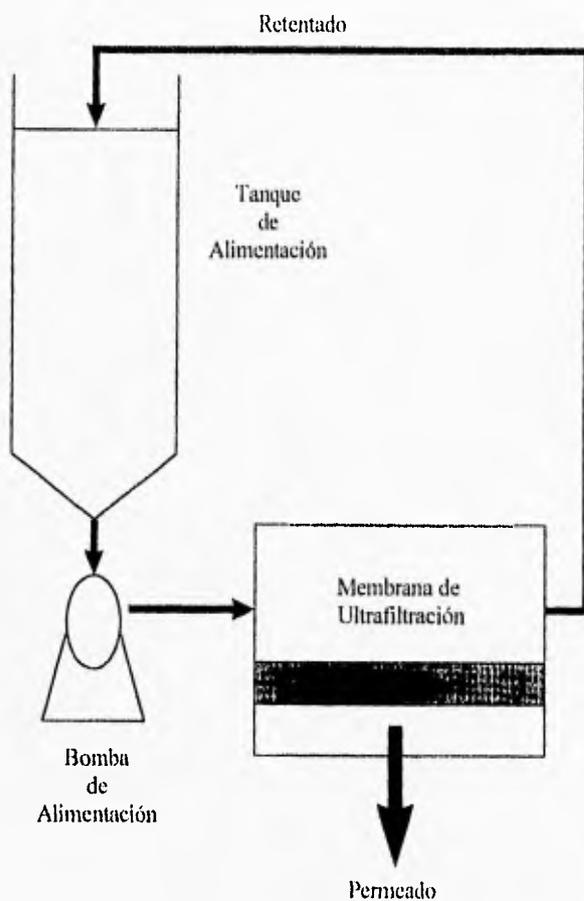


Fig. 3 Elementos de un Sistema de Ultrafiltración ⁹

Dentro de las principales ventajas que aporta la utilización de la ultrafiltración en la clarificación de jugo de frutas destacan: la generación de un producto transparente y brillante, provocado por la remoción de las sustancias que generan turbidez, la gran persistencia de los atributos sensoriales (color, aroma y sabor), además de que inherente a la clarificación por ultrafiltración, se logra una pasteurización en frío del producto, lo que redundará en mejores atributos sensoriales, así como una reducción en el gasto, desde el punto de vista energético, en comparación con la tecnología tradicional para el mismo propósito ⁹.

En las investigaciones más recientes, que destacan las bondades de la aplicación de la ultrafiltración en la producción de jugos de frutas, se encuentran las realizadas en naranja y limón⁶, en guayaba⁷, tomate²³, manzana²¹; sin embargo, con anterioridad dicha tecnología probó ser adecuada en la elaboración de jugo de pera¹³, así como uva y piña entre otros.

2.7. El 4-Hexyl-Resorcinol

El 4-hexyl-resorcinol tiene una larga historia dentro de la industria farmacéutica y es una sustancia generalmente reconocida como segura (GRAS). Ha sido utilizada con anterioridad en la industria alimentaria como un agente controlador del oscurecimiento enzimático, durante el almacenamiento de rebanadas de manzana, así como en camarones. Por otra parte, ha mostrado buenos resultados aplicado a bajas concentraciones ^{20,1}.

2.8. Análisis Microbiológicos

Los análisis microbiológicos en la industria alimentaria han sido utilizados con la finalidad de practicar exámenes a los alimentos y: detectar la presencia de microorganismos que puedan indicar exposición del producto a condiciones no sanitarias; determinar la deficiencia de un proceso, a base de reducir la carga microbiana de especies infecciosas o toxigénicas; evaluar tanto la seguridad que ofrecen los alimentos en cuanto a microorganismos y sus toxinas, como su

calidad preservando sus características organolépticas y nutricias; aceptar el producto en términos del cumplimiento de las normas microbianas; determinar el grado de frescura o el posible tiempo de vida de un alimento. En 1964 se hicieron las primeras revisiones acerca de la metodología necesaria para detectar bacterias enteropatógenas e indicadoras. Desde entonces se han publicado varios procedimientos para la estimación de los microorganismos indicadores y aunque existe una considerable semejanza en los métodos utilizados, también existen diferencias significativas en los detalles de los procedimientos ¹⁹.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- Realizar la evaluación microbiológica en el proceso de elaboración del jugo de mango, variedad Kent, clarificado por ultrafiltración en todas sus etapas.

