



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

**ESTUDIO DE INTELIGENCIA TECNOLOGICA PARA
EL USO INTEGRAL DEL MANGO
(Mangifera indica L.)**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS
P R E S E N T A :
SANDRA VERONICA CORREA DOMINGUEZ
ASESOR: DRA MARIA ANDREA TREJO MARQUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO

2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACIÓN

DISCONTINUA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Estudio de Inteligencia Tecnológica para el Uso Integral del mango

(Mangifera indica L.)

que presenta la pasante, Sandra Verónica Correa Domínguez,
con número de cuenta: 8958924-9 para obtener el título de

Ingeniería en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Mex a 26 de Febrero de 2002

PRESIDENTE

Dr. Ernesto Moreno Martínez

VOCAL

M. en C. Susana Patricia Miranda Castro

SECRETARIO

Dra. Maria Andrea Frejo Marquez

PRIMER SUPLENTE

Lic. Jorge Bello Domínguez

SEGUNDO SUPLENTE

M. en C. Carolina Merene Ramos

Agradecimientos

Agradezco infinitamente a mis padres, María Elena y José por todo el apoyo que me han brindado, por su cariño y su paciencia. Con orgullo les digo: "Lo hice"...

A Ramon por su amor incondicional y por darme ánimos desde tan lejos cuando estaba a punto de rendirme.

A Geny y Jorge por su apoyo técnico y emocional. Gracias.

A La Mona por ser mi hermana y mi gran amiga.

A mi Pollo, Mariana, por llenar mi vida de alegría.

To Carlo Savio, for having encouraged me to start this project, giving his technical support and his friendship.

A la UNAM y en especial a la FESC por haberme formado profesionalmente. Agradezco a cada uno de mis profesores por su empeño en mi formación, así como a mis compañeros de equipo Maritza, Sonia, Bety, Luis Antonio, Luis Mario y Joaquin.

Les doy las gracias a mis sinodales (Paty Miranda, Dr. Moreno, Caro y Jorge Bello) y por haber leído y revisado mi tesis.

Quiero darle las gracias a Andrea, por ser una amiga y por regresarme al camino de los Alimentos. Gracias por dirigir esta tesis que además es un tema precioso y por todas las desveladas, las trasnochadas, las comidas, los cafés y las múltiples pláticas.

Gracias Andrea

ÍNDICE

Resumen

I.	Introducción	1
II.	Objetivos	3
III.	Metodología	4
IV.	Importancia económica	7
1.	Historia	7
2.	El mango en el mercado internacional	8
3.	El mango en el mercado mexicano	10
4.	El mango mexicano en el contexto mundial	15
5.	Mercado de trabajo	18
6.	Canales de comercialización	20
V.	Aspectos taxonómicos, bioquímicos y fisiológicos del mango	22
1.	Taxonomía y distribución geográfica	22
2.	Descripción botánica	23
2.1.	El árbol del mango	23
2.2.	Hojas	24
2.3.	Flores	24
2.4.	Fruto	25
2.5.	Variedades	27
3.	Composición química y valor nutritivo	34

4. Fisiología	36
4.1. Cosecha	36
4.2. Respiración y producción de etileno	37
4.3. Cambios durante el proceso de maduración	39
4.3.1. Metabolismo de carbohidratos	39
4.3.2. Ácidos orgánicos	40
4.3.3. Pigmentos	40
4.3.4. Sustancias pécticas y constituyentes de la pared celular	41
4.3.5. Aroma y sabor: Compuestos volátiles	42
4.3.6. Compuestos fenólicos	42
4.3.7. Lípidos	42
5. Desórdenes fisiológicos	43
5.1. Daños precosecha	43
5.1.1. Tejido esponjoso (<i>Spongy tissue</i>)	43
5.1.2. Punta negra (<i>Black tip</i>)	43
5.1.3. Nariz blanda (<i>Soft nose</i>)	44
5.1.4. Moteado de las lenticelas	44
5.1.5. Quemadura por sol	44
5.1.6. Descomposición interna de la pulpa (<i>Internal flesh breakdown</i>), Ahuecamiento de la zona próxima a la cicatriz del pedúnculo (<i>Stem-</i> <i>end cavity</i>)	45
5.1.7. Otros desórdenes antes de la cosecha	45
5.2. Desórdenes provocados durante la cosecha	45
5.2.1. Quemadura por látex (<i>Sapburn</i>)	45
5.3. Desórdenes durante la postcosecha	45
5.3.1. Daño por frío (<i>Chilling injury</i>)	46
5.3.2. Daño por CO ₂	47
5.3.3. Daño por radiaciones ionizantes	47
5.3.4. Daño por calor (<i>Heat injury</i>)	47

6. Enfermedades y plagas durante la postcosecha	48
6.1. Enfermedades postcosecha	48
6.1.1. Antracnosis	49
6.1.2. Pudrición de la cicatriz del pedúnculo o muerte negra (<i>Stem-end rot</i>)	49
6.1.3. Pudrición por <i>Alternaria</i>	50
6.1.4. Pudrición por hongo negro	50
6.1.5. Sarna o verrugosis (<i>Mango scab</i>)	51
6.1.6. Pudrición por <i>Rizopus</i>	51
6.1.7. Polvo de hollín (<i>Sooty mould</i>)	51
6.2. Ataques de plagas	51
6.2.1. Mosca del mango <i>Anastrepha obliqua</i> (Diptera: Tephritidae)	52
6.2.2. Trips <i>Selenothrips rubrocinctus</i> Girard (Thysanoptera: Terebrantia)	53
6.2.3. Cochinilla harinosa <i>Planococcus citri</i> Risso (Homoptera: Coccidae)	53
7. Pérdidas postcosecha: Daños mecánicos	53
VI. Estado del Arte Tecnológico	54
1. Tecnología para la conservación del mango	55
1.1. Cosecha	55
1.2. Operaciones básicas después de la cosecha	56
1.3. Transporte	58
1.4. Almacenamiento	60
1.4.1. Sistema de refrigeración	60
1.4.1.1. Preenfriamiento	61
1.4.1.2. Refrigeración	62
1.4.2. Atmosferas controladas	64
1.4.2.1. Tipos de cámaras de atmosferas controladas	68
1.4.2.1.1. Cámaras de conservación con atmosferas controladas	68
1.4.2.1.2. Cámaras de maduración acelerada	68
1.4.2.1.3. Cámaras de desverdizado o maduración artificial	68
1.4.2.2. Características de las cámaras	69

1.5.	Tecnologías coadyuvantes al frío: Tratamientos postcosecha	72
1.5.1.	Atrósferas modificadas: Aplicación de recubrimientos y uso de películas de envase	72
1.5.1.1.	Ceras	73
1.5.1.2.	Polisacáridos para recubrimiento	74
1.5.1.3.	Películas plásticas: Técnica de MAP (<i>Modified Atmosphere Package</i>)	75
1.5.2.	Radiaciones ionizantes	79
1.5.3.	Tratamientos químicos	80
1.5.3.1.	Tratamientos de calcio	81
1.5.3.2.	Tratamientos fungicidas	81
1.5.3.3.	Antioxidantes y secuestradores de radicales libres	82
1.5.4.	Tratamientos térmicos	83
1.5.4.1.	Acondicionamiento térmico	83
1.5.4.2.	Acondicionamiento con bajas temperaturas	83
1.5.4.3.	Acondicionamiento con varias temperaturas	84
1.5.4.4.	Acondicionamiento con temperaturas elevadas	85
1.5.4.5.	Calentamiento intermitente	86
1.5.5.	Tratamiento con presión hidrostática	87
1.5.6.	Aplicación de reguladores de crecimiento	87
1.5.6.1.	Aplicación de ácido giberélico	88
1.5.6.2.	Aplicación de ácido abscísico (ABA) y sus análogos	88
1.5.6.3.	Aplicación de metil jasmonato	88
1.5.6.4.	Aplicación de triazoles	89
1.5.7.	Aplicación de poliaminas	89
1.5.8.	Almacenamiento hipobárico	90
1.5.8.1.	Descripción de cámaras de almacenamiento hipobárico	91
2.	Procesamiento	93
2.1.	Operaciones Generales	94
2.1.1.	Recepción	94
2.1.2.	Lavado	94
2.1.3.	Pelado, deshuesado, rebanado o cortado	95

2.2. Productos térmicamente procesados y congelados	96
2.2.1. Enlatado	96
2.2.1.1. Operaciones unitarias	97
2.2.1.1.1. Escaldado	97
2.2.1.1.2. Elección de los envases	97
2.2.1.1.3. Llenado	97
2.2.1.1.4. Adición de jarabe	97
2.2.1.1.5. Control del peso escurrido y concentración del jarabe	98
2.2.1.1.6. Sellado hermético	98
2.2.1.1.7. Evacuación de aire y gases	98
2.2.1.1.8. Tratamiento térmico	99
2.2.1.2. Procesos	100
2.2.1.2.1. Almíbares y dulces	100
2.2.1.2.2. Puré	101
2.2.1.2.3. Mermeladas y jaleas	103
2.2.1.2.4. Relleno para pasteles	106
2.3. Frutas congeladas	106
2.3.1. Método de congelación	108
2.3.2. Almacenamiento de productos congelados	110
2.4. Derivados no fermentados	110
2.4.1. Jugo	112
2.4.1.1. Recuperación de esencias	112
2.4.1.2. Concentración	114
2.4.1.3. Clarificación de jugos	114
2.4.1.4. Métodos de conservación	116
2.4.1.4.1. Tratamiento térmico	116
2.4.1.4.2. Enlatado	116
2.4.1.4.3. Envase aséptico	116
2.4.1.4.4. Embotellado	117
2.4.1.4.5. Conservantes químicos	117
2.4.1.4.6. Congelación	118
2.4.1.4.7. Esterilización por filtración	118
2.4.2. Productos derivados del jugo	118
2.4.2.1. Bebidas de jugo	118

2.4.2.2.	Néctares	118
2.4.2.3.	Bebidas carbonatadas	118
2.5.	Derivados fermentados: Vinos y licores	119
2.5.1.	Vinos	120
2.5.1.1.	Procesamiento de la fruta	120
2.5.1.2.	Fermentación del jugo	121
2.5.1.3.	Maduración y envejecimiento	121
2.5.1.4.	Procesado final	122
2.5.2.	Aguardiente y licor	124
2.6.	Productos mínimamente procesados	125
2.6.1.	Tratamientos aplicables	126
2.6.2.	Materias primas	127
2.6.3.	Aspectos fisiológicos y bioquímicos	127
2.6.4.	Preparación de los productos	128
2.6.5.	Envasado y Atmósferas Modificadas	129
2.6.6.	Distribución y venta	130
2.6.7.	Mango como producto mínimamente procesado	131
VII.	Oportunidades Tecnológicas para el aprovechamiento del mango	132
1.	Productos existentes en el mercado	132
2.	Propiedad intelectual	133
3.	Identificación de oportunidades	133
3.1.	Aprovechamiento integral del mango	136
3.1.1.	Pulpa	136
3.1.1.1.	Suplementos alimenticios	136
3.1.1.2.	Bebidas y jugos de pulpa de mango	136
3.1.1.3.	Confitería	137
3.1.1.4.	Panadería	139
3.1.1.5.	Botanas	139
3.1.1.6.	Polvo de Mango	139
3.1.1.7.	Obtención de Vinagre a partir de la fermentación de la pulpa	140

3.1.1.8.	Tecnología para la calidad de los productos mínimamente procesados	140
3.1.1.8.1.	Absorbentes de etileno	140
3.1.1.8.2.	Tecnologías para la reducción de la carga microbiana	140
3.1.2.	Desperdicios: bagazo, piel y pulpa	141
3.1.2.1.	Piel	142
3.1.2.1.1.	Suplementos alimenticios	142
3.1.2.1.2.	Industria alimentaria	143
3.1.2.1.3.	Otras industrias	143
3.1.2.2.	Hueso y Semilla	143
3.1.2.2.1.	Industria alimentaria	143
3.1.2.2.1.1.	Obtención de aceites	143
3.1.2.2.1.2.	Obtención de harinas	145
3.1.2.2.2.	Uso en la industria de cosméticos	145
3.1.2.2.2.1.	Aceites esenciales	146
3.1.2.3.	Hojas de mango	146
3.2.	Tecnologías emergentes	147
3.2.1.	Tecnologías emergentes para alargar la vida útil	147
3.2.1.1.	Manipulación de la maduración	147
3.2.2.	Control biológico	147
3.2.2.1.	Antagonistas	147
3.2.2.2.	Bacteriocinas	149
3.2.3.	Nuevas tecnologías para la conservación con fundamentos físicos	149
3.2.3.1.	Radiaciones ionizantes	150
3.2.3.2.	Presión hidrostática	152
3.2.3.3.	Campos eléctricos pulsantes (<i>High-intensity pulsed electric fields</i>)	154
3.2.3.4.	Campos magnéticos oscilatorios	155
3.2.3.5.	Pulsos luminosos	156
3.2.3.6.	Ultrasonido	157
3.3.	Desarrollo de nuevas tecnologías	158
3.3.1.	Aparatos deshuesadores de mango	158
3.3.2.	Secado de mango	158
3.3.3.	Secado con microonda	158

3.4.	Tecnologías para la mejora genética	159
3.4.1.	Definición de planta transgénica	160
3.4.2.	Procedimientos para la transferencia de genes en células vegetales	160
3.4.2.1.	Descripción del método de transferencia de genes por <i>Agrobacterium tumerfaciens</i>	161
3.4.2.2.	Método del cañón de genes	161
3.4.2.3.	Genes sintéticos	161
3.4.2.4.	Genes marcadores	163
3.4.3.	Aplicación de la manipulación genética en mango	163
3.4.3.1.	Frutos con maduración retardada	164
3.4.3.2.	Mejora genética de las características de la semilla	165
VIII.	Discusión	166
IX.	Conclusiones	176
X.	Bibliografía	182

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Páginas
1. Metodología	6
2. Principales países productores de mango en el año 2001	8
3. Producción mundial de mango	9
4. Principales exportadores de mango, 1998	9
5. Exportaciones mexicanas de mango	10
6. Participación de los Estados productores de mango en la producción nacional	13
7. Precios mayoristas históricos en Centrales de Abasto	14
8. Exportación de mango a Estados Unidos (1996-1998)	15
9. Destino de las exportaciones mexicanas de mango, 1999	16
10. Representación de exportaciones por Estado en 1999	17
11. Precio de mango en Estados Unidos (1996-1999)	18
12. Árbol de mango	23
13. Flores del árbol de mango	25
14. El fruto en el árbol	25
15. El fruto cosechado	26
16. Esquema del mango	27
17. Mango Haden	29
18. Mango Irwin	29
19. Mango Kent	30
20. Mango Manila	30
21. Mango Palmer	31
22. Mango Sensation	31
23. Mango Tommy Atkins	32
24. Mango Van Dyke	32
25. Mango Ataulfo	33
26. Mango Keitt	33
27. Mango Zill	34
28. Biosíntesis del etileno	39

29. Nariz blanda	44
30. Quemadura por el sol	45
31. Daño por frío en mango	46
32. Antracnosis en mango	49
33. Muerte negra en mango	50
34. Cosecha semimecánica: Pértiga con navaja y bolsa	56
35. Cosecha semimecánica: Escaladora	56
36. Envasado del mango en cajas de cartón	56
37. Cajas de cartón CFB	58
38. Transporte marítimo	59
39. Transporte terrestre	59
40. Contenedores	59
41. Cámara modular	62
42. Cámaras de refrigeración	63
43. Máquina de atmósferas controlada para alimentos frescos	65
44. Cámara de maduración	67
45. Generadores de etileno	67
46. Cámara de desverdizado	69
47. Puertas de cámara de atmósferas controladas	71
48. Descarbonizadores para cámaras de Atmósferas Controladas	71
49. Sistemas de Control para cámaras de almacenamiento hipobárico	92
50. Lavadora mecánica	95
51. Área de cortado	101
52. Diagrama del proceso de Almibares (A) y Dulces (B)	102
53. Enlatado del puré	103
54. Diagrama del proceso de puré	104
55. Diagrama del proceso de mermeladas, jaleas y rellenos para pasteles	105
56. Túnel de congelación continua con banda transportadora de producto	108
57. Cuartos de almacenamiento	108
58. Túnel de congelación con banda transportadora en espiral	109
59. Túnel de congelación con lecho fluidizado	109
60. Diagrama de elaboración de productos congelados	111
61. Diagrama del proceso de jugo de mango	113
62. Evaporador de múltiples efectos	114

63. Diagrama del proceso de clarificación	115
64. Envasadora aséptica	117
65. Envases asépticos	117
66. Diagrama del proceso de bebidas carbonatadas	119
67. Diagrama del proceso de vinos de frutas	123
68. Diagrama del proceso de aguardiente	125
69. Diagrama de elaboración de productos mínimamente procesados	129
70. Productos presentes en el mercado en México	132
71. Mapa tecnológico de usos potenciales del mango	135
72. Diagrama de proceso de dulces de mango	138
73. Diagrama de elaboración del producto comestible a partir de desperdicios de mango	142
74. Diagrama del secado de mango con microondas	159
75. <i>Agrobacterium tumerfaciens</i> y transferencia de T1	162
76. El cañón de genes	163

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Páginas
1. Indicadores productivos de mango en México	11
2. Principales Estados productores de mango	12
3. Estacionalidad de la producción de mango de exportación	12
4. Disponibilidad del producto por Estado y periodo	14
5. Composición química del mango	34
6. Valor nutritivo del mango	35
7. Enfermedades postcosecha	48
8. Criterio para la selección de materiales y procesos de envase	131

Resumen

Se realizó un estudio de inteligencia tecnológica para detectar las oportunidades y/o usos potenciales del mango. En los últimos años la importancia económica de este fruto ha crecido a un ritmo constante, ya que cuenta con un gran potencial de mercado, tanto en Estados Unidos, que es el principal comprador, como en el resto del mundo.

Se proporcionó información especializada sobre los aspectos taxonómicos, fisiológicos y bioquímicos del mango, así como sobre los desórdenes fisiológicos e infecciones de este cultivo.

Se llevó a cabo una revisión exhaustiva del estado del arte en la producción, procesamiento y manejo postcosecha del mango. Para su comercialización en fresco se han desarrollado tecnologías postcosecha para evitar pérdidas por desórdenes fisiológicos y para controlar enfermedades y plagas. Entre las diferentes tecnologías para mejorar el almacenamiento y maduración se encuentran, la aplicación del frío, almacenamiento hipobárico, atmósferas controladas y modificadas. Actualmente, los tratamientos que se utilizan previos al almacenamiento para el control de enfermedades y plagas involucran, generalmente, el uso de baños con agua caliente y sustancias químicas, atmósferas controladas insecticidas, recubrimientos con ceras acuosas, películas plásticas y recubrimientos microbianos como otra posible alternativa.

Las tecnologías desarrolladas para el procesamiento tienen como objetivo alargar su vida de anaquel. En México se industrializa menos del 1% de su producción en forma de puré, jugos, conservas, deshidratados, mermeladas, pulpa congelada, bebidas y cócteles de fruta, todos estos productos existentes en el mercado.

Por otra parte se identificaron las oportunidades tecnológicas del mango a partir de la revisión de las patentes internacionales existentes relacionadas con el producto y de información científica y tecnológica. Esto permitió realizar un mapa tecnológico sobre los usos potenciales de este cultivo: Tecnologías para el aprovechamiento integral, tecnologías emergentes para alargar la vida útil, tecnologías para la mejora genética y desarrollo de nuevas tecnologías.

Se identificó la tecnología para el aprovechamiento integral del mango, encontrándose que la industria relacionada con las frutas genera grandes cantidades de materiales de desecho, entre los que podemos incluir, los huesos, fibras y piel, que a veces representan hasta el 50% del peso del mango en fresco. De tal manera que los posibles usos potenciales del mango para la pulpa son: suplementos alimenticios, elaboración de bebidas y jugos con nuevas formulaciones, confitería, relleno para pasteles, botanas, productos deshidratados por secado por microondas, polvo de mango como alimento, productos mínimamente procesados y la producción de vinagre. Para piel encontramos: suplementos alimenticios, elaboración de piensos, pectinas, fabricación de relleno para almohadas. Para el hueso y semilla: aceites como sustitutos en la fabricación de chocolate, aceites para la industria de cosméticos, polvo para tratamiento de acné y caries, piensos y harina para galletas.

En lo referente a las tecnologías emergentes para alargar la vida útil tenemos la aplicación de cambios eléctricos pulsantes de alta intensidad, campos magnéticos oscilantes, pulsos luminosos, radiaciones ionizantes, altas presiones y ultrasonido.

De la tecnología para la mejora genética se encuentran la modificación de las células de la semilla a fin de obtener aceites con cadenas de 16 carbonos y la de frutos con maduración retardada.

Con los resultados del presente trabajo se pudo concluir que los estudios de inteligencia tecnológica aplicados a productos agronómicos de importancia económica pueden ser útiles ya que proporcionan información especializada que contribuirá a la optimización de los recursos económicos y materiales.

I. Introducción

La investigación científica comienza a transformar la faz del campo mexicano; la información tecnológica que de ella se desprende, puede ser utilizada para consolidar la cadena de valor de los productos del agro. Desafortunadamente, existe un escaso conocimiento de la existencia y el uso de la información tecnológica, por lo que identificar el estado del arte de la tecnología en la producción, comercialización, procesamiento y manejo postcosecha de los diferentes productos del campo representa un reto.

La globalización de la economía obliga a las empresas a competir en un entorno mundial. Un factor clave dentro de la competencia actual es el uso de tecnologías. En el sector agropecuario mexicano hay un escaso uso de la información tecnológica por parte de los agentes involucrados en la industria alimentaria.

La nueva economía se distingue por la rapidez en la introducción de nuevos productos y procesos, así como la utilización de nuevas tecnologías producto de la investigación científica y el uso intensivo de las tecnologías de información. Los países que generan, utilizan y adoptan a gran velocidad conocimientos científico-tecnológicos dentro de los procesos productivos, son los que serán capaces de mantener y aumentar su competitividad.

La velocidad con la que se presentan los desarrollos científicos y tecnológicos demandan de estudios en los cuales, se haga un seguimiento de estos avances. Con la información tecnológica se podrán identificar las oportunidades y usos potenciales del mango a partir de un estudio de inteligencia tecnológica.

Esta tesis contiene una recopilación de información tecnológica especializada del mango y pretende proporcionar información científica y tecnológica para su aprovechamiento integral a fin de que los funcionarios encargados de la política de modernización del sector agropecuario, empresarios y productores, como para los académicos e investigadores de la UNAM, contribuyan a la optimización de los recursos económicos y materiales. Los resultados de esta tesis permitirán:

Tener amplio conocimiento del estado del arte tecnológico en el sector.

Tener mayor conocimiento sobre las agro-industrias.

- 1. Identificar nuevas líneas de investigación.
- 2. Evitar duplicidad de esfuerzos en materia de investigación científica.

Los resultados de este proyecto también pueden contribuir a:

- 1. Empezar proyectos futuros.
 - 2. Mejorar la colaboración con otras instituciones.
- Ser fuente de nuevos proyectos.

II. Objetivos

1. Objetivo General

Realizar un estudio de inteligencia tecnológica para proporcionar información científica y tecnológica sobre el mango que contribuya al uso integral de este producto.

2. Objetivos Particulares

1. Realizar un análisis de la importancia económica del mango en México.
2. Analizar la importancia de las investigaciones científicas acerca del mango realizadas en el país en los últimos años.
3. Describir las tecnologías utilizadas en el manejo postcosecha del mango.
4. Identificar las opciones tecnológicas viables para el manejo postcosecha del mango en México.
5. Identificar los usos potenciales para el aprovechamiento integral del mango.
6. Realizar una propuesta que ayude a superar las barreras tecnológicas a fin de poder cumplir con las normas fitosanitarias y de calidad, tanto nacionales como internacionales.

III. Metodología

Para explicar la metodología del presente trabajo, se requiere definir el concepto de "estudio de inteligencia". En términos generales las actividades de inteligencia se entienden como el proceso mediante el cual la información es recuperada, conjuntada, transmitida, evaluada y puesta a disposición de manera ordenada (53).

Como primer paso, para llevar a cabo el proyecto de inteligencia tecnológica, se procedió a la colecta de información, para lo cual se contaron con diferentes fuentes de información.

Las principales fuentes de información utilizadas en el trabajo se clasifican en cuatro grupos según su naturaleza y en dos grupos de acuerdo a su disponibilidad.

Los grupos de fuentes de información engloban los siguientes:

1. Investigación directa (resultado de entrevistas, examen o prueba de tecnologías, visitas)
2. Canales informales de información (relaciones profesionales, congresos, reuniones)
3. Información técnica (publicaciones, revistas, libros, patentes, bases de datos, memorias de congresos)
4. Expertos (redes de contacto especializado)

De acuerdo a su disponibilidad se dividen en:

- 1 Fuentes directas
- 2 Fuentes indirectas

La selección y combinación de fuentes fue importante para obtener buenos resultados en la colecta de información

Una vez obtenida la información ya sea por fuentes directas o indirecta se realizó un análisis estratégico de inteligencia. Esta es una fase en la cual, la información fue sujeta a un examen sistemático a fin de identificar hechos relevantes, determinar relaciones significativas y derivar resultados claves y conclusiones.

La información obtenida y analizada se presenta en forma de informe técnico y comprende cada uno de los capítulos del presente trabajo.

Por último, con los resultados de la investigación se proporciona un mapa tecnológico sobre el uso integral del mango.

La metodología utilizada se desglosa en el figura 1.

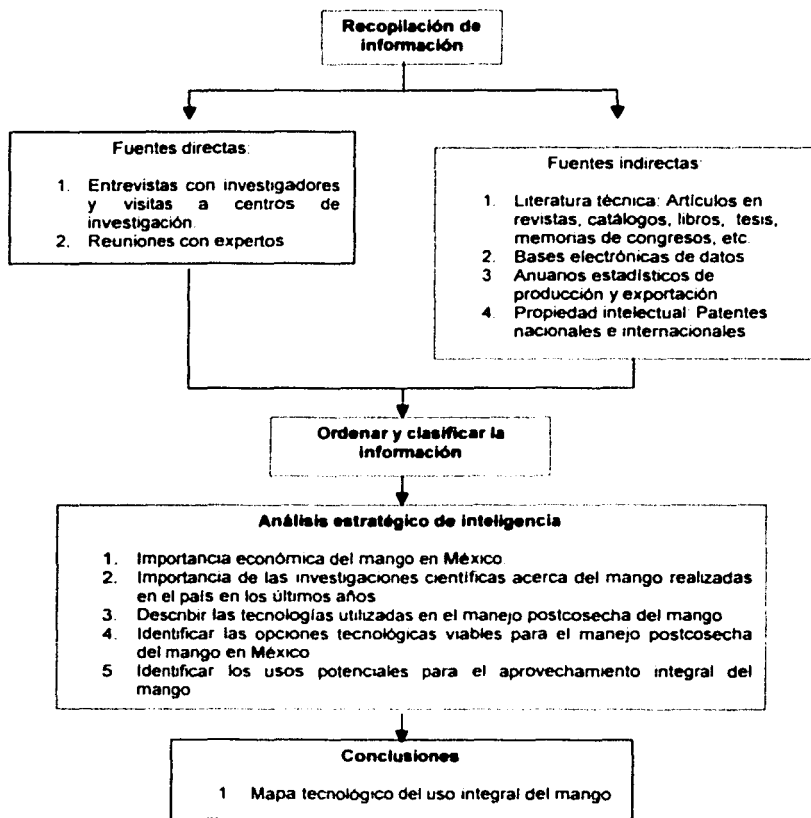


Figura 1. Metodología

IV. Importancia Económica del Mango

1. Historia

Estudios de historia, distribución fito-geográfica, registros fósiles, evidencia de variedades silvestres y cultivadas en la India, demuestran que el género *Mangifera* es originario del sureste de Asia, especialmente en el Este de la India, Birmania y las Islas Andaman. Se cree que apareció en el periodo Cuaternario (45, 66, 73, 230).

Los mangos se cultivan en la India desde hace más de 4000 años, en donde se le considera como un producto ligado a la vida económica, cultural y religiosa de su gente (75). De ese país data la primera plantación comercial, registrada en 1556. Estos frutos empezaron expandirse geográficamente en el siglo XVI, y llegaron al Continente Amencano en el siglo XVI (55, 56).

Se cree que su expansión empezó cuando los monjes budistas llevaron los mangos a Malasia y al Este de Asia en los siglos IV y V AC. Más tarde, en el s. X DC., los Persas los llevaron al Este de África. Los portugueses visitaron las Indias del Este, en donde era común la práctica del cultivo del mango, y lo introdujeron en el Oeste de África y Brasil a principios del s. XVI. Una vez que este cultivo se estableció en Brasil, el mango fue llevado a las Indias del Oeste, donde se plantó por primera vez en Barbados en 1742 y más tarde en República Dominicana. Llegó a Jamaica en 1782, y a principios del s. XIX llegó a México desde las Antillas hacia la Costa del Golfo de México, donde se propaga por semilla y se originan los mango criollos.

Los españoles por su parte, utilizaron como vía para su introducción las Filipinas a través del Océano Pacífico al Estado de Guerrero en 1879. Más tarde se dispersó su cultivo hacia la costa del Golfo de México y de nuestro país se hace llegar en 1883 a Florida, Estados Unidos (180).

Posteriormente en 1950, viveristas de Florida en Estados Unidos, introducen por injerto variedades como la Haden, Kent, Keitt e Irwing, al Estado de Guerrero, desde donde se propaga el cultivo de esas variedades en el Pacífico Centro y Norte de México. Posteriormente se intensifica su comercialización internacional (254).

Por lo tanto se puede decir que la expansión del mango a las zonas tropicales y subtropicales del mundo, es el resultado de la colonización de los países europeos en Asia, África y América.

2. El mango en el mercado internacional

De la diversidad tan amplia de frutas que se producen a nivel mundial, la producción de mango ocupa el tercer lugar entre las frutas tropicales, después del plátano y la piña, el séptimo en importancia en el conjunto de las frutas, pero en cuanto al consumo, el mango ocupa el primer lugar a nivel mundial (254).

El mango es uno de los frutos subtropicales económicamente más importante en México. La India, México y China son los principales países productores y exportadores de mango. De acuerdo con las cifras publicadas, al 27 de marzo del 2001 por la FAO, el principal país productor es la India con 12 millones de toneladas equivalente a un 48% de la producción mundial, le sigue China con un 11.8% (2,936,522 ton), México ocupa el tercer lugar con 6.1% para 1,529,307 ton y Tailandia el cuarto lugar con 5.4% correspondiente a 1,350,000 ton durante el año 2000 (Figura 2 y 3).

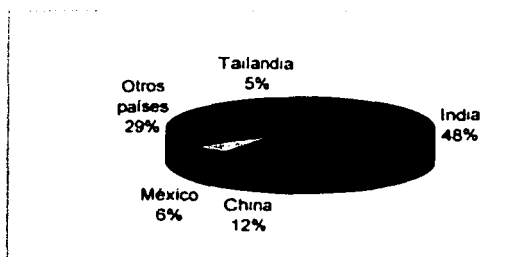


Figura 2. Principales países productores de mango en el año 2001

Fuente: FAOSTAT (86)

Cabe destacar que el mango presenta un mayor crecimiento promedio en su producción mundial durante el periodo 92-2001 (30%), en relación con otros productos como la naranja 22%, el durazno 22% y la uva 6% (86)

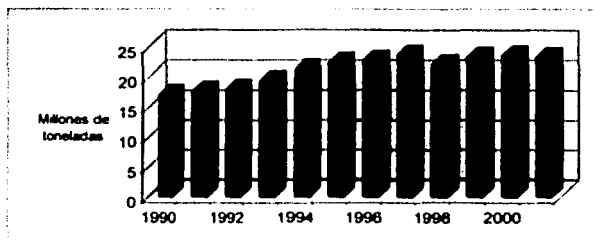


Figura 3. Producción mundial de mango

Fuente: Bancomeat (22, 23); FAO al 2001 (86)

México ocupa el primer lugar mundial en la exportación de mango. El producto nacional representa una tercera parte del comercio mundial. La importancia de México en el comercio de mango radica en el hecho de que nuestro país dedica un mayor porcentaje de su producción a la exportación (13.5 % en 1999) que el resto del mundo (Figura 4 y Figura 5) (22-23).

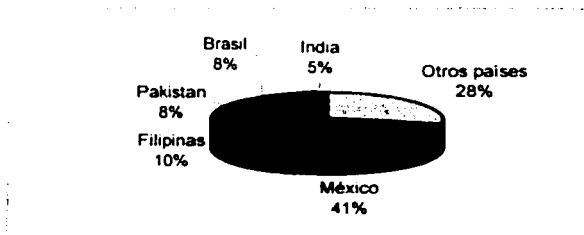


Figura 4. Principales exportadores de mango, 1998

Fuente: SAGARPA y PROEXIN (238)

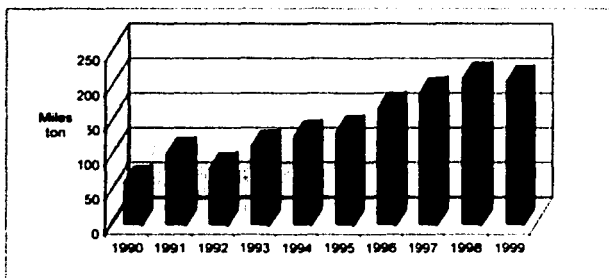


Figura 5. Exportaciones Mexicanas de mango

Fuente: FAOSTAT (88); SAGARPA y PROEXIM (238); Base de datos del CEA, SAGARPA (239, 240).

3. El Mango en el mercado mexicano

La fruticultura representó en 1999, el 6.4% de la superficie total cultivada en el país y aportó el 23.7% del valor de la producción agrícola (239, 240). En este contexto, el mango mexicano es, después de la naranja, la fruta que mayor superficie ocupa en México agrupando a más de 15,000 agricultores, de los cuáles 75% pertenecen al sector social (238).

El mango ocupa el tercer lugar en producción de frutales a nivel nacional (1.5 millones de toneladas, en 2001), solo detrás de la naranja (4.3 millones) y el plátano (2 millones) (86). Para el periodo 1990-2001, la superficie plantada de mango en México fue en promedio de 138 mil hectáreas anuales, presentando una tendencia general a la alza del 4.4% por año, al pasar de 108 mil hectáreas en 1990 a 165 mil en 2001. Asimismo, el rendimiento promedio en este periodo fue de 9.9 y 9.1 ton/ha, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Indicadores productivos de mango en México

Año	Superficie sembrada (miles de ha)	Producción (miles de ton)	Rendimiento (ton/ha)
1990	108 5	1,074 4	9 9
1991	115 1	1,117 9	9.7
1992	120 7	1,075 9	8.9
1993	120.3	1,151 2	9.6
1994	128 0	1,117.9	8.7
1995	134 9	1,342 1	9 9
1996	138 6	1,188 9	8 6
1997	149 5	1,188 0	10.0
1998	153 9	1,473 6	9 6
1999	160.6	1,449 5	9 5
2000	165 4	1,499 4	9.1
2001	165 4	1,500 0	9.1

Fuente: FAOSTAT (86); SAGARPA y PROEXIN (238); Base de datos del CEA, SAGARPA (239, 240).

El aumento de la demanda internacional del mango ha incentivado a los productores mexicanos. Así en el 2001, la producción se incrementó en 26% con respecto a 1996, llegando a niveles de 1.5 millones de toneladas en 2001. Los principales estados productores son Veracruz, Guerrero, Nayarit, Chiapas y Oaxaca (Tabla 2) (22, 23).

Como se observa en la tabla 2, en los principales estados productores, la tasa media de crecimiento anual (TCMA) de 1991-1999, presentó un aumento, con excepción de los estados de Oaxaca, Veracruz y Colima que sufrieron un descenso.