3.2 Objetivos Específicos

1. Valorar la actividad antimicrobiana del metabisulfito de sodio durante el proceso de despectinado de la pulpa de mango.
2. Evaluar microbiológicamente el jugo envasado y almacenado a temperatura ambiente por 90 días.
3. Evaluar microbiológicamente los tratamientos aplicados, pasteurización y adición del 4-hexyl-resorcinol, al jugo envasado y almacenado a temperatura ambiente por 90 días.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Reactivos y Soluciones

- (a) Solución madre: 34 g de KH_2PO_4 se disuelven en 400 ml de agua destilada, y se ajusta a un pH de 7.2 con una solución NaOH (1 N) y se afora a un litro con agua destilada.
- (b) Solución diluyente: se toman 1.25 ml de solución madre y se afora a un litro con agua destilada.
- (c) Ácido tartárico al 10 %: se disuelven 10 g de ácido tartárico en 100 ml de agua destilada.

Todas las soluciones se esterilizan a 15 libras de presión por 15 minutos.

4.1.1. Medios de Cultivo

Los medios empleados son preparaciones comerciales de la marca Bioxón, y se prepararon de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Al añadirle un litro de agua destilada se obtiene la siguiente composición:

Medio Agar Saboraud Dextrosa

peptona	10.0 g
dextrosa	20.0 g
agar	15.0 g.

Medio Agar Nutritivo

peptona de gelatina	5 g
extracto de carne	3 g
agar	15 g

Medio Agar Extracto de Malta (EMA)

maltosa	12.75 g
dextrina	2.75 g
glicerina	2.35 g
peptona	0.78 g
agar	15.00 g

Papa Dextrosa Agar (PDA)

infusión de papa (sólidos)	4.0 g
dextrosa	20.0 g
agar	15.0 g

Todos los medios se esterilizaron a 15 libras de presión durante 15 minutos.

4.2. Materia Prima.

La materia prima utilizada en este experimento fue proporcionada por la empacadora Sector de Producción de RSI Libra, localizada en el Km 7 de la Carretera Navarrete-Sauta del Municipio de San Blas, Nayarit. Se emplearon mangos de la variedad Kent en estado de madurez fisiológica, los cuales fueron lavados con agua corriente para eliminar impurezas. Posteriormente, las frutas se seleccionaron para desechar aquellas que presentaban golpes, picaduras o estaban maltratadas. Se seleccionaron aquellos cuyo peso estaba entre el rango de 400-500 g.

4.2.1. Escaldado.

El escaldado es un proceso térmico importante para la preparación de legumbres y de algunas frutas, ya que permite inactivar las enzimas naturales de la fruta y reducir la cantidad de bacterias presentes en la materia prima. Con este propósito y a fin de estabilizar el color del jugo de mango, las frutas se escaldaron a una temperatura de 85 °C durante 15 minutos (siendo estas condiciones las más favorable para que el fruto no pierda sus cualidades sensoriales de sabor, aroma y color), seguido de un enfriamiento rápido con agua corriente para completar adecuadamente el tratamiento ⁴.

4.2.2. Despulpado.

Para obtener la pulpa (mesocarpio) a partir de las frutas escaldadas, éstas fueron cortadas para poderles desprender los lados y facilitar así su procesamiento en el despulpador Mod. P-TL de la marca Jersa, el cual separa la cáscara y la semilla dejando la pulpa libre de estos materiales. A la pulpa obtenida se le adicionaron inmediatamente 150 ppm de metabisulfito de sodio para lograr su estabilidad, tanto funcional (en términos de color), como microbiológica²⁴.

4.2.3. Despectinado.

Para el despectinado se empleó una enzima comercial denominada Klerzima, con el propósito de separar material indeseable y facilitar la separación del jugo. La Klerzima es una preparación purificada y concentrada de enzima pectinolítica, específica de la hidrólisis de las materias pécticas de frutas y hortalizas, la cual se presenta en forma de polvo y está probada para el tratamiento de pulpas y zumos. La proporción inicial de enzima empleada fue de 0.6 g/l, misma que se dejó actuar durante 10 horas (a una temperatura de 39 °C), después se agregó una cantidad de 1 g/litro, permitiéndole reaccionar durante 2 horas más (a una temperatura de 40 °C).

4.2.4. Filtración.

El producto de la etapa de despectinado de la pulpa de mango se filtró manualmente en una tela de manta, seguida de una filtración en un dispositivo centrífugo, con la finalidad de remover la mayor cantidad de materiales fibrosos y facilitar de esta manera la clarificación por ultrafiltración de jugo de mango. Tanto en esta etapa, como en la de ultrafiltración, se realizaron análisis microbiológicos antes del envasado.