Tabla 2. Principales estados productores de mango
(miles de toneladas)

Años	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	TCMA 91-99 %
Nayarit	109.8	87.3	172.9	153.4	175.2	211.2	222.1	220.4	240.3	13.2
Guerrero	166.8	143.2	165.6	189.2	184.2	198.5	172.4	178.0	176.1	0.6
Oaxaca	192.1	207.2	181.0	181.8	160.9	160.0	177.5	170.1	171.3	-1.2
Veracruz	263.1	306.0	240.2	173.8	267.5	118.0	250.2	214.1	185.3	-3.3
Michoacán	68.0	67.6	101.1	84.1	96.1	109.7	122.4	123.7	113.4	7.4
Sinaloa	134.9	88.2	98.7	91.1	90.7	103.0	159.6	158.8	180.0	3.7
Chiapas	37.8	40.6	44.9	76.0	187.0	89.4	189.3	207.8	217.8	52.9
Colima	40.7	34.2	45.3	55.0	65.0	80.5	82.5	79.4	18.2	-6.1
Otros	104.8	101.6	101.5	113.6	115.5	119.7	122.4	121.3	132.7	3.0
Total	1,117.9	1,075.9	1,151.2	1,117.9	1,342.1	1,190.0	1,500.3	1,473.6	1,435.1	3.2

Fuente: Elaborado en base a cifras del Anuario estadístico CEA/SAGARPA (240)

En nuestro país, el mango tiene una oferta estacional bien definida en el mercado; 80% de la producción nacional se obtiene desde fines de abril hasta principios de septiembre (Tabla 3) (22, 23).

Tabla 3. Estacionalidad de la producción de mango de exportación

VARIEDAD	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC
Haden												
Kent												
Keitt												
Tommy Atkins												

Fuente: SAGARPA y PROEXIN (238)

Dentro de las principales variedades cultivadas se encuentran Manila, Cnollo, Tommy Atkins, Haden, Kent, Keitt, Ataulfo e Irwin, los cuales se localizan a lo largo de las franjas costeras del Pacífico y del Golfo, que comprenden los estados de Veracruz con una participación del 12.9% en el 2001, Oaxaca, 11.9%, Guerrero, 12.2%, Nayarit, 16.7%, Sinaloa, 12.5%, Chiapas, 15.2%, y Michoacán, 7.9%, durante el mismo año (Figura 6) (240)

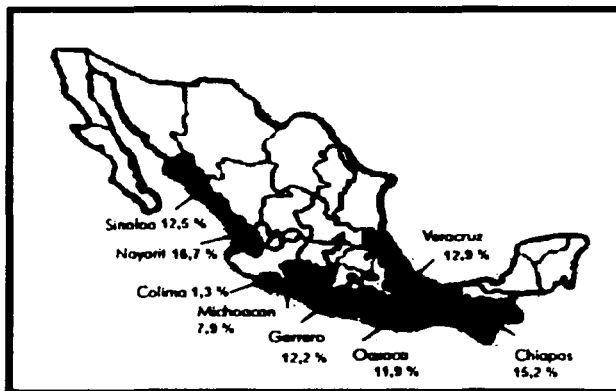


Figura 6. Participación de los Estados Productores de mango en la producción nacional de 1999

Fuente: Elaborado en base a cifras del Anuario estadístico CEA/SAGARPA (240); Bancomext (22, 23)

En los estados del sur, la variedad que más se produce es la Manila, mientras que en los estados del centro y norte son las variedades Haden, Kent y Tommy Atkins las más importantes. En México, la variedad Manila es la que mayormente se produce, su principal destino es el mercado nacional; su vida de anaquel es muy corta y el manejo de calidad muy delicado y no resiste el proceso de hidrotermia que requieren países como Japón, Estados Unidos, Chile y Nueva Zelanda. Por su parte las variedades Haden, Kent y Tommy Atkins tienen una gran demanda en el exterior. El mango Ataulfo es una variedad relativamente nueva por lo que su demanda interna como externa aún no se ha consolidado, sin embargo, esta variedad tiene ventaja con respecto a otras: tiene mejor sabor, no es fibroso como el Haden, Kent, Tommy Atkins y su hueso es más pequeño.

(Tabla 4)

Tabla 4. Disponibilidad del producto por estado y periodo

Estado	MAR	ABRIL	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	Vanedad
Veracruz	■	■	■					Haden, Kent, T. Atkins, Manía y Ataulfo
Chiapas	■	■	■	■				Haden, Kent, T. Atkins, Zili, Kertt y Manía
Guerrero	■	■	■	■	■			Haden, Kent, Manía y Ataulfo
Nayarit	■	■	■	■	■	■		Haden, Kent, T. Atkins, Zili y Kertt
Oaxaca	■	■	■	■	■	■		Manía
Michoacán	■	■	■	■	■	■		Haden, Kent, T. Atkins, Zili, Kertt
Sinaloa	■	■	■	■	■	■	■	Haden, Kent, T. Atkins, Zili, Kertt

Fuente: Bancomext (22, 23); SAGARPA y PROEXIM (238)

El mango mexicano, además de ocupar el tercer lugar mundial en el sector hortofrutícola, representa la principal fruta de exportación en el ámbito nacional, creando más de 18,000 empleos en las 60 plantas emparadoras y generando divisas anuales por más de \$160 millones de dólares (240).

El mango como cualquier fruto de temporada registra niveles de precios que están en una relación inversa a la oferta presentada en el mercado, es decir, al presentarse una oferta mayor de producto en la temporada de máxima producción (junio - agosto) los precios registran disminuciones significativas en relación con los precios obtenidos a principio de la temporada (Figura 7) (238).

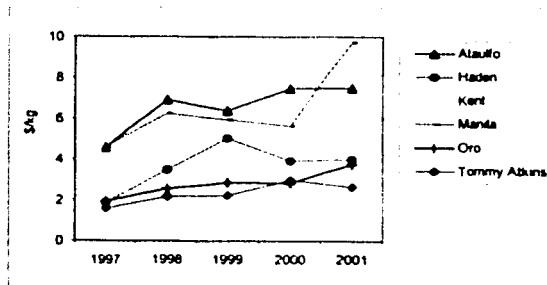


Figura 7. Precios Mayoristas Históricos en Centrales de Abasto (1997-2001)

Fuente: Organización de empaecedores de Mango de Exportación, A. C. EMEX (194)

4. El Mango Mexicano en el Contexto Mundial

Las exportaciones de frutas y hortalizas frescas, así como procesados, representan un 58% del valor total de las exportaciones agroalimentarias de México a Estados Unidos (22, 23).

En el caso del mango mexicano se observó un crecimiento de exportaciones superior al de la producción, es decir, mientras que las exportaciones se incrementaron 104 % en el periodo 91-1999 la producción sólo se incrementó 35 %, lo que nos muestra la creciente aceptación del producto mexicano en el mercado internacional (22, 23).

Las exportaciones de mango de México al mundo en 1993 fueron por 111 mil toneladas mientras que para 1999 el volumen exportado aumentó a 204 mil toneladas, lo que representa una tasa media de crecimiento anual (TMCA) de 11%. El principal país de destino de las exportaciones mexicanas de mango es Estados Unidos y en los últimos cinco años se observó un crecimiento de 60.2% en el valor del comercio total agroalimentario. En 1999, EU participó con el 86% del volumen total de mango exportado (Figura 8) (194).

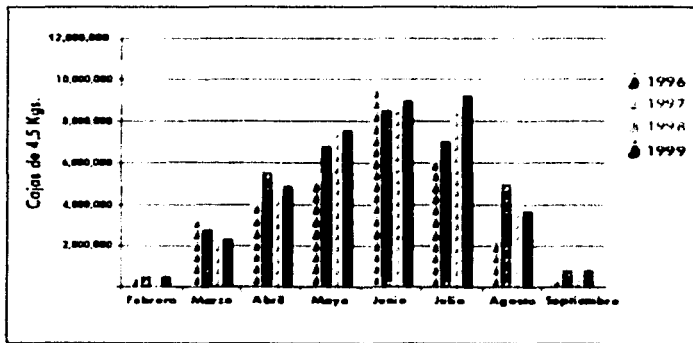


Figura 8. Exportación de mango a Estados Unidos (1996-1998)

Fuente: Organización de Empacadores de Mango de Exportación, A. C. EMEX (194)

Otros países compradores de mango mexicano fueron, Canadá, Francia y Holanda, con cantidades poco representativas (Figura 9). Estos indicadores muestran la necesidad de diversificar nuestras exportaciones a otros mercados diferentes al estadounidense, sobre todo considerando el hecho de que el resto de los países competidores también están concentrando sus esfuerzos por conquistar el mismo mercado, lo que a la larga se puede traducir en una saturación y en una caída de precios (86, 238).

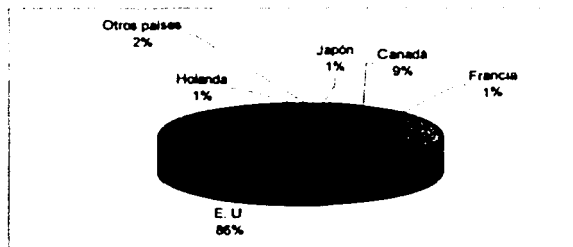


Figura 9. Destino de las exportaciones mexicanas de mango, 1999.

Fuente: Bancomest (22, 23); SAGARPA y PROEXIN (238)

Para el mercado de exportación se destinan las variedades Haden, Kent, Keitt y Tommy Atkins. Las variedades de exportación están muy localizadas por zona geográfica, lo que permite tener disponibilidad del producto durante 8 meses del año. La producción comienza en los estados del sur a partir del mes de febrero, y conforme avanza la temporada se va desplazando hacia el noroeste del país hasta finales del mes de septiembre (254)

Para 1999, 14.2% (204 mil toneladas, equivalente a 45.27 millones de cajas) de la producción nacional de mango se destinó a la exportación, siendo los principales Estados exportadores Michoacán con 31% (63.3 mil toneladas), Sinaloa 25.8% (52.6 mil ton), Nayarit 21.03% (42.9 mil ton), Jalisco 11.42% (23.3 mil ton) y Chiapas 8.4% (17 mil ton). Asimismo, los Estados de Jalisco y Michoacán destinan el 40% y 56% de su producción al mercado de exportación, respectivamente (Figura 10)

Debido a la importancia que reviste la industria del mango en nuestro país, y como respuesta al problema fitosanitario de la mosca de la fruta y del mediterráneo, en 1991 se

creó la "Organización de Empacadoras de Mango de Exportación, A. C." (EMEX). Dicha organización inició operaciones con el objeto de captar los recursos del pago de los servicios de inspección fitosanitaria que realiza el USDA en México como requisito para la exportación de mango mexicano a Estados Unidos. Actualmente, EMEX agrupa a la mayoría de las empresas empacadoras de mango de exportación ofreciéndoles servicios de investigación, fitosanidad, tratamiento post cosecha y comercialización (194).

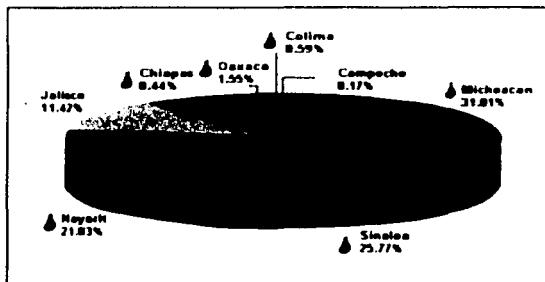


Figura 10. Representación de exportaciones por Estado en 1999

Fuente: Organización de Empacadores de Mango de Exportación, A. C. EMEX (194)

Desde el 2000, EMEX esta integrada por 68 empresas en nueve entidades del país (Jalisco, Michoacán, Sinaloa, Nayarit, Colima, Chiapas, Guerrero y Oaxaca) y cubre el 94% de la oferta de exportación de mango mexicano en el mercado mundial. Sus principales compradores son Estados Unidos, Canadá, la Unión Europea, Japón, Australia, Nueva Zelanda y Chile entre otros (241)

El mercado estadounidense tiene un comportamiento estacional cíclico, iniciando en febrero hasta mediados de septiembre, alcanzando su nivel máximo de precio de venta en el periodo de finales de mayo a junio con un descenso muy marcado durante los siguientes meses. Por la saturación del mercado, el precio desciende a medida que la temporada de cosecha avanza en las entidades productoras. Alcanza su nivel máximo después de la segunda quincena de abril, iniciándose un periodo de sobre oferta que afecta al precio de venta hacia la baja (254). En cuanto a precios, para el mercado de Estados Unidos el nivel más bajo se presentó en los meses de junio-agosto al llegar hasta

los 2.75 US ds por caja de 4.5 kg, en 1998 (Figura 11) (194). Los mangos provenientes de Haití son mejor pagados que los de México (22, 23).

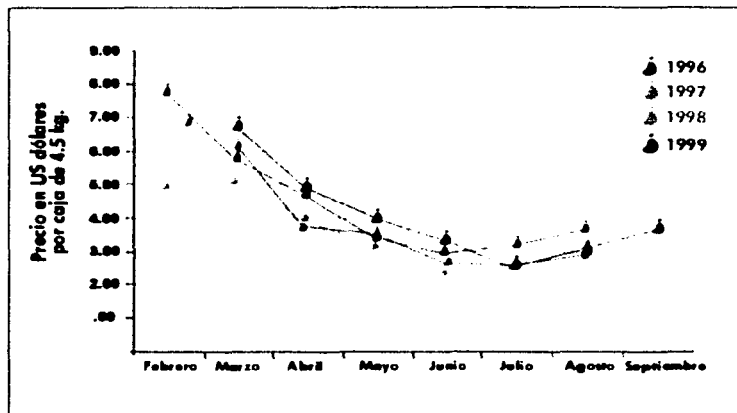


Figura 11. Precios de Mango en Estados Unidos 1996-1999

Fuente: SAGARPA/DIAGRO (241)

La temporalidad en el mercado de mango, resulta favorable en los meses de enero, febrero y marzo, y durante octubre y noviembre, en estos últimos meses con variedades tardías como Kent y Keitt. Es clara la importancia que representa el mercado de Estados Unidos para México, por lo que los productores se plantean como objetivo mejorar la producción en términos de rendimientos (productividad) y de calidad, por lo que las actividades relacionadas con la selección y el manejo postcosecha adquieren importancia, para seguir incrementando los volúmenes exportables con apego a las reglas de ese mercado (254).

5. Mercado de trabajo

Considerando que en México se industrializa menos del 1% de la producción de mango (puré, jugos, conservas, deshidratados, ates, pulpa congelada) y el 99% se comercializa en fresco, la fase de selección y empaque dentro de la cadena productiva es de mayor importancia y en la cual se genera más valor agregado al mango (254)

El tipo de empresa predominante en el país para el mango es de pequeños productores, con predios de 4-7 ha en promedio, quienes canalizan su producción al mercado nacional como a las exportaciones. En ambos casos los procesos de trabajo requieren la participación de importantes contingentes de trabajadores, aunque los criterios de organización tienen diferentes objetivos (254).

La producción de mango requiere la participación de jornaleros desde las etapas de mantenimiento de las huertas, la cosecha y la fase postcosecha. En estas dos últimas se genera una demanda de trabajo muy importante (254).

Tan solo las actividades de corte y acarreo concentran la mitad de los jornaleros requeridos para la primera fase del ciclo productivo, mientras que en la fase de empaque la mayor actividad se concentra en las labores de selección y empaque, las cuales requieren casi la mitad del total de jornales de esa fase (29, 254). Por ejemplo en el Estado de Nayarit en 1998, se necesitaron 72 jornales por hectárea de los cuales 36 estaban relacionados con la cosecha y el empaque, y los otros 36 se dedican al mantenimiento de las huertas (53).

El tipo de mano de obra que contraten los productores dependerá del lugar donde se encuentre el mercado de trabajo. Si el mercado de trabajo se encuentra inmerso en zonas de alta pobreza, no se contrata mano de obra migrante, ya que los jornaleros llegan por su cuenta de los pueblos aledaños a la zona productora y se ofrecen a la entrada de las empacadoras, que es donde se concerta la contratación. Aun cuando reducida la proporción de migrantes que se mueve en la explotación del mango, esta se define perfectamente en las distintas zonas productoras de mango desde Chiapas hasta Sinaloa. Así bien hay quienes comienzan a cortar mangos en Chiapas, van a Oaxaca, luego a Guerrero, de ahí a Michoacán, y así hasta llegar a Sinaloa. Se dan también movimientos migratorios de dos regiones, por ejemplo de Veracruz a Ciudad Altamirano, Guerrero o bien de Actopan, Veracruz a Michoacán, o de Guerrero a Nayarit (29).

Pero si bien una opción es migrar a las regiones productoras de mango, otra es ir a Estados Unidos, por lo que el mercado del mango ofrece una alternativa de trabajo para los campesinos pobres cuya única visión de una mejor vida es migrar a este país arriesgándose al abuso de "polleros".

Además no podemos dejar de lado, considerar que sólo un 1% de la producción del mango se industrializa, si se da un impulso mayor a la transformación de este cultivo se podrán ofertar empleos adicionales a los ya existentes en las huertas y en las empacadoras. A su vez, el poder vender un mayor volumen de productos procesados dentro y fuera incrementará el valor de la producción de mango.

6. Canales de comercialización

La estrategia de los productores para participar en el mercado internacional ha sido la búsqueda de formas para compactar la oferta exportable. Generalmente se asocian grupos de productores alrededor de un empaque o bien, venden su producción a alguna empresa que se encarga de las labores de postcosecha y del proceso de comercialización.

La comercialización del mango se lleva a cabo por canales específicos según su mercado de destino. En el mercado nacional se realiza de productor a intermediario regional el cual posteriormente comercializa el producto a las bodegas de los principales mercados y estos a su vez al detallista. El comercializador ofrece un pago inmediato ya sea pie de huerta o directamente en la empacadora. En este caso el mango se vende a granel, es decir, el productor no realiza el proceso de selección y empaque (254).

Una variante de la comercialización es a través de la compra por adelantado de la cosecha "huerta en pie" responsabilizándose el comercializador del mantenimiento de la huerta hasta la cosecha. Esta forma de comercialización impide que el productor negocie la contratación de la mano de obra (29).

También existe el esquema de parafinanciamiento, a través del cual se habilita con los costos de cultivo al empacador, quien suministra el capital necesario al productor durante el ciclo productivo y al final efectúa la liquidación (254).

En general los productores no se hacen cargo de la fase de empaque porque venden su producción a intermediarios ya sea para el mercado nacional o para exportación. En algunos casos los productores se convierten en un eslabón de grandes empresas comercializadoras, que operan en las diferentes regiones productoras del país.

haciéndose cargo de las fases de empaque y comercialización. Tal es el caso de EMEX. El papel del productor en el control del proceso productivo se sustituye por el de supervisor, como empleado de las empresas comercializadoras o parafinanciadoras (194, 254).

Las empresas empacadoras y/o comercializadoras de mango están sujetas a la normatividad fitosanitaria que establece los procedimientos y requisitos para prevenir la dispersión de plagas a zonas libres y de baja prevalencia que se da durante la movilización de plantas y frutas entre regiones y/o países (254).

Los aspectos sociales relacionados con esta actividad de comercialización son, por una parte, la incorporación de un grupo importante de pequeños y medianos productores agrícolas, y de manera sobresaliente, la conformación de uno de los mercados de trabajo más dinámicos en cada región productora, como eslabones entre la economía regional y los procesos globales de reproducción económica (254).

Por último es conveniente señalar que la participación de los productores nacionales de mango es un factor determinante, ya que si se logra establecer un sistema de cooperación entre el sector productivo y la SAGARPA, se estima que el resultado será una alternativa viable para mejorar la situación económica actual del mango y a su vez, un mecanismo que preparará a la industria del mango.

V. Aspectos taxonómicos, bioquímicos y fisiológicos del mango

Los mangos son considerados como una de las cosechas frutícolas más importantes en las áreas tropicales y subtropicales del mundo (56). En este capítulo se mencionarán sus características botánicas, variedades, composición química, valor nutritivo, comportamiento fisiológico, características bioquímicas y los desórdenes fisiológicos e infecciones más comunes.

1. Taxonomía y Distribución Geográfica

Mangifera indica Linnaeus, es el nombre científico del mango (55). Entre sus nombres más comunes se encuentran también "mangot", "manga", "mangao", "mangga", "mangue", "mangou", "aam", "amb", y "amba" (45, 73). El nombre "mango" se deriva de la palabra tamil "man-kay" o "man-gay" que fue después adoptada en portugués como "manga" (159).

El género *Mangifera* pertenece al orden de las Sapindales en la familia Anacardiaceae, "Familia de los Anacardos". Esta familia abarca principalmente especies tropicales agrupadas en 73 géneros (850 especies), aunque también abarca especies de regiones templadas. Los miembros de esta familia se caracterizan por ser árboles o arbustos de hojas alternadas, simples o trifoliadas; su floema contiene canales o conductos de resina la cual es generalmente venenosa, causando algún padecimiento dermatológico. Sus flores son pequeñas, perfectas o imperfectas con pocos pétalos. El disco intrastaminal se encuentra presente y secreta néctar. El ovario de la flor tiene un sólo óvulo funcional y sus frutos son drupas. Las especies de la familia de Anacardiaceae no sólo son comestibles, sino que también se aprovechan su madera, resinas y gomas, ceras y barnices, y taninos (7, 45, 55, 61, 73).

El género *Mangifera* cuenta con 69 especies, que en su mayoría se encuentran localizadas en Asia tropical. La mayor diversidad se encuentra en Malasia (28 especies), particularmente en la península Malaya, Borneo y Sumatra, representando el corazón de la distribución del género. Todas las especies de *Mangifera* se encuentran desde los 27° latitud Norte hasta las Islas Carolina. Los mangos silvestres crecen en la India, China, Malasia, Singapur, Indonesia, Brunel, Filipinas, Papua, Nueva Guinea, y las Islas Salomón

y Carolina (61). Las especies de *Mangifera* se distribuyen principalmente entre los 300 y 600-1900 m sobre el nivel del mar (56, 61).

Dentro de las especies relacionadas con el mango (*Mangifera indica* L.) se encuentran Bindai (*M. caesia*), "Horse mango" (*M. foetida*) y mango Kuweni (*M. odorata*) (45, 73).

2. Descripción botánica

2.1. El árbol de mango

El mango es un árbol longevo (más de 300 años), de hojas perennes, de tamaño mediano a grande que alcanza una altura de 10 a 40 m (9). Su copa es ancha y redonda, algunas veces es ligeramente cónica en la corona (45, 66, 180). Sus ramas son de color oscuro. El árbol de mango da frutos después de 4-6 años de haber sido plantado y aún en edad avanzada siguen dando frutos (Figura 12) (9, 45, 61).



Figura 12. Árbol de mango

Fuente: Mudge, K. W. et al (181)

El cultivo del mango está limitado a zonas de clima tropical y subtropical debido principalmente a su susceptibilidad al frío. La temperatura de zonas cuya temperatura media anual oscila entre 20 y 26°C es ideal para el desarrollo óptimo del mango. Temperaturas altas durante la noche (28-32°C), al parecer, ayudan a que la fruta

desarrolle un color más atractivo (175). Los árboles de mango requieren de periodos calientes y secos para establecerse y producir una buena cosecha (9).

Las plantaciones productoras están limitadas a zonas que se encuentran por debajo de los 800 m sobre el nivel del mar en clima tropical. La distribución anual de la lluvia es muy importante ya que el mango requiere de un clima en donde se alterne la época lluviosa con la época de seca, el cual es decisivo para que la planta florezca. La lluvia durante el periodo de floración y crecimiento inicial del fruto puede provocar caída de flores y ataques de enfermedades en el fruto. El mango requiere entre cuatro y ocho horas diarias de luz, entre mayor sea la luminosidad, mejor (175).

Los suelos ideales para el cultivo del mango son aquellos de textura limosa, profundos y ricos en humus, con una capa mínima de 75 cm de profundidad, aunque lo ideal serían suelos de 1 a 1.5 m de profundidad y un pH entre 5.5 y 7.5. Puede desarrollarse bien en suelos arenosos, ácidos o calcáreo moderados, siempre y cuando se fertilicen adecuadamente. El árbol de mango no es muy afectado por el tipo de suelo; sin embargo, en aquellos mal drenados no crece, ni fructifica lo suficiente (175). En suelos profundos, la raíz principal desciende a una profundidad de 6 metros (45, 55, 180). Forma raíces de anclaje.

2.2. Hojas

Las hojas son de forma elíptica o lanceoladas, arregladas en forma de racimos sobre los retoños, que miden de 10 a 32 cm de longitud por 2-6 cm de ancho. Son de color verde oscuro en la parte superior y café pálido en la parte inferior, generalmente rojas cuando el árbol es joven (45, 55, 61, 66, 180).

2.3. Flores

Las flores son de color blanco, amarillas o rojas dependiendo de la especie (45, 180, 259). Son radialmente simétricas y generalmente tienen cinco pétalos. Las flores crecen en panojas densas de 2000 flores, como mínimo, en la punta de los retoños maduros. El árbol tiene dos tipos de flores: hermafroditas y masculinas. Las flores hermafroditas se encuentran en una proporción del 1 al 40% del total de flores (200 a 10000) en la panoja (66, 259). Las flores masculinas se encuentran en una proporción de 25 a 98% del total de flores (180). Los polinizadores son moscas y a veces abejas. Sólo existe una estambre fértil

por flor, los otros cuatro estambres son estériles. Muchas de las flores en cada inflorescencia no producen polen, por lo que no todas son capaces de formar frutos. El polen no puede ser dispersado en condiciones de alta humedad o lluvia (Figura 13) (45, 61, 180).

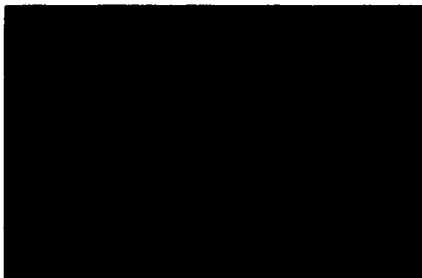


Figura 13. Flores del árbol de mango

Fuente: Mudge, K. W. et al. (181)

2.4. Fruto

Los frutos crecen sobre un tallo largo en forma de cuerda (lo que antes era la panoja), y algunas veces hay dos o más fruto por tallo (Figura 14). El mango es una drupa de tamaño variable dependiendo de la variedad de la que se trate (61, 66). Los frutos miden de 6 a 25 cm de largo y tiene forma de riñón, ovalados o redondos. Pesan alrededor de 200 g hasta 2 Kg (45)



Figura 14. El fruto en el árbol

Fuente: Mudge, K. W. et al. (181)

La piel del mango es cerosa, suave, ligeramente gruesa y aromática. Su color durante la maduración va de verde, amarillo y al rojo según la variedad. La piel no es comestible y su savia es irritante. La calidad del fruto depende de la carencia de fibra y poco sabor a trementina (45, 66, 180).

La pulpa del mango es parecida al durazno, es muy jugosa y contiene fibras. Las fibras son más pronunciadas en frutos cultivados con agua dura y fertilizantes químicos. El sabor es agradable y rico en azúcares y ácidos. El color de la pulpa va de amarillo claro a naranja según la variedad (Figura 15) (45, 66, 180).



Figura 15. El fruto cosechado

Fuente: Morton, J. (180)

Todos los frutos contienen una semilla plana encerrada en un endocarpio duro y fibroso (66). La semilla puede tener un sólo embrión, produciendo un sólo semillero, o poliembriónico, produciendo muchos semilleros que son idénticos. Algunos semilleros producen frutos pequeños, partenocárpicos que no se desarrollan y son entonces abortados (Figura 16) (45, 180).

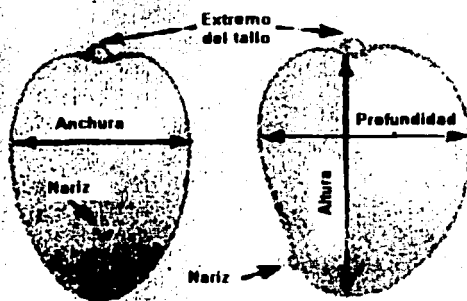


Figura 16. Esquema del mango

Fuente: London Fruit, Inc. (150)

2.5. Variedades

Los mangos silvestres originales eran frutos pequeños con pulpa de poca fibra, y se cree que sufrieron una hibridación natural entre *M. indica* y *M. sylvatica* Roxb. en el sureste de Asia. Desde hace 4,000 ó 6,000 años se han hecho selecciones para obtener especies vegetativas de mejor calidad (180)

Los cultivares en el mundo se clasifican en dos grupos:

1. Monoembrionicos (originarios de la India). La semilla tiene un sólo embrión, que contiene los genes de ambos padres y produce un sólo semillero. Son altamente coloreados, susceptibles a antracnosis y deterioro interno (45, 56, 73, 94, 180).
2. Poliembrionicos (originarios de Indochina y Filipinas). La semilla tiene varios embriones, produciendo muchos semilleros que son genéticamente idénticos al árbol madre. Los frutos carecen de coloración atractiva y son relativamente resistentes a antracnosis (45, 56, 94, 180).

Los rasgos primarios que diferencian a los cultivares son la forma y el color del fruto. Dentro de los rasgos secundarios se encuentra la forma del ápice de la hoja y los pares de nervadura en la misma. Por último, los rasgos terciarios incluyen a la configuración de la inflorescencia y de las hojas (94).

Además de las numerosas variedades de semillero, más de mil cultivares vegetativos se encuentran reportados. La mayoría de estos cultivares, originarios de la India, surgieron a partir de la selección de semilleros y mantenidos asexualmente (229).

En la India, hay aproximadamente 30 cultivares que se cultivan comercialmente. La mayoría de ellos tienen muy poca adaptabilidad y muestran preferencia eco geográfica para su crecimiento (229).

De los mangos mexicanos, el 65 % son selecciones de Florida, el 35% son del tipo común que se crece en las Filipinas (180). Los mangos de Florida se clasifican en cuatro grupos:

1. *Variedades indias*. Principalmente monoembríonicas, introducidas en el pasado y mantenidas principalmente en colecciones, tiene un carácter resinoso.
2. *Tipos filipinos e indochinos*. Poliembriónicos, no-resinosos, sin fibra, resistentes a antracnosis.
3. *Mangos de las Indias del Oeste y Sudamérica*. Mangos no comerciales. Entre ellos se encuentran: "Turpentine", "No. 11" y "Julie" de Trinidad; "Madame Francis", de Haití, e "Itamaraca" de Brasil.
4. *Selecciones o cultivares de Florida*. Por ejemplo "Irwin", "Sensation", "Tommy Atkins" y "Zill" (180).

Las principales cultivares que se comercializan en México son "Haden", "Irwin", "Kent", "Manila", "Palmer", "Sensation", "Tommy Atkins", "Van Dyke" y "Ataulfo" (229). Un estudio que se realizó en Culiacán, Sin., señala que los cultivares "Purple Irwin", "Red Irwin", "Sensation" y "Zill" deben dejar de plantarse. Mientras que cultivares como el "Haden", "Kent" y "Keitt" deben cultivarse debido a su color y calidad (180).

A continuación se describirán cada una de estas especies.

a *Haden*

Descendiente de un semillero de Mulgoba, de origen indio. Introducido por el Capitán Haden en Coconut Grove en 1910. La fruta es de forma oval regular, grande, de 400-700 g de peso, amarillo naranja, de sabor ligero con muy poca fibra. Ligeramente susceptible a antracnosis. Se cosecha en los meses de Julio y Agosto (Figura 17) (45-151).

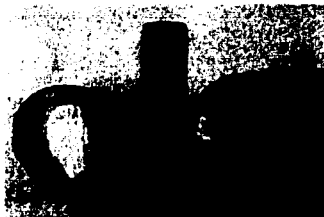


Figura 17. Mango Haden

Fuente: McGuire, I. (166)

b. Irwin

Descendiente del semillero "Lippens", plantado por F. D. Irwin en Miami en 1939, dando sus primeros frutos hasta 1945. Fruto de forma oval alargada, con un sólo hombro de forma oblicua, tamaño mediano con un peso de 350-450 g. Su piel es de color anaranjado a rosa con tonos rojo oscuro y con lenticelas pequeñas de color blanco. Su semilla es de tamaño mediano. Su pulpa es amarilla, casi sin fibra, con un sabor dulce moderado de buena a muy buena calidad (45, 180). Su temporada empieza a mediados de Mayo y termina a principios de Julio. Se limita su cultivo y distribución debido a que durante la postcosecha puede obtener una apariencia moteada que no es aceptable para su mercadeo (Figura 18) (180).



Figura 18. Mango Irwin

Fuente: Queensland Government Department of Primary Industries (218)

c. Kent

Descendiente directo del cultivar Brooks, que a su vez se deriva del semillero Sandersha. Es originario de Coconut Grove (1944) La fruta es de forma oval regular, de 500 a 800 g

de peso, con mejillas rellenas, color amarillo grisáceo, hombros rojos y lenticelas pequeñas de color amarillo. Su pulpa está libre de fibra, es jugosa y rica en azúcares. Es un mango de textura suave. Su semilla es pequeña (45, 151). Su temporada es Julio y Agosto y a veces hasta Septiembre, sin embargo si se extiende mucho, la semilla tiende a germinar dentro de la fruta (oviparidad). Sensible a punta negra. Para su transporte y comercialización necesita tratamiento con etileno para mejorar su color (Figura 19) (151).

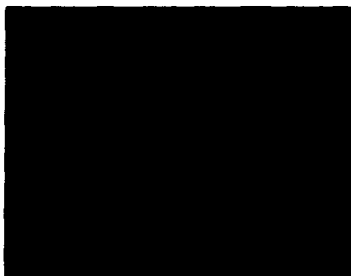


Figura 19. Mango Kent

Fuente: London Fruit, Inc. (150)

d. Manila

Es originario de México, descendiente de un cultivar de Hawái de tipo filipino. Es un fruto de maduración temprana, susceptible a antracnosis, ampliamente cultivado en Veracruz. Su temporada empieza a finales de Abril y se extiende hasta Agosto. El fruto tiene forma alargada plana, de color amarillo, de tamaño pequeño con un peso hasta de 300 g y de sabor dulce (Figura 20) (45, 180).



Figura 20. Mango Manila

Fuente: Philippines Department of Trade and Industry (206)

e. Palmer

Fruto grande de forma ovalada y gruesa. Su piel es ligeramente gruesa, de color amarillo-naranja con tonos rojos y muchas lenticelas grandes. Su pulpa es amarilla, firme, con muy poca o nada de fibra, de buena calidad. Su semilla es alargada de tamaño mediano. Su temporada es Julio y Agosto, aunque algunas veces se extiende hasta Septiembre (Figura 21) (180).

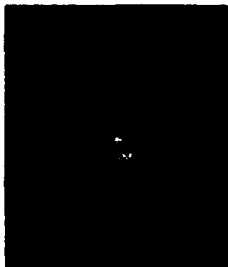


Figura 21. Mango Palmer

Fuente: London Fruit, Inc. (150)

f. Sensation

Descendiente del semillero "Edgehill", es originario del norte de Miami y se ha cultivado y comercializado desde 1949. Fruto de forma oval, oblicua y puntiagudo; de tamaño mediano pequeño a mediano. Su piel es delgada, adherente, de color amarillo a amarillo-naranja con tonos rojizos, y con lenticelas pequeñas de color amarillo claro. Su pulpa es amarillo pálido, con muy poca fibra, muy aromático, con un moderado sabor dulce, de buena calidad. Es un árbol monoembrionario que se cosecha en Agosto (Figura 22) (180, 45).



Figura 22. Mango Sensation

Fuente: South African Mango Growers Association (260)

g. Tommy Atkins

Cultivar de mango desarrollado y cultivado para exportación. La fruta es de forma oval regular, de tamaño medio-grande, de 300 a 700 g de peso, de color amarillo naranja con tonos rojos oscuros y púrpuras, con lenticelas amarillo verdosas, de piel gruesa. Su pulpa es jugosa, firme, con un poco de fibra; no desarrolla el sabor completamente si durante el cultivo fue sobre fertilizado y sobre irrigado. Su semilla es pequeña. Variedad de calidad aceptable a buena (45, 151). La temporada empieza a mediados de mayo y termina a principios de Julio. Es una especie resistente a la antracnosis (Figura 23) (45, 180).



Figura 23. Mango Tommy Atkins

Fuente: South African Mango Growers Association (260)

h. Van Dyke

Es un cultivar relativamente nuevo, que madura desde finales de Junio y todo Julio. Tiene buen color y excelente calidad, sin embargo es sensible a antracnosis y por tanto se limita su cultivo y distribución (Figura 24) (180).



Figura 24. Mango Van Dyke

Fuente: McGuire, I. (165)

i. Ataulfo

De tipo indonesio, originario de un cultivar de Hawai, que a su vez es descendiente directo del semillero del mango Manila, muy común en Veracruz, México. Su temporada empieza a finales de Abril y se extiende hasta Agosto. La fruta es pequeña, plana, de forma alargada, con un peso de 150 a 350 g, de color amarillo verdoso a amarillo oro cuando está maduro, de sabor muy dulce, rico en sabor y casi sin fibra (Figura 25) (180).



Figura 25. Mango Ataulfo

Fuente: London Fruit, Inc. (150)

j. Keitt

Descendiente del semillero "Mulgoba", originario de Homestead (1945). La fruta es grande de forma oval redonda. Su piel es ligeramente gruesa, de color amarillo con tonos rojo claro y lavanda, con lenticelas pequeñas de color amarillo a rojo. Su pulpa es amarillo-naranja, firme, libre de fibra excepto en el área adyacente a la semilla, de sabor muy dulce y de buena calidad (45, 151, 180). Su temporada va de Julio a Agosto y a veces se extiende hasta Septiembre. Tiene aceptación comercial, pero requiere de tratamiento con etileno postcosecha para aumentar su color (Figura 26) (45, 180).

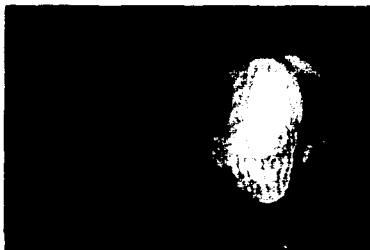


Figura 26. Mango Keitt

Fuente: McGuire, I. (165)

k. Zill

Semillero de "Haden", originario de Lake Worth (1930). Frutos de forma redonda con ápice oblicuo, de color amarillo y tonos rojos que madura rápido. Se cosecha en los meses de julio y agosto. Pulpa con poca fibra (Figura 27) (45).



Figura 27. Mango Zill

Fuente: South African Mango Growers Association (260)

3. Composición Química y Valor Nutritivo

El mango (*Mangifera indica* L.) es considerado uno de los frutos más atractivos debido a su color, delicioso sabor y excelentes propiedades nutricionales (170, 159).

La composición química del mango se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Composición Química del Mango

Componente	g/100 g de porción comestible
Humedad	82.5
Proteína	2.1
Grasa	0.5
Carbohidratos	14.1
Fibra	0.4
Cenizas	0.4

Fuente: Delphis (65); Department of Agriculture Malaysia (66); London Fruit Inc. (160); UHIS (279)

El mango es rico en vitaminas A, B₃, B₅, B₆, C y A; minerales, como potasio, hierro y calcio, y antioxidantes como el β-caroteno. Tienen alto contenido en fibra, pocas calorías (aproximadamente 69 calorías por 100 g de porción comestible de mango), bajo en grasa (0.5 g) y baja concentración de sodio (65, 150, 259, 159). Este fruto ayuda a la digestión, mejora la cicatrización, alivia los calambres y la acidosis, evita problemas cardiacos por su contenido de polifenoles y ácido gálico, protege las membranas, ayuda a la visión, estimula el metabolismo, ayuda a aliviar y prevenir el cáncer, estimula la memoria y la concentración (95, 259). La piel del mango contiene un alergeno (5-[2(Z)-heptadecenil] resorcinol que causa alergias en la piel. También se ha relacionado al mango con alergias orales, rinoconjuntivitis, tos, y disnea en individuos sensibles (26, 76)

En la tabla 6 se presenta el valor nutritivo del mango.

Tabla 6. Valor nutritivo del mango

Nutrientes	100 g de porción comestible
Energía	69 - 83 cal
Calcio	9 mg
Potasio	110 mg
Hierro	0.4 mg
Magnesio	2 mg
Vitamina A	2.4 g (3 890 UI)
Vitamina B ₁	0.05 mg
Vitamina B ₂	0.07 mg
Vitamina C	23-30 mg
Ácido fólico	> 5 mg
Niacina	0.5 mg
Colesterol	0

Fuente: Abinawo, T. O. (8); Department of Agriculture Malaysia (66); London Fruit Inc. (180); Tucker, G. A. (277)

4. Fisiología

4.1. Cosecha

Los mangos se cosechan en un estado de madurez fisiológica (maduros verdes), la cual se logra después de 15 a 16 semanas después de haberse formado el fruto (170). Mangos cosechados posteriormente presentan gran contenido de ácido y baja concentración de azúcares durante la cosecha (139).

Los índices de cosecha son muy subjetivos debido a las diferencias existentes entre mangos monoembrionicos, poliembrionicos, cultivares, zonas, condiciones de producción y destino final (mercado interno o exportación). Sin embargo, se han tratado de definir en función de los parámetros físicos, químicos y fisiológicos que determinan el momento óptimo de la cosecha (170).

Los parámetros físicos ampliamente usados son gravedad específica, el color y la textura, así como la posición de los hombros del fruto en relación con el pedúnculo (128, 170). Un mango habrá alcanzado su madurez fisiológica cuando tenga textura firme, color verde y sus hombros hayan crecido por arriba del punto de inserción del pedúnculo, formando una depresión con crestas en el extremo del tallo. A su vez, un mango se encontrará semi-maduro cuando esté firme, verde y sus hombros tengan pequeñas crestas que se encuentran a la misma altura que el punto de inserción del pedúnculo. Por el contrario, un mango no habrá alcanzado su madurez fisiológica cuando su textura sea firme y su color verde, pero sus hombros no presenten crestas y se encuentran por debajo del nivel de inserción del pedúnculo. Por tanto, los mangos destinados a la exportación y embarcados por aire, se cosechan en un estado de madurez fisiológico verde, y duro, si se embarcan por mar, entonces se cosechan semi-maduros. Mangos con más de 15% de coloración amarilla, no se exportan y se destinan al consumo interno (128, 140, 168, 170).

Los parámetros químicos que se utilizan son el contenido de sólidos solubles, acidez, contenido de carbohidratos, y constituyentes fenólicos (140, 259).

Muchas de las variedades de mango cuando alcanzan la madurez fisiológica muestran cambios en el color de la pulpa, llegando a amarillo, que puede ser determinado fácilmente cortando la pulpa de uno de los frutos antes de la cosecha y que servirá como

factor para determinar el momento de la cosecha. Los frutos se cosechan con 1 cm de pedúnculo con el fin de evitar la ruptura de los conductos de resina, que resulta en una mancha indeseable (140). Generalmente los frutos cuyo destino final es el mercado local son cosechados cuando se da el cambio de color en la piel, mientras que los que se destinan para exportación se cosechan en un estado verde y firme, pero fisiológicamente maduros (170).

Con el fin de evitar confusión, es necesario diferenciar el concepto de madurez fisiológica y madurez comercial. La madurez fisiológica, es cuando el mango se encuentra en estado verde, pero capaz de desarrollar los cambios físicos, químicos, bioquímicos y organolépticos, que le dan la calidad al fruto. Cuando se hable de madurez comercial se refiere a todos los cambios organolépticos que sufre el fruto para poder ser consumido.

4.2. Respiración y Producción de Etileno

Los frutos pueden ser clasificados como climatéricos y no climatéricos de acuerdo a su patrón respiratorio durante el proceso de maduración (35). Los frutos climatéricos se caracterizan por presentar un aumento en la actividad respiratoria acompañado de una producción autocatalítica del etileno que ocasionan rápidos cambios en la composición química del fruto. Entre ellos tenemos al mango, plátano, durazno, pera, manzana, aguacate, entre otros. Este aumento en la respiración se denomina "climaterio respiratorio", el cual puede corresponder a la madurez comestible óptima. También la magnitud de este aumento puede variar enormemente entre los diferentes frutos. En general, las frutas con altas tasas respiratorias tienden a madurar más rápidamente y por tanto son más perecederos. A diferencia de estos frutos, los no climatéricos simplemente exhiben una disminución gradual de su respiración durante el proceso de maduración y los cambios en la composición química son graduales y no van acompañados de una producción de etileno (68). Entre estos tenemos a la fresa, mandarina, naranja, limón, cereza, uva. Sin embargo, existen diferencias marcadas entre frutos con relación a la magnitud de su tasa respiratoria. Al igual que en los frutos climatéricos, en los no climatéricos existe una correlación entre altas tasas respiratorias y una vida de anaquel corta. Los sustratos de la respiración son azúcares y ácidos orgánicos (277).

El mango es un fruto climatérico y como tal sufre un aumento en la respiración y en la producción (autocatalítica) del etileno, una descomposición de los carotenoides de la piel

dando coloraciones amarillas, así como un ablandamiento de la pulpa (244). Junto con la evolución del etileno y el climaterio respiratorio, las actividades de la catalasa y la peroxidasa aumentan considerablemente, debido a la desaparición de los inhibidores de estas enzimas (170).

Los patrones respiratorios y el comportamiento de la maduración varían entre variedades, condiciones climáticas y lugar de cultivo (170, 199). La respiración disminuye conforme el fruto alcanza su madurez fisiológica, pero aumenta conforme comienza a madurar. La producción de etileno también disminuye durante el proceso de madurez fisiológica, y es indetectable por un periodo largo de tiempo, para luego reaparecer durante el proceso de maduración (5).

La producción de etileno en los tejidos del mango alcanza su máximo al inicio del climaterio durante el proceso de maduración. La pequeña cantidad presente de etileno durante la cosecha, es suficiente para iniciar la maduración. La producción de etileno empieza antes de que el mango madure completamente (43, 58). El etileno es la principal fitohormona y su ruta biosintética fue establecida por Adams y Yang (2). Se cree que todos los tejidos vegetales siguen una ruta biosintética común para producir etileno. El proceso inicia con la conversión de metionina a S-adenosil metionina (SAM), por la acción de la enzima metionina adenosil transferasa (EC 2.5.1.6). El SAM se transforma por la acción de la enzima ACC sintetasa (EC 4.4.1.14) en ácido-1-aminociclopropano-1- carboxílico (ACC). Finalmente, al actuar la enzima ACC oxidasa, el ACC se convierte en etileno (Figura 28) (277).

Por lo tanto, las dos enzimas claves que controlan la biosíntesis del etileno: la 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) sintetasa (EC 4.4.1.14) y ACC oxidasa (la enzima formadora de etileno). Durante la maduración, los niveles de ACC son bajos en el fruto verde y se acumulan rápidamente por la síntesis de etileno. Esto implica que la ACC sintetasa puede ser la enzima clave en el control de la síntesis del etileno. En el postclimaterio, los niveles de ACC permanecen altos mientras que la producción de etileno disminuye. Esto indica que la ACC oxidasa se vuelve inactiva (277).

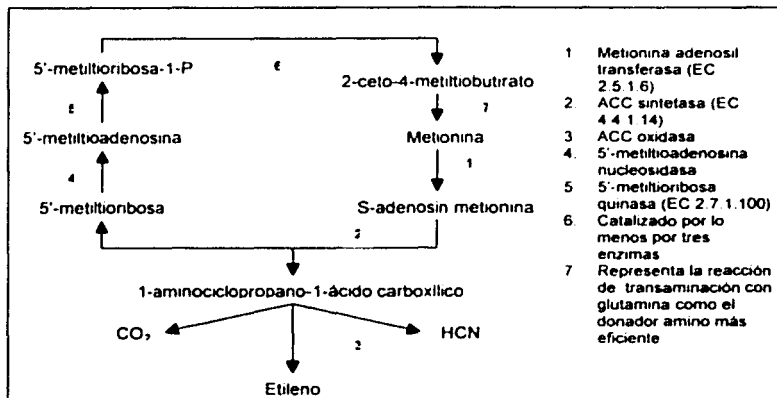


Figura 28. Biosíntesis del Etileno
 Fuente: Tucker, G. A. (273)

Las enzimas involucradas en la biosíntesis del etileno así como la producción de etileno disminuyen durante la maduración, mientras que el contenido de ACC, que es el precursor del etileno, aumenta en los diferentes tejidos (piel, mesocarpio exterior e interior). Las semillas del mango también producen etileno durante la maduración (225).

4.3. Cambios durante el proceso de maduración

Los mangos al madurar desarrollan características organolépticas, físicas, químicas y fisicoquímicas que determinan su calidad. En este apartado se describirán los cambios más importantes que el mango sufre durante el proceso de maduración.

4.3.1. Metabolismo de Carbohidratos

Durante el proceso de maduración, el almidón acumulado se hidroliza y forma azúcares. La hidrólisis de los gránulos de almidón en los cloroplastos continúa hasta la maduración. La concentración de glucosa, fructosa, y sacarosa están en concentraciones similares en mangos maduros, siendo la sacarosa el azúcar predominante (137, 166, 170, 250). Las concentraciones de glucosa, fructosa y sacarosa aumentan simultáneamente durante la maduración, aunque se cree que la glucosa y la fructosa experimentan una reducción gradual mientras que la sacarosa, por el contrario, aumenta (91, 170).

La hidrólisis del almidón, y su consecuente formación de azúcares, es el resultado de la actividad de la enzima amilasa. Existe un metabolismo activo de la sacarosa en el mesocarpio durante la maduración evidenciado por la alta actividad de las enzimas sacarosa sintetasa (EC 2.4.1.13) y sacarosa invertasa (EC 3.2.1.26). Las hexosas y hexosas fosfatos se forman a partir de piruvato vía glucogénesis (249). La actividad de la glucosa-6-fosfatasa (EC 3.1.3.9) se incrementa hasta la tercera etapa de la maduración, mientras que la actividad de la fructosa-1,6-difosfatasa aumenta conforme los frutos maduran desde la tercera etapa de la maduración hasta la maduración total (137). La actividad de la enzima glicolítica, hexoquinasa, sólo se detecta en la etapa madura, mientras que la actividad de la piruvato quinasa incrementa desde la tercera etapa de maduración y disminuye en la madurez total; los patrones de cambio en las actividades de las enzimas hexoquinasa, fosfofructoquinasa y piruvato quinasa sugieren la activación de la glicólisis en la maduración del mango (170, 249).

4.3.2. Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos disminuyen conforme el fruto madura. El ácido cítrico es el ácido predominante, seguido de concentraciones diferentes de ácido glicólico, málico, tartárico y oxálico (91, 170).

En general, los niveles de citrato y succinato disminuyen gradualmente durante la maduración, mientras los niveles de malato sufren cambios diferentes dependiendo del cultivar. Los patrones de actividad de la fosfoenol piruvato carboxilasa (PEPC) y piruvato decarboxilasa durante la maduración del mango varía dependiendo del cultivar, mientras que la actividad de la enzima málica aumenta durante la maduración (75, 170).

4.3.3. Pigmentos

El color de la piel de los mangos cambia durante la maduración de un color verde oscuro a un verde olivo, y dependiendo del cultivar puede presentar tonalidades rojas, amarillo-naranjas, o amarillas. Los cloroplastos en la piel se transforman en cromoplastos que contienen los pigmentos rojos y amarillos (106, 140, 147).

Existen pérdidas substanciales del contenido de clorofila en la piel después de que la fruta empieza a suavizarse. En los cloroplastos de las células de la piel de mangos no maduros

existen granos y glóbulos osmiofílicos bien arreglados. Esta membrana de granos pierde integridad durante la maduración y los glóbulos osmiofílicos aparecen, indicando que existe una transformación de los cloroplastos a cromoplastos (200, 251).

El contenido de carotenoides en la pulpa de los mangos maduros varía dependiendo del cultivar, siendo el β -caroteno el 50% del total de carotenoides presentes en todos los cultivares. Se cree que la enzima fosfatasa regula la carotenogénesis en mangos maduros (170).

4.3.4. Sustancias pécticas y constituyentes de la pared celular

La maduración del mango se caracteriza por el ablandamiento de la pulpa. El climaterio se asocia con la pérdida de firmeza en el fruto. La información disponible con relación a la pared celular y el proceso de ablandamiento de los tejidos del mango durante la maduración es muy poca, además que hay variaciones dependiendo de cada cultivar (170).

Durante la maduración del mango, se cree que el ablandamiento de los tejidos se inicia en el tejido interno del mesocarpio cercano a la semilla, y se difunde hacia los tejidos exteriores del mesocarpio (145). El proceso de ablandamiento puede obedecer a procesos enzimáticos y no enzimáticos (170).

El ablandamiento del mango se caracteriza por un aumento en la solubilidad de las pectinas de la pared celular. La temperatura juega un papel importante no sólo en la maduración del mango, sino también la actividad de las enzimas que causan el ablandamiento de la fruta (226). La enzima poligalacturonasa (PG), responsable de la degradación del enlace 1-4 de los residuos del ácido galacturónico, y la enzima pectinesterasa (PE), que cataliza la desesterificación de los grupos metilos de las pectinas ácidas, se encuentra presente en mangos maduros. Otras hidrolasas de la pared celular que también se encuentran presentes en mangos maduros son las celulasas, β -galactosidasa, galactanasa y xilanasas. La masa molecular de las hemicelulosas de la pared celular disminuye durante la maduración lo que indica también, que se lleva a cabo un proceso no enzimático durante el ablandamiento de la pulpa. En general, los polisacáridos solubles en agua aumentan durante la maduración (145, 170).

4.3.5. Aroma y sabor: Compuestos volátiles

El perfil de compuestos volátiles responsables del aroma en el mango es muy complejo. por lo que definir a un sólo compuesto responsable del sabor y aroma es muy difícil. Sin embargo, en estudios realizados se sugieren que algunos hidrocarburos monoterpénicos cíclicos son responsables del sabor del mango, junto con esterés, lactonas y ácidos grasos (10 30 85 154 155 156 297). Algunos mangos poseen un sabor parecido al durazno, que puede estar relacionado a la presencia de lactonas, las cuales son los principales contribuyentes al sabor y aroma de los duraznos (140, 297). Otro compuesto presente en mangos hindúes es el (Z)-ocimeno (85).

4.3.6. Compuestos fenólicos

El contenido de polifenoles en mango es alto en la parte temprana del crecimiento, decrece durante el inicio de la maduración y permanece estable hasta el final del proceso (140). La pérdida de astringencia durante la maduración está asociada con la pérdida de contenido fenólico (250). La piel de la fruta tiene más alto contenido fenólico que la pulpa en todas las etapas del desarrollo (140).

La actividad de la polifenol oxidasa es diferente dependiendo de la variedad del mango (250). Su sustrato óptimo es el catecol. Su pH óptimo varía entre 5.6 a 6.0. Su actividad es inhibida con metabisulfito de sodio (170).

4.3.7. Lípidos

El contenido total de lípidos en mangos aumenta durante la maduración (24, 25, 250). Hay un aumento en la actividad de la ATP citrato oxaloacético (OAA) liasa (enzima que rompe el citrato) durante la maduración y se cree que la acetil-CoA y ácido OAA formado por la acción de la enzima sobre el citrato, puede contribuir con los procesos de síntesis que se llevan a cabo durante la maduración. Los productos degradados de los lípidos naturales pueden regular la actividad de la enzima *in vivo* (163). También se registra una alta actividad de la lipasa (EC 1.1.1.7) en mangos no maduros, que disminuye cuando los frutos están a la mitad de su maduración (251).

5. Desórdenes fisiológicos

Las frutas son susceptibles a daños fisiológicos que se vuelven aparentes durante la maduración y traen como resultado una pérdida de calidad. Estos desórdenes pueden deberse a deficiencias nutricionales, condiciones climáticas extremas y/o condiciones de almacenamiento inadecuadas (170).

5.1. Daños pre-cosecha

El mango también puede presentar desórdenes fisiológicos que se presentan generalmente de manera intermitente e impredecible antes de la cosecha (170). Entre estos desórdenes se encuentran los siguientes:

5.1.1. Tejido esponjoso (*Spongy tissue*)

Caracterizado por un tejido poroso de color blanco, de naturaleza seca, que se encuentra entre la cáscara y la semilla de la fruta madura. Raramente y sólo en casos extremos cuando la lesión se puede ver por afuera, la piel se vuelve de color café-negro formando una depresión plana externa. La pulpa de la fruta no madura porque el almidón no es hidrolizado debido al desorden fisiológico y bioquímico causado por quemadura provocada por el calor que sube por convección del suelo al fruto maduro durante la precosecha (94, 120, 121, 170). Algunas veces los frutos con daños mecánicos desarrollan síntomas similares al del tejido esponjoso, en donde el exocarpio puede o no estar lesionado. Estos síntomas se diferencian del tejido esponjoso natural por la presencia del tejido blanco muerto sobre la pulpa y sobre la semilla y la ausencia de reacciones de oscurecimiento alrededor de la parte dañada (121).

Con relación al resto del tejido de la pulpa, el área de tejido esponjoso tiene mayor acidez y menor pH, bajo contenido en β -caroteno, azúcares y ácido ascórbico; y alto contenido de almidón con actividades enzimáticas reducidas de amilasa e invertasa que el resto del tejido (121).

5.1.2. Punta negra (*Blacktip*)

El primer síntoma notorio de este desorden es la etioliación en los extremos del fruto, que primero se pone de un color amarillo, pasando a gris y finalmente se pone la punta negra-café. Al llegar a esta etapa, el crecimiento y desarrollo del fruto se retarda y el anillo negro

que está en la punta, se extiende hacia la parte superior del fruto. No hay ninguna alteración en la semilla o el mesocarpio. Se ocasiona por emanaciones de gases industriales como dióxido de azufre, etileno y monóxido de carbono (232, 206, 222).

5.1.3. Nariz blanda (Soft-nose)

Los términos nariz blanda, también denominado semilla gelatinosa, maduración prematura y pudrición interna, se refieren al deterioro de la pulpa en el ápice de la fruta (56, 94, 132). Se caracteriza por ablandamiento prematuro (formación de una masa gelatinosa) del mesocarpio en los extremos del fruto y por lo general es poco evidente en la parte exterior del fruto. Algunos cultivares de mango son susceptible de padecer este desorden. En mangos con nariz blanda existe una marcada separación y degeneración de las células del mesocarpio. El sitio de localización de este desorden junto al endocarpio en la punta de la fruta, tiene el menor contenido de calcio de toda la fruta. Por lo que se cree que este desorden es causado por deficiencia de calcio (Figura 29) (42, 56, 94, 132, 206, 307, 308).



Figura 29. Nariz blanda

Fuente: Queensland Government Department of Primary Industries (313)

5.1.4. Moteado de las lenticelas

Es resultado de lluvias muy frecuentes o baños de agua prolongados durante la postcosecha (206).

5.1.5. Quemadura por sol

La superficie de una porción de la fruta se seca y se hunde ligeramente, pero permanece firme (Figura 30) (268)

**5.1.6. Descomposición interna de la pulpa (*Internal flesh breakdown*),
Ahuecamiento de la zona próxima a la cicatriz del pedúnculo (*Stem-end cavity*)**

Se caracteriza por la descomposición de la pulpa y el desarrollo de cavidades internas entre la semilla y el pedúnculo. Esta fisiopatía es más frecuente en mangos madurados en el árbol (132, 206).



Sunburn damage of mango.
Courtesy Tom Isakov, TAEX, Westaco, 1988.

Figura 30. Quemadura por sol

Fuente: TAMU (268)

5.1.7. Otros desórdenes antes de la cosecha

Otros desórdenes que se manifiestan en el mango por deficiencia de boro, cobre y agua durante el cultivo son la *necrosis interna*, *deficiencia de cobre* y *edema*, respectivamente (206)

5.2. Desórdenes provocados durante la cosecha

5.2.1. Quemadura por látex (*Sapburn*)

Color pardo-negro de la piel debido al daño químico y fisiológico del exudado que emana al cortar el pedúnculo (132, 191, 206)

5.3. Desórdenes durante la postcosecha

Son desórdenes que aparecen como resultado de la exposición del fruto a ciertas condiciones durante su almacenamiento postcosecha. Algunos de los ejemplos de

desórdenes inducidos es el daño por frío después de la exposición del fruto a bajas temperaturas y el daño por CO₂ que provoca un desajuste metabólico del fruto después de su almacenamiento en atmósferas con alta concentración con este gas (170). A continuación se describen los daños fisiológicos inducidos más importantes en mango, responsables de grandes pérdidas del producto durante el almacenamiento postcosecha.

5.3.1. Daño por frío (*Chilling injury*)

Uno de los métodos más reconocidos para la conservación de frutas y hortalizas es el empleo de almacenamiento por frío, pero debido a la naturaleza tropical del mango, éste es susceptible al daño por frío cuando son almacenados por debajo de 10 °C, dependiendo del cultivar (164, 206, 289). Evitar la exposición a bajas temperaturas es la forma más segura de prevenir el desarrollo de daño por frío, sin embargo, el mango es muy perecedero y se deteriora rápidamente a temperaturas ambiente (Figura 31) (286).

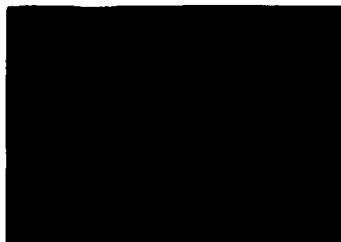


Figura 31. Daño por frío en mango

Fuente: Mitra, S. K.; Baldwin, E. A. (170)

Los síntomas de los daños por frío en mangos incluyen decoloración y exconaciones de la piel, madurez no homogénea, poco desarrollo del color y el sabor, aumento de su susceptibilidad al ataque de hongos y por lo tanto su pérdida de calidad (Figura 31). Los cambios ultra-estructurales incluyen la desorganización de la matriz y cresta de las mitocondrias, distensión del retículo endoplásmico, pérdida de ribosomas, agrupamiento de cromatina del núcleo y alteración de los protoplástidos (289).

Los factores que afectan la aparición de los daños por frío son: el tipo de cultivar, estado de madurez, variedad del fruto, el estado de desarrollo, tipo de tejido, composición química, humedad relativa y temperatura de almacenamiento (132, 164-289)

El almacenamiento con temperaturas bajas retrasa la actividad metabólica del mango como las reacciones bioquímicas asociadas con la respiración y la producción de etileno. El desarrollo de los daños por frío en la piel y en la pulpa del mango, está marcado por un descenso significativo en el contenido de azúcares solubles (principalmente la sacarosa) y una degradación mínima del almidón; además, la actividad de la invertasa disminuye, mientras que la de la amilasa aumenta (60, 87, 289). La actividad de las enzimas peroxidasa y celulasa en la piel del fruto aumentan mucho más durante el desarrollo del daño por frío, en comparación con frutos que no fueron sometidos a bajas temperaturas. Esto sugiere que el aumento en la actividad de las dos enzimas es parte del síndrome de daño por frío (313)

5.3.2. Daño por CO₂

Es un desorden causado por la incorrecta proporción de O₂ y CO₂ durante el almacenamiento o en las atmósferas formadas cuando el fruto es recubierto con ceras (206). Caracterizado por bolsas grises de tejido suave, poco desarrollo de sabor, frutos con coloraciones anormales y producción de alcohol. También se forman alcoholes y aldehídos como productos de fermentación de la descarboxilación, especialmente en mangos tratados con atmósferas ricas en CO₂ (141).

5.3.3. Daño por radiaciones ionizantes

Caracterizado por daños en la piel con formación de manchas café probablemente por un aumento en la actividad de polifenol oxidasa; y, pérdida del contenido de ácido ascórbico (196, 262, 272-273).

5.3.4. Daño por calor (*Heat injury*)

La exposición a temperaturas superiores a 30 °C por periodos mayores a 10 días provoca maduración heterogénea, moteado de la piel y sabor intenso. Cuando se excede el tiempo y/o la temperatura recomendados para el control de insectos y/o pudriciones se presentan también daños por calor (escaldado de la piel, moteado y maduración heterogénea), por ejemplo, en el tratamiento diseñado para el control de insectos, cuando la fruta se

sumerge por más del tiempo recomendado (65-90 minutos, dependiendo del tamaño del mango) o el agua está a más de 46.4 °C, que es la temperatura recomendada (132, 206).

6. Enfermedades y Pestes durante la postcosecha

6.1. Enfermedades postcosecha

Debido a su rápida maduración y su baja tolerancia al almacenamiento a temperaturas bajas, el mango tiene una vida de anaquel muy corta y que además aumenta su susceptibilidad al desarrollo de enfermedades postcosecha (110). La enfermedad más importante responsable de las pérdidas del mango es la Antracnosis (104). En la tabla 7 se resumen las enfermedades más importantes, sus agentes causantes y sus características (Tabla 7).

Tabla 7. Enfermedades postcosecha

Enfermedad	Microorganismo responsable	Características
Antracnosis (152, 255)	<i>Glomerella cingulata</i> v. Ston. Spauli y Schrenk <i>Colletotrichum gloeosporoides</i> <i>Colletotrichum acutatum</i>	Lesiones grandes y anchas sobre la superficie de la fruta semejantes a bolsas oscuras hundidas de hasta 20 mm de ancho.
Pudrición en el extremo del tallo o muerte negra (113, 114, 115, 116, 146, 212, 251, 249)	<i>Laisoidiplodia theobromae</i> (sinónimo <i>Botryodiplodia theobromae</i>) <i>Phomopsis mangiferae</i> <i>Dothiorella dominicana</i> <i>Hendersonia creberma</i>	Manchas negras en el pedúnculo
Pudrición por Alternaria (110, 213)	<i>Alternaria alternata</i>	Pequeñas manchas negras de 0.5 a 1 mm de diámetro con un centro negro y bordes difusos o bien lenticelas negras. Espacios intracelulares negros y colapso celular.
Pudrición por mohos negro (203, 212)	<i>Aspergillus niger</i> v. Tieghem <i>Aspergillus</i> spp	Amanillamiento en la base del fruto y desarrollo irregular de manchas grises y verdosas que se vuelven negras. Las áreas podridas del mesocarpo están hundidas y suaves.
Costra del mango (56)	<i>Elsinoe mangiferae</i>	Se parece a la antracnosis. Las lesiones se cubren con tejido esponjoso café.
Pudrición por Rizopus (168)	<i>Rhizopus oryzae</i>	Separación de la cáscara y desarrollo de una mancha blanca con esporas de cabeza negra.

6.1.1. Antracnosis

Enfermedad producida por los hongos *Glomerella cingulata* (Stonem) Spauld. Y Schrenk (estado conidio); *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. y en menor escala, *Solletotrichum acutatum* Simmonds (255, 206, 231, 158, 251), que marchita las flores, las hojas jóvenes, inflorescencias y frutos jóvenes de mango, y de ahí inicia la infección del fruto que permanece latente hasta su maduración (170, 175). La infección de la fruta por *C. gloeosporoides* ocurre antes de la cosecha a partir de las conidias, provenientes del agua, distribuidas a partir de las varas y hojas muertas (56, 110, 132). El *C. gloeosporoides* causa lesiones irregulares grandes, diseminadas en la superficie del fruto que parecen bolsas grandes hundidas de 20 mm de ancho y a veces invaden la pulpa causando manchas negras (132, 152). La enfermedad prospera cuando hay lluvia o rocío abundante (Figura 32) (56).



Figura 32. Antracnosis en mango

Fuente: Mitra, S. K.; Baldwin, E. A. (170)

6.1.2. Pudrición de la cicatriz del pedúnculo o muerte negra (Stem-end rot)

El hongo *Lasiodiplodia theobromae* (Pat) es responsable de esta enfermedad. Otros microorganismos que han sido reportados de producir esta enfermedad alrededor del mundo son *Batryosphaeria rhodina* (Cooke) Arx, *Dothiorella dominicana* Petrak y Cif (sinónimo de *Fusicoccum aesculi* Corda), *Batryosphaera dothidea* (Maug. Fr) Ces y de Not (teleomorfo), *Hendersonula toruloides* Nattras, y *Phomopsis mangiferae* Ahmad (45, 113, 132, 146, 158, 231, 206, 212, 249, 251).

Durante la floración y formación del fruto, la colonización del hongo aumenta conforme las flores mueren y se empiezan a formar los frutos. La ruta primaria de la infección de la fruta que desarrolla muerte negra durante la maduración es mediante la colonización endofítica de la inflorescencia y tejido del pedúnculo (111, 113, 114, 115, 116).

Esta enfermedad afecta áreas dañadas mecánicamente del pedúnculo o de la piel. El hongo crece a partir del pedúnculo formando lesiones negras circulares alrededor del mismo (Figura 33) (113 114 115 116 132)



Figura 33. Muerte negra en mango

Fuente: Mitra, S. K.; Baldwin, E. A. (170)

6.1.3. Pudrición por *Alternaria*

Esta enfermedad es causada por los hongos *Alternaria alternata* (Fr.) Keiss. y *Alternaria tenuissima* (Kunze Fr) Wiltshire (206), y puede tener impacto en frutos que no presenten ni antracnosis ni muerte negra (110). *A. Alternata* infecta a los frutos a través de las lenticelas. Después de la infección en el huerto, las hifas permanecen latentes hasta la maduración postcosecha, entonces se desarrolla intercelularmente. Los síntomas consisten en pequeñas manchas negras de 0.5 a 1 mm de diámetro con centro negro y bordes difusos, o las lenticelas negras. Los hongos se desarrollan en las lenticelas y penetran la fruta, que da como resultados un oscurecimiento en los espacios intercelulares y la célula se colapsa (213).

6.1.4. Pudrición por hongo negro

Esta enfermedad postcosecha es un problema muy serio en la India, limitando el transporte y manejo del fruto (212). Es causada por *Aspergillus niger* v Tiegghem y otros *Aspergillus* spp (206 212). Los frutos afectados muestran amarillamiento en la base del fruto

y manchas gris-verdosas de forma irregular. que se vuelven negras o forman lesiones negras. El mesocarpio en las áreas afectadas se hunden y se suavizan (203).

6.1.5. Sarna o Verrugosis (*Mango scab*)

Elsinoe mangiferae Bitancourt y Jenk. y *Sphaceloma mangiferae* Giancourt y Jenk (amorfo) son los hongos responsables de esta enfermedad que ataca a las hojas, flores, frutos y varas. En etapas tempranas, esta enfermedad se parece a la antracnosis. Las lesiones del fruto se cubren con un tejido esponjoso de color café (56, 94, 206)

6.1.6. Pudrición por *Rizopus*

Enfermedad causada por *Rhizopus arrhizus* A. Fischer (sinónimo de *Rhizopus oryzae* Went y Prinsen Geerligts (168, 206)). Produce una separación de la cáscara y desarrollo de una mancha blanca con esporas de cabeza negra (168).

6.1.7. Polvo de hollín (*Sooty mould*)

Enfermedad causada por varios individuos del hongo *Meliola* spp. en especial el hongo *Meliola mangiferae* (158, 206) Otras de las especies reportadas de producir esta enfermedad son *Capnodium citri* Mont, *Capnodium mangiferae* Cke y Brown, *Capnodium ramosum* Cke y *Tripospermum acernum* (Syd) Speg (206)

Esta enfermedad es común en huertos donde no hay un control eficiente de chinches, insectos y gnillos La enfermedad en el campo se reconoce por la presencia de una cubierta negra aterciopelada en la superficie de las hojas, y en casos severos, los árboles se vuelven completamente negros. La severidad de la infección depende de la secreción dulce de los insectos antes mencionados Las secreciones dulces de los insectos se adhieren a la superficie de las hojas y proveen del medio necesano para el crecimiento fúngico El hongo es saprófito y no patógeno porque no obtiene nutrientes del tejido huésped Aunque el hongo no causa daño directo, actividad fotosintética de la hoja se ve seriamente afectada debido a que se bloquean los estomas (231)

6.2. Ataque de pestes

Además de estas enfermedades, el mango puede ser atacado por diferentes pestes Hay más de 492 especies reportadas de insectos, 17 especies de ácaros y 26 especies de nemátodos que infestan los árboles de mango Casi una docena de ellas dañan la

cosecha y causan graves pérdidas económicas por lo que se les considera como plagas mayores. Entre ellas se encuentran saltamontes, diferentes variedades de coco, jején, mosca de la fruta, barrenador de retoños, gusanos de hojas y semillas (231).

Las plagas más importantes de los árboles de mango son los ácaros, cocos y trips. Aunque estas plagas rara vez limitan la producción de la fruta, sus poblaciones ocasionalmente se vuelven lo suficientemente grandes y por tanto deben ser controladas. Actualmente las más importantes plagas son los trips rojos (*Selenothrips rubrocintus*), coco False Oleander (*Pseudaulacaspis cockerelli*), coco Penforme (*Protospulvinaria pyriformis*), coco Dictyospermum (*Crysomphalus dictyosperm*), coco rojo de Florida (*C. aoidum*), ácaros (*Paratetranychus yothersii*), trips de Florida (*Frankliniella bispinosa*) y escarabajos Ambrosia (*Xylosandrus* spp.) (45-56). Las termitas (*Coptotermes curvignatus*) atacan las raíces y los tallos; mientras que el barrenador de tallos, *Rhytidodera simulans*, ataca tallos principales y ramas. Las hojas y los retoños pueden ser atacados por el barrenador de retoños (*Chlumetia transversa*), trips (*Haplothrips pictipes*), saltamontes de hojas (*Idiocerus nitidulus*), comedores de hojas (*Bombotelia jascosatrix* y *Deporaus marginatus*) o ácaros (55).