4.2.5. Clarificación por Ultrafiltración.

La pulpa despectinada y filtrada fue procesada en una unidad de ultrafiltración Osmonics, equipada con una membrana polisulfonada de hojas enrolladas en espiral, de dos pulgadas de diámetro, con un área de permeación de 1.6 metros cuadrados, y con un tamaño de poro de 100,000 daltons. La unidad de ultrafiltración fue operada bajo las siguientes condiciones: diferencial de presión 10 psi, presión de alimentación 90 psi, presión de salida 80 psi, temperatura del sistema 25 °C. De esta etapa se obtuvieron dos corrientes: el retentado constituido por material de desecho y el jugo clarificado, el cual fue envasado en botellas de vidrio transparente de 500 ml. El producto envasado fue separado en tres lotes: un lote testigo sin tratamiento alguno, otro con tratamiento térmico que consistió en una pasteurización a 70 °C por 15 minutos y al tercer lote se le adicionó 4-hexyl-resorcinol a una proporción de 0.02% ¹. Todos los tratamientos se almacenaron a una temperatura ambiente, para su posterior evaluación microbiológica.

4.3. Evaluación Microbiológica

4.3.1. Durante la Elaboración del Jugo de Mango.

Los monitores microbiológicos se efectuaron durante las diferentes etapas del proceso de elaboración del jugo, como fueron: en el despulpado, a la pulpa obtenida y tratada con 150 ppm de metabisulfito de sodio; en el despectinado, al inicio de la preparación enzimática y cada tres horas, hasta completar 12 horas de tratamiento global; al producto filtrado y ultrafiltrado, previo al envasado en botellas de vidrio de 500 ml (Fig. 4).

4.3.2. Durante el Almacenamiento del Jugo de Mango Envasado.

En el transcurso del almacenamiento a temperatura ambiente del producto envasado, los tratamientos y el lote testigo fueron muestreados, para su análisis microbiológico, a los 7, 14, 21, 30, 60 y 90 días de almacenamiento, por la técnica de recuento en placa aerobia.

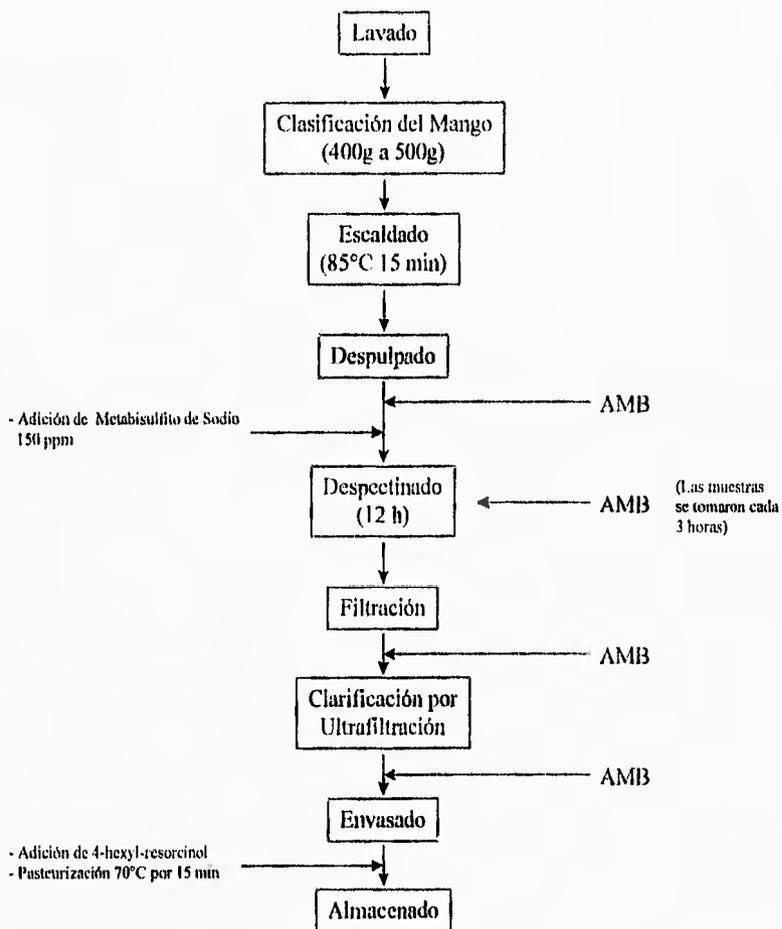


Fig. 4 Análisis Microbiológicos Durante el Proceso de Elaboración del Jugo de Mango

4.4. Técnica para la Cuenta Microbiana

El conteo en placa aerobia (CPA) fue determinado empleando el método recomendado por la FDA ¹² (Fig. 5), siguiendo los siguientes pasos:

- Elección de 10g de muestra para preparar diluciones en serie (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}), empleando una solución buffer de fosfatos estéril (KH_2PO_4 a un pH de 7.2).
- Preparación de medios de cultivo, agar nutritivo (para conteo de bacterias mesofílicas aerobias), agar extracto de malta (para conteo de levaduras) y agar dextrosa saboraud (para conteo de hongos), aplicándose ácido tartárico al 10% esterilizado para ajustar el pH a 3.5 de los dos últimos.
- Obtención de tres cajas de petri sembrando asepticamente 1 ml de muestra y adicionando 20 ml de agar esterilizado, utilizando un medio diferente para cada placa.
- Inversión e incubación de las placas sembradas con agar nutritivo, a 35 °C por 24 hr, y agar extracto de malta, a 35 °C por 48 hr. Incubación de las placas con agar dextrosa saboraud a temperatura ambiente (20-26 °C).
- Registro de lecturas para la cuenta microbiana en UFC/g. En bacterias mesofílicas aerobias a las 24 hr, en levaduras a las 48 hr y en hongos a las 72 hr.