Las plagas del fruto incluyen la mosca de la fruta, ácaro de la fruta, gusano de la semilla y polilla succionadora de la fruta. Entre las diferentes moscas de la fruta, se incluyen *Bactrocera papayae* y *B. Carambolae*. El barrenador de semilla (*Stemochetus mangiferae* Fabr.) es otra plaga importante del mango. Generalmente no se le considera como una plaga porque sólo pequeñas proporciones de la fruta son dañadas por perforación de la pulpa ocasionada por gusanos adultos. La importancia económica ha aumentado considerablemente, debido a las restricciones cuarentenarias impuestas por Estados Unidos y otros países importadores (55, 94, 170).

A continuación se describen algunos de las plagas más comunes.

6.2.1. Mosca del mango *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae)

Es una mosca de cuerpo de color amarillo, alas transparentes con manchas amarillas y mide un centímetro. Las larvas de esta mosca se alimentan de la pulpa del fruto, la cual destrazan (175).

6.2.2. Trips *Selenothrips rubrocinctus* Girad (Thysanoptera: Terebrantia)

Insectos muy pequeños que miden cerca de 1.5 mm y producen el mayor daño durante la época de seca. Raspan las hojas, las cuales adquieren en la parte central un color amarillo o café, también atacan las inflorescencias y se alimentan del raquis, especialmente del ovario de las flores y los frutos recién formados, causando la pérdida de frutos o daños severos en los frutos (175).

6.2.3. Cochinilla harinosa *Planococcus citri* Risso (Homoptera: Coccidae)

Es un insecto blando que mide cerca de 0.5 cm. Su cuerpo está recubierto por una capa cerosa pulverulenta blanca, por la que salen filamentos (175).

7. Pérdidas postcosecha: Daños mecánicos

Se refiere a las lesiones que sufre el fruto por un mal manejo durante la cosecha y el almacenamiento. Los frutos con daños mecánicos se deterioran rápidamente, las áreas dañadas son susceptibles de infecciones microbianas, particularmente cuando se utilizan almacenamientos prolongados con bajas temperaturas. Los daños mecánicos son de gran importancia económica por lo que se debe tener un manejo cuidadoso durante la cosecha y las operaciones postcosecha. Entre los daños mecánicos se incluye, entre otros: *abrasiones en la piel* cuando se producen cambios de color de la piel y una pérdida acelerada de agua debido al roce entre frutas o contra superficies rugosas (132, 206).

IV. Estado del Arte Tecnológico

Para definir el estado de arte tecnológico primero hay que definir sus tres partes: estado, arte y tecnología:

Un estado se define como "modo de ser, situación en que está una persona o cosa" (224).

Llegar a una definición de arte, es decir, deslindar "el punto donde la naturaleza acaba y el arte empieza", ha sido un tema de gran controversia en todos los tiempos. Cicerón dividirla el arte en dos clases: "uno por medio del cual las cosas eran contempladas únicamente por el espíritu", y "otro por el cual las cosas eran hechas". Con esta definición planteó, en realidad, el problema de la diferencia entre el arte y la ciencia, la cual, reducida a su noción más simple, puede precisarse así: "la ciencia, conoce; el arte, crea." (82)

Por tanto, arte (del latín *ars, artis*) es el "acto mediante el cual, valiéndose de la materia, la imagen o el sonido, se expresa una concepción estética." También es "la habilidad o destreza para hacer una cosa", o bien es "toda obra del hombre, en contraposición a las de la naturaleza". A su vez el arte es "un conjunto de reglas", que involucran "la maña y la astucia, para realizar para hacer bien una cosa." (224)

Ahora bien, la técnica es el conjunto de procedimientos de que se sirve una ciencia o un arte, y es también, la habilidad para usar esos procedimientos (82). La tecnología (del griego τεχνολογια, de τεχνη, arte y λογος, tratado) se refiere al "conjunto de los conocimientos propios de un oficio o arte industrial", "tratado de los vocablos técnicos" y "lenguaje técnico de una ciencia o arte." (224)

Concluyendo, se entiende como **estado de arte tecnológico** al estado actual en la que se encuentra el conocimiento y las técnicas o procedimientos empleados sobre un área de estudio determinada que llevan al avance tecnológico en dicha área.

Es así que en este capítulo se hablará de todos los adelantos tecnológicos existentes hoy en día en relación a la conservación, almacenamiento y procesamiento del mango. Este capítulo se dividirá en tecnología para conservación de mango en fresco y procesos de mango.

1. Tecnología para conservación de mango

El objetivo de conservar los productos vegetales, o lo que es lo mismo, regular los procesos post-recolección, ha sido una constante para mantener un equilibrio entre la producción y las necesidades de consumo. La regulación de los procesos fisiológicos no siempre tiene como objetivo la conservación a largo plazo. La estimulación de los procesos fisiológicos permite adelantar el óptimo de calidad de consumo, respecto al desarrollo en la planta, y comercializar el producto "fuera de época" con el siguiente incremento de precio en el mercado (8).

La intensidad de los procesos fisiológicos post-recolección depende de factores intrínsecos y extrínsecos de los productos. Dentro de los factores intrínsecos se encuentran la especie, variedad, tratamientos en pre-cosecha, condiciones climáticas, grado de madurez en recolección. Los factores extrínsecos incluyen, por su parte, tratamientos químicos pre o postcosecha (fitorreguladores) y tratamientos físicos (temperatura, humedad relativa, concentración de dióxido de carbono, oxígeno y etileno en la atmósfera, presión, e irradiación (155).

1.1. Cosecha

Las técnicas de cosecha del mango puede ser manual o semi-mecánica. Los mangos se cosechan preferentemente de manera manual, arrancando el mango del pedúnculo. A diferencia de los mangos semi-maduros e inmaduros, los mangos maduros se separan fácilmente del tallo. Para obtener una cosecha óptima se utilizan tijeras para podar y se les deja un tallo de 2 a 10 cm, para así evitar quemadura por látex y minimizar la entrada de hongos. Cuando es imposible cosechar manualmente se utiliza una cosecha semi-mecánica que consiste en una pértiga con una navaja y una bolsa pequeña por debajo de ella para recibir el fruto (Figura 34). También se utilizan escaladoras que tienen bolsas de algodón que al llenarse descienden hasta el suelo. Una cosecha incorrecta se da cuando se golpean los mangos en el árbol, se tiran o se lanzan al suelo (Figura 35) (168, 180, 140).



**Figura 34. Cosecha semimécánica:
Pértiga con navaja y bolsa**



**Figura 35. Cosecha semimécánica:
Escaledora**

Fuente: McGuire, I. (165)

1.2. Operaciones básicas después de la cosecha

Después de la cosecha, se deja que el látex se escurra. Los mangos se colocan en huacales de plástico o cartón (Figura 36). No se utilizan cubetas, ni bolsas, ni sacos, ya que éstos pueden provocar daños mecánicos. Los mangos cosechados se protegen, tanto en el huerto como en la empacadora, de la luz, el sol, el viento y la lluvia (168).



Figura 36. Envasado del mango en cajas de cartón

Fuente: McGuire, I. (165)

Una vez que los mangos llegan al área de envasado, se les corta el tallo hasta un tamaño de 6 mm, se seleccionan por tamaño y estado de madurez y se descartan aquellos inmaduros, pequeños y dañados. Los frutos seleccionados se colocan en agua (con 100 ppm de hipoclorito de sodio) para lavarlos y retirar los restos y manchas de látex. Dependiendo del destino final del mango, éste puede exponerse a otros tratamientos para el control de antracnosis (168, 180).

Los mangos se colocan dentro de tubos de agua sobre camiones para lavar la savia que exuda del extremo del tallo. En el área de envasado, los frutos pasan de los tubos a recipientes, seguido de la selección. Se envasan y se mantienen a 12.78 °C para su transporte y distribución (180).

Comúnmente se utilizan huacales de madera para empacar y transportar los mangos, sin embargo durante el transporte, las astillas pican el fruto causando daño y su consecuente deterioro. Además que al estar los mangos expuestos a una ventilación excesiva su calidad disminuye debido a la pérdida de agua y de color. Por lo que se prefiere empacar los mangos en cajas de cartón CFB (Carton Fiber Box) con capacidad de 5 o 10 kg (232).

Los mangos se empacan colocando una o dos capas de mangos en cartones con espacios individuales en forma de panal de abejas, con cierre automático y con una resistencia de 250 a 275 lb/in². También se utilizan una cajas de cartón de fibra creado por el CISH de la India conocido como CFB (Figura 37) (232, 168). Estas cajas CFB cuentan con ventilación y agarraderas de onificio. Se recomienda utilizar una capa de pedazos de papel sobre el cartón para acojinar a los frutos. También cada mango debe envolverse en papel periódico y colocarse en los espacios del cartón con el fin de reducir el daño mecánico ocasionado por la fricción entre los frutos (168) y así, alcanzar características comestibles óptimas durante el proceso de maduración. También se utilizan revestimientos interiores de polietileno de baja densidad (LDPE), los cuales ayudan a mantener la humedad (232). Las cajas se ponen sobre tarimas o paletas de 1 x 1.20 m con un máximo de 120 cajas para facilitar su manejo y transporte (168, 49).



Figura 37. Cajas de cartón CFB

Fuente: McGuire, I. (1985)

1.3. Transporte

Dependiendo del destino final del mango, existen diferentes formas de transporte. Cada una de ellas presenta condiciones específicas para evitar la pérdida de calidad del producto. En el caso de transporte aéreo, se utilizan tarimas en lugar de contenedores, ya que en estos últimos puede ocurrir una acumulación de etileno y calor que aceleran el proceso de maduración y por lo tanto disminuyen su vida de anaquel. Si el mango se transporta vía marítima (Figura 38), se utilizan contenedores frigoríficos (Figura 40) en lugar de tarimas. Dentro del contenedor se apilan las cajas lo que permite la ventilación del producto y mantener una temperatura homogénea dentro del contenedor (168). Finalmente, si el mango es para consumo local, se utilizan camiones (Figura 39). Desafortunadamente los camiones utilizados para llevar al mango del huerto al mercado, no son apropiados ya que ejercen presión en el fruto, no tienen controles de temperatura, ni protegen al fruto contra condiciones climáticas adversas (232). El uso de camiones frigoríficos para transportar mango a destinos lejanos o de exportación es lo más adecuado, debido a que se disminuyen las pérdidas postcosecha (Figura 40) (232).



Figura 38. Transporte Marítimo

Fuente: Reefer (228)



Figura 39. Transporte Terrestre

Fuente: Lodom Co. Ltd. (150)

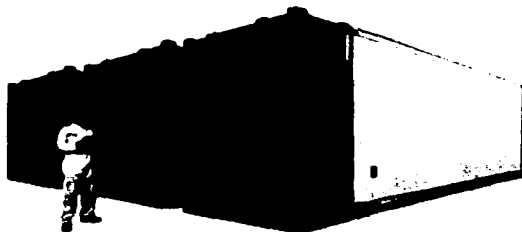


Figura 40. Contenedores

Fuente: Lodom Co. Ltd. (150)

Los diferentes tipos de vehículos frigoríficos deberán garantizar la conservación de las características sanitarias de los productos. Los vehículos deberán contar con las siguientes características.

- Enfriar por aire forzado
- Construidos con materiales resistentes a la corrosión como acero inoxidable y aluminio
- Lisos con prepintado y de fácil limpieza
- Herméticos, impermeables y aislados con poliestireno expandido y poliuretano inyectado
- Con controles de temperatura y remoción de etileno y CO_2 .

(125, 227) (Figura 40)

1.4. Almacenamiento

El almacenamiento es esencial para extender la vida de anaquel de las frutas, para regular su abastecimiento en el mercado y para transportarlas a lugares distantes. Los mangos maduros verdes, se pueden conservar desde 4 hasta 10 días dependiendo de la variedad. Su vida de anaquel puede extenderse si se almacenan a bajas temperaturas, a atmósferas controladas (CA), o a presiones bajas; o bien, si se les aplican tratamientos químicos (232).

En esta sección se describirán todas las tecnologías utilizadas para el almacenamiento de mangos incluyendo sus principios y condiciones.

1.4.1. Sistemas de refrigeración

En general se define la refrigeración como cualquier proceso de eliminación de calor. La refrigeración es la única forma de conservar los alimentos en su estado fresco original (74).

Los sistemas de refrigeración se han empleado como una tecnología que tiene por objeto la conservación de un producto agrícola para garantizar que la calidad inicial no desmejore a través de su vida útil (49). La aplicación de bajas temperaturas retrasa el proceso de maduración sin afectar la calidad del producto (170, 124).

Es muy importante durante el almacenamiento, considerar las condiciones óptimas de temperatura, humedad relativa y la sensibilidad del mango al etileno. Es bien conocido que almacenar a una temperatura menor a la crítica, causa daño por frío, lo que disminuye su calidad. De igual manera, un aumento mínimo en la concentración del etileno (1 ppm) puede acelerar el proceso de maduración y por lo tanto disminuir su vida postcosecha. Finalmente, durante el almacenamiento refrigerado, la unidad frigorífica atrae la humedad del aire, ocasionando una deshidratación de los productos. Por lo que, humedades relativas altas alrededor del fruto disminuyen la tasa de deshidratación y mantiene su humedad (124, 23, 74).

1.4.1.1. Preenfriamiento

Para asegurar al máximo tiempo de almacenamiento, con pérdida mínima de calidad, el producto deberá ser enfriado hasta la temperatura de almacenamiento tan pronto como esto sea posible después de que haya sido cosechado (74). La finalidad del preenfriamiento es reducir rápidamente el calor del campo o temperatura inicial del fruto, a su temperatura de almacenamiento (232, 49). El preenfriamiento de los frutos previene un aumento en la temperatura de la cámara de refrigeración si al llegar el fruto se encuentra caliente. De tal manera que los mangos cosechados se preenfrian a una temperatura de entre 10 y 12 °C para después almacenarlos a una temperatura adecuada, la cual depende de la variedad del mango (232, 74).

Esta operación se puede llevar a cabo tanto en el huerto, utilizando baños de agua fría, como en las plantas procesadoras, utilizando cámaras de pre-enfriamiento. El hidrogenfriamiento consiste en inundar o asperjar al producto con agua fría o bien por inmersión y agitación en un baño con agua fría. La inundación se logra regando al producto con un suministro de agua fría que cae por gravedad desde un depósito dispuesto en la parte superior, mientras que para la aspersión se utilizan aspersores (74). Otro sistema común es la utilización de cámaras con control de temperatura, en donde el aire debe circular libremente entre las paletas. La utilización de cámaras con sistemas de aire forzado, es más eficiente (168).

La descripción típica de un sistema de enfriamiento consiste de una unidad enfriadora aislada, una unidad condensadora, una unidad de remoción de etileno, ventiladores que distribuyen uniformemente el aire forzado a través de la fruta empacada, y un termostato o sensor que controla la temperatura del sistema (49, 126).

En los centros de distribución se utilizan cámaras frigoríficas modulares, las cuales usan temperaturas de media a baja. Tienen un aislamiento térmico de poliestireno expandido y poliuretano inyectado (Figura 41) (211).

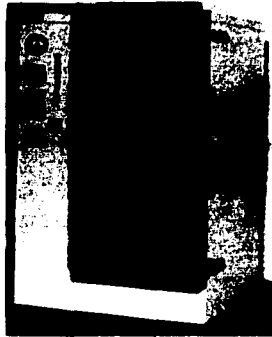


Figura 41. Cámara modular

Fuente: Cámaras con atmósferas controladas (46)

Cuando los productos van a trasladarse a grandes distancias para su almacenamiento, el mismo deberá ser preenfriado y embarcado en un transporte refrigerado (74). Si los mangos son transportados por aire y llegan a su destino final en 2 o 3 días después de ser cosechados, entonces es aconsejable pre-enfriarlos, aunque no es esencial. Sin embargo, mangos que son transportados marítimamente deben ser pre-enfriados antes de cargar los contenedores (168).

1.4.1.2. Refrigeración

El objetivo principal de la refrigeración es retardar el proceso de maduración utilizando temperaturas bajas (170). Debe reconocerse que la refrigeración simplemente retrasa el proceso natural de maduración y que de ninguna manera restaura la buena condición de un producto ya deteriorado. No puede obtenerse un producto de buena calidad si inicialmente su calidad es mala. Por lo que sólo mangos en buen estado deberán aceptarse para su almacenamiento (74).

La temperatura óptima para el almacenamiento a temperaturas de refrigeración depende de la variedad, siendo generalmente entre 10 y 15 °C. Generalmente, los frutos verdes pueden ser almacenados por 3 o 4 semanas en buenas condiciones (232, 123) a una temperatura de 12-13 °C y humedad relativa (HR) de 85-90%. Estas condiciones permiten mantener la calidad del fruto y lograr una maduración satisfactoria cuando los

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

mangos son transferidos a una temperatura más elevada (166). Este criterio depende de la variedad, estado de madurez del fruto en el momento de la cosecha y la temporada de cosecha. Si se almacenan frutos con madurez de consumo parcial o total, la temperatura empleada es 10 °C (132). Los frutos que se encuentran con madurez de consumo total, toleran temperaturas más bajas que aquellos frutos en estado verde (166, 167).

Esta operación se realiza en cámaras refrigeradas con control de temperatura y con corrientes de aire forzado. Estas cámaras pueden ser utilizadas para operaciones de preenfriamiento (Sección 1.4.1.1 de este capítulo).

La instalación de los almacenes frigoríficos externos incluyen cimientos, una estructura metálica de zinc prefabricada, espuma de poliuretano como material aislante, concreto reforzado en el piso, techos metálicos con impermeabilizante y, sistemas de control automático de temperatura (Figura 42) (78).



Figura 42. Cámaras de refrigeración: construcción

Fuente: East Ref Oy, Co. (78)

El mango al ser un fruto tropical, es sensible de sufrir daño por frío cuando se almacena a temperaturas bajas, lo que ocasiona que el fruto pierda calidad y se deteriore rápidamente (168, 170, 180). Durante el almacenamiento a bajas temperaturas se deben seguir controles de calidad estrictos a fin de disminuir el deterioro y la pérdida de calidad (168). Determinar la temperatura crítica (la temperatura más baja de almacenamiento en donde no se

presenta ningún síntoma de daño por frío) es muy importante en el almacenamiento a bajas temperaturas. El daño por frío se puede prevenir utilizando diferentes tratamientos postcosecha que serán descritos en el apartado de tecnologías coadyuvantes al frío. (232)

1.4.2. Atmosferas controladas

La utilización de cámaras frigoríficas para el almacenamiento de frutas ha sido un primer paso para su conservación durante un periodo de tiempo prolongado. Con la refrigeración, no obstante, ciertas variedades no pueden ser conservadas de modo satisfactorio, ya que son variedades sensibles al frío. Una manera de mantener la calidad de esta clase de frutas es usar almacenamientos con atmósferas controladas (AC), como una tecnología coadyuvante al frío. Las bases de la tecnología de atmósferas controladas (AC) fueron establecidas por Kidd y West (133). Estos autores confirmaron el efecto beneficioso de AC (bajos niveles de O_2 y elevados de CO_2), en prolongar la conservación de manzanas. De ahí se empezó el desarrollo de las AC para alargar la vida de anaquel de otros frutos, incluyendo al mango (133).

La utilización de atmósferas con concentraciones elevadas de CO_2 y bajas de O_2 pueden disminuir la tasa respiratoria, así como reducir la producción de etileno, resultando en aumento en la vida de anaquel del fruto al retrasar su proceso de maduración (170, 132, 8, 105, 34, 276).

La eficacia de las atmósferas controladas para aminorar los síntomas por daño por frío depende de la variedad, las concentraciones de O_2 y CO_2 , así como del momento de la aplicación del tratamiento y su duración. El uso de atmósferas controladas para aliviar el daño por frío necesita ser evaluado para cada variedad de mango y para cada cultivar (290, 291).

Un almacenamiento con temperaturas bajas (12-13 °C con HR 90%) combinado con atmósferas controladas es más eficiente que sólo utilizando refrigeración: 2-4 semanas en aire, 3-6 semanas con AC, dependiendo del cultivar y del estado de madurez del fruto (132).

La exposición a menos del 2 % de O_2 y/o a más de 8% de CO_2 , puede inducir alteración del color de la piel, pulpa grisácea y sabor desagradable debido a que el fruto realiza una respiración anaeróbica (formación de etanol y aldehidos). Atmosferas controladas con 5% de O_2 y 10-25 % de CO_2 reducen eficientemente la producción de etileno durante tres semanas en frutos almacenados a 12 °C, sin afectar su proceso de maduración en atmósferas con aire. La utilización de AC es ampliamente utilizada en transporte de mangos por vía marítima (170, 132, 33).

La alteración microbiológica de los productos alimenticios es consecuencia del crecimiento de microorganismos que producen efectos indeseables en color, textura, sabor y olor, llevando a la imposibilidad de comercializarlos a precios atractivos. Generando adecuadas concentraciones de gases se inhibirá el crecimiento de la mayor parte de las bacterias que provocan alteraciones en los productos (228). Concentraciones reducidas de O_2 (0.5%), por si solo o en conjunto con altas concentraciones de CO_2 (50%), son utilizadas para controlar insectos en productos agrícolas (304). Actualmente es muy común en México, la utilización de AC con propósitos insecticidas en contra de la mosca de la fruta en mangos, sobre todo en aquellos frutos que son exportados a Estados Unidos en donde las restricciones cuarentenarias son muy estrictas (33). Yahia y Tiznado (304) encontraron que mangos 'Keitt' almacenados por 5 días a 20 °C en un flujo constante de una atmósfera de 2% de O_2 , balanceado con N_2 , no producía daño en el fruto ni en su calidad organoléptica, ni en su proceso de maduración (Figura 43) (33).

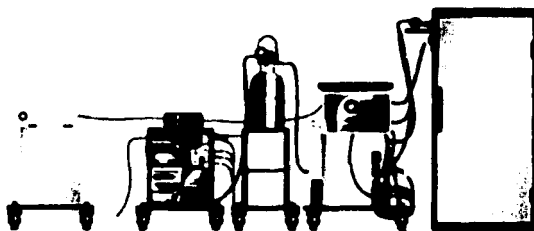


Figura 43. Máquina de Atmósfera Controlada para Alimentos Frescos

Fuente: Reeler (228)

También se considera almacenamiento con AC, a las cámaras de maduración. La calidad del mango puede mejorar si el mango se madura en cámaras herméticas con controles de

temperatura (160). La temperatura óptima para la maduración del mango varía entre variedades y origen del mango, aunque en todos los casos se encuentra entre 20 y 25 °C. Temperaturas mayores entre 25-30 °C ocasionan sabores extraños y moteado en la piel. Un método ampliamente utilizado para lograr una maduración uniforme del mango es exponiéndolo a etileno, ya sea directamente de los cilindros o indirectamente por liberación de etefón (ácido-2-cloroetil fosfónico), cuando se utiliza como generador catalítico. El acetileno liberado por el carburo de calcio tiene un efecto similar. La aplicación de etileno inicia y sincroniza el proceso de maduración. Los mangos verdes al ser expuestos al etileno, desarrollan completamente su color en 7-10 días dependiendo del grado de madurez, mientras que, los frutos no expuestos tardan entre 10 y 15 días (168).

En Yucatán, Centurión *et al.* (52), trataron mangos 'Kent' que no habían logrado llegar a su color rojo-verdoso característico de los mangos maduros y que los hacen poco atractivos al consumidor, con diferentes concentraciones de etefón. El tratamiento más efectivo fue con 1500 ppm de etefón, el cual tuvo un efecto positivo sobre el color de la piel del mango debido a que causa la degradación de la clorofila. También se modificaron los contenidos de sólidos solubles, azúcares reductores, carotenoides, vitamina C y acidez (52, 198).

El tratamiento con gases se lleva a cabo en cámaras, en donde se colocan los mangos por 24 horas a una temperatura de 20 a 25 °C y con una HR entre 90 y 95% (Figura 44). Las concentraciones de gas durante la exposición van de 10 a 100 ppm (0.001 a 0.1%) de etileno y 1000 ppm (0.1%) de acetileno. Durante este periodo, las concentraciones de los gases se controlan ajustando los flujos de descarga o el volumen de etileno liberado si se utiliza etefón. Estas cámaras herméticas deben tener una circulación de aire adecuada que permita una distribución uniforme del gas a través de la cámara. Se debe evitar la acumulación de CO₂ y mantenerse por debajo del 1%, ya que de lo contrario, éste reduce el efecto del etileno, además de que ocasiona daños al fruto, afectando su maduración (132). Se recomienda una aplicación de etileno y un cambio de aire cada cuatro horas (168). Utilizando estas condiciones el fruto se madura entre 5 y 9 días, dependiendo del cultivar y estado de madurez (132). Si el mango requiere de una exposición a etileno mayor a 24 horas, se considera que el fruto fue cosechado prematuramente y no puede ser comercializado (Figura 44) (168).



Figura 44. Cámara de maduración

Fuente: East Ref Oy. (79)



Figura 45. Generadores de etileno

Fuente: Banana Rite. (21); The Easy-Ripe Generator (20)

En particular, la mosca de la fruta ha sido sujeta a cuarentena federal en nuestro país, esto ha respondido más que a un control interno de la plaga, a las presiones norteamericanas en términos de mecanismos de control sanitario que se convierten en barreras no arancelarias a las exportaciones mexicanas. Debido a esta situación se están desarrollando tecnologías para el control de insectos y de enfermedades (254)

En México, es común la utilización de atmósferas controladas para reducir la incidencia de ataque de insectos en mangos durante su almacenamiento postcosecha. Ortega y Yahia (195) investigaron los efectos sobre la calidad y las lesiones producidas durante el

almacenamiento del mango 'Manila' con atmósferas controladas (50 kPa de CO₂ y 0 kPa de O₂, a HR del 50%) y temperaturas de 40 a 49 °C seguido de un enfriamiento con agua y almacenados por 10 o 20 días a 20 °C, 80% HR. Ellos encontraron que el mango 'Manila' puede tolerar un tratamiento con atmósferas controladas sólo a temperaturas menores de 44 °C (195).

Yahia (300, 302) investigó el uso potencial de las atmósferas insecticidas (0.5% de O₂ y 50% de CO₂) en mango. Las atmósferas insecticidas estimulan un cambio en las actividades de los ciclos glicolíticos y tricarboxílicos, así como un ligero aumento en la actividad de las enzimas alcohol deshidrogenasa (ADH) y piruvato descarboxilasas (PDC) en el mango, sin embargo no causa ni daño en la fruta, ni cambios organolépticos desagradables durante la exposición a dicha atmósfera durante cinco días (301, 303, 304, 305, 300, 302).

1.4.2.1. Tipos de cámaras de atmósferas controladas

1.4.2.1.1. Cámaras de conservación con atmósferas controladas

Son cámaras frigoríficas, suficientemente estancas a los gases, provistas de dispositivos para equilibrar su presión con el exterior y para regular y mantener la mezcla gaseosa que se desee en su interior (especialmente los contenidos de oxígeno y de CO₂) (105).

1.4.2.1.2. Cámaras de maduración acelerada

Cámaras provistas de elementos de calefacción, humidificación y homogeneización de su ambiente interior, así como, de emisión en el mismo de gases estimulantes del proceso de maduración de frutas, principalmente enriqueciendo la atmósfera con oxígeno y empobreciéndolas en CO₂ y empleando temperaturas superiores a la de conservación (105).

1.4.2.1.3. Cámaras de desverdizado o maduración artificial

Cámaras destinadas a dar color a los frutos mediante la desaparición gradual de los pigmentos verdes o clorofilas y la aparición de los pigmentos amarillos, provistas de elementos de calefacción, humidificación y homogeneización de su ambiente interior y de emisión en el mismo de gases estimulantes de la destrucción clorofílica (etileno con nitrógeno) y empleando temperaturas superiores a las de conservación (Figura 46) (105)

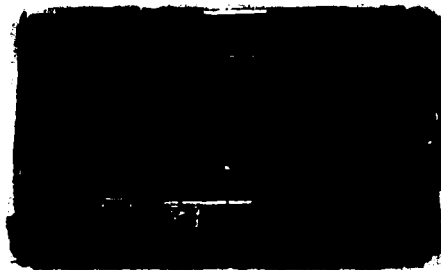


Figura 46. Cámara de desverdizado

Fuente: East Ref Oy. (79)

1.4.2.2. Características de las cámaras

A diferencia de las cámaras frigoríficas convencionales, la conservación de frutas en las cámaras de atmósferas controladas exige un recinto totalmente hermético, con el fin de mantener las mezclas gaseosas en proporción constante (105).

La obra civil exige que estas cámaras se encuentren en un asentamiento diferencial prácticamente nulo, así como evitar salientes, pilares, vigas y puntos inaccesibles en el interior de la cámara que pudieran comprometer su hermeticidad. Es recomendable colocar un pavimento de rodadura impermeabilizante y antipolvo, que en la mayoría de los casos ayuda a la hermeticidad del suelo. Este se debe también aislar. Es indispensable el uso de aditivos en el hormigón en el suelo, a fin de obtener una plasticidad e hidratación más completa (105).

Si la cámara no es **hermética** provoca una inadecuada proporción de gases que puede perjudicar al producto y afectar su proceso de conservación. La capa hermética debe situarse en la cara fría del aislamiento (interior de la cámara). El material ideal que asegure una hermeticidad suficiente, debe ser químicamente neutro, inodoro cuando está instalado, muy estable a las variaciones de temperatura y poco sensible a los golpes mecánicos, además de ser de gran seguridad, resistente al envejecimiento y a la corrosión, así como tener una buena adherencia sobre el aislamiento o la superficie de soporte. Este material debe ser de fácil reparación e indestructible por acción microbiana.

Debe contener el mínimo de juntas o uniones, ya que estas siempre representan un riesgo de fugas (105).

Estas cámaras deben contener una **barrera antivapor**. Los problemas que por una deficiente barrera antivapor pueden presentarse en una instalación de AC, son mucho más graves que en una instalación frigorífica normal. En una cámara de refrigeración convencional, si la barrera antivapor es deficiente, el vapor de agua penetrará a través de la misma y como en la parte fría encontrará la capa hermética, se condensará en el aislamiento o junto a la capa hermética formando bolsas de agua, dañando al aislamiento y a la hermeticidad (105).

Los **aislamientos** que se usan son de corcho y poliestireno expandido. Estos no presentan ningún problema si la barrera antivapor es la adecuada. En un principio, para lograr la hermeticidad, se utilizaron sistemas de capas de emulsiones asfálticas armadas con matt de vidrio, fieltros o telas, planchas de acero soldadas y selladas, láminas de aluminio, poliéster, neopreno o polietileno. Algunos sistemas utilizaban combinaciones de estos materiales. Sea cual sea el material utilizado, el punto crítico se encuentra en los puntos de unión. Como resultado de los cambios de temperatura que ocasionan que la obra civil se contraiga o se dilate, ocasionando roturas o desprendimientos en ella (105, 193).

Las **puertas** de las cámaras tienen que ser de construcción especial, además de ser herméticas y con pernos en el perímetro, para asegurar un estrecho contacto con el marco que garantice un perfecto sellado. Las puertas van provistas de ventanillas de inspección transparentes. Es de gran importancia el sellado del suelo con la base de la puerta, que es donde habitualmente se producen fallas importantes en la hermeticidad

(Figura 47) (105, 264, 265).



Figura 47. Puertas de las Cámaras de Atmósferas Controladas

Fuente: Storage Control Systems, Inc. (266)

Los componentes de una cámara de AC incluyen los siguientes:

- a. **Descarbonizador** que es el que se encarga de eliminar, por procesos químicos, físico o físico-químicos, el exceso de CO_2 producido por los frutos
- b. **Generador de atmósferas controladoras** que se encarga de generar la atmósfera neutra necesaria reduciendo el porcentaje de oxígeno en la cámara.
- c. **Cambiador difusor** que controla la mezcla gaseosa por difusión selectiva. Consta de baterías de difusores compuestos por membranas de elastómero de silicona.
- d. **Válvula equilibradora de presión** que es un dispositivo de seguridad que permite y regula la comunicación con el exterior de las cámaras, evitando depresiones o sobrepresiones peligrosas.
- e. **Otros componentes:** conexiones y válvulas, manómetros y de control de temperatura y humedad relativa, e instalación frigorífica

(Figura 48) (105, 228)



Figura 48. Descarbonizadores para cámaras de AC

Fuente: Stores, Co. (266)

Existen numerosos distribuidores de equipos para AC, los cuales ofrecen sistemas integrales que tienen controles automáticos (228, 266, 46, 79, 21).

1.5. Tecnologías coadyuvantes al frío: Tratamientos postcosecha

El principal problema que presenta el mango es su susceptibilidad al daño por frío durante su almacenamiento a temperaturas de almacenamiento por debajo de 10 °C, lo que limita su vida de anaquel. Los síntomas de los daños por frío en mangos incluyen decoloración y excoiraciones de la piel, madurez no homogénea, poco desarrollo del color y el sabor, aumento de su susceptibilidad al ataque de hongos y por lo tanto su pérdida de calidad (164, 290, 289).

Actualmente se están buscando métodos efectivos para aumentar la tolerancia al daño por frío a fin de almacenar el mango a temperaturas más bajas por periodos más largos sin perder calidad; para hacer almacenamientos mixtos de productos que hasta ahora tiene requerimientos de temperatura de almacenamiento incompatibles, y para utilizar tratamientos de desinfección a temperaturas bajas con menos riesgo de producir daños por frío en el producto (164). Bajo la premisa de que si el daño por frío puede aliviarse, una reducción en la temperatura de almacenamiento reducirá sustancialmente la velocidad de muchos procesos metabólicos y por tanto, se mantendrá una mejor calidad en frutas y hortalizas (290).

1.5.1. Atmosferas modificadas: aplicación de recubrimientos y uso de películas de envase

El uso de recubrimientos con ceras sobre la piel del mango y la utilización de películas de envase, alargan la vida de anaquel de la fruta debido a que crean una atmósfera modificada en el recubrimiento. Además de que pueden retardar la pérdida de agua en el fruto. Esta atmósfera se forma al aumentar, paulatinamente, la concentración de los gases producto de la respiración y del proceso de maduración del fruto, CO₂, vapor de agua y etileno, y la disminución, consecuente, de la concentración de oxígeno, conforme la respiración progresa. De esta manera se forma una atmósfera modificada en el recubrimiento o cera utilizada (170). Por tanto la atmósfera es resultado de la interacción entre la respiración y la permeabilidad del polímero o de las ceras. También es práctica

común mezclar externamente los gases y se inyectan en el envase con ayuda o no de un vacío previo (atmósfera modificada activa) (14). El uso de ceras comerciales y películas plásticas ofrece una alternativa para disminuir los niveles de deshidratación de los frutos durante el almacenamiento (170).

El almacenamiento con AC y atmósferas modificadas (AM) se diferencian entre sí por los sistemas de generación y de estabilización y en el grado de control de la composición de la atmósfera que en AC es más exacto. Además, la técnica de AM presenta ciertas limitaciones en el tipo de mezclas gaseosas que se pueden estabilizar (no es posible obtener el equilibrio mezclas desprovistas de CO_2) (14).

Los beneficios de usar AM incluyen una disminución en la actividad respiratoria, y con ella la velocidad de deterioro del fruto. La disminución en la concentración de O_2 inhibe la maduración; mientras que un aumento en la concentración de CO_2 inhibe la síntesis de etileno. Además limita la incidencia y severidad de los daños por frío. Puede reemplazar el empleo o reducir la dosis de ciertos tratamientos químicos durante la postcosecha (14).

Dentro de los efectos adversos del uso de AM es que se aumenta el riesgo de la aparición o agravamiento de ciertos desórdenes fisiológicos, de una maduración anormal y de la aparición de sabores y olores extraños, debido a la acumulación de etanol y acetaldehído. Existe también una pérdida del aroma y un aumento en la susceptibilidad a los ataques fúngicos cuando el producto sufre una alteración fisiológica debida a concentraciones muy bajas de O_2 o muy elevadas de CO_2 (14).

1.5.1.1. Ceras

El encerado de frutas y hortalizas restringe el intercambio gaseoso y la transpiración de productos frescos y por tanto tiene efectos similares a las películas de envase. El recubrimiento con otras sustancias como el aceite vegetal o emulsiones aceite vegetal-agua, reducen el daño por frío. Estos tratamientos también reducen la pérdida de agua en la fruta, por lo que su efectividad en la reducción del daño por frío se relaciona con el efecto antitranspirante de estas sustancias (291).

Actualmente en México, se ha probado recubrir mangos 'Haden' con Semperfresh y almacenarlos a 13 °C y 85% de HR. Este recubrimiento no tiene efecto en el desarrollo de

la senescencia (50). En la Universidad de Veracruz, Díaz *et al.* (69) utilizaron maltodextrinas, carboximetilcelulosa de sodio, propilenglicol, y una mezcla de ésteres de ácido graso de sorbitan para recubrir mango 'Manila'. Sus resultados muestran que el recubrimiento evitaron la penetración y proliferación de microorganismo de descomposición, además de que no se presentó ningún efecto adverso sobre la integridad y composición química de los mangos. Con estos recubrimientos se logró extender la vida de anaquel del mango tratado por 20 días (71, 69, 70).

También se han estudiado los efectos de la aplicación de ceras y recubrimientos comestibles sobre el sabor del mango, siendo este un factor determinante para su aceptación por el consumidor (19).

Las ceras acuosas parecen aumentar la vida de anaquel del mango, especialmente cuando se utilizan en conjunto con un almacenamiento a bajas temperaturas (12 °C) (170).

Se utilizan ceras vegetales de henequén o agave, caña de azúcar o carnauba (palmera del Brasil) o ceras de petróleo como la parafina, con o sin, lacas o emulsificantes. Estas ceras disminuyen la pérdida de agua del fruto y retrasan el proceso de maduración de una a dos semanas, sin embargo interfieren con el desarrollo de color en la piel (180).

También se utilizan recubrimientos a base de aceites vegetales, sin embargo, han resultado más perjudiciales que benéficos a pesar de que evitan la pérdida de agua, disminuyen la tasa respiratoria del fruto y crean una condición anaeróbica severa que termina por deteriorarlo (170).

El procedimiento para recubrir las frutas se realiza por una inmersión rápida (de 5 segundos a 1 minuto dependiendo de la cera a utilizar) del fruto recién cosechado en una emulsión acuosa (170). De esta manera se logra una cobertura superficial adicional a la cáscara del mango (234)

1.5.1.2. Polisacáridos para recubrimiento

Los recubrimientos a base de polisacáridos retardan el proceso de maduración y por tanto, alargan la vida de anaquel de los frutos (170). Baldwin (18) reportó que existe una disminución en la pérdida de peso y aumento en la formación de etanol en la pulpa del

mango, después de 13 días en frutos recubiertos con TAL Pro-long al 1%. Este método no ocasionó efectos adversos en la calidad sensorial de los frutos, sin embargo hubo un descenso gradual en la acidez titulable y ácido ascórbico, así como, un retraso en el ablandamiento de la pulpa y en el desarrollo del color.

Otros recubrimientos utilizados a base de celulosa son Nature Seal TAM, que también retrasa la producción de etileno en mangos almacenados a 21 °C (18); Brogdex al 10%; Stanfresh MP y Frutiver, que se utilizan para recubrir frutos en un estado de madurez intermedio o para almacenamiento prolongados o para frutos cuyo destino comercial final esté alejado del centro de producción (234).

A su vez, se han estudiado el efecto del recubrimiento a base de polisacáridos y cera de carnauba sobre las atmósferas internas y externas del mango y los factores de calidad durante el almacenamiento comercial simulado a 10 o 15 °C con una HR del 90-99% (19). En este estudio se demostró que ambos recubrimientos disminuían el deterioro del mango y mejoraban su apariencia al proveerles un brillo mayor en la piel del fruto, pero sólo el recubrimiento a base de polisacáridos retardaba la maduración y aumentaba las concentraciones de los compuestos volátiles responsables del sabor. La cera de carnauba reducía significativamente la pérdida de agua en comparación con mangos no tratados y recubiertos con ceras a base de polisacáridos.

También a nivel experimental se ha evaluado el efecto conservador y antimicrobiano del recubrimiento con quitosán en mangos (57).

1.5.1.3. Películas plásticas: Técnica MAP (*Modified Atmosphere Package*)

La conservación en atmósfera modificada mediante envasado en polímeros plásticos (técnica MAP) consiste en envasar los frutos refrigerados en una película plástica, de permeabilidad selectiva a O₂, CO₂, N₂, C₂H₄, H₂O, etc., para conseguir una atmósfera empobrecida en O₂ y enriquecida en CO₂ y vapor de agua alrededor del producto durante su conservación a temperaturas bajas, y así, regular adecuadamente los intercambios gaseosos entre el órgano vegetal y el ambiente que lo rodea, de manera que se genere y establezca una atmósfera modificada favorable para su supervivencia (105).

La reducción del daño por frío utilizando películas de envase se basa principalmente en que las películas plásticas ayuda a mantener altos niveles de humedad relativa y modifican las concentraciones de O₂ y CO₂ en las atmósferas que rodean al producto. La humedad relativa del ambiente de almacenamiento afecta significativamente la velocidad en la cual se desarrolla el daño por frío, y la severidad del daño es inversamente proporcional a la humedad relativa de la atmósfera de almacenamiento (290, 41, 179). El desarrollo del daño por frío se puede retrasar si se aumenta la presión de vapor y se reduce la pérdida de humedad del producto (290, 291).

Los beneficios que otorga el uso de la técnica MAP incluyen los siguientes:

Mantenimiento de una elevada humedad relativa y la consiguiente reducción de las pérdidas de peso y de ciertos daños por frío.

Mejoría en el aspecto sanitario al reducir la contaminación de unos productos a otros y la propagación de podredumbres, lo que contribuye también a la seguridad para el consumidor.

Disminución de las abrasiones y de otros daños mecánicos superficiales.

Individualización de los productos.

(105)

Sin embargo ningún proceso es perfecto, y por tanto las desventajas de la técnica MAP se mencionan a continuación:

- × El proceso de enfriamiento es más lento en el producto envasado que sin envasar.
- × Potencial aumento de la condensación del agua en el interior del envase, con riesgos de favorecer el desarrollo fúngico y defecto de presentación.
- × Imposibilidad de alterar externamente la composición de la atmósfera (excepto por alteración de la temperatura o por la realización voluntaria de perforaciones).
- × Posible aceleración de la descomposición, desarrollo de malos olores y sabores y cambios en la calidad interna del producto
- × Posibles riesgos de migraciones de componentes del polímero plástico al producto envasado

(105)

Los polímeros plásticos utilizados en esta técnica deben reunir las siguientes características

- Permeabilidades requeridas y selectivas para los gases permanentes de aire y vapor de agua.
- Permeabilidad al CO₂ entre 3 y 5 veces mayor a la permeabilidad del O₂, dependiendo de la atmósfera que se desee obtener y de la temperatura de conservación adecuada (105).
- Elevadas transparencia, brillo y propiedades antiempañamiento.
- Peso ligero.
- No tóxicos.
- Resistencia a la rotura y al estiramiento
- Facilidad para sellarse por calor a temperatura relativamente baja.
- Inerte químicamente con el producto.
- Que no produzcan migraciones al producto.
- Buena resistencia térmica y al ozono.
- Buena transmisión de calor.
- Facilidad de manejo y etiquetado.
- Adecuado para uso comercial bajo costo y fácil aprovisionamiento.

(105)

Se utilizan en la actualidad películas de policloruro vinilo (PVC), poliestileno (PS), polietileno (PE) y polipropileno (PP) (170, 105). De estos los más utilizados son el PE y el PP. También se utilizan combinaciones de láminas simples de PE y de acetato de vinil etileno (EVA) Se caracterizan por sus buenas propiedades como barrera al vapor de agua, su permeabilidad a los gases relativamente alta y su buena respuesta al sellado térmico (105).

Las películas plásticas a base de **polietileno de baja densidad (LDPE)**, tienen un **elevado coeficiente de selectividad (permeabilidad CO₂/permeabilidad O₂)**, importante para permitir un descenso en la concentración de oxígeno sin que aumente excesivamente el CO₂ en el interior del embalaje. Las nuevas tendencias de empleo se dirigen a la utilización de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) y de ultra baja densidad (ULDPE) y el que se fabrica basado en la catálisis de PE. Estos últimos tres polímeros tienen una densidad y una permeabilidad al O₂ más uniformes, mayor claridad y transparencia, y mejor sellado térmico, aunque su costo es más elevado que los polímeros convencionales (105).

Cuando se almacenan los mangos a 10 °C en bolsas LDPE, muestran sabor aceptable y mínimos cambios en su composición química después de 21 días (295, 180).

El **policloruro de vinilo (PVC)** tienen niveles moderados de permeabilidad al vapor de agua y pueden ser blandas, claras, longevas, y antiempañantes. Algunas tienen elevadas permeabilidades al CO₂ en comparación con el O₂, lo que las hace especialmente aptas para la generación de atmósferas modificadas. Sin embargo, debido a la dificultad de reciclarlo, a la utilización de aditivos en su fabricación que pueden resultar indeseables para su uso alimentario y por la presencia de cloro en su molécula que con la degradación queda liberado, perjudicando la capa de ozono, se ha limitado su utilización comercial (105).

Estudios realizados con mango señalan que se puede retrasar el desarrollo por daño por frío en mangos envueltos en películas de PVC y polietileno de baja densidad (LDPE), debido a que se crea una atmósfera modificada en el envase (170).

El **poliestileno** es un polímero químicamente inerte, transparente, con elevada facilidad de transmisión de gases y con una permeabilidad al O₂ y al CO₂ adecuada (105).

El **polipropileno** es de naturaleza química similar a la del polietileno, aunque menos permeable que éste a los gases permanentes del aire (hasta diez veces) y al vapor de agua. Es termoestable (105).

La composición gaseosa que se obtiene en el interior del envase para cada producto depende de su actividad respiratoria y por tanto de su estado de madurez y de la temperatura de almacenamiento, así como de las características del envase (tipo de polímero, espesor, superficie y permeabilidad de la película) (105).

Entre las películas más eficientes para retardar los síntomas de daño por frío se encuentra la envoltura encogida (*shrink-wrapping*), que sirve como un exocarpo artificial, y modifica grandemente la composición gaseosa interna y por tanto reduce eficientemente el daño por frío (291).

En mango se han utilizado películas de polietileno microperforado y Xtend Registered, encontrándose efectivas para reducir la incidencia de daños por frío (207).

1.5.2. Radiaciones ionizantes

El gray (Gy) es la unidad que representa la dosis absorbida de radiación ionizante y es igual a 1 J/kg (215).

Los mangos son irradiados con propósitos de desinfección y para retardar el proceso de maduración y el crecimiento fisiológico (263). La dosis de irradiación para aumentar la vida de anaquel del producto reportadas en la literatura son confusas debido a que existe una discrepancia enorme sobre los efectos de la irradiación. Por ejemplo, en la India, se ha reportado que los mangos pueden tolerar una irradiación hasta un máximo de 75 Gy sin ningún daño detectable. De igual forma, en Florida radiaciones de 100 Gy y en Hawai de 1 kGy, no mostraban tampoco ningún daño. No se sabe si estas diferencias en las tolerancias reportadas en la literatura se deben a diferencia entre cultivares, grados de madurez o condiciones locales (169).

Las dosis requeridas para la desinfección oscilan entre los 75 Gy para el control de la mosca de la fruta y 300 Gy para estenlizar a otros insectos. Sin embargo, muchos de estos estudios de irradiación de frutas y hortalizas, enfocados en alargar la vida de anaquel del mango, que utilizan dosis de 1000 a 3000 Gy, generalmente tienen resultados adversos. Como consecuencia, poco se sabe de los efectos a dosis menores de 1 kGy (169).

En varios países, incluyendo Estados Unidos, se ha permitido la aplicación de radiaciones ionizantes que no excedan los 1.000 Gy o 100 krad, con fines cuarentenarios. La aplicación de radiaciones ionizantes alarga la vida de anaquel del fruto, ya que retrasa la maduración, el climateno respiratono y la pérdida del color verde de la piel (36). Algunos investigadores consideran que no existe un retraso en la maduración, sino que ciertos procesos químicos sufren alteraciones al ser el fruto irradiado (170).

En dosis de 250 Gy existe un retraso en la maduración en mangos 'Alfonso' y 'Kent', sin embargo a dosis mayores, el fruto puede sufrir lesiones gnises en la pulpa y manchas

oscuras de la piel, probablemente a un aumento en la actividad enzimática de polifenol oxidasa durante el tratamiento (261)

Desafortunadamente la aplicación de radiaciones a dosis no perjudiciales para el mango, tienen poco o nulo beneficio para alargar la vida de anaquel. Una combinación de irradiación con tratamientos térmico a base de agua a 53 °C o con una solución al 0.15% de 1-[2-(2-4-diclorofenil)-2-(2-propenilo) etil]-1H-imidazol (imazalil) a 53 °C, tiene un efecto sinérgico (222). De igual manera Johnson *et. al.* (109) irradiaron mangos 'Kensington Pride' con dosis de 300 hasta 1200 Gy para reducir enfermedades. Un tratamiento con baños calientes con benomil y procloraz seguido de irradiación, resultó ser efectivo contra antracnosis y pudrición en el extremo del tallo. Sin embargo, a partir de una irradiación de 600 Gy los mangos irradiados presentaban daños en la superficie como manchado de lentecelas, decoloración de la superficie y retraso en el desarrollo del color (109).

1.5.3. Tratamientos Químicos

El uso de sustancias químicas se ha utilizado para alargar la vida de anaquel del fruto, controlar la incidencia de plagas y enfermedades, así como, en algunos casos, ayudar la maduración del fruto, y evitar los daños por frío. Generalmente estas sustancias son aplicadas a los frutos, antes de la cosecha en forma de spray foliar, o como baños calientes con soluciones que los contenga, durante la postcosecha.

La aplicación de sustancias químicas tales como el calcio, aceites minerales, fungicidas y algunos secuestradores de radicales libres, han retardado el desarrollo de los síntomas de daño por frío, debido a que retrasan los eventos secundarios causados por el estrés al frío como son la pérdida de agua, modificación de la composición de los lípidos de la membrana y aumento de las actividades oxidativas (305 291)

1.5.3.1. Tratamientos con sales de calcio

Los efectos de la aplicación postcosecha del calcio se ven reflejados en el retraso de la senescencia y el control de desórdenes fisiológicos en frutas y hortalizas. Los iones de calcio sirven como mensajeros de las células vegetales. La velocidad en que se presenta el proceso de senescencia depende del estado del calcio en el tejido y, al aumentar los

niveles de calcio, se ven afectados varios parámetros de la senescencia como la respiración, el contenido de clorofila y la fluidez de la membrana (209).

La aplicación postcosecha de calcio reduce la incidencia de daño por frío. Hay evidencia de que altos niveles de calcio en los tejidos reduce la susceptibilidad de frutas y hortalizas al daño por frío (305, 291).

Se utilizan tratamientos a base de calcio por infiltración al vacío para retrasar la maduración del mango, ya que se disminuye la producción de etileno del fruto y la tasa respiratoria (170). Se utilizan infiltraciones con soluciones de cloruro de calcio al 2-8% a 115 kPa o a vacío (32 kPa) (310). A veces estos tratamientos lesionan la piel del mango, el daño puede ser aliviado si se aumenta la temperatura de la pulpa o de la solución de cloruro de calcio durante la infiltración a presión, o bien envasado a los frutos en bolsas de polietileno selladas después del tratamiento (310).

La utilización de inmersión de mangos en una solución al 4% de cloruro de calcio a presión reducida (250-500 mmHg) por cinco minutos y almacenados en contenedores a 25 °C en una atmósfera libre de etileno, retardan su maduración por una semana. Y se aumenta su vida de anaquel hasta 27 días si son almacenados a 12 °C. En ambos casos, el mango aumenta ligeramente su contenido de ácido ascórbico (180, 232).

Zambrano y Manzano (312) encontraron que la aplicación postcosecha de calcio en mango cv. 'Haden', extendía la vida de anaquel del mango por una semana. Los resultados indican que la aplicación del calcio retarda ligeramente el proceso de maduración (312).

1.5.3.2. Tratamientos fungicidas

Principalmente los mangos que son exportados a Estados Unidos deben de cumplir con los requisitos cuarentenarios con el fin de evitar la infestación de la mosca de la fruta, desarrollo de antracnosis y otras enfermedades, durante el transporte y almacenamiento. Entre los tratamientos que se utilizan son inmersiones en agua caliente, que pueden ocasionar la deshidratación de la fruta tratada y que se evidencia luego del periodo de almacenamiento (234). Dentro de las normas fitosanitarias que Estados Unidos impone, se establece que los mangos tratados no pueden ser enfriado por debajo de 21 °C

inmediatamente después del tratamiento fúngico, así como tampoco se puede someter a los mangos al tratamiento si éstos no se encuentran a una temperatura de 21 °C (109).

Algunos fungicidas que inhiben el deterioro del fruto, también tiene un valor adicional debido a que reducen el moteado y otros síntomas del daño por frío. Entre estos químicos se encuentran el tiabendazol, benomil, imazalil. Estos fungicidas son más efectivos cuando se aplican a temperaturas elevadas (53 °C) que a temperaturas más bajas (24 °C) (305, 291).

Debido a la alta incidencia de antracnosis en el mango, se han empleado tratamientos térmicos por inmersión del fruto por 15 minutos en agua a 51.7 °C, o por cinco minutos a 55.56 °C. Algunas veces estos tratamientos se utilizan en combinación con sustancias químicas disueltas en el agua como una solución con 250 ppm de hidracida málica, en donde el fruto se sumerge por un minuto y se almacena después a 32 °C, logrando, así, alargar la vida de anaquel de la fruta; sin embargo, no tiene efecto alguno en contra de la pérdida de humedad del fruto (180). Otro método utilizado para el control de antracnosis consiste en sumergir los mangos en un baño con una solución de tiabendazol al 0.05% a 55 °C por cinco minutos antes de la selección (168, 180).

Con el fin de controlar la pudrición por *Alternaria* se utilizan baños con una solución de benomil a 55 °C (180). Otro método de disminuir esta infección es utilizando un lavado a cepillo en agua caliente y utilizar una inmersión en una solución de 900 ppm de precloraz por 15 segundos. Este tratamiento mejora el desarrollo de color en la piel (214). También se han investigado el uso del fungicida imazalil para controlar antracnosis (109).

1.5.3.3. Antioxidantes y secuestradores de radicales libres

Algunos químicos que poseen propiedades antioxidantes o de secuestradores de radicales libres reducen el daño por frío. Ejemplo de estas sustancias son la etanolamina, el etoxiquin y el benzoato de sodio, que mantienen un alto grado de insaturación de ácidos grasos en lípidos polares y por tanto reducen la susceptibilidad al daño por frío (291). Otros ejemplos son la aplicación en postcosecha con dimetilpolisiloxano, aceite de girasol, aceite mineral, hidroxitolueno butilado, y hidroxianisol butilado. Estos dos últimos son secuestradores de radicales libres y previenen la oxidación de los ácidos grasos

insaturados de los lípidos de la membrana y por tanto reducen los desórdenes ocasionados por la exposición del fruto a bajas temperaturas (305, 291).

1.5.4. Tratamientos térmicos

Otras investigaciones indican que la tendencia es utilizar tratamientos térmicos: inmersión en agua caliente (tratamientos hidrotérmicos), aire forzado saturado con vapor de agua, y aire forzado húmedo (con déficit en la presión de vapor de agua). Shellie y Mangan (252) encontraron que el tratamiento utilizando aire forzado saturado con vapor de agua y aire forzado húmedo, son eficientes para matar las larvas de la mosca de la fruta (252).

Jacobi y Giles (101) encontraron que una combinación de tratamientos hidrotérmicos y con vapor para la desinfección y control de enfermedades eran efectivos y no afectaban la calidad de los mangos tratados (101)

1.5.4.1. Acondicionamiento térmico

Los acondicionamientos térmicos, tanto con temperaturas bajas como cálidas, reducen la susceptibilidad al deterioro y daño por frío del mango durante su almacenamiento postcosecha (290). Estos acondicionamientos pueden ser de varios tipos: Acondicionamiento con temperaturas bajas, acondicionamiento térmico con varias temperaturas y acondicionamiento con temperaturas elevadas.

1.5.4.2. Acondicionamiento con temperaturas bajas

El someter las frutas y hortalizas a un tratamiento térmico con temperaturas bajas (ligeramente superiores a su temperatura crítica) afectan significativamente la tolerancia al daño por frío y retrasan la aparición de sus síntomas durante el almacenamiento (291)

Puttaraju y Reddy (216) estudiaron los efectos de diferentes métodos de preenfriamiento en mangos cv 'Mallika'. De acuerdo a este estudio el preenfriamiento de mangos inmediatamente después de la cosecha, retrasa el proceso de maduración, sin afectar la calidad del fruto. El enfriamiento por medio de agua fría (4-5 °C) por 30 minutos reducía significativamente la temperatura del fruto hasta 16 °C y retardaba significativamente el

proceso de maduración, conservaba la calidad del fruto y aumentaba su vida de anaquel por 3 o 4 días (216).

1.5.4.3. Acondicionamiento con varias temperaturas

Un acondicionamiento de dos fases es más efectivo que un acondicionamiento con una sola temperatura (291). Thomas y Oke (274) reportaron que mangos preclimáticos expuestos a un acondicionamiento con temperaturas de 20 °C y 15 °C por 1 y 2 días, respectivamente, podían soportar un almacenamiento a 10 °C por un periodo más largo así como un mejor desarrollo de color en la pulpa y en sus cualidades organolépticas cuando estuvieran maduros, que aquellos acondicionados con una sola temperatura (291, 274). Mc. Collum *et al.* (164) encontraron que la tolerancia del mango a temperaturas de refrigeración puede aumentar durante un pre-almacenamiento a 38 °C durante 24 y 48 horas antes de su almacenamiento a 5 °C por 11 días y sin presentar síntomas de daño por frío cuando eran transferidos a 21 °C para su maduración (164).

El acondicionamiento térmico ocasiona una respuesta de adaptación del fruto al estrés por frío, la cual se debe a modificaciones fisiológicas y bioquímicas. Se cree que el primer síntoma de daño por frío es que los lípidos de la membrana sufren una transición en su orden molecular y presentan un cambio de estado físico. Esta última situación de la bicapa lipídica está determinada, en gran medida, por la composición de los ácidos grasos de los fosfolípidos. La flexibilidad de la membrana se asocia con la proporción relativa de ácidos grasos saturados y no saturados en la membrana de glicerolípidos. Como resultado del acondicionamiento se encuentra un aumento en la instauración de ácidos grasos, resultado de una alteración en la actividad de la enzima desaturasa de ácido graso más que como la biosíntesis preferencial de un fosfolípido individual (291).

La temperatura de acondicionamiento suprime el aumento de la proporción esterol-fosfolípidos durante el enfriamiento. Esta proporción está fuertemente asociada con la viscosidad y permeabilidad de la membrana. También afecta a la licuefacción de la membrana y como resultado, influencia la capacidad del tejido a soportar el estrés por frío. Los tratamientos que suprimen el aumento de la proporción esterol-fosfolípidos tienden a reducir el daño por frío (291).

Un efecto del daño por frío es la peroxidación de los lípidos de la pared celular, que es notorio por una reducción en la proporción de ácidos grasos insaturados. El acondicionamiento térmico funciona como un protector para evitar esta peroxidación de los lípidos de la pared (291).

El acondicionamiento térmico induce la biosíntesis de poliaminas que ayudan a reducir el daño por frío (291). A su vez existe una inhibición de la producción de etileno durante el tratamiento térmico debido a la inhibición tanto de la ACC sintetasa y la ACC oxidasa. La ACC oxidasa recobra su actividad totalmente después del calentamiento, mientras que la ACC sintetasa se recupera sólo parcialmente, pero esta recuperación es suficiente como para permitir que los mangos tratados térmicamente lleguen al máximo de producción de etileno (129).

1.5.4.4. Acondicionamiento con temperaturas elevadas

El acondicionamiento con altas temperaturas favorece la formación de lignina y cicatrización de las heridas por daño mecánico. El efecto protector de este tipo de acondicionamiento está relacionado con la acumulación de proteínas de choque térmico.

Se han desarrollado estudios para evaluar los efectos de los tratamientos térmicos en mango en los últimos años. Ketsa *et al.* (128, 129, 130) trataron mangos con 38 °C por tres días seguido de almacenamiento a 4 °C por tres semanas y posteriormente sometidos a 25 °C para su maduración. En este estudio se encontró que el tratamiento no inhibía la maduración pero sí aliviaba los daños por frío (130).

Los factores a tomar en cuenta para obtener buenos resultados se encuentran los siguientes:

- a Mantener la humedad relativa alta de otra manera existirá desecación del producto (290-291)
- b Controlar la temperatura y los tiempos de exposición a ella, para que no se presente ablandamiento de la pulpa en el mango, lo que tiene una implicación directa con la calidad del producto (103)

Jacobi *et al.* (102) encontraron que un tratamiento con aire caliente (40 °C por 8 horas) es efectivo para aliviar las quemaduras cuando el mango 'Kensington' es tratado

hidrotérmicamente. Mientras más alta es la temperatura del agua de los baños menos lesiones se presentan en el mango debido al tratamiento hidrotérmico. Con lo que se concluye que la temperatura de los baños tiene mayor influencia que el tiempo de exposición para aliviar las quemaduras producidas por el tratamiento hidrotérmico (102).

1.5.4.5. Calentamiento intermitente

Una interrupción de la exposición del fruto a temperaturas bajas con uno o más períodos cortos a temperaturas cálidas, alivian los síntomas de daño por frío (290)

Un almacenamiento con calentamiento intermitente moderado con uno o más períodos cortos a temperaturas cálidas aumenta la vida de anaquel de algunos frutos. Los tratamientos con temperaturas cálidas breves deben hacerse antes de que el daño por frío sea irreversible. Si se excedió el tiempo crítico de exposición del fruto a la temperatura fría y los síntomas de daño por frío se encuentran en la fase irreversible, entonces al elevar la temperatura, sólo se aceleraría el proceso degradativo y el desarrollo de los síntomas de daño por frío. Por el contrario, si el tratamiento térmico se aplica muy pronto o muy frecuentemente, los tejidos se harán excesivamente suaves y vulnerables a heridas o invasión por microorganismos. Por tanto, el exponer el fruto a la temperatura adecuada por un período de tiempo adecuado y en el momento adecuado es esencial para el éxito de los tratamientos térmicos intermitentes (291)

La recuperación de los cambios inducidos por el almacenamiento a temperaturas frías ocurre cuando las temperaturas de almacenamiento se elevan o cuando las frutas son transferidas de una temperatura fría a una cálida. Dentro de los beneficios del tratamiento térmico intermitente es la reducción del deterioro. Se ha encontrado que la dosis recomendada del fungicida benomil podría reducirse al 50%, desde 600 a 300 ppm, sin perder efectividad (291)

Se cree que el calentamiento intermitente remueve las sustancias tóxicas o inhibitorias que se acumulan durante el enfriamiento. Los incrementos de temperatura inducen una actividad metabólica mayor que remueve el exceso de intermediarios y reabastece las deficiencias que se desarrollaron durante el enfriamiento. El calentamiento de los tejidos fríos por períodos cortos ayudan a reparar el daño a las membranas, organelos, o rutas metabólicas. Se presentan rápidos cambios en la actividad de la enzima desaturasa y en

la composición de los lípidos por el uso de temperaturas; ejemplificado con síntesis de ácidos grasos no saturados durante el calentamiento intermitente como resultado de la elongación inducida de los ácidos grasos durante el calentamiento y una desaturación de éstos durante el enfriamiento. Como las funciones de la membrana está muy asociado con el estado físico de los lípidos de la membrana, cualquier aumento en el grado de insaturación de las cadenas acil-grasa de los fosfolípidos puede afectar la fluidez de la membrana y ayuda a la adaptación a bajas temperaturas (291).

Mohammed y Sankat (172) encontraron que el calentamiento intermitente aliviaba el daño por frío en mangos 'Julie' cuando se utilizaban ciclos de 12 h. Estos mangos se mantenían en estado verde por 28 días y maduraban satisfactoriamente (172)

1.5.5. Tratamientos con presión hidrostática

La antracnosis causada por *Collatotrichum gloesporioides* (Penz.) Sacc. Es la más importante enfermedad del mango. El tratamiento más comúnmente usado es la inmersión del fruto con un fungicida. La posibilidad de usar presión hidrostática como un medio alternativo para el control de patógenos postcosecha fue investigado por Como *et al* (54). Ellos trataron el micelio y la conidia de *C. gloesporioides* con 50, 100, 125, 150, 175, 200, 300 y 400 MPa de presión hidrostática, y encontraron que el crecimiento de la conidia era más sensible a la presión hidrostática que el micelio. A nivel ultraestructural, la conidia mostraba cambios morfológicos notables, como la separación de la pared celular de la membrana celular y la ruptura de la membrana nuclear (54).

1.5.6. Aplicación de reguladores de crecimiento

Los promotores e inhibidores del crecimiento influyen una amplia gama de procesos bioquímicos y fisiológicos en los tejidos de la planta. Las modificaciones de estos procesos pueden alterar la tolerancia al daño por frío, y se ha demostrado que la susceptibilidad de los tejidos vegetales al daño por frío se ve afectado por el nivel y balance de ciertos reguladores de crecimiento. Por tanto, una aplicación exógena de algunos reguladores del crecimiento pueden incrementar la tolerancia de los tejidos vegetales al daño por frío (290, 291, 51)

1.5.6.1. Aplicación de ácido giberélico

La utilización de ácido giberélico (GA) en dosis de 100 a 300 mg por litro en forma de spray foliar antes de la cosecha, retrasa el proceso de maduración hasta seis días de almacenamiento a temperatura ambiente (131). Estos frutos presentan menores contenidos de sólidos solubles y carotenos totales, actividad reducida de las enzimas peroxidasa y amilasa, y una proporción baja de sólidos:ácido. A su vez, presentan una acidez total mayor y contenidos más altos de ácido ascórbico en la pulpa y clorofila en la piel que los frutos no tratados.

También se han utilizado la aplicación de nitrato de calcio y cloruro de calcio a concentraciones de 0.6 a 2 % antes de la cosecha, ocasionando un retraso en la maduración durante la postcosecha, disminuyendo la pérdida de peso y las tasas respiratorias (257).

1.5.6.2. Aplicación de ácido abscísico (ABA) y sus análogos

Se ha encontrado que la despolimerización de las redes microtubulares está involucrada con el desarrollo del daño por frío, y que el ABA lo disminuye ya que estabiliza estas redes. Además el ABA puede proteger las plantas en contra del daño por frío inhibiendo la pérdida de glutatión reducido o por su acción como agente antitranspirante (290), así como también, induce la síntesis de proteínas, que están asociadas con un aumento en la tolerancia al daño por frío (299).

1.5.6.3. Aplicación de metil-jasmonato

Los jasmonatos se encuentran representados por el Jasmonato y su ester metílico. Fueron aislados por primera vez de la planta del jazmín. El ácido jasmónico se sintetiza a partir del ácido linoleico. Los jasmonatos tienen muchos efectos como son:

1. Inhibición del crecimiento y la germinación
2. Promoción de la senescencia, abscisión, formación de tuberosidades, maduración y formación de pigmentos.
3. Defensa de la planta por la síntesis de proteinasas.

(153)

González *et al.* (92) estudiaron los efectos del metil-jasmonato sobre los daños por frío y la calidad postcosecha de mangos 'Tommy Atkins'. Ellos encontraron que el metil jasmonato

jasmonato prevenía los síntomas de daños por frío sin alterar el proceso de maduración. La tolerancia al frío fue correlacionada positivamente con una reducción en el porcentaje de fuga de iones en el tejido del mango (92).

1.5.6.4. Aplicación de Triazoles

Algunos reguladores de crecimiento de triazol aumentan la tolerancia al daño por frío:

- a. El paclobutazol [(2RS,3RS)-1-(4-clorofenil)-4,4-dimetil-2-(1,2,4-triazol-1-il)-pentan-3-ol] aumenta la tolerancia al daño por frío, debido a que retrasa la degradación de los lípidos de la membrana.
- b. El uniconazol [(E)-(p-clorofenil)-4,4-dimetil-2-(1,2,4-triazol-1-il)-1-penten-3-ol] aumenta los niveles totales de antioxidantes lipofílicos, α -tocoferol, y ácido ascórbico en los tejidos vegetales. Estos triazoles protegen los componentes de la membrana en contra del daño oxidativo y la peroxidación de lípidos durante el enfriamiento ya que aumentan el mecanismo de defensa del tejido en contra del efecto adverso de los radicales libres producidos durante la peroxidación.
- c. El triadimefón [1-(4-clorofenoxi)-3,3-dimetil-1-(1H-1,2,4-triazol-1-il)-2-butanone], otro triazol fungicida, estimula la producción de ABA.

Los compuestos de triazol inhiben la biosíntesis del ácido giberélico (GB), lo que aumenta la tolerancia a bajas temperaturas de los tejidos vegetales al haber concentraciones bajas de GB y un aumento en la proporción ABA/GB. Por tanto, es posible que estos compuestos de triazol puedan intensificar la tolerancia al frío debido a la modificación del balance de las hormonas de las plantas (291).

1.5.7. Aplicación de poliaminas

Las poliaminas, aunque se encuentran en pequeñas concentraciones, regulan activamente el crecimiento, desarrollo y senescencia de la planta (290). También se cree que las poliaminas pueden actuar como mensajeros secundarios y mediar los efectos de las hormonas vegetales endógenas. Tratamientos postcosecha, antes del almacenamiento con temperaturas bajas, que eleven los niveles de poliaminas en los tejidos reducen el daño por frío. Los tratamientos de acondicionamiento térmico o almacenamiento con niveles bajos de O_2 , aumentan significativamente los niveles de espermina y espermidina, que aumentan la resistencia de la cosecha al daño por frío. Este aumento en la resistencia al daño por frío debido a las poliaminas puede

relacionarse con su actividad antioxidante y efecto estabilizante de las membranas (290, 291).

1.5.8. Almacenamiento hipobárico

El almacenamiento hipobárico consiste en colocar los frutos en un ambiente en el cual la presión, la temperatura del aire, y la humedad están estrictamente controladas. Además, también está muy controlada la velocidad a la cual el aire en el ambiente del almacenamiento cambia. Cada uno de estos cuatro factores actúa tanto individualmente como en combinación con los otros tres para proveer un ambiente excelente para el almacenamiento de productos agrícolas. El único gas que se encuentra en el sistema es el aire, a diferencia del almacenamiento con atmósferas controladas en donde se requiere de otros gases (106).

La presión total en la cámara hipobárica es importante, ya que la concentración de oxígeno es directamente proporcional a la presión del sistema. A presiones menores en la cámara, la presión parcial del vapor de agua tiene un porcentaje mayor en la presión total del sistema y debe ser considerada en calcular el porcentaje de oxígeno, que por consiguiente será pequeño. Estas bajas concentraciones de oxígeno en el sistema tiene un efecto profundo en la velocidad de la respiración de los productos agrícolas durante el almacenamiento, por lo tanto reduce el proceso de senescencia (106).

La presión de la cámara hipobárica se mantiene fácilmente oscilando en ± 2 mm Hg, la concentración de oxígeno se mantiene constante ($\pm 0.05\%$), sin tomar en cuenta la actividad metabólica del producto. Por lo tanto, se requiere que los niveles de oxígeno estén estrictamente controlados para obtener una conservación óptima del producto (106).

El almacenamiento hipobárico o a presiones bajas se utiliza para almacenamientos prolongados de mango. Durante este tipo de almacenamiento se intensifica la difusión de los gases, lo que facilita la dispersión del etileno y provoca la reducción del gradiente de O_2 entre las atmósferas internas y externas del fruto (290).

Al igual que los otros tipos de almacenamiento, ocasiona un retraso en el proceso de maduración, sin efectos adversos, al transferir los mangos a presión atmosférica (760 mm Hg) (33). Morton (180), reporta que en mangos 'Irwin', 'Tommy Atkins' y 'Kent' que

fueron almacenados por tres semanas a 13 °C, humedad relativa de 98-100% y presiones de 76 y 152 mm Hg. maduraron sin efectos adversos a 21 °C y a presión atmosférica normal (760 mm Hg) Los mangos almacenados a 152 mm Hg tardan de 3 a 5 días más en madurar que aquellos almacenados a 76 mm Hg (180).