Las colonias desarrolladas fueron contadas con un contador Quebec, considerando su similitud macroscópica. Tanto para bacterias mesofílicas aerobias, como para levaduras y hongos, se observó su morfología colonial, en función de las siguientes características: color, tamaño, consistencia, forma, transparencia, borde y elevación. La cuenta total por placa se determinó multiplicando el número de colonias presentes por la inversa de su dilución.

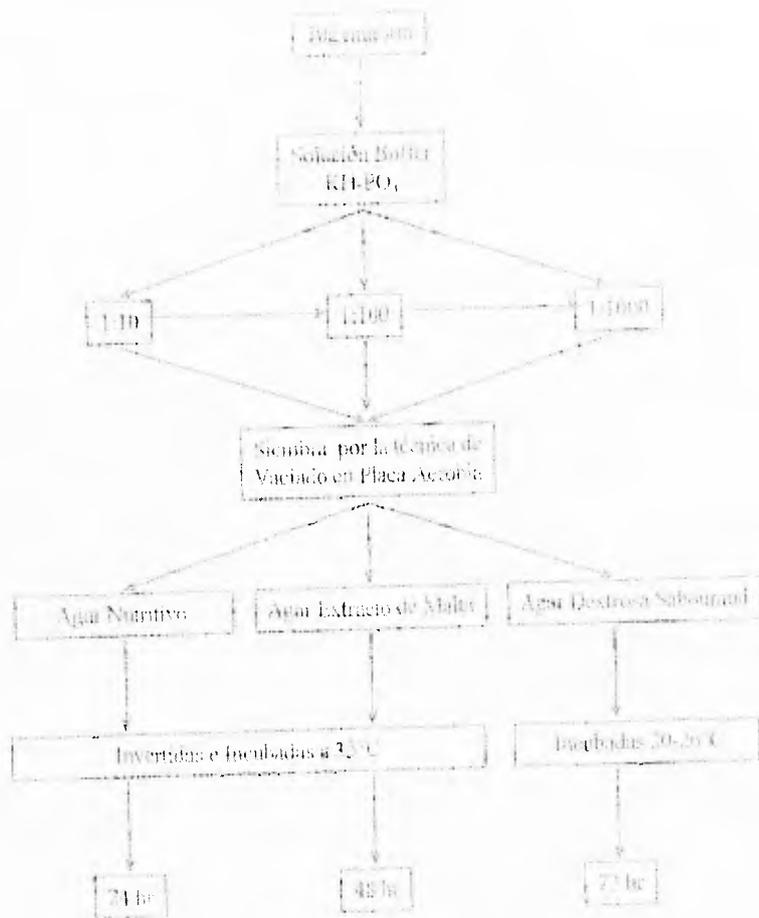


Fig. 2 Método Utilizado en los Análisis Microbiológicos.

4.4.1. Caracterización Morfológica General de Colonias Microbianas

Para las placas que manifestaron crecimiento, se realizó una caracterización microscópica, conduciéndose, en primer término, al aislamiento de las colonias predominantes de los cultivos anteriores. Las colonias fueron resembradas en un medio selectivo (PDA y EMA), por la técnica de estría cruzada, hasta obtener cultivos puros. Se empleó la técnica de microcultivo y la tinción de azul de algodón para su posterior observación al microscopio. Con la finalidad de determinar los géneros presentes en el cultivo, se hizo la identificación aplicando la clave sugerida por Beuchat² para hongos y levaduras.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Microbiología de la Elaboración de Jugo de Mango

A continuación se presentan los resultados de la evaluación microbiana en las distintas etapas implicadas en la elaboración de jugo de mango clarificado por ultrafiltración.

5.1.1. Cuenta Microbiana de la Pulpa de Mango.

Los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la pulpa obtenida de la materia prima para levaduras, bacterias mesofílicas aerobias y hongos filamentosos, en unidades formadoras de colonias por grano (UFC/g) fueron de 1,206, 4,380 y 40,000, respectivamente, lo que nos indica que en este punto la carga microbiana más importante a controlar son los hongos filamentosos.