Las presiones que se utilizan durante el almacenamiento de mango varían entre 60 y 100 mm Hg en almacenamientos a 13 °C y humedad relativa de 98-100% (170).

La respiración está en función de la temperatura y es deseable almacenar el fruto en un punto por arriba de la temperatura en la cual puede presentarse el daño por frío. Esta misma consideración debe tomarse en cuenta durante el almacenamiento hipobárico. Sin embargo, como los sistemas hipobáricos dependen en gran medida de sistemas de enfriamiento por evaporación para eliminar el calor producido por el producto y en el uso de paredes frías para atrapar el calor proveniente del exterior de la cámara, no hay necesidad de sistemas tradicionales de enfriamiento por convección (106). En la sección siguiente se describe un sistema hipobárico comercial.

1.5.8.1. Descripción de cámaras de almacenamiento hipobárico

De acuerdo con el APCTT (*Asian and Pacific Centre for Transfer of Technology*) de la ONU, hay una compañía china (no especificada) que ofrece comercialmente cámaras de almacenamiento hipobarico (280). Estas incluyen cuatro partes: refrigeración, condiciones hipobáricas, almacenamiento y sistemas de control (Figura 46). Los índices técnicos más importantes incluyen

a. Capacidad nominal de almacenamiento:	2000 toneladas
b. Volumen de almacenamiento	5000 m ³
c. Número de unidades de almacenamiento.	20
d. Temperatura de almacenamiento:	-18 a 15 °C
e. Tiempo de enfriamiento	≤ 50 minutos (25 °C a -18 °C)
f. Densidad de oxígeno	< 5%
g. Densidad de dióxido de carbono:	< 0.007%
h. Potencia instalada	433 KW
i. Medio de refrigeración	R717

- j. Modo de pre-enfriamiento: Vacío
- k. Capacidad frigorífica: 1,154 KW (992,000 Kcal/h)
- (280)

De acuerdo a esta compañía, las ventajas que ofrecen estas cámaras son las siguientes:

- a. Periodo de almacenamiento ultraprolongado
- b. Ahorro de energía
- c. Reducción rápida de O_2
- d. Disminución de pudrición por ozono
- e. Eliminación automática de insectos
- f. Almacenamiento simultaneo de diferentes productos
- g. Aumento en la vida de anaquel del producto

(280)

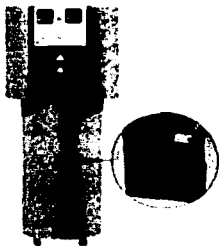


Figura 49. Sistemas de control para cámaras de almacenamiento hipobárico

Fuente: UN Asian and Pacific Centre for Transfer of Technology (APCTT) (286)

2. Procesamiento

La fruta y sus derivados son productos de gran interés en el comercio mundial y constituyen una fuente importante de ingreso para los países productores (16). El desarrollo comercial del procesamiento de frutos tropicales depende de muchos factores, como su disponibilidad en cantidades comerciales, así como la disponibilidad del equipo para recuperar la porción comestible de forma económica, la fuerza y el carácter distintivo del sabor y aroma, el costo de recuperación de la fruta y su consiguiente uso final (201).

Ahora bien, el procesado de frutas pretendió inicialmente prolongar la vida útil de los productos perecederos y conservar en todo lo posible sus características nutricionales básicas. A diferencia de la conservación en estado fresco, en donde el mango se mantiene esencialmente en las mismas condiciones físicas en las que inicialmente se encontraba, los procesos a los que pueden someterse las frutas, dan productos finales con características diferentes a las de la materia original (16).

El procesamiento de mango se deriva de la necesidad de recuperar los costos de producción sobre el mango rechazado para su consumo en fresco por no cubrir con los parámetros de calidad como son tamaño, estado de madurez, forma, peso, etc. Esta situación conlleva dos problemas importantes: la cantidad de fruta disponible para el procesamiento es altamente dependiente del mercado en fresco; y, el criterio de calidad utilizado para el producto en fresco, no necesariamente provee a las empacadoras de frutos con la calidad suficiente para ser procesados (201).

Dependiendo la variedad de mango, la porción comestible puede ser recuperada en forma de trozos de fruta, pulpa, puré o jugos. La forma en la que esta fruta se procesa también determina el producto final en que la fruta debe ser utilizada. Generalmente el mango se procesa en forma de puré, ya que permite una alta recuperación mecánica casi sin la utilización de mano de obra. El puré puede ser procesado en jugos turbios o clarificados (201).

Los mangos se utilizan en cualquier etapa de crecimiento y son procesados de muchas formas. Los frutos verdes pueden ser encurtidos con sal y azúcar (237). Los dos productos más comunes del procesamiento del mango maduro son el puré y el jugo de fruta. Los

purés a su vez son procesados en bebidas, mermeladas, rollos de frutas (cuertitos), confitería, jales, polvos, etc. (158)

En este capítulo, se describirán las operaciones generales previas al procesamiento, así como también se dividirán los productos de mango de la siguiente forma a fin de facilitar la explicación del fundamento del proceso, su descripción y los equipos utilizados:

1. Productos térmicamente procesadas: Enlatados y congelados, purés y ates.
2. Derivados no fermentados de mango: jugos, néctares y bebidas carbonatadas.
3. Derivados fermentados: vinos y licores.
4. Productos deshidratados: láminas de fruta.
5. Productos mínimamente procesados.

(15, 16)

2.1. Operaciones Generales

Las operaciones generales que se realizan previas al procesamiento del mango, incluyen la selección de la fruta, el lavado, pelado, deshuesado y rebanado o cortado (81).

2.1.1. Recepción y selección

Erróneamente se cree que para la elaboración de productos procesados se puede emplear fruta de baja calidad o que no se encuentre en buen estado. Por el contrario, se utiliza fruta de óptima calidad y con el grado de maduración requerido, pero que no cumple con los estándares de calidad (tamaño, estado de madurez, peso, etc.) para el consumo en fresco (81). Las materias primas deben estar constituidas por fruta sana, madura, exenta de heridas y enfermedades (44 205).

La fruta llega a la empacadora en camiones, habitualmente cargados de cajas de distintos tipos, según la susceptibilidad de la fruta al daño mecánico. La fruta se pesa y se hace un muestreo para controlar que la calidad sea la adecuada para la elaboración de conservas (44).

2.1.2. Lavado

Se recomienda que, antes de su procesamiento, la fruta se lave en agua clorada. El agua debe ser de excelente calidad. Existen lavadoras mecánicas para tratar grandes

cantidades de frutas y vegetales que pueden fabricarse localmente utilizando tambores rotatorios que contengan escobilla (81). Algunas veces se utilizan baños de agua caliente en agitación, y chorros de agua fría (189).

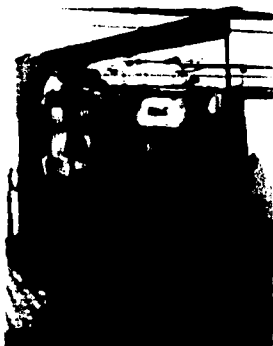


Figura 50. Lavadora mecánica

Fuente: Nirmitee Impex (188)

2.1.3. Pelado, deshuesado, rebanado o cortado

La preparación preliminar de la fruta incluye el pelado, deshuesado, rebanado o cortado. Este proceso debe tener lugar en perfectas condiciones de higiene. El pelado, rebanado o cortado de fruta se realizan con utensilios de acero inoxidable (81).

El pelado de la fruta se realiza tanto por métodos manuales como mecánicos; en todos los casos, resulta necesaria la inspección visual y cierto grado de selección manual, para eliminar restos de piel o imperfecciones. El pelado mecánico es muy costoso y se realiza por abrasión lo cual produce muchas pérdidas, ya que al retirar la piel en las irregularidades, resulta necesario nivelar la superficie de toda la fruta. Se prefiere el pelado sumergiendo la fruta en una disolución caliente (temperatura en el punto de ebullición) de sosa cáustica al 2-10% por 1 ó 2 minutos. Cuando la piel se afloja, se retira mediante chorros de agua que arrastran también los restos de la sosa cáustica (44).

La fruta se corta con picadoras comerciales que funcionan de manera continua que permiten picar, rallar, cortar en cubos, rallar, y desmenuzar la fruta (81).

2.2. Productos térmicamente procesados y congelados

Para poder disponer de fruta a lo largo de todo el año, es necesario recurrir a diferentes métodos de conservación. Estos métodos alteran, con frecuencia, las características de la fruta, en mayor o menor grado. Algunos pueden extender la vida útil durante unas cuantas semanas y otros durante dos o más años. Los métodos comúnmente usados para la conservación durante largos periodos de tiempo son el enlatado, el embotellado y la congelación; la conservación aséptica se utiliza sólo de un modo limitado, para frutas finamente troceadas.

El principal objetivo de los procesamientos térmicos en la tecnología alimentaria es la destrucción de aquellos microorganismos o enzimas que potencialmente pueden causar deterioro en los alimentos o que constituyan un riesgo para la salud pública. Paralelamente a esto se producen otros efectos adversos. Por lo que conocer los tiempos y temperaturas de esterilización es un punto crítico para evitar pérdidas por alteraciones y rechazos de productos (44, 205). A su vez, la congelación, tiene como finalidad disminuir el metabolismo y la fisiología del fruto.

2.2.1. Enlatado

El enlatado es una forma segura y económica de preservar la calidad de los alimentos. Unas buenas prácticas de manufactura incluyen, una selección cuidadosa de la fruta, lavado, pelado, envasado en caliente, ajuste de pH (si es necesario), engargolado y esterilización (283).

Colectivamente, estas prácticas remueven el oxígeno; destruyen las enzimas; previenen el crecimiento indeseable de bacterias, levaduras y hongos; y ayudan a formar vacío en el envase. El vacío ocasiona sellado hermético que restringe la entrada de aire, agua y microorganismos dentro del producto (283). A continuación se describen las operaciones unitarias generales para los procesos térmicos.

2.2.1.1. Operaciones unitarias

2.2.1.1.1. Escaldado

Si el mango va a ser envasado entero, se almacena para facilitar el llenado de los botes que ablanda y disminuye el volumen de las frutas. El llenado en caliente reduce también el tiempo de proceso cuando la penetración de calor es lenta. Entre las desventajas que presenta el escaldado se encuentra la pérdida de nutrientes durante esta operación. Es muy importante acortar el tiempo del escaldado tanto como sea posible. Las pérdidas de nutrientes pueden disminuirse escaldando al vapor, en lugar de hacerlo con agua, ya que así se reduce notablemente las pérdidas por lixiviación (44).

2.2.1.1.2. Elección de los envases

Se utilizan envases no protegidos por lacas, ya que esto facilita el mantenimiento de un color brillante y un aroma más fresco debido a la reacción química entre la fruta y la hojalata. El estaño proporciona a la fruta un color más brillante (44).

2.2.1.1.3. Llenado

Independientemente de que latas se llenen manualmente o mecánicamente deben controlarse regularmente la temperatura del producto al cierre, porque puede afectar a la subsiguiente evacuación y esterilización. Otro factor a considerar es el peso después del llenado. Un llenado correcto no es sólo una exigencia económica, sino también un aspecto técnico importante (44).

2.2.1.1.4. Adición de jarabe

Dependiendo del proceso, los mangos son envasados en jarabes de sacarosa, aunque cada vez se tiende más a utilizar como líquido de cobertura a su propio jugo. El jarabe suele prepararse con azúcar granulado, procedente de caña de azúcar, aunque también se emplean otros azúcares como la glucosa, jarabe de maíz, jarabe de glucosa o azúcar invertido. La concentración del azúcar suele expresarse en grados Brix (°Bx). El jarabe que se utiliza para conservas de mango dependiendo si es dulce o almidado, puede ser ligero (15% de azúcar peso / volumen), medio (22% p/v) o pesado (30% p/v) (44).

2.2.1.1.5. Control del peso escurrido y concentración del jarabe

Al inspeccionar las latas de fruta para determinar su calidad, se mide el peso escurrido de la fruta y la densidad del líquido de cobertura (examen "cut-out"). Si se sabe el peso de la fruta envasada, es posible calcular la concentración del jarabe utilizado. El peso de los "sólidos drenados" de un determinado envase no es constantemente proporcional al peso del llenado, puesto que se ve influido por numerosos factores, como el tiempo y la temperatura de evacuación, la condición de la fruta y la concentración del jarabe (44).

2.2.1.1.6. Sellado hermético

Los envases se cierran colocando la tapa sobre el cuerpo y uniéndola a él mediante un engargolado. El cierre implica dos operaciones de la máquina engargoladora. En la primera, el gancho de la tapa se pliega por debajo del gancho del cuerpo. La segunda operación completa el cierre, presionándolo con la intensidad suficiente (44).

Es muy importante controlar la temperatura del contenido de la lata en el momento de proceder al cierre. El aire incluido en el envase puede afectar el vacío final, que a su vez influirá en la vida útil del producto (44).

2.2.1.1.7. Evacuación de aire y gases

Es el proceso en el cual se elimina del aire y los gases atrapados en el envase, antes de proceder al cierre. Los productos viscosos y semisólidos, a diferencia de los líquidos, pueden contener considerable cantidad de aire atrapado, por lo que su evacuación se vuelve necesario para asegurar la vida del anaquel del producto. Además es de vital importancia eliminar el CO₂, contenido en los tejidos de la fruta, producto de la respiración (44).

El jarabe utilizado como líquido de cobertura se añade tan caliente como sea posible (mayores a 80 °C), para que el vapor generado por el líquido caliente desplace parcialmente el aire del espacio de la cabeza. Es frecuente que antes del cierre se proceda a la evacuación en corriente de vapor. En este caso, la máquina engargoladora inyecta chorros de vapor en el espacio de la cabeza. Así se barre el aire del mismo inmediatamente antes del cerrado, creando un vacío parcial cuando el vapor se condense (44).

La presencia de un vacío adecuado en el envase es indicio de buena práctica industrial (presión interna negativa). El vacío asegura que las tapas y los fondos sean cóncavos, lo que permite una detección visual de los envases con presión interna positiva, debido al deterioro con formación de gas. Los productos de mango procesados, al ser ácidos (pH 3.8-4.2) son muy corrosivos y requiere un vacío elevado para acomodar el hidrógeno que pueda formarse por corrosión (64, 189). Un vacío elevado asegura además un bajo contenido de O₂, lo que frenará la corrosión (44).

El vacío en los envases se suele medir con un manómetro tipo Bourdon, que tiene una aguja hipodérmica afilada que atraviesa una junta de goma. Cuando se presiona manualmente sobre la tapa, la aguja atraviesa la hojalata y la junta de goma actúa de cierre (44).

2.2.1.1.8. Tratamiento térmico

Es la operación más importante del proceso de enlatado, en donde se lleva a cabo la destrucción de las bacterias por el calor. Las bacterias en su forma de esporas requieren temperaturas de 130 °C para ser destruidas. Es de gran importancia asegurar la destrucción del *Clostridium botulinum* cuya toxina es letal (44, 81). Esta bacteria existe en forma de esporas o como células vegetativas. Cuando existen condiciones ideales para su crecimiento, las esporas producen células vegetativas que se multiplican rápidamente y pueden producir la toxina botulínica. Por su naturaleza anaerobia y hábitat ligeramente ácido, crecen en las conservas. Las esporas de esta bacteria son muy resistentes a la temperatura y no se eliminan a temperaturas de ebullición, por lo que es práctica común utilizar un proceso de esterilización a 115 °C con una presión de 15 lb/in² por 20 minutos (283).

El pH juega un papel muy importante durante el tratamiento térmico. En medio ácido (valores inferiores a 3.7), las bacterias no se multiplican y basta con una pasteurización. Este proceso se lleva normalmente a cabo sumergiendo los envases cerrados en agua caliente o vapor a presión atmosférica, durante periodos de tiempo relativamente cortos (44).

El equipo básico utilizado en el ámbito industrial lo constituye el autoclave estático, que puede ser vertical u horizontal. Está provisto de entradas para vapor y agua y tiene

válvulas de drenaje y de evacuación de gases. Los envases se introducen en cajas, que se sitúan en el interior del autoclave, completamente cubiertas por el agente calefactor. Si lo que se utiliza es vapor, debe asegurarse la expulsión de todo el aire, para evitar las posibles bolsas frías en el autoclave, que pueden dar origen a una pasteurización incorrecta de algunos envases (44).

Algunos autoclaves discontinuos están provistos de mecanismo que permiten la rotación del bastidor en el seno del agente calefactor, que reduce el tiempo de procesado, porque la agitación del contenido acelera la transmisión del calor. También se utilizan autoclaves continuos. Estos se hallan equipados con válvulas especialmente diseñadas, que permiten la entrada y salida de los recipientes a la cámara de tratamiento sin alterar la presión del vapor del mismo. Ofrecen considerables ventajas, ya que el tratamiento de los envases es menos variable y exigen menos trabajo manual. Algunos autoclaves continuos someten los envases a rotación a lo largo de la pared del mismo (44).

Tras el procesado, es importante que los envases se enfrien, se sequen y se almacenen correctamente. Deben almacenarse en un área fría, seca y limpia, alejados de la luz solar directa. Deben evitarse los cambios repentinos de la temperatura ambiente, ya que la temperatura de los envases puede ser inferior al punto de rocío de la atmósfera, lo que produciría la condensación que ocasionaría la corrosión de la cara externa de los botes (44).

2.2.1.2. Procesos

A continuación se mencionan y se describen los productos que a través de su procesamiento, sufren tratamientos térmicos.

2.2.1.2.1. Almíbares y Dulces

La diferencia entre los almíbares y los dulces de mango se basa en la concentración de °Bx del líquido de cobertura, siendo de 35 °Bx para el primero y 70 °Bx para el último (80).

Los frutos después de lavados y pelados, se cortan con cuchillos de acero inoxidable en rebanadas. Las rebanadas de mango se escaldan en agua caliente (90 °C) o en la pulpa. Después las rebanadas son transferidas a un almibar en ebullición con 40% de azúcar y 0.3% de ácido cítrico. Las rebanadas se sacan del almibar y se colocan en botellas

limpias. Se les agrega el almibar en ebullición hasta cubrir por completo las rebanadas de mango. Finalmente, los tarros se sellan herméticamente utilizando vapor para eliminar el aire. Los dulces y los almibares se almacenan en un lugar fresco, seco y protegido de la luz. Se mantienen en observación 15 días antes de su distribución y comercialización (Figura 52) (80 :232).

2.2.1.2.2. Puré

Los frutos maduros al llegar a la empacadora, se lavan, se cortan con cuchillos de acero inoxidable (Figura 51). Los pedazos se llevan a las despulpadoras en donde se quitan las semillas, la pulpa y la piel, y pasan a través de dos tamices: uno inicial y el otro final donde las fibras y la pulpa son separadas. El puré obtenido, se envía a la línea de producción a través de tuberías y bombas de acero inoxidable. El puré llega a un tanque de estandarización en donde se ajusta su pH y su contenido de sólidos totales. Finalmente, pasa a un tanque enchaquetado con vapor o a un pasteurizador de placas (188).



Figura 51. Área de cortado

Fuente: Nirmittee Impex (188)

Si el puré se va a concentrar, entonces pasa a un concentrador a vacío. Se establece la concentración deseada en los controles del concentrador y una vez concentrado pasa a la línea de llenado. Si el puré de mango y su concentrado son enlatados, se llenan en caliente a la temperatura de ebullición, pero si los productos serán embolsados asépticamente, entonces se enfrían a temperatura ambiente y se llenan en bolsas cilíndricas asepticas de polietileno. Las latas se esterilizan antes y después del llenado (Figura 53). Tanto las latas como las bolsas se almacenan en un lugar frío y seco y se mantienen en observación 15 días antes de ser comercializadas (44 :88).

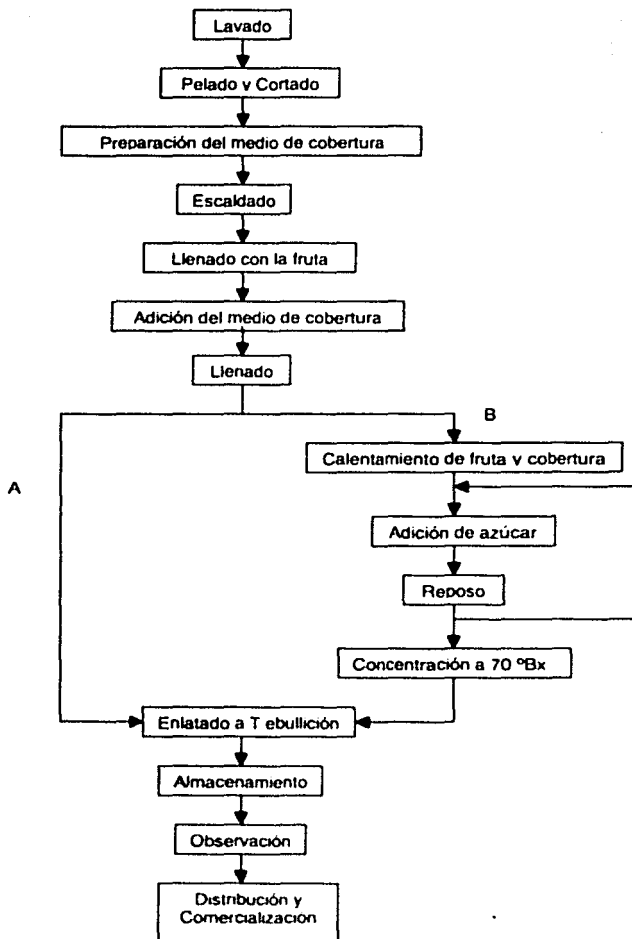


Figura 52. Diagrama del proceso de Almbares (A) y Dulces (B)

(De acuerdo a la información contenida en Ecuarrural y FAO (80))



Figura 53. Enlatado del puré

Fuente: Nirmitee Impex (188)

Los purés naturales obtenidos por este procedimiento tienen un contenido de sólidos totales que va de 15-17 °Bx, aunque aquellos a los que se les adiciona azúcar, tienen de 22-24 °Bx; su acidez expresada en ácido cítrico es de 0.4-0.6 hasta 1% dependiendo de la variedad del mango que se utilice; y su pH oscila entre 3.8 a 4.2 (Figura 54) (64, 189).

2.2.1.2.3. Mermeladas y Jaleas

La mermelada es una mezcla de fruta y agentes edulcorantes, tratada de forma que alcance una consistencia de gel, con o sin la presencia de otros ingredientes permitidos (agentes gelificantes, ácidos, sales tampón y colorantes). La mermelada es una mezcla autoestable, de fruta y azúcar cocida. Las mermeladas y las jaleas se diferencian entre sí, en que las primeras se fabrican con un 35% del peso total de fruta entera, pulpa de fruta o puré de fruta; en tanto que las jaleas, se fabrican con jugo de frutas generalmente clarificados y se les adiciona mayores concentraciones de pectinas (37).

Casi todas las frutas requieren algún procesamiento antes de su incorporación a la mezcla a utilizar para la elaboración de la mermelada o la jalea. El preprocesado de las frutas implica la selección y el ablandamiento, para facilitar la ósmosis y para dar una sensación bucal satisfactoria al producto final. Es común utilizar frutas enlatadas (Figura 55) (37).

Cuando se han mezclado los ingredientes de la mermelada o jalea, azúcar, fruta y pectina, es necesario evaporar la mezcla. Esto se lleva a cabo en calderas abiertas a presión atmosférica de acero inoxidable. Las calderas son hemisféricas, con una prolongación que evita que se derrame el producto por una ebullición demasiado intensa.

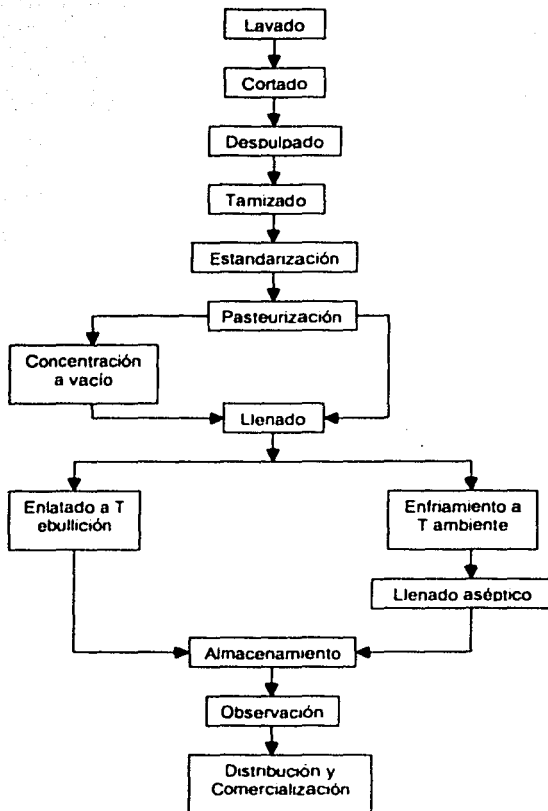


Figura 54. Diagrama del proceso de puré
 (De acuerdo a la información contenida en Burrows, G. (44))

La parte hemisférica de la caldera está provista de una camisa de vapor, para que el calentamiento tenga lugar por condensación de vapor a alta presión. Se puede incrementar la superficie de calentamiento, mediante la incorporación de serpentines de vapor internos (37).

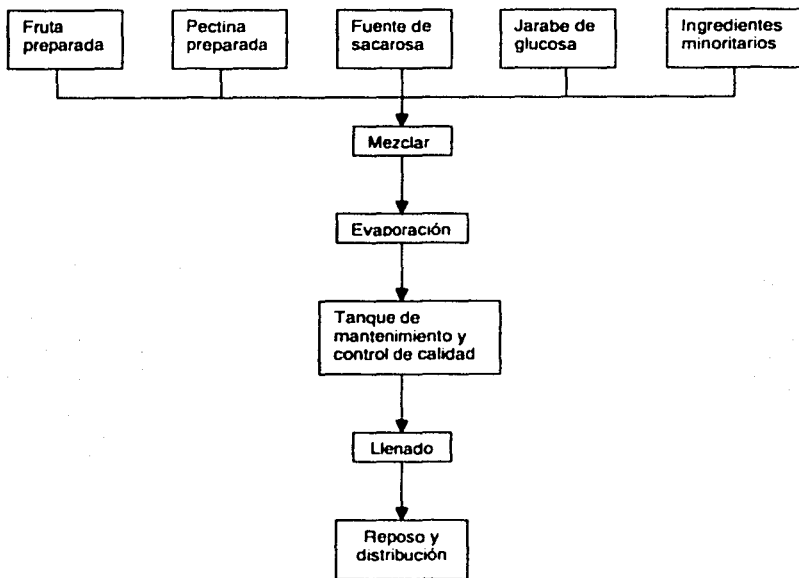


Figura 55. Diagrama del proceso de mermeladas, jaleas y relleno para pasteles

Fuente: Boomfield, R. W. (37)

También es común evaporar a vacío utilizando métodos continuos o discontinuos, o combinados, a presión atmosférica y vacío. Empleando este método se pueden procesar mermeladas tipo puré en evaporadores de placa; si se fabrican mermeladas con fruta, entonces se utilizan evaporadores con intercambiadores de calor de superficie raspada (37).

Una vez evaporado el producto, la mermelada se mantiene en un tanque con agitación lenta. Ahí se realizan pruebas de control de calidad (consistencia adecuada, pH, sólidos totales y temperatura) para asegurar que se tienen las características adecuadas antes del llenado. La agitación lenta de la mermelada, asegura una distribución uniforme de los pedazos de la fruta y además la mezcla se calienta en estos tanques para obtener la temperatura adecuada durante el llenado (85°C) (30, 37).

Las mermeladas y las jaleas se envasan en jarros de vidrio de capacidad variable (30g-900 g), utilizando llenadoras volumétricas de pistón. Generalmente son de tipo pistón multicabeza rotatorio, con velocidades de llenado de 300 o más unidades por minuto. Cada cabeza debe considerarse una llenadora independiente y existen máquinas en la que se ajustan independientemente (37). Una vez llenado, los tarros se voltean y se dejan en observación durante quince días para después comercializarlo.

2.2.1.2.4. Relleno para pasteles

Los rellenos para pasteles son mermeladas o jaleas que se preparan de igual manera que las tradicionales. Sin embargo, la receta y formulación para este tipo de producto están patentadas y se mantienen en secreto debido a que la viabilidad comercial de los rellenos depende de que la gente lo desconozca (Figura 55) (37, 84).

Las mermeladas y jaleas para pastelería se envasan en recipientes grandes, ya sea en cubetas de plástico con tapas termo selladas o en cisternas, generalmente a temperaturas más bajas, para evitar la caramelización del producto. La formulación de estos rellenos es muy importante para que el gel del producto acabado fabricado con ellas tenga la textura y consistencia adecuada. Si las mermeladas para pasteles se envasan en cisternas generalmente se transportan sin terminar el proceso, para que el usuario final, agregue al producto la cantidad necesaria de ácido cítrico en la cantidad adecuada para alcanzar el pH del producto acabado que le permita gelificar a la velocidad que a él le conviene (37).

2.3. Frutas congeladas

Cuando un producto se desea conservar en su estado fresco original por periodos relativamente largos, por lo general, se congela y almacena aproximadamente a -18 °C. La naturaleza y composición del producto a congelar; los cuidados empleados en seleccionar, manejar y preparar el producto que se va a congelar; el método de congelamiento; y, las condiciones de almacenamiento son los factores que regulan la calidad última del producto a congelar (170).

La congelación es un método importante de procesado y se emplea además sustituyendo al sulfitado para conservar la pulpa de mango que se utiliza como materia prima para la elaboración de mermeladas, rellenos para pasteles, etc. Las frutas congeladas

constituyen una materia prima de alta calidad, que ofrece propiedades muy parecidas a las de la fruta fresca (44). Para este proceso, las frutas deberán cortarse estando completamente maduras y deberán procesarse y congelarse lo más rápidamente posible después de su cosecha para evitar cambios químicos indeseables producidos a través de la acción enzimática y microbiana. Para controlar la oxidación en la fruta que se va a congelar, ésta se cubre ligeramente con un jarabe de azúcar, en algunos casos se usa para estos fines ácido ascórbico, ácido cítrico o dióxido de azufre (170).

A diferencia de la esterilización o la pasteurización, la congelación no destruye los microorganismos, pero retarda su crecimiento. Las esporas sobreviven al almacenamiento con congelación y las formas vegetativas dañadas pueden recuperar su viabilidad transcurrido algún tiempo y deteriorar el producto descongelado. La fruta fresca debe hallarse tan libre como sea de microorganismos y se requiere una higiene escrupulosa, para evitar la contaminación cruzada. Es importante manejar rápidamente el material, puesto que las bacterias pueden multiplicarse rápidamente, si hay tiempos muertos entre las distintas etapas del procesado (44).

Antes de la congelación, la fruta fresca se lava, a fin de mejorar su calidad microbiológica y su aspecto físico. Es bueno utilizar un sistema de lavado continuo para minimizar la pérdida de pigmentos y compuestos responsables del sabor, así como también, se debe inspeccionar la fruta, para eliminar las materias extrañas que puedan permanecer adheridas a ella y las piezas dañadas. No se necesita escaldar la fruta antes de la congelación. Pueden someterse a una congelación rápida (IQF), envasarse en azúcar o jarabe de azúcar o transformarse en puré antes de la congelación (44).

Para conservar la calidad, es esencial una congelación rápida por aire forzado, debido a que durante este tipo de congelación se forman cristales pequeños, que por lo general se forman dentro de las células con lo que se reduce grandemente el rompimiento celular (170). Cuando se llega al punto crioscópico en la congelación lenta, los cristales de hielo formados lesionan las paredes celulares y rompen la estructura intracelular, liberando enzimas y substratos, con lo que aumenta considerablemente el ritmo de deterioro del color y el sabor. Es importante que la fruta alcance temperaturas inferiores al punto crioscópico tan rápidamente como sea posible a fin de disminuir el daño en la pared celular (44). Con frecuencia se utilizan congeladores con corrientes de aire que se instalan

en túneles aislados. El producto se lleva hacia los túneles de congelamiento y para su congelación se utilizan transportadores de bandas de movimiento lento (Figura 56). El producto no congelado es colocado sobre el transportador en un extremo del túnel y es congelado durante el trayecto que sigue dentro del túnel llegando congelado al otro extremo del mismo. Otro método consiste en cargar el producto en carros los cuales son empujados dentro del túnel y el producto es congelado a medida que los carros se mueven dentro del túnel congelante para pasar después al cuarto de almacenamiento (Figura 57) (170).

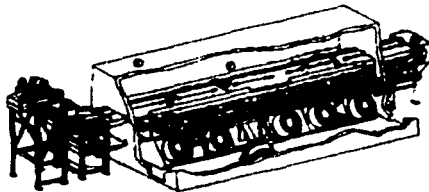


Figura 56. Túnel de congelación continua con banda transportadora de producto

Fuente: Canet, W.; Álvarez, M. D. (46)



Figura 57. Cuartos de almacenamiento

Fuente: Power Cold. (211)

2.3.1. Métodos de congelación

A continuación se describen los métodos de congelar las frutas:

1. *Congelación en cámaras.* Se introduce el producto (en bandejas de plástico o metálicas), en una cámara a temperaturas no superiores a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se deja allí hasta su congelación (Sección 1 4 1 de este capítulo) (Figura 29) (44).

2. *Congelación relámpago.* El producto se envasa y se congela en túneles con una velocidad de aire rápida y a una temperatura de -30 a -40 °C (Figura 56) (44).

3. *Congelación en congeladores de banda en espiral* (Figura 58). El producto a congelar debe encontrarse en un envase definitivo. También pueden congelarse piezas de fruta, especialmente cuando tienen considerable tamaño. Daña menos que la congelación en lecho fluidizado (Figura 59). La fruta es arrastrada por una banda perforada que avanza en espiral, hacia arriba, en una cámara a la que llega aire refrigerado impulsado de arriba abajo por ventiladores (44).

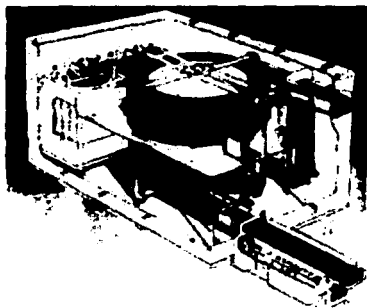


Figura 58. Túnel de congelación con banda transportadora en espiral

Fuente: Canet, W.; Álvarez, M. D. (48)

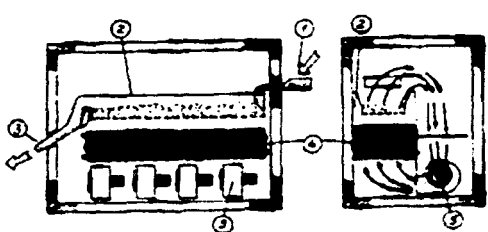


Figura 59. Túnel de congelación de lecho fluidizado.

1: Entrada de producto. 2: Zona de desplazamiento y congelación del producto.

3: Salida del producto congelado. 4: Evaporador. 5: Ventiladores

Fuente: Canet, W.; Álvarez, M. D. (48)

2.3.2. Almacenamiento de productos congelados

Es muy importante para conservar la calidad del producto, mantener un control estricto de la temperatura de congelación, ya que si existen fluctuaciones en la temperatura, los cristales crecen a expensas de otros y adquieren gran tamaño ocasionando la ruptura celular (44).

Se considera que por debajo de -12°C cesa el crecimiento microbiano o se hace extremadamente lento. No se debe permitir la descongelación del producto, porque esto dará lugar al crecimiento de los microorganismos supervivientes. La descongelación seguida de recongelación ocasiona cristales grandes y la subsiguiente ruptura de las estructuras celulares y un producto con textura pobre (44).

Inmediatamente después de la congelación, el producto se sitúa en almacenes frigoríficos a temperaturas de -23 a -30°C . Luego se distribuyen en contenedores aislados, equipados con sus propias unidades de refrigeración. Si no se disponen de unidades de refrigeración, se mantienen las bajas temperaturas utilizando hielo seco, aunque esta solución sólo funciona en transportes cortos. Cuando el producto llega al distribuidor, se almacenan en pequeños lotes en almacenes frigoríficos de tamaño pequeño a temperatura de -18°C (44).

2.4. Derivados no fermentados

La preparación de los jugos de fruta es una práctica muy antigua por lo que su tecnología es ampliamente conocida. Debido a la revolución industrial, la elaboración de jugos de frutas, pasaron de nivel casero o artesanal, a los grandes procesos de industrialización que se utilizan hoy en día (237). A nivel nacional el jugo de mango es ampliamente comercializado, aunque a nivel mundial, se utiliza generalmente en mezcla con otros jugos (237).