5.1.2. Efecto de la Adición de Metabisulfito de Sodio.

Como se estipuló en la parte de materiales y métodos, a la pulpa obtenida se le adicionó 150 ppm de metabisulfito de sodio, con la finalidad de observar en ella ciertas características funcionales y de control microbiano. De acuerdo a los resultados obtenidos, el agente microbiano en caso, provocó una reducción del 72% de la bacterias mesofílicas aerobias, el 97% de los hongos y el 49% de levaduras, con lo que se cubrió el objetivo anteriormente señalado. Este resultado concuerda con el reportado por Robach²⁴.

5.1.3. Despectinado de la Pulpa de Mango.

Los resultados microbiológicos correspondientes a esta etapa demuestran que a pesar de las condiciones tan apropiadas para el desarrollo de microorganismos (temperatura 39-40 °C), la acción del metabisulfito de sodio favoreció un adecuado control microbiológico, tal y como puede observarse en el Cuadro VI, lográndose al final de este tratamiento una reducción del 100% de bacterias, del 99.9% de hongos y del 95% de levaduras.

5.1.4. Filtración de la Pulpa de Mango.

Durante esta etapa, en el producto filtrado, se observó un repunte sustancial en el crecimiento de las bacterias mesofílicas aerobias (10,445 UFC/g), además de observarse una estabilidad en lo que respecta a los hongos y levaduras, evidenciado esto, por ligeros incrementos en las cuentas de estos microorganismos (hongos 50 UFC/g, levaduras 60 UFC/g). Tales resultados demuestran que, seguramente, estas variaciones en la carga microbiana se derivan de un inapropiado manejo durante la filtración, por lo que resulta recomendable extremar las medidas sanitarias al efectuar dicha operación.

5.1.5. Clarificación del Jugo de Mango por Ultrafiltración.

Después de procesar en el equipo de ultrafiltración la pulpa de mango filtrada, procedente de la etapa anteriormente señalada, las muestras del jugo de mango clarificado, tomadas directamente de la línea de producción, mostraron cuentas nulas para bacterias mesofílicas aerobias, así como para hongos y levaduras, de lo que se deduce que durante este proceso se eliminaron cabalmente tales microorganismos, confirmándose así uno de los beneficios proporcionados por la ultrafiltración, como es la pasteurización en sí.

Cuadro VI. Cuenta Microbiana en la Etapa de Despectinado

Tiempo (Horas)	Bacterias (UFC/g)	Hongos (UFC/g)	Levaduras (UFC/g)
0	700	670	380
3	210	195	730
6	0	540	10
9	0	115	2,050
12	0	30	55

5.2. Microbiología del Jugo de Mango en Almacenamiento

Durante el almacenamiento, como se señaló anteriormente, se aplicaron tres tratamientos al jugo de mango clarificado por ultrafiltración, evaluándose éstos microbiológicamente a los 7, 14, 21, 30, 60 y 90 días a temperatura ambiente, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro VII. Tales resultados, señalan que el tratamiento testigo (jugo envasado sin tratamiento posterior alguno), presentó una distribución irregular con cuentas elevadas de microorganismos con rangos que van de 55-50,000 UFC/g para bacterias mesofílicas aerobias, 30-50,000 UFC/g para levaduras y 320-50,000 UFC/g para hongos. Los tratamientos del jugo clarificado pasteurizado y el jugo clarificado adicionado con 4-hexyl-resorcinol, no presentaron crecimiento microbiano significativo durante su período de almacenamiento (Fig. 6), por lo que se deduce que, para garantizar una completa estabilidad microbiológica del jugo de mango clarificado por ultrafiltración, será necesario un tratamiento térmico suave, como lo es el caso de la pasteurización (70° C por 15 minutos) posterior al envasado, o bien la adición de alguna sustancia química, como el caso del 4-hexyl-resorcinol. Cabe señalar que se esperaba que la estabilidad microbiológica del jugo de mango clarificado por ultrafiltración, envasado y sin ningún tratamiento posterior al mismo, no presentara crecimiento microbiano alguno, dado que tal y como se confirmó en los resultados del monitoreo microbiológico del jugo de mango tomado de la línea de producción, apareció con cuentas nulas, lo cual confirma la acción removedora de microorganismos por la ultrafiltración, concordando estos resultados con los que reportan Capanelli⁶, Chan⁷, Porreta²³ y Montoya²¹; sin embargo, el problema se suscita, al parecer, durante su envasado (Fig. 7), por lo que deben extremarse las medidas sanitarias durante esta etapa, localizándose así un punto crítico en el proceso según las recomendaciones de la Secretaría de Salud. Por otra parte, se observó que el jugo adicionado con el 4-hexyl-resorcinol, durante los 90 días de almacenamiento presentó cuentas nulas de bacterias mesofílicas aerobias, hongos y levaduras (excepto en el monitoreo correspondiente a los 14 días, donde presentó crecimiento de hongos y levaduras con cuentas no

Cuadro VII. Cuentas Microbianas del Jugo de Mango Durante su Almacenamiento (UFC/g)

Tiempo (Días)	Microorganismos	Testigo	Pasteurizado	4 Hexyl Resorcinol
7	Bacterias Mesofílicas Aerobias	3,140	0	0
	Hongos Filamentosos	3,296	0	0
	Levaduras	2,203	0	0
14	Bacterias Mesofílicas Aerobias	55	0	0
	Hongos Filamentosos	0	0	190
	Levaduras	0	0	90
21	Bacterias Mesofílicas Aerobias	0	0	0
	Hongos Filamentosos	50,000	0	0
	Levaduras	50,000	0	0
30	Bacterias Mesofílicas Aerobias	3,586	0	0
	Hongos Filamentosos	2,770	0	0
	Levaduras	3,423	0	0
60	Bacterias Mesofílicas Aerobias	1,693	0	0
	Hongos Filamentosos	300	0	0
	Levaduras	320	0	0
90	Bacterias Mesofílicas Aerobias	50,000	0	0
	Hongos Filamentosos	50,000	0	0
	Levaduras	50,000	0	0

representativas, para estos microorganismos); por lo que se deduce, que el 4-hexyl-resorcinol presenta una actividad antimicrobiana efectiva, acción que no se había reportado en el terreno de la tecnología de alimentos.

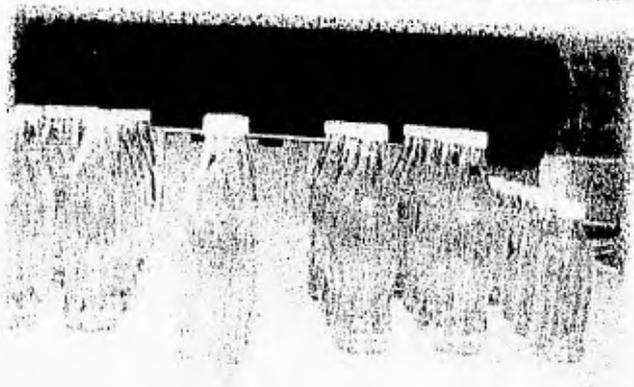


Fig. 6 Jugo de mango clarificado por ultrafiltración pasteurizado y adicionado con 4-hexyl-
resorcinol (50 días de almacenamiento)

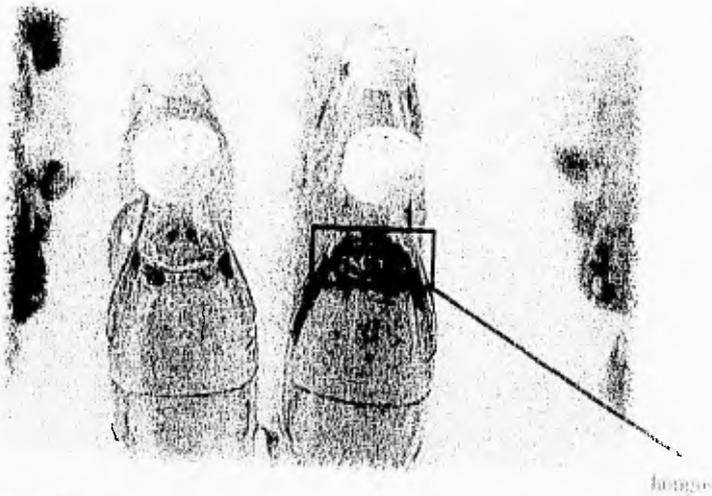


Fig. 7 Jugo de mango que presenta crecimiento de hongos en la superficie del lote testigo
(7 días de almacenamiento).

5.3. Microorganismos Aislados

5.3.1. Características Morfológicas.

Los principales microorganismos que observaron crecimiento, y que por tanto fue posible lograr su caracterización morfológica, tanto en la pulpa de mango como en el jugo clarificado por ultrafiltración, fueron los siguientes: (a) Levaduras: colonias circulares, con bordes bien definidos, elevadas y lisas, de aspecto blanquecino y lechoso, brillantes, con un tamaño de 2 a 4 mm (Fig. 8); (b) Hongos filamentosos: los cuales podrían dividirse en tres grandes grupos, el primero de colonias blancas algodonosas, de forma circular, con una elevación aproximada de 4 mm a los 5 días (*Rhizopus* sp.), el segundo de colonias circulares, rugosas, de color verde oscuro en su parte central, las cuales, al cabo de dicho tiempo, presentaban además pigmentaciones negras (*Aspergillus* sp.), y las terceras, colonias circulares, rugosas, de color blanco al centro, y a las orillas color azul verdoso, con exudación de líquido dorado (*Penicillium* sp.) (Fig. 9).