Los métodos de conservación de los jugos incluyen el tratamiento térmico, la congelación, la refrigeración, la concentración por evaporación. Es práctica común que los compuestos volátiles del sabor, el agua, y los productos responsables del sabor amargo y ácido, se separen y luego se recombinen para obtener un producto con características fijas. Lo que

queda del mango tras la obtención del jugo, se utiliza por la industria elaboradora de otro tipo de bebidas (237).

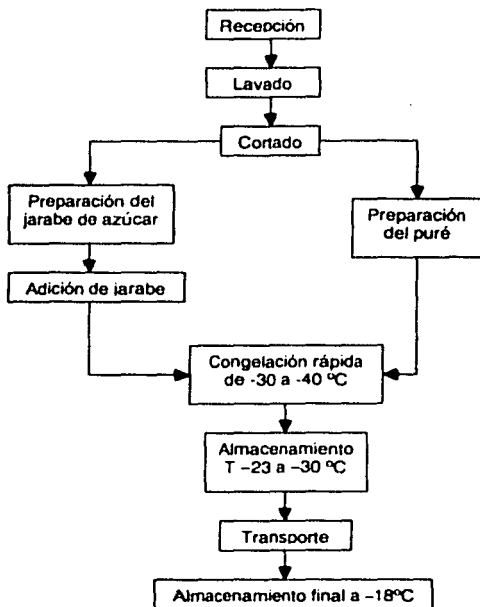


Figura 60. Diagrama de elaboración de productos congelados
(De acuerdo a la información contenida en Burrows, G. (44))

La elaboración del jugo es casi el último eslabón de la cadena de la utilización del mango. Las frutas que se utilizan son aquellas que son rechazadas por el consumo en fresco, por no cumplir con los estándares de tamaño y peso, o bien aquella que no han sido seleccionada para otro tipo de proceso. Es de gran importancia, controlar el grado de madurez del mango, ya que de esta depende el sabor del jugo (237).

2.4.1. Jugo

La pulpa de mango es un producto popular entre los productores de mezclas para la obtención de jugos de fruta mixtos. La pulpa se extrae mediante tratamiento al vapor durante dos o tres minutos, seguido de una trituración gruesa, para desintegrar la fruta, pero sin romper el hueso. Luego, pasa a un separador de paletas, con malla suficientemente fina como para eliminar el material fibroso presente en la porción porosa. Se obtiene una pulpa que se acidifica para su conservación (237).

Los mangos se lavan, se aplastan, para desintegrar la fruta sin romper el hueso. La masa de fruta aplastada, se deposita en el extremo inferior de un extractor de contracorriente, con un flujo de agua de 65 °C circulando a contracorriente de la fruta, que a la entrada se baña con jugo recalentado, para inactivar las enzimas y reducir la carga térmica del sistema. En la criba del fondo, se instala un sistema de barrido que impida la acumulación del material fibroso, que terminaría por bloquearla. En el extractor, el jugo se diluye hasta alcanzar una concentración de un 10% de sólidos solubles, por lo que se precisa recurrir a la concentración para que el jugo alcance la original. El jugo de mango obtenido en el extractor contracorriente puede concentrarse a 30 °Bx sin tratamiento enzimático. Se obtiene así un jugo de mango ligeramente coloreado de amarillo-naranja, de excelente calidad (Figura 61) (237).

2.4.1.1. Recuperación de esencias

La mayor parte de los componentes del sabor y aroma de los jugos tienen puntos de ebullición inferiores al del agua y se consideran "volátiles". Los componentes volátiles se pierden, con el destilado, durante la concentración. En la concentración, el tratamiento térmico se realiza a vacío, utilizando una columna de conos giratorios. Esta columna consta de una serie de placas cónicas, soldadas alternativamente con el eje que gira en el centro y con la pared fija de la columna. El jugo pasa a través de un intercambiador de calor para calentarlo a una temperatura ligeramente abajo del punto de ebullición a la presión de vacío a que la columna opera. Generalmente, se utilizan temperaturas entre 40 y 50 °C. El jugo entra en la columna por la parte superior y desciende por la primera placa, bajo la acción de la gravedad. Cae por el espacio que queda entre la placa y el eje, a la primera placa giratoria, en la que el jugo se centrifuga, siendo impulsado contra la pared de la columna. Este mecanismo se repite a lo largo de toda la columna. Se logra así un área superficial enorme, para la fase gaseosa que entra por el fondo de la columna y se

mueve contracorriente al jugo. La fase gaseosa puede ser aire, nitrógeno o vapor a vacío. Los volátiles son arrastrados por la fase gaseosa y salen por la parte superior de la columna, para su posterior condensación. El jugo sale por el fondo de la columna y es transportado por una bomba (237).

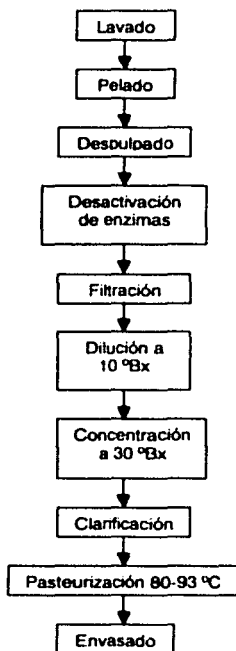


Figura 61. Diagrama del proceso de jugo de mango
(De acuerdo a la información contenida en Rutledge, P. (237))

El tiempo de residencia del jugo en la columna es de un minuto, de manera que el deterioro térmico sufrido es muy pequeño. El jugo es impulsado después al evaporador, para su concentración.

2.4.1.2. Concentración

Esta operación involucra la ebullición del jugo, a vacío, y la eliminación del vapor, por condensación. El evaporador más eficiente es el del de efecto múltiple térmicamente acelerado y con tiempos de residencia cortos (TASTE) (Figura 62). Cada etapa y cada efecto constan de un precalentador, un cono de distribución, un haz de tubos y un separador de líquido y vapor. El jugo recorre el haz de tubos de arriba abajo, por el interior de los mismos; el vapor de las etapas o efectos previos recorre el exterior de los tubos, de abajo a arriba (183).

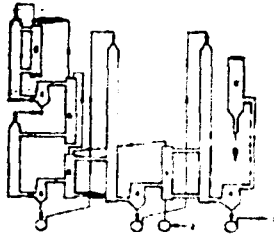


Figura 62. Evaporador de múltiples efectos

Fuente: Rutledge, P. (237)

También existen los evaporadores centrífugos, como el Centritherm de Alfa-Laval, en cuyos tubos de mantenimiento permanece el jugo tiempos muy cortos, de aproximadamente un segundo. El diseño cónico de la superficie de transferencia de calor, en el Centritherm, aumenta el valor en g del concentrado, a medida que crece su viscosidad, por el incremento de la concentración (233).

Los jugos de sabores y aromas delicados, pueden concentrarse por congelación. Durante la congelación se va retirando el hielo, a medida que se va formando en el jugo, con lo que éste va progresivamente concentrándose (270).

2.4.1.3. Clarificación de jugos

Los jugos de mango se clarifican. La etapa inicial de la clarificación consiste en la eliminación del exceso de pulpa por centrifugación en una decantadora o mediante el uso de finalizadores de malla fina. El jugo se clarifica, eliminando pectinas, almidón, gomas, proteínas, polifenoles, cationes metálicos y lípidos, causantes de turbidez antes o

después de los tratamientos conservantes. Existen en el mercado preparaciones enzimáticas específicas para determinados jugos (237).

El método tradicional de clarificación consiste en calentar el jugo a la temperatura óptima de la enzima a utilizar y agitarlo. Una vez que la enzima ha actuado, añadir agentes precipitantes de los taninos. Entre los agentes clarificantes se encuentran la gelatina, la bentonita y la sílica-sol. Generalmente la precipitación de los taninos se da inmediatamente después de la adición. El jugo se decanta y se separa el sobrenadante. Los lodos se filtran a través de un filtro prensa o un filtro de tierra de diatomeas, como los filtros a vacío rotatorios. Actualmente, es práctica común el uso de ultrafiltración de los jugos de fruta. El jugo se trata con las enzimas, para reducir su tendencia a taponar los filtros, y se filtra luego a presión a través de las membranas. Los poros del filtro son suficientemente pequeños como para retener a los taninos y otros componentes, causantes de la formación de turbidez en el jugo clarificado. El rendimiento de la ultrafiltración es de 85-97% en comparación con el 90-93% que se obtiene con la filtración tradicional (Figura 63) (237).

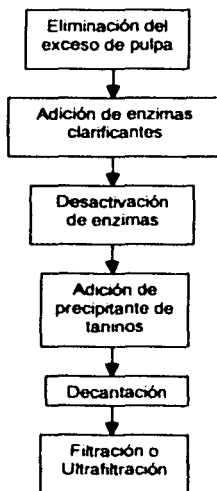


Figura 63. Diagrama del proceso de clarificación
(De acuerdo a la información contenida en Rutledge, P. (237))

2.4.1.4. Métodos de conservación

La conservación va precedida de una eliminación de aire del jugo, para eliminar el oxígeno disuelto o atrapado, que reacciona con el ácido ascórbico y oscurece el jugo. Para ello se nebuliza el jugo en una cámara parcialmente evacuada y se extrae el jugo del fondo de la misma, con una bomba (237).

2.4.1.4.1. Tratamiento térmico

Para pasteurizar los jugos de mango de 30 °Bx, se utilizan intercambiadores de calor de superficies rascadas. Estos intercambiadores de calor constan de un tambor enchaquetado, que puede calentarse o enfriarse. Un rascador barre el producto en toda la longitud y superficie interna del tambor. Este equipo calienta o enfría rápidamente productos de gran viscosidad y con características poco adecuadas para someterlos a tratamiento térmico (237).

2.4.1.4.2. Enlatado

Las pulpas y los jugos de frutas son productos ácidos, con un pH inferior a 4.2 (de no ser así se debe adicionar ácido ascórbico o cítrico). Para inactivar el crecimiento microbiano a estos pH, bastan tratamientos térmicos de 80-93 °C, durante unos segundos. Se utilizan botes de hojalata sin laca, porque el estaño tiene un efecto reductor sobre el jugo. El jugo que se oscureció por proceso oxidativos recupera su color natural bajo la influencia reductora de la reacción estaño-ácido de la corrosión de los envases.

El envase se llena con jugo caliente, se cierra y se enfría a velocidades de 500 botes por minutos. El jugo se calienta en un intercambiador de calor hasta la temperatura requerida, se llena con él el envase, se cierra bajo corriente de vapor, se invierte, para pasteurizar la tapa, e idealmente se enfría bajo chorro de agua. La velocidad ideal para la agitación de envases de 74 mm de diámetro, llenos de jugos no concentrados es de 180 rpm (237).

2.4.1.4.3. Envase aséptico

Técnicamente, el procesado aséptico es un tratamiento térmico similar al enlatado en el que el producto primero se pasteuriza y luego se envasa en recipientes estériles que cierran herméticamente. El sistema Tetra-pak utiliza un intercambiador de calor para pasteurizar y enfriar el jugo con el que se llenan recipientes de cartón, aluminio y plásticos laminados (Figura 63, Figura 64). El material de cartón en que se envasa el producto, entra en

la máquina en forma de lámina, que se esteriliza con una disolución caliente de peróxido; con ella se construye un tubo que se llena, se cierra, se corta y se dobla para formar un envase (237).

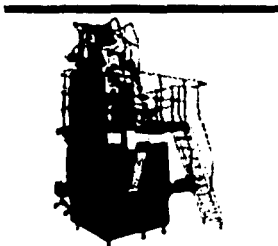


Figura 64. Envasadora aséptica

Fuente: Tetra Pak (271)



Figura 65. Envases asépticos

Fuente: Tetra Pak (271)

2.4.1.4.4. Embotellado

El embotellado se lleva a cabo de un modo similar al enlatado, pero se utilizan recipientes de vidrio. Las botellas pasan, tras su cierre, bajo una nube de agua caliente, para pasteurizar la tapa; aunque también pueden cerrarse al vapor. Las botellas se pasan en chorros de agua que va de caliente a fría para enfriarlas. De esta manera no se rompen las botellas (237).

También se utilizan recipientes de plástico como las de polipropileno, sin embargo son muy permeables a los gases como el O_2 . El jugo se calienta en un intercambiador de calor de placas, hasta $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se enfría antes de llenar las botellas, en la sección de recuperación a $71\text{-}72\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las botellas se aplastan durante el llenado para retirar el aire del espacio de la cabeza y se mantiene a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 10 minutos. Después, las botellas se enfrían con agua. Los materiales de poliéster, como el tereftalato de poliéster (PET), pueden llenarse en caliente, como las botellas de vidrio.

2.4.1.4.5. Conservantes químicos

Los jugos se tratan con dióxido de azufre (100 ppm en forma de metabisulfito de sodio), o una mezcla de ácido sórbico y ácido benzoico (400 ppm en forma de sales sódicas o potásicas de estos ácidos), tiene muchos meses de vida útil a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (237).

2.4.1.4.6. Congelación

La congelación de los jugos se práctica cuando el pH de la pulpa es elevado, o cuando resulta importante conservar un determinado componente del sabor. El jugo se enfría en un intercambiador de calor y se introduce en recipientes de plástico, que se congelan en un congelador relámpago, con aire a una temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. El jugo debe congelarse hasta $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y almacenarse a esta temperatura (237).

2.4.1.4.7. Esterilización por filtración

Existen filtros de membrana para filtrar jugos clarificados tan finamente que se eliminen incluso los mohos y las levaduras que ordinariamente los deterioran. Estos jugos se utilizarán como mosto para la preparación de vinos y se almacenan en tanques estériles (178, 237).

2.4.2. Productos derivados del jugo

El jugo se define como constituido en un 100% por componentes de fruta. Otros productos derivados de la fruta, como el néctar, las bebidas de jugos de frutas y las bebidas no alcohólicas, se definen en términos de su contenido de fruta (237).

2.4.2.1. Bebidas de jugo

Las bebidas de jugo de fruta son jugos diluidos con jarabe de azúcar-ácido. La acidez es del 1% y los sólidos solubles oscilan entre un 10 y un 12%. Como el pH se encuentra entre 3 y 4, las bebidas en cuestión pueden conservarse como los jugos de frutas (237).

2.4.2.2. Néctares

Los néctares son una mezcla de jugo con agua y azúcar. Los sólidos solubles de los néctares pueden variar entre el 25 y el 50%. Estos productos son ácidos y pueden conservarse como los jugos, teniendo en cuenta su viscosidad. Los jugos utilizados para la elaboración de néctares contienen habitualmente toda la pulpa y, en algunos casos, se les puede añadir aún más pulpa (237).

2.4.2.3. Bebidas carbonatadas

A veces contienen jugos de frutas; otras veces no. En general, son una mezcla de jarabes acidificados, coloreados, aromatizados y estabilizados con ácido benzoico (benzoato de sodio). Este jarabe se diluye en agua carbonatada y se envasa en botellas o recipientes

de plástico, a temperaturas de refrigeración, para conservar su contenido carbónico, antes del cierre (237). Estas bebidas se elaboran enfriando y burbujeando el jugo con CO_2 antes de entrar en el carbonatador, en que se carbonata a presión. El jugo carbonatado se envasa en botellas de vidrio, se tapa y pasteuriza a una temperatura de 70°C , a la que permanece durante 10 minutos. Las botellas se enfrían, en el pasteurizador, con baños de agua (237).

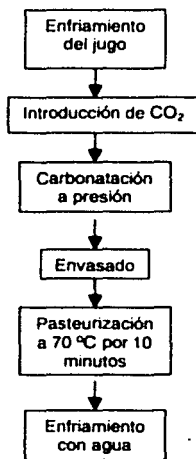


Figura 66. Diagrama del proceso de bebidas carbonatadas

(De acuerdo a la información contenida en Rutledge, P. (237))

2.5. Derivados fermentados: vinos y licores

Dentro de los productos fermentados se encuentran los vinos y licores que se producen a escala industrial. En los últimos años, se ha prestado especial atención a la producción de vinos de frutas tropicales y subtropicales para la producción de vinos: entre ellas, el mango (3, 72). Los vinos de frutas pueden contener aproximadamente 8 a 15 % Vol de alcohol, y pueden o no carbonatarse. Algunos se elaboran a partir de pulpa fresca y jugos parcial o totalmente fermentados. Los vinos de fruta están coloreados y/o aromatizados con jugos no utilizados en su fabricación, aunque es más frecuente que se colorean por medio de la adición de colorantes permitidos en la industria de los alimentos (107).

2.5.1. Vinos

2.5.1.1. Procesamiento de la fruta

Para que el mango sea utilizado en la fabricación de vinos debe contener 11.3 a 15.4 g de azúcar por 100 mL de mango y 2.4 a 6.8 g por litro de acidez (expresada en ácido málico) (183).

Las frutas para la elaboración de vino se seleccionan, se lavan, se maceran o se muelen antes de prensarlas. Antes de la maceración se eliminan los componentes que dañarían el aroma. Tras la maceración, la pulpa de la fruta se prensa, bien en una prensa de marco hidráulica o en una prensa Büchner-Guyer modificada. Es menos frecuente el uso de prensas de tornillo o prensas continuas de cinta. La fruta macerada se trata con una preparación enzimática adecuada, para degradar la pectina e incrementar el rendimiento en jugo. En algunos casos, la pulpa se calienta a 80-85 °C, durante el tratamiento con enzimas pectolíticas antes del prensado. Temperaturas tan elevadas aumentan el color del jugo, estabilizan los antocianos y destruyen las levaduras nativas y otros microorganismos (107).

El jugo que no se va a utilizar inmediatamente puede almacenarse tras añadirle dióxido de azufre a tasas de 1.2 mg/L, habitualmente en forma de dióxido de azufre gaseoso o de metabisulfito de potasio. Alternativa y preferentemente, el jugo se concentra unas siete veces después de la despectinización y clarificación; el contenido puede almacenarse así a temperaturas de 7 a 10 °C hasta que sea preciso usarla (107).

También se utiliza la pulpa la cual se fermenta, facilitando la extracción de los jugos y la clarificación final del vino. Las elevadas tasas de levadura en fruta hacen necesario asegurar la adición de inóculos de levadura pura de gran poder, para competir eficazmente con la población salvaje. Como la pulpa es una fuente de nutrientes más rica que el jugo, la fermentación es vigorosa y no es necesario añadir nutrientes. La fermentación natural es eficaz, pero con frecuencia produce aromas y sabores insatisfactorios y hasta desagradables. En condiciones ideales, la pulpa en fermentación se mantiene bajo la superficie del líquido a fermentar, en tanques especiales, para evitar el contacto de la pulpa con el aire. Si no se usan estos tanques, el CO₂ producido durante la fermentación, la elevará a la superficie, donde se oxidarán rápidamente sus pigmentos y crecerán las levaduras oxidativas. Al término de la fermentación, el vino se filtra y la

pulpa fermentada se prensa, para obtener un líquido rico en alcohol, que es inmediatamente edulcorado y refermentado, aumentando así el rendimiento (107).

2.5.1.2. Fermentación del jugo

La fermentación se lleva a cabo en cubetas de hormigón o acero, también se pueden utilizar barriles de madera de roble o alerce. La cubeta se llena parcialmente con el jugo preparado, al que se le añadió algún azúcar o jarabe de azúcar fermentable (sacarosa). Es necesario ajustar la acidez del jugo mediante la adición de ácido utilizados en la industria alimentaria, o bien, neutralizar la acidez con carbonato de calcio (107).

Los jugos, al ser deficientes de componentes nitrogenados, se les añade componentes nitrogenados como el fosfato diamónico, cloruro de amonio y sulfato o carbonato de amonio a concentraciones que oscilan entre 0.1-0.3 g/L. Se añaden hidrolizados de levadura para proporcionarles vitaminas y esteroides. Las bases a fermentar, preparadas con unos 30 – 150 mg/L de dióxido de azufre, para evitar el crecimiento de cepas de levadura salvaje (107).

El inóculo de la levadura debe haberse preparado en un jugo pasteurizado que contenga aproximadamente 15% de azúcar a 22-25 °C. El cultivo de levadura preparado se añade al jugo base en cantidad suficiente para dar recuentos de 10⁶ células viables/ml, en un volumen equivalente a un 1-10% del total y a una concentración de materia seca de levadura de 12.5 g/l. Normalmente, al jugo previamente se le ha acondicionado a una temperatura de 12-15 °C antes de la inoculación. Durante los primeros días, la temperatura se va elevando gradualmente hasta unos 20-25 °C. En dos ocasiones posteriores, habrá que añadir jarabe de azúcar, antes de que con la fermentación se agoten los carbohidratos fermentables. Según el contenido alcohólico producido y las condiciones de fermentación, el proceso dura 6 a 8 semanas (107).

2.5.1.3. Maduración y envejecimiento

Al final del proceso fermentativo, el vino se separa de las heces para eliminar tanto los sólidos de frutas como levaduras autolisadas. El vino joven no suele haber desarrollado un bouquet definitivo y requiere una maduración antes de su envasado (107).

La maduración de los vinos se lleva a cabo a una temperatura de 7 a 15 °C. Después de dos meses, se trasiega de nuevo, y bimensualmente después, hasta alrededor de un año. Si se pretende producir vino de fruta de alta claridad, deberá trasegarse cada 6 meses, hasta que el producto tenga el grado de madurez que se considere adecuado. Durante la maduración, tiene lugar una fermentación málico-láctica secundaria, pero sólo a temperaturas de maduración más altas. Esta fermentación secundaria convierte el ácido málico y cítrico en láctico y citromálico, respectivamente (107).

El subsiguiente envejecimiento de los vinos es consecuencia de transformaciones químicas y enzimáticas que tienen lugar a lo largo del proceso de maduración y que proporcionan diversos ésteres, alcoholes, aldehídos, cetonas y acetales que, en su conjunto, dan sus bouquet y sabor característico al vino. En este proceso, es particularmente importante la baja cantidad de oxígeno incorporada al vino cada vez que se trasiega y la difusión del O₂, a través de las duelas del barril (107).

2.5.1.4. Procesado final

La etapa final del proceso es la mezcla, el endulzamiento, la aromatización y la estabilización de los vinos. El proceso de mezcla tiene dos objetivos: asegurar la consistencia del carácter del producto y reducir el intenso aroma y sabor característico de ciertos vinos. Los vinos pueden edulcorarse utilizando azúcar o jugos de fruta, el jugo de fruta tienen la ventaja de incrementar el contenido de fruta y sabor "natural" del vino (107).

La clarificación de los vinos antes del embotellado implica el tratamiento con gelatina, albúmen, bentonita, ferrocianuro de potasio o con sales de ácido fítico. Los dos últimos tratamientos pretenden reducir el nivel de complejos de hierro solubles, que ennegrecerían el vino, pero en los vinos de frutas estos tratamientos suelen ser inadecuados. Tras su clarificación el vino se suele filtrar a través de una capa de sílica o una pulpa de celulosa (107). Finalmente el vino sufre una pasteurización relámpago, llenarse en caliente en botellas para proporcionarle un contenido residual de SO₂ (107).

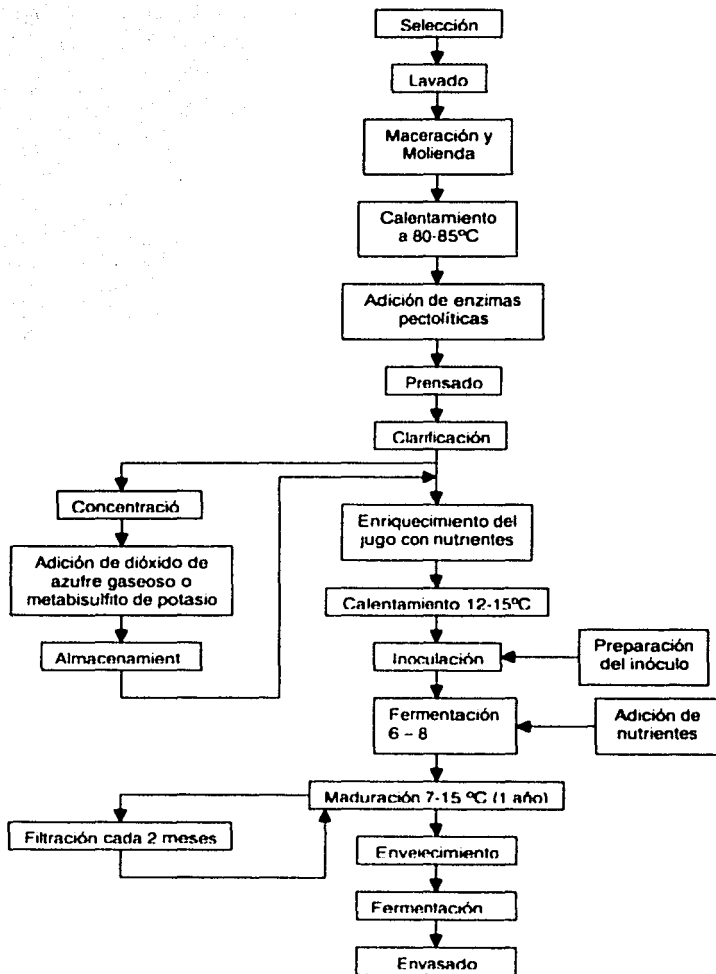


Figura 67. Diagrama del proceso de vino de frutas
 (De acuerdo a la información contenida en Jarvis, B. (107))

2.5.2. Aguardiente y licor

Es frecuente la destilación del vino. Los vinos producidos por fermentación de fruta sufren una doble destilación, para producir una bebida espirituosa hasta con un 70% Vol. de alcohol, aunque en numerosos casos se emplee una sola destilación, permitiendo obtener un producto con una tasa de alcohol del 22-55% Vol. Tradicionalmente, la destilación se efectúa poco después de acabada la fermentación (es decir, sin ningún periodo significativo de maduración) en una alambique de cobre, calentado sobre una llama abierta, o en destiladores dobles de tipo "Charentais". Generalmente, el vino no se ha filtrado y contiene pequeñas cantidades de levadura y otros sedimentos. En un proceso en dos etapas, el primer destilado obtenido ofrece un contenido alcohólico del 28-30% Vol. En la segunda destilación se separan las cabezas y las colas que contienen concentraciones altas de aldehídos y aceites de fusel, respectivamente. La fracción intermedia tiene un riqueza alcohólica de alrededor del 70% Vol (107).

Los productos destilados pueden almacenarse en barriles de roble, durante varios años, para que maduren y desarrollen un bouquet agradable. Para su venta, los productos destilados se diluyen, hasta un contenido alcohólico del 35 al 45% Vol. o se mezclan con jugos de frutas para obtener licores de frutas. La calidad del producto final se ve influida por la de la fruta, la variedad de la misma utilizada para la fermentación inicial, el pH del jugo o de la pulpa, la levadura de la fermentación, la intensidad de la despectinización y las tasas de dióxido de azufre utilizadas en la fermentación primaria (107).

El proceso de los licores de fruta implica normalmente la extracción de la pulpa de fruta macerada en fresco, seca o fermentada, con alcohol agrícola neutro destilado, o con un aguardiente obtenido a partir de un determinado vino de fruta. Sin embargo, algunos productos se obtienen mezclando aguardiente de fruta, o alcohol neutro, con jugo de fruta y añadiendo algún edulcorante. La mayor parte de los productos de este tipo contienen 20 al 28% Vol. de alcohol (107).

En la figura 68 se describe el proceso para la fabricación de aguardiente proveniente de fruta.

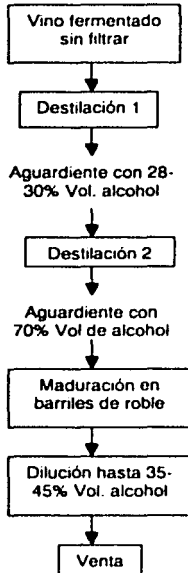


Figura 68. Diagrama de del proceso de aguardiente
 (De acuerdo a la información contenida en Jarvis, B. (107))

2.6. Productos mínimamente procesados

En los últimos años, ha aumentado el comercio de productos procesados en fresco. Estos productos hortofrutícolas están acondicionados para su consumo directo por métodos simples (lavado, deshojado, cortado, partido, troceado, rallado u otros) y envasados en una película plástica, que se conservan refrigerados y generalmente, bajo atmósferas modificadas. El auge comercial se debe a los nuevos hábitos de compra, en preferir productos naturales, frescos, no tratados, sin aditivos, higiénicos, saludables, sanitariamente seguros y de elevado valor nutritivo, así como el ahorro de tiempo para la preparación doméstica (15, 99, 134, 235).

El concepto de producto procesado en fresco o mínimamente procesado se basa en que estos tratamientos producen cambios poco notables, en comparación con el producto en fresco, sobre las propiedades deseables para el alimento y en particular de las propiedades nutritivas, organolépticas y con las relacionadas con su facilidad de utilización o conveniencia. El producto queda sencillamente preparado para su consumo inmediato, con características casi idénticas al estado fresco y con la disponibilidad de toda su parte comestible, con lo que el grado de aprovechamiento por el consumidor es óptimo (15).

A decir verdad, el procesamiento mínimo podría llamarse "procesamiento invisible" (4). Para esta clase de productos, la vida de anaquel microbiana, sensorial y nutricional es de 21 días con una vida mínima de por lo menos 4 a 7 días. Los factores que reducen la vida de anaquel del producto son el oscurecimiento enzimático, deterioro microbiano, decoloraciones blanquecinas (formación de suberina y deshidratación después del pelado) y la senescencia causada por la respiración continua y la producción de etileno. Debido a la preocupación del consumidor sobre su salud, la pérdida de valor nutritivo en el producto se ha vuelto de gran importancia para determinar el valor nutritivo de estos productos (9).

Las denominaciones que reciben estos productos son muy diversas. En Francia, se les conoce como productos de "la cuarta gama" ("4^{ème} Game"); en países de habla inglesa, "mínimamente procesados" ("minimally processed" o "slightly processed"), listos para comer ("ready to eat" o "ready to use"), frescos cortados o recién cortados ("fresh cut") y de la "cuarta gama" ("The 4th Range"); y en países de habla española, "procesados en fresco" (15).

2.6.1. Tratamientos aplicables

La filosofía de la preparación de estos alimentos está basada en la aplicación de tratamientos simples, que eviten, con eficacia, que el producto fresco pierda valor nutritivo y desarrolle alteraciones fisiológicas, así como evitar la presencia de microorganismos patógenos y/o producción de toxinas, que pueden alterar su calidad organoléptica y sanitaria (15).

Estos productos exclusivamente reciben tratamientos físicos de preparación, seguidos de la refrigeración y generalmente de atmósferas controladas, tal vez con algún coadyuvante específico, como por ejemplo cloración y/o acidificación de aguas de lavado, la utilización de nitrógeno o de CO₂, para la generación activa de la atmósfera inicial, o el empleo de eliminadores de etileno, que les permitan permanecer en estado fresco (15).

2.6.2. Materias primas

Actualmente el mercado de estos productos está dedicado a las hortalizas, sin embargo ya se encuentran manzana, pera, kiwi, naranja, tomate, melón, sandía y mango en los mercados europeos y estadounidenses (15).

Se utilizan cosechas idénticas a los que se consumen en fresco o en conservas convencionales, exigiéndose que cumplan con requisitos de calidad bastante estrictos que ofrezcan además, que el cultivo se llevó a cabo con prácticas que aseguren que no hay residuos de plaguicidas ni riesgos sanitarios (247). Se escogen, también, las variedades que mejor soporten el proceso, teniendo en cuenta que la principal vía de alteración se origina por los cortes en los tejidos, lo que destruye las membranas con la subsiguiente degradación de compuestos lipídicos y de las proteínas asociadas, así como la descompartmentación celular, por lo que con facilidad sufren transformaciones enzimáticas indeseables (15).

2.6.3. Aspectos fisiológicos y bioquímicos

Los daños mecánicos que sufre el producto en su preparación (pelado, partido, cortado, rallado, descorazonado, etc.), provocan una inmediata respuesta fisiológica y bioquímica. Los cambios fisiológicos se manifiestan con el aumento en la respiración, en el consumo de ácidos tricarbóxicos, en el transporte de electrones, en la síntesis de etileno y en la transpiración. Los cambios bioquímicos incluyen reacciones indeseables de pardeamiento (actividad de la enzima polifenol oxidasa), ablandamientos (actividad de enzimas pectolíticas, pectinesterasa y poligalacturonas) y la oxidación de sustancias lipídicas (actividad de enzimas lipoxigenasas), así como diversas modificaciones organolépticas y nutritivas perjudiciales como la pérdida de azúcares, ácidos, vitaminas hidrosolubles, compuestos volátiles, degradación de pigmentos, fuga de electrolitos, insipidez, etc. (15, 247).

2.6.4. Preparación de los productos

Las técnicas de preparación de los productos deben proporcionarle su óptimo acondicionamiento respetando solo la parte comestible (para simplificar al máximo la utilización y facilitar su consumo), así como tomar en cuenta su extrema perecibilidad (debido en particular a los agentes microbianos de alteración y a la actividad enzimática), al desproverlos generalmente de sus cubiertas naturales protectoras y por las lesiones producidas en los tejidos. Hay que tener presente que los productos procesados en fresco no reciben ningún tipo de tratamiento, salvo la cloración o menos frecuente, la ozonización, y acidificación de agua de lavado, que posibilite la reducción de su carga microbiana natural o añadida (15).

Las armas fundamentales para luchar contra los procesos degradativos son, por una parte, la perfecta higiene de proceso y por otra, la refrigeración permanente de los productos a temperatura inferior a 5 °C. La higiene de proceso involucra a proteger al producto de contaminaciones secundarias que se producen comúnmente a través de las personas, cortadoras, cuchillos, esponjas o toallas de secado, para lo que se recurre a la aplicación de envolturas plásticas especialmente adaptadas a esta finalidad (Figura 69) (15).

2.6.5. Envasado y AM

Mediante un elevador de cinta, el producto pasa a continuación a la distribuidora de pesada automática en recipientes redondos. Desde los recipientes, el producto cae por el tubo de envasado (ensadoras verticales "flow pack") en las que se va formando el envase a la vez que se llena y a continuación, se termosella y se corta con una doble mordaza, separándose los envases una vez que contienen el producto (15).

La atmósfera inicial del envase suele ser aire (AM pasiva), aunque es cada vez más frecuente inyectar una atmósfera preparada exteriormente (AM activa), generalmente muy pobre en O₂, empleando un barrido de N₂, y con frecuencia enriquecida con CO₂ para facilitar un efecto más rápido de la modificación de la atmósfera sobre el producto así como retardar todos los procesos fisiológicos del producto y evitar el ataque de microorganismos que podrían deteriorar y/o limitar la vida de anaquel del producto (15)

Una vez termosellado el envase, se realiza los análisis de calidad. A continuación los envases se disponen en cajas de cartón, se apilan en tarimas y pasan a las cámaras frigoríficas para un breve almacenamiento a 0 °C (15).

Las atmósferas modificadas extienden la vida de anaquel de los productos e inhiben el crecimiento de las especies de *Pseudomonas*, microorganismos anaerobios responsables del deterioro, sin embargo, permiten el desarrollo de anaerobios facultativos como *Lactobacillus* spp., *Leuconostoc* y *Pediococcus* (conocidos como LAB, bacterias ácido-lácticas). Las atmósferas modificadas integradas con el envasado aseptico, se han utilizado ampliamente en los productos mínimamente procesados (161).

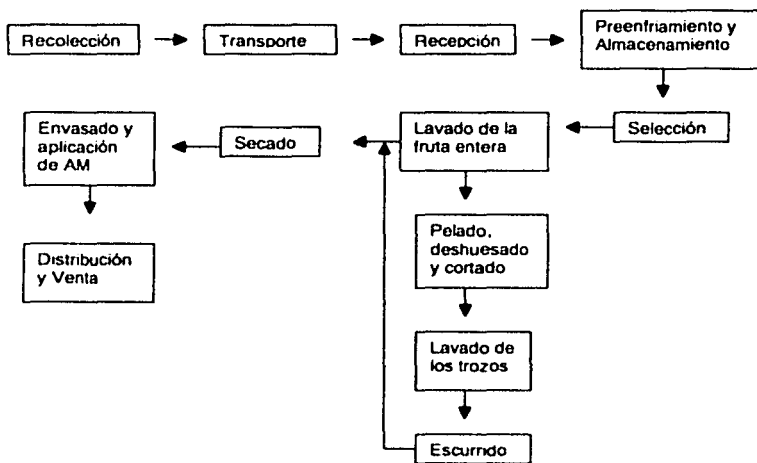


Figura 69. Diagrama elaboración de Productos Mínimamente Procesados

Fuente: Artés C. F. (161)

Un envase apropiado puede mantener la vida de anaquel y la estabilidad del producto de frutas y hortalizas mínimamente procesadas. Un "envase apropiado" se define como " un sistema que protege a los producto perecederos del daño físico causado por el manejo o pestes, temperaturas extremas y humedad atmosférica, o la atmósfera misma en donde están y que puede degradar el producto durante su transporte y almacenamiento". La

mayoría de estos empaques son materiales flexibles, principalmente películas y envases de plástico (182).