5.3.2. Características Microscópicas.

Las observaciones microscópicas en los microorganismos aislados fueron las siguientes: (a) Levaduras: de forma ovoide, con una perfecta diferenciación en su núcleo; (b) Hongos filamentosos: con hifas septadas tabicadas unimucleadas, con micelio filamentosos, esporas esféricas, conidióforos globosos y con micelio filamentosos, conidias ramificados.

De acuerdo a lo anteriormente señalado, se infiere que los géneros de los microorganismos del material analizado corresponden, para el caso de las levaduras al de *Saccharomyces* sp, y para los hongos *Rhizopus* sp. al de *Aspergillus* sp. y *Penicillium* sp.

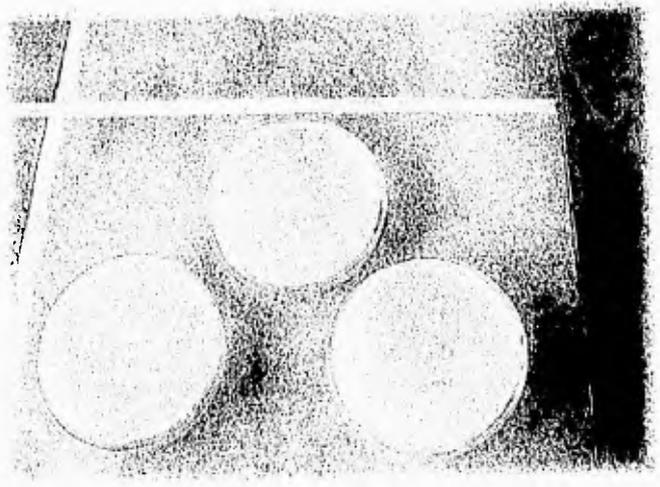


Fig. 8 Detección de *Sarcoma myces* sp. Crecimiento en placa de Agar Extracto de Malta a las 48 horas (foto teñida).

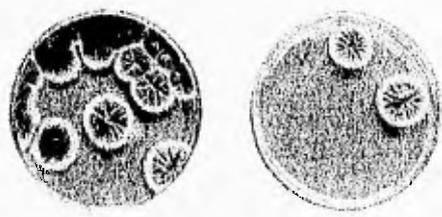


Fig. 9 Detección de *Phoma thirum* sp. En placa de Agar Devan's Sabouraud a las 96 horas de crecimiento (foto teñida).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Durante el Proceso de Elaboración del Jugo de Mango

- Los resultados de los análisis microbiológicos demuestran que la carga más importante a controlar son: hongos y levaduras.
- La adición de metabisulfito de sodio favorece un adecuado control microbiológico durante la elaboración del jugo de mango.
- En la etapa de filtración es necesario extremar las medidas sanitarias, ya que es aquí donde se incrementa considerablemente la cantidad de microorganismos, debido al manejo de la pulpa.
- El proceso de ultrafiltración elimina los microorganismos (bacterias, levaduras y hongos), alcanzándose, como beneficio adicional, una pasteurización en frío.
- Se recomienda extremar las medidas sanitarias durante el envasado del jugo, ya que es en este paso donde se pueden suscitar problemas de contaminación.

6.2. Durante el Almacenamiento del Jugo de Mango

- Los tratamientos que contenían el 4-hexyl-resorcinol no presentaron crecimiento microbiano alguno, por lo que se deduce que esta sustancia presenta una actividad antimicrobiana efectiva que antes no se había reportado.
- Los microorganismos más comunes encontrados en la pulpa y jugo de mango fueron *Saccharomyces* sp., *Aspergillus* sp. y *Penicillium* sp.
- En los tratamientos aplicados se observó un comportamiento microbiológico estable, por lo que se concluye que la pasteurización y la adición de 4-hexyl-resorcinol son recomendables para la conservación del jugo de mango en almacenamiento.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Barbosa-Cánovas, G.V., Mosalve-González, A., Cavalier, R.J., Mc. Evely, A.J. and Iyengar, R. 1993. *4-Hexyl-Resorcinol as an Inhibitor of Enzymatic Browning in Processed Apple Products*. Abs. 17 IFT Annual Meeting Technical Programs. Book of Abstracts. Chicago, Ill., p.8.
2. Beuchat, L.R. 1978. *Food and Beverage Mycology*. De. AVI Publishing Co. Westport. p.109
3. Bosquez, M.E. 1984. *Material de Apoyo del Curso Fisiología y Manejo Post-Cosecha de Frutas*. Comisión Nacional de Fruticultura, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Dirección de Investigación y Docencia. México, D.F.
4. Brennan, J.G., Butter, J.R., Cowell, N.D., Lilly, A.E.V. 1980. *Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos*, Zaragoza. p. 540.
5. Calderón, A.E. 1983. *Fruticultura General*. 2a Edición. Editorial Limusa, México, D.F.
6. Capanelli, G., Bottino, A., Munari, S., Ballarino, G. Mirzaiian, H., Rispoli, G., Lister D.G. and Maschio, G. 1992. Utilization of Fresh Orange and Lemon Juices. Lebens, - Wiss. U.- Technol. 25: 518-533.
7. Chan, W.Y. and Chiang B.H. 1992. Production of Clear Guava Nectar. Int. J Food Sci. Technol. 27:435-441.
8. Chavez, A., Bourgues H., Arroyo, P. 1970. *Recomendaciones de Nutrimientos para la Población Mexicana*, Instituto Nacional de la Nutrición, México, D.F.
9. Cheryan, M. 1986. *Handbook Ultrafiltration*. Technamic Publishing Co. Inc. Lacanster, Pennsylvania. p. 243.
10. Comisión Nacional de Fruticultura. 1986. Delegación Estatal en Nayarit. *Diagnostico Estatal Fruticola*. Tepic.
11. FAO. Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación 1993. *Anuario de Producción*. Roma. 47:164-165.
12. FDA. Food and Drug Administration Bureau of Foods. 1978. Aerobic Plate Count. *In*

- Bacteriological Analytical Manual*. 5th Ed. P IV-1. Association of Official Analytical Chemists, Arlington.
13. Kirt, D. E., Montgomery, M.W. and Kortekaas, M.G. 1983. Clarification of Pear Juice by Hollow Fiber Ultrafiltration. *Journal of Food Science*. Vol. 48: 1663-1666.
 14. Lakshminarayana, S. 1973. *Tratamientos en Post-Cosecha en Mangos Variedad Kent y Keitt*. Serie de Investigación Fisiológica 2. Comisión Nacional de Fruticultura. México, D.F.
 15. Lakshminariya, S. 1976. *Relación del Momento de Cosecha Sobre la Respiración, los Constituyentes Químicos y la Duración de Almacenamiento de Mango*. Serie de Investigación Fisiológica 10. Comisión Nacional de Fruticultura. México, D.F.
 16. Lou Chong M. Guadalupe. 1978. *Revisión de la Literatura Sobre Bacterias y Hongos que Atacan al Mango*. Tesis de Lic. Fac. de Química. Q.F.B..
 17. Mata, M.M., Tovar, G.B. 1992. *Producción y Problemática del Aprovechamiento del Cultivo de Mango en el Estado de Nayarit*. Conservación e Industrialización del Mango (Investigaciones realizadas entre 1983 y 1992 en el Instituto Tecnológico de Tepic).
 18. Meireles, M., Aimar, P. et Sanchez, V. 1992. Les Techniques á Membranes Micro et Ultrafiltration. De. *Le Technoscope de Biofutur*. No. 111:3-17
 19. Microorganismos de los Alimentos I. 1975. *Técnicas de Análisis Microbiológicos*. Ed. Acribia Zaragoza. 2^ª Edición. I.C.M.S.F. pp 4-14, 96-102, 113-126.
 20. Monsalve, G.G.V., Barbosa, C.R.P., Cavalieri, A.J. Mc.E. y Iyengar, R. 1993. Control of Browning During Storage of Apple Slices Preserved by Combined Methods. 4-Hexyl-Resorcinol As Antibrowning Agent. *Journal of Food Science*. 58 (4):797-826.
 21. Montoya, L.C., García Q., Z.H., Silverra, M.I., Díaz C., M.E., Moraga C. and Flores, M.E. 1993. *Elaboration of an Apple Juice Using the Mixture Models*. Abs. 798. IFT Annual Meeting Technical Program. Book of Abstracts. Chicago, Ill. P. 202.
 22. Ochse, J.J., Soule, M.J., Dijkman, M.J. Jr., Wehlburg, C. 1982. *Cultivo y Mejoramiento de las Plantas Tropicales y Subtropicales*. Ed. Lámusa. México, D.F., pp 594-609.
 23. Porreta, S., Carpi, G., Dall'Alto, G. and Ghizzoni. 1992. Use of Ultrafiltration for Preparing Improved Tomato. *Int. J. Food Sci. Technol.* 27: 427-433.

24. Robach, M.C. 1980. Use of Preservatives to Control Microorganisms in Food. Food Technology. Vol. 34: (10) 81-83
25. SAG. Secretaría de Agricultura y Ganadería. 1994. Tepic.
26. SAG. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F.
27. SARH. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Dirección General de Economía Agrícola. 1993. *Anuario Estadístico*. México, D.F.
28. SS. Secretaría de Salud. 1993. *Manual de Aplicación de Análisis de Riesgos, Identificación y Control de Puntos Críticos*. México, D.F.
29. SS. Secretaría de Salud, 1993. *Manual de Buenas Prácticas de Higiene y Sanidad*. México, D.F.
30. Velazco, C.J.J. 1974. *El Mango en México*. Serie de Investigación Fisiológica 3. Comisión Nacional de Fruticultura. México, D.F.