Los nuevos sistemas de envasado se basan en bolsas o películas de envoltura prefabricadas. También existen en el mercado charolas con cubierta plástica que utilizan una combinación de películas laminadas ya sea sobre papel o sobre unícel (182).

Los sistemas de envasado más populares y comúnmente usados son los de forma/película/sellado horizontal, forma/película/sellado vertical, charola/cubierta externa flexible y sistemas de llenado con bolsas prefabricadas (182).

Los envases para producto mínimamente procesados requieren de la optimización de los factores físicos, químicos y ambientales. En la tabla 8 se enlistan algunos de los criterios que afectan la selección de los materiales y procesos de envase. La interacción de los envases y de los contenidos es un factor muy importante a considerar, así como también el que provean de una barrera tanto de humedad como de intercambio gaseoso. En la tabla 8 se mencionan las consideraciones que se deben tomar para elegir los materiales y sistemas de envase (182).

2.6.6. Distribución y Venta

Algunas veces el producto no llega a las cámaras de almacenamiento que se encuentran a 1 °C, sino que son transportados en camiones frigoríficos a una temperatura de 1 °C casi inmediatamente después de haber sido envasados y termosellados para su distribución (15).

Las salas de venta suelen disponer de expositores generalmente a una temperatura de 1 a 5 °C. En estas condiciones, el producto tienen una vida de anaquel de 10 días como máximo. El envase debe mencionar la fecha de caducidad del producto (15).

Tabla 8. Criterio para la selección de los materiales y procesos de envase

Factores ambientales	Factores físicos	Factores bioquímicos
<ul style="list-style-type: none"> • Protección al abuso • Requerimientos de Transporte • Protección a las Pestes 	<p>Envase</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forma • Volumen • Permeabilidad a los gases • Reactividad química <p>Aditivos del sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gas • Adsorbentes <p>Catálisis del sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo • Temperatura • Presión 	<p>Producto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Especie • Cultivar • Región de cultivo • Volumen o masa • Proporción Superficie/volumen • Condición • Estado de madurez • Actividad <p>Tratamiento mínimo</p>

Fuente: Myers, R. A. (192)

2.6.7. Mango como producto mínimamente procesado

González, *et al.* (93) utilizaron 4-hexilresocinol con sorbato de potasio y 4-hexilresocinol con ácido ascórbico como inhibidores del oscurecimiento enzimático en mangos recién cortados y envasados en atmósferas modificadas. Estos tratamiento resultaron muy efectivos en contra del oscurecimiento y el crecimiento microbiano, además no afectan las características sensoriales de los mangos tratados. La alta humedad creada dentro del envase aliviaron la resequedad del tejido y fueron un factor importante en la capacidad de las soluciones antioscurecimiento para prevenir el oscurecimiento y el deterioro. Parece ser que el mantenimiento de la calidad de los mangos cortados se relaciona más con las combinaciones particulares de los agentes inhibidores del oscurecimiento que de la atmósfera modificada creada por el envase. Estos autores concluyen que un tratamiento que combine 4-hexilresocinol con sorbato de potasio y ácido D-isoascórbico y atmósferas modificadas se pueden usar para inhibir el oscurecimiento, el deterioro de mango cortado (93).

VII. Oportunidades tecnológicas para el aprovechamiento del mango

1. Productos existentes en el mercado.

Existen una gran variedad de productos existentes en el mercado mexicano (Figura 70). A continuación se mencionan las marcas existentes por cada producto.

- Néctar de mango: Marcas Jumex, Del Valle, Campbells y Boing.
- Bebidas de mango: Marca Boing.
- Yogurt con mango: Marcas Yoplait, Alpura, Danone, Parmalat.
- Mango en almibar: Marcas La Torre, Herdez, La Costeña.
- Ate de mango: Marca La costeña
- Alimento para bebés: Marca Gerber.
- Mango deshidratado: Marca Tostifrutas
- Salsa de mango agridulce: Marca Cocina Mestiza Mexican (producto artesanal).
- Pulpa de mango congelada: Producto artesanal.
- Dulces enchilados secos y con jugo: Productos artesanales.

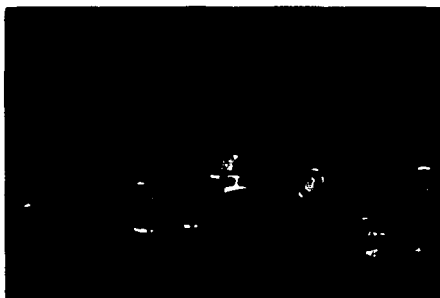


Figura 70. Productos existentes en el mercado en México
(De izquierda a derecha: Pulpa enchilada, ate, yogurt, alimento para bebé,
almibar, salsa agridulce, mango deshidratado, néctar de mango)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. Propiedad intelectual

En relación al mango, las patentes consultadas son internacionales y se centran principalmente en estos temas:

1. Nuevos productos comestibles a base de mango (62, 119, 127, 136, 292).
2. Suplementos alimenticios (119, 190, 275).
3. Medicamentos a base de mango o sus subproductos (223, 293)
4. Varios productos utilizando la piel del mango (100).
5. Métodos de obtención y uso del aceite de la semilla del mango en la industria de los cosméticos (89, 98, 187).
6. Introducción de nuevas variedades de mango, que sean resistentes a enfermedades (59, 286, 287, 288).
7. Nuevos tratamientos postcosecha para alargar la vida de anaquel del mango fresco (176, 306).
8. Equipos para extraer el hueso y semilla del mango (28, 202).
9. Procedimientos para la identificación de genes para la manipulación molecular de la maduración del fruto (38).
10. Uso de aceites esenciales en la industria cosmética (67).
11. Aromatizantes y saborizantes sintéticos (68, 96, 174, 177, 284, 298).

3. Identificación de oportunidades

El mango tiene un gran potencial para el futuro. Sus ventajas principales son su disponibilidad, promoción, y un gran número de variedades disponibles. Debido a su gran demanda a nivel mundial, se han hecho esfuerzos para la mejora genética del fruto que no sólo lo haga resistente a enfermedades como la punta negra o antracnosis, sino también retrasando la maduración, lo que le permitirá una vida de almacén más larga. Nuevos métodos de procesamiento y almacenamiento de frutas para mantener su frescura incluyen irradiación, uso de películas comestibles y recubrimientos, envasado activo, uso de conservadores novedosos y nuevos (como, bacteriocinas, polímeros policationicos, enzimas antimicrobianas), campos eléctricos con pulsaciones de alta intensidad, campos magnéticos oscilatorios, pulsaciones de luz intensa, ultrasonido y presión hidrostática alta. Algunos de estos sistemas están aprobados y regulados, además de que se usan en la industria, mientras que otros continúan desarrollándose y evaluándose para su posible aplicación comercial (99).

También ha seguido la investigación en el área de control biológico de enfermedades (176), y la utilización de etileno para manipular la maduración del fruto (306)

El mango se ha utilizado tradicionalmente, para producir néctares, jugos, conservas, mermeladas y jaleas, purés, encurtidos, bebidas, láminas de frutas, etc.; procesos en los cuales el bagazo, el hueso y la piel (40 -50% del peso total del mango) son desperdicio. Generalmente estos subproductos no son utilizados para producir alimentos humanos, debido a su sabor y textura desagradable. La falta de procesos alimentarios, formulaciones u otras aplicaciones de estos subproductos resulta en una utilización mínima de los mismos. El no buscar opciones para su transformación significa desperdiciar los recursos naturales (112).

Actualmente se están estudiando alternativas para el uso de del bagazo, hueso y la piel ya que tiene varios constituyentes de interés como su alto contenido de aceite, minerales, fibra, vitaminas, carbohidratos y proteínas. Además que la utilización de estos desperdicios significa una alternativa inminente para la falta de suministros de alimentos para la población mundial (112).

Los usos potenciales del mango, tanto pulpa como hueso y piel se resumen en el siguiente cuadro:

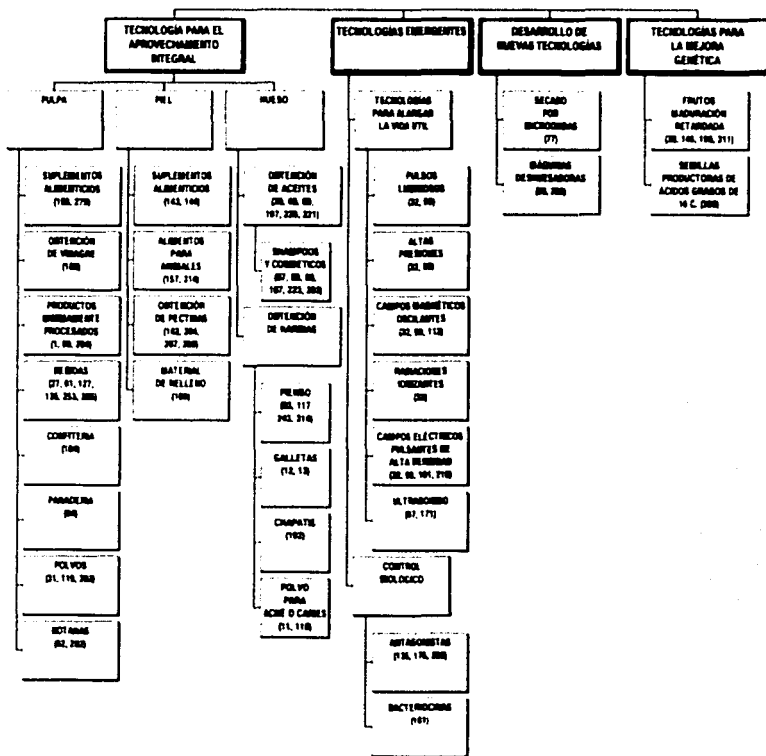


Figura 71. Mapa tecnológico de usos potenciales del mango

3.1. Aprovechamiento integral del mango

Por aprovechamiento integral del mango se entiende el uso de los materiales de desecho de la industria alimentaria como son el bagazo, la piel y la semilla del mango, así como otros usos, no tradicionales, de transformación del mango.

3.1.1 Pulpa

3.1.1.1. Suplementos alimenticios

En Cuba, se ha formulado un suplemento para pacientes que sufren enfermedades degenerativas, tomando como ventajas los componentes activos de la pulpa como son los polifenoles, terpenoides, esteroides, ácidos grasos y microelementos, que son reconocidos por sus propiedades anti-oxidativas, anti-inflamatorias, analgésicas y antiespasmódicas (190).

A su vez, Topping *et al.* (275) patentaron un suplemento alimenticio a base de extractos de fibra libres de sólidos solubles, de dos o más de cualquiera de las siguientes frutas y hortalizas: uva, cítricos, manzana, jitomate, zanahoria, mango, arándanos, papaya, plátano, piña, kiwi, espinaca y melón. Este suplemento tiene un efecto positivo sobre la salud de los intestinos al aumentar los niveles de ácidos grasos de cadena corta en el colon.

3.1.1.2. Bebidas y jugos de pulpa de mango

Se han patentado también diferentes formulaciones para bebidas a bases de frutas, en las cuales uno de los ingredientes predilectos es el mango. Kesheng y Qin (127) patentaron una bebida con alto contenido en proteínas y que además de ser nutritiva, contenía un agradable aroma y un sabor exquisito. Esta bebida contenía del 30 al 75% en peso de jugo de mango natural, mezclado con 15-65% en peso de agua de coco y 5-12% de azúcar. El proceso empieza por el ajuste del pH del agua de coco a su punto isoeléctrico para posteriormente ser mezclado con el jugo natural de mango a una velocidad de 300 a 400 rpm durante 10-30 minutos. Se verifica el contenido de sacarosa, se homogeniza y se esteriliza.

Por su parte, Korn Helmut Ing-Grad (136) patentó la formulación para una malteada con mango y guayaba. Esta bebida contiene leche entera o parcialmente descremada que se

mezcla con 3-15% en volumen de pulpa cortada o jugo de mango y guayaba en proporciones 5:1 y viceversa.

Baocheng (27) patentó una bebida que incluía tres fases:

1. Obtención de jugo de mango, agua y aditivo.
2. Obtención de jugo de naranja, agua y aditivo.
3. Obtención de jugo de limón, agua y aditivo.

Cada una de las fases se mezclan por separado, se pasteurizan a 50-100 °C y se envasan herméticamente. Antes de tomar esta bebida, las tres fases se mezclan proporcionalmente para obtener una bebida en donde se note cada capa de jugo y se dejan reposar 140h (27).

Siguiendo la misma línea de investigación, Shouzhi (253) patentó una formulación para una bebida saludable que consistía en un 5-10% de jalea real, 5-10% de polen, 10-20% de xilitol y 25-40 % de jugo de fruta (naranja, mango, uva, marzoleto y fresa). Todos los componentes se mezclan homogéneamente, se pasteurizan a una presión de 5 kg/cm² y por arriba de 100°C, y finalmente se envasan herméticamente. De acuerdo con el inventor, la bebida tiene muy buen sabor y aroma creado por la mezcla de los diferentes sabores y aromas de los jugos naturales utilizados. Otra formulación experimental disponible fue propuesta por Chauhan (61) la cual era rica en proteínas.

También se está buscando la optimización de los procesos de elaboración de jugos, Vailliant *et al.* (285) estudiaron la microfiltración de jugos de frutas con alto contenido de pulpa como un método económico para la clarificación de jugos. Encontraron que esta técnica no produciría desperdicios o subproductos y tendría un costo menor que los procesos tradicionales de clarificación.

3.1.1.3. Confitería

Actualmente hay una tendencia para incorporar componentes alimenticios naturales en los productos procesados, por lo que los dulces y confites no son una excepción. Del tal manera Nakayama (184) patentó un dulce que contiene una combinación natural de frutas y nueces que es nutritivo y benéfico (Figura 72).

El dulce es elaborado a partir de un concentrado de guayaba, mango, piña y papaya. Primero se extrae la pulpa, se concentra por congelación y posteriormente se reconstituye con agua hasta alcanzar un contenido de 40 a 60% de sólidos. El concentrado de fruta se mezcla en una proporción que va de 5 a 30% en peso con 50 a 90% de un compuesto de cobertura dulce o con sabor a fruta para formar la base de la mezcla, la cual preferentemente contiene entre un 15 a un 25% en peso de nueces enteras pequeñas o nueces picadas. La mezcla final se moldea a mano o se coloca en moldes especiales para dar dulces de un peso determinado. Posteriormente se refrigeran los dulces, y cuando ya estén duros, se envasan (184).

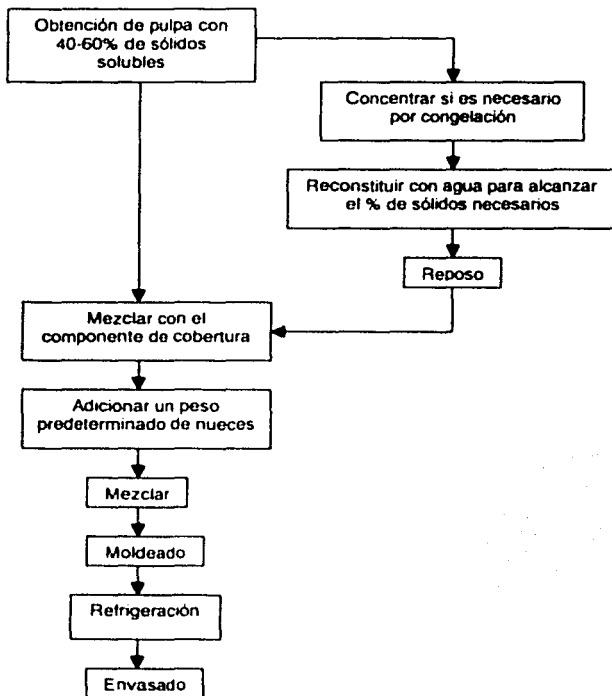


Figura 72. Diagrama del proceso de dulces de mango

Fuente: Nakayama, R. (184)

3.1.1.4. Panadería

La utilización de frutas naturales para la elaboración de hojaldres se encuentra patentado por Elisabeth (84). La formulación incluye harina integral (16%); una de las siguientes frutas (33%): plátano, piña, mango, guayaba, y mamey; huevo (25%); azúcar (16%); grasa vegetal (8%); esencia de vainilla y esencia de la fruta utilizada en el relleno (0.2%); limón (0.5%) y bicarbonato (0.5%).

3.1.1.5. Botanas

La obtención de botanas a partir de sabores frutales está en aumento. Existen patentes de botanas crujientes hechas a partir de diferentes frutas y hortalizas como manzana, pera, chabacano, durazno, piña, mango, papaya y zanahoria. El proceso de estas botanas incluye el lavado, cortado, remojo, escurrido, horneado, moldeado y envasado de estas frutas y hortalizas, para obtener una botana crujiente que conserven el sabor de la fruta u hortaliza utilizada (62).

Unilever Inc. Patentó en 1995, una botana que es estable a temperatura ambiente que utiliza entre otros ingredientes hojuelas de mango deshidratado (22).

3.1.1.6. Polvo de mango

Existen patentes e investigaciones científicas en todo del mundo para la elaboración de polvo de mango (119). El polvo de mango deshidratado se ha utilizado en países africanos para alimento humano y piensos en zonas donde hay escasez de alimentos. Estas harinas son adicionadas con harina de maíz y soya para aumentar el contenido de vitamina A (31).

El método de obtención del polvo de mango fue patentado en 1996 por Wang *et al.* (22). El proceso incluye las siguientes operaciones unitarias, lavado, pelado, deshuesado, despulpado utilizando agua, filtración, homogenización, secado por centrifuga y envasado. A la pulpa se le adiciona 5% de β -CD y 5% de almidón soluble a 60°C antes de la homogenización. Una de característica importante de este producto es que retiene el sabor y color de la fruta original por lo menos un año si el envase se encuentra protegido de la luz y si el contenido del agua está por debajo de 5% en peso.

3.1.1.7. Obtención de vinagre a partir de la fermentación de la pulpa.

Neelima *et al.* (186) evaluaron la factibilidad de producir vinagre por inmovilización de células. El vinagre fue producido por fermentación y oxidación a partir de pulpa de mango utilizando *Saccharomyces cerevisiae* var. *Ellipsoideus Montrachet* y *Acetobacter aceti* NCIM 2094. El vinagre obtenido tenía una acidez final de 5.3 %, era de color amarillo claro, con un sabor afrutado agradable. La eficiencia del proceso fue de 60%.

3.1.1.8. Tecnologías para la calidad de productos mínimamente procesados

La calidad de los productos mínimamente procesados durante su manipulación y almacenamiento se mantiene utilizando o modificando las prácticas recomendadas para productos frescos. Por tanto, se han investigado los beneficios de un enfriamiento a vacío, bajas temperaturas y atmósferas modificadas para este tipo de productos, así como también el uso de lavados o tratamientos químicos para eliminar componentes celulares o diferentes herramientas de cortado para minimizar el daño (1).

3.1.1.8.1. Absorbentes de etileno

Como ya se ha mencionado el etileno es un iniciador de la maduración y por tanto también habrá que retirarlo de los productos mínimamente procesados. Abe y Watada (1, 294) encontraron que el carbón con cloruro de paladio era eficiente para eliminar etileno en mango.

3.1.1.8.2. Tecnologías para la reducción de la carga microbiana

A fin de combatir la pérdida de calidad en los productos mínimamente procesados, se han desarrollado muchos métodos de procesamiento y almacenamiento. Los tratamientos postcosecha y sistemas de preservación de alimentos comerciales combinan varios métodos (99).

Entre los métodos que se han utilizado se encuentra el calor para escaldar, pasteurizar, cocinar o procesar asépticamente; sin embargo, el procesamiento térmico generalmente disminuye la calidad sensorial y nutricional. Los métodos no térmicos tradicionales para preservar frutos incluyen almacenamientos a bajas temperatura, eliminación de agua, fermentación y la adición de ácido, azúcar, sal y conservadores químicos. Con excepción del almacenamiento a temperaturas bajas y la adición de conservadores, estos métodos notablemente cambian las características sensoriales del producto (99).

3.1.2. Desperdicios: Bagazo, Piel y Semilla

Jonhston (112) patentó el método para la elaboración de un producto comestible el cual intentaba dar una alternativa para el aprovechamiento industrial de los subproductos de la industria del mango (Figura 73).

Este producto consistía de un precursor que utilizaba el bagazo, la piel y la semilla de varias frutas (cítricos, piña, plátano, papaya, mango y combinaciones de estas), el cual también contenía enzimas amilolíticas y células. El proceso tiene tres etapas:

1. Se realiza una pulverización del precursor a un tamaño de partícula determinado por un tamiz malla 40. El pH del precursor va de 1.9 a 5.2.
2. Se lleva a cabo una digestión precursor pulverizado utilizando un agente digestor comestible soluble en agua en donde se ajusta el pH del precursor a un valor al cual las células del precursor se rompen y liberan las enzimas amilolíticas por lo que éstas quedan activas.
3. Después de la digestión, se neutraliza el precursor, cambiando su pH al que presentaba antes de la digestión, utilizando un agente neutralizante comestible soluble en agua (112).

El producto comestible obtenido por este método, presenta una palatabilidad y sabor agradable al haber eliminado el posible sabor amargo de los desperdicios, y es apropiado para el consumo humano. Su composición final es 70-90 % en base seca de carbohidratos (almidón, hexosas, amilopectina, disacáridos, glicógeno y pentosanos), 1-7% de fibra cruda (celulosa y hemicelulosa) y 5-7.5% de aminoácidos disponibles. Un producto con menos del 1% de aminoácidos disponibles se considera una fuente de proteína inferior, por lo que el alto contenido de aminoácidos es una ventaja nutricional importante de este producto. Otras ventajas del producto incluyen que se trata de una fuente importante de energía; debido a su alto contenido de fibra, el producto ayuda a la digestión; y ante todo bajo costo de producción, ya que la materia prima utilizada no tiene valor comercial o valor negativo, porque la inversión que se necesita es equiparable a los gastos de deshacerse de estos desechos (112).

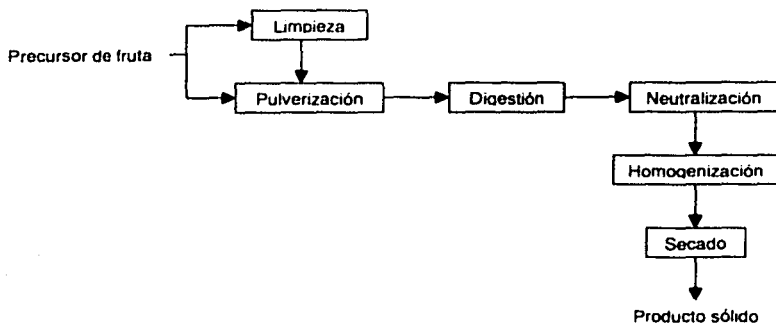


Figura 73. Diagrama de elaboración del producto comestible a partir de desperdicios de mango

Fuente: Cheng, M. H. (112)

Otros productos que se han obtenido de los desperdicios de mango son la obtención de las enzimas pectinasa (pectinilasa, E.C. 4.2.1.10) y lactasa (β -galactosidasa, E. C. 3.2.1.23) mediante la fermentación de estos desperdicios con *Pichia pinus*. Estas enzimas tienen un alto potencial para tratar a su vez los residuos del proceso de elaboración de jugo de mango. También estas enzimas pueden utilizarse durante la elaboración de jugo proveyendo un aumento en la intensidad de color del jugo, aumentando el contenido de carbohidratos y aumentando el rendimiento del proceso (173).

3.1.2.1. Piel

3.1.2.1.1. Suplementos alimenticios

Laurrauri *et al.* (143, 144) evaluaron *in vitro* los beneficios que ofrece la fibra de la piel de mango a la salud, dejando al descubierto su actividad antioxidante. Actualmente se busca la elaboración de productos con alto contenido de fibra que contenga compuesto bioactivos. La fibra de la piel del mango tiene actividad antioxidante y fermentativa, característica importante a ser considerada para ser utilizada como ingrediente en esta clase de productos con alto contenido de fibra.

3.1.2.1.2. Industria alimentaria

La piel del mango se está utilizando para producir piensos de gran calidad y se logran mejores propiedades nutricionales si se fermenta con *Aspergillus niger* para aumentar el contenido de proteína (314). También se ha utilizado para producir biogás para alimento para carpas (157).

Se pueden obtener pectinas que exhiben geles de gran fuerza y con alto contenido de ácido poligalacturónico a partir de la piel de mango. Su extracción se logra utilizando una solución de ácido clorhídrico 0.05 M (204, 267). En este mismo sentido se han elaborado mermeladas a partir de la piel. El proceso involucra la inactivación de la polifenol oxidasa de la piel mediante la inmersión de esta en agua hirviendo. La extracción de los compuestos solubles de la piel se logra a 80 °C, se obtiene la pulpa, se concentra y se envasa (142, 269).

3.1.2.1.3. Otras industrias

En Japón, la piel del mango se ha utilizado como material de relleno de almohadas, cojines, juguetes, etc. (100).

3.1.2.2. Hueso y Semilla

El hueso del mango pesa un octavo del total de la fruta y su semilla contiene de 9 a 13% de aceite, además de un alto contenido de almidón (39).

3.1.2.2.1. Industria alimentaria

3.1.2.2.1.1. Obtención de aceites

La obtención de aceites es un proceso ampliamente conocido y utilizado a gran escala en países como India, Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda, Nigeria, etc. El aceite que se obtiene a partir de una extracción con hexano de la semilla seca y pulverizada de mango, es semisólido de color crema, con un punto de fusión de 45 °C. Su composición química es la siguiente: Humedad 0.08%, ácidos grasos libres 3%, Valor de yodo (Wijs) 45 y materia insaponificable 1.5% (39, 220).

El aceite de la semilla del mango contiene 30 a 65% de ácidos grasos saturados, siendo el ácido esteárico el que se encuentra en mayor cantidad. Este aceite contiene ácido

palmitico, esteárico, oleico, linólico, linoleico, araquidónico, benénico, entre otros; cantidades pequeñas de palmitodistearina, tristearina, estearodioleina, oleopalmitoestearina, oleodistearina y palmitodioleina; en cuanto a triglicéridos contiene 11% de 2-oleopalmitil 1,2-oleopalmitil estearil y 29% de 2-oleodistearil. Por lo que el aceite de la semilla del mango es comparativamente rico en glicéridos simétricos mono insaturados. Estos componentes poseen características de fusión que son altamente valiosas para la industria confitera (39, 221).

Bringi y Padley (39, 40) patentaron un método de fraccionamiento del aceite de la semilla de mango para su posible uso como sustituto de la mantequilla de cocoa en la industria chocolatera y en coberturas. El aceite se obtiene por extracción con hexano de la semilla seca y pulverizada de mango (89). El aceite obtenido se fracciona a 15 °C a partir de una solución al 20% del aceite en acetona, el extracto se enfría y se deja reposar una hora y se separan los cristales formados por filtración (39, 40).

Se obtiene un rendimiento del 22% de una fracción de esterina cruda junto con 78% de una fracción de oleina disuelta en acetona. Los cristales se lavan tres veces con 410 ml de acetona cada vez dejando una torta de filtración bastante seca, desmenuzable, de color gris. La fracción de oleina se recupera por evaporación del solvente (39, 40).

Una formulación para la obtención de un sustituto de mantequilla de cocoa comprende una mezcla de 35-45 % en peso de un aceite A (40% de ácidos grasos de 16 y 18 carbonos de aceite de semilla de mango y alcanfor de Borneo), que se mezcla con 55-65 % en peso de la fracción B de aceite de palma (50% de triglicéridos del tipo POP, palmitico-oleico-palmitina, y menos de 1% de triglicéridos saturados). La mezcla se fracciona en un medio de solvente, que puede ser hexano o acetona. Una vez terminada el fraccionamiento se enfría lentamente para precipitar el sustituto de la mantequilla de cocoa en estado sólido. El sustituto se lava con hexano o acetona, se neutraliza y se deodoriza (197).

El sustituto de mantequilla de cocoa obtenido, tiene propiedades organolépticas y es apropiado para la preparación de mezclas del sustituto con 15 % o más de mantequilla de cocoa, manteniéndose estable durante el proceso de elaboración de chocolates (197).

3.1.2.2.1.2. Obtención de harinas

La harina de semilla de mango se puede utilizar para la fabricación de galletas (12, 13). También se puede utilizar como posible fuente de alimento para animales y para humanos en áreas con escasez de alimentos y desnutrición.

La semilla de mango cocinada puede ser incorporada a alimento para animales y aves como sustituto de la harina de maíz, debido a sus contenidos de micro y macro nutrientes (83, 117, 243, 314, J).

El contenido de almidón en la semilla de mango es de 18.4% en peso. El almidón de la harina de la semilla de mango combinada con harina de maíz y trigo se puede utilizar para producir chapatis (192).

3.1.2.2.2. Uso en la industria de cosméticos

El aceite obtenido de la semilla del mango tiene propiedades secuestradoras de humedad, que podría ser de gran utilidad para la fabricación de shampoos y tratamientos que restauran cabello maltratado y cuero cabelludo reseco (89, 98).

El aceite que se utilizaría en estos shampoos y tratamientos se obtiene extrayendo la semilla del hueso mediante la remoción de su parte dura y secando la semilla al sol. La semilla, sufre un segundo secado con vapor, se corta y se extrae el aceite con hexano. El extracto se concentra evaporando el solvente a vacío. El concentrado se calienta, se neutraliza con una solución de sosa, se lava con agua caliente para remover los ácidos grasos libres, se seca a presión reducida, y finalmente, se blanquea, se decolora y se deodoriza (89).

Para el cosmetólogo, los aceites constituyen una clase importante de sustancias que forman parte de la mayoría de las composiciones cosméticas, principalmente emulsiones, ya sea que sean aceite en agua o agua en aceite. Estos aceites, conocidos como "aceites cosméticos", son productos grasosos que son líquidos o ligeramente pastosos a temperatura ambiente. Pueden tener diferentes orígenes, en particular son aceites vegetales, animales, minerales o sintéticos (187).

Los aceites vegetales, contienen un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados, lo que les vuelven muy sensibles a la oxidación, por lo que los cosmetólogos tienden a reemplazarlos por aceites minerales o sintéticos, aunque no siempre estos últimos impartan las propiedades deseadas al producto cosmético (187).

En la actualidad, se busca utilizar productos naturales, por lo que se ha tratado de estabilizar a los aceites vegetales con antioxidantes sin obtener buenos resultados. Por lo que LOREAL patentó en 1984 una mezcla de aceites vegetales que no era susceptible a la oxidación, que incluía al aceite de semilla de mango, y que además, era estabilizada con aceite de jojoba (al menos en una concentración del 5% en peso). Esta mezcla de aceites que contiene aceite de semilla de mango puede utilizarse como crema labial para labios resecos, lápiz labial de color y rubores (187).

Debido a sus propiedades bacteriostática y antibacterial, el polvo o un extracto de semilla del mango se puede utilizar en productos para prevenir y tratar el acné y/o las caries dentales. El extracto contiene 79.5% de polifenoles responsables de la acción antimicrobiana y 21.% de carbohidratos (11, 118).

3.1.2.2.2.1. Aceites esenciales

La utilización de aceites esenciales en la industria del shampoo, está siendo ampliamente usada en la industria de los cosméticos para aromatizar shampoos y tratamientos del cuero cabelludo (67).

Actualmente se están buscando la obtención de nuevos medicamentos para tratar enfermedades como la diabetes. Wang (293) patentó la invención de una píldora capaz de aliviar los síntomas y complicaciones de la diabetes con gran efectividad. Esta píldora se prepara con camote chino, *Radix thichorsanthis*; hojas de mango y guayaba; azafrán y otros materiales medicinales chinos, así como Glibendámda. Aunque aún esta píldora está en fase experimental, la obtención de esta clase de medicamentos es muy alentador.

3.1.2.3. Hojas de mango

Las hojas de mango han sido utilizadas para la fabricación de medicamentos desde hace varios años. Ejemplo de ellos es la existencia de un medicamento a partir de mangiferin o sus sales alcalinas con un excipiente en el Reino Unido. El mangiferin es un C-glucósido

en la posición 2 del 1,3,6,7-tetrahidroxi santona. También se le conoce como alofol o euxantogeno. Este medicamento tiene actividad cardiotónica y diurética. Su forma de administración puede ser oral, en forma de pastillas; parental, soluciones inyectables en ampollas; o rectal, supositorios; cada uno con una dosis de 100 a 500mg de agente activo. El mangiferin se obtiene primero colocando las hojas del mango en acetona hirviendo. El extracto obtenido se desecha. Las hojas que quedan, se colocan en etanol hirviendo. El extracto se concentra y se enfría una vez que se hayan obtenido cristales amarillos de mangiferin, los cuales se recristalizan con una solución de ácido acético en agua (223).

3.2. Tecnologías emergentes

3.2.1. Tecnologías para alargar la vida útil.

3.2.1.1. Manipulación de la maduración

En este sentido, se han estado probando equipos que ayuden a mantener una atmósfera apropiada para la manipulación por etileno de la maduración del fruto. Yang (306) patentó una botella que contenía etileno comprimido y lo probó en dos especies frutales: mango y plátano. En su patente, se plantea la compresión a 0.7 Mpa de 5 litros de etileno en una botella de aluminio sin costuras con un volumen de 0.75 l. El etileno presurizado se libera a través de una válvula lo que permite regular descargas de etileno de 100ml/s.

3.2.2. Control biológico

El control biológico es un método que se está empezando a introducir en México como una alternativa a tratamientos con compuestos químicos que pueden ser dañinos para el medio ambiente y potencialmente tóxicos para el hombre.

3.2.2.1. Antagonistas

El control se basa en buscar microorganismos antagonistas en contra de ciertas enfermedades (296).

Una estrategia típica para seleccionar los microorganismos antagonistas como agentes de biocontrol es usar primeramente ensayos *in vitro* para identificar candidatos potenciales, seguidos de un ensayo *in vivo* en contra de los patógenos que se encuentran en las

heridas del fruto u hortaliza en estudio. Un inconveniente de esta estrategia es que en el ensayo *in vitro* se identifican principalmente antagonistas productores de antibióticos y es poco probable seleccionar antagonistas que tengan otros modos de acción como por ejemplo, competidores de nutrientes o parasitismo directo (296).

La aplicación de microorganismos productores de antibióticos en alimentos como control biológico puede producir resistencia. Tales aplicaciones den como resultado que patógenos animales y humanos tengan una mayor resistencia a antibióticos. Wilson *et al.* (296) identificaron antagonistas que no producían antibióticos para el control de patógenos vegetales. A fin de seleccionar e identificar antagonistas que tienen diferentes modos de acción a la antibiosis es necesario hacer ensayos de los antagonistas potenciales en el huésped más que ensayos *in vitro*. La metodología que siguieron fue hacer una selección rápida de microorganismos potencialmente antagonistas en contra de una gran número de patógenos durante la postcosecha. Seguido a esto, hicieron una prueba de los antagonista probables sobre las superficies de los frutos y hortalizas. Esta técnica se basa en la utilización de las heridas de los frutos como un ensayo selectivo para el antagonista potencial.

En un estudio realizado en mango por Koomen y Jeffries (135), se aisló al microorganismo *Pseudomonas fluorescens* de retoños, hojas y fruto del mango y lo inocularon con materiales adhesivos, peplona y ceras frutales en mangos previamente inoculados con *Colletotrichum gloeosporioides*, responsable de la antracnosis. La *Pseudomonas fluorescens* resultó ser un antagonista efectivo en contra del desarrollo de antracnosis en el mango.

En investigaciones recientes, a nivel laboratorio, Moromizato y Sawaji (176), patentaron un método para el control biológico del ántrax en mango, causado por *Bacillus anthracis*. Ellos utilizaron un aislado de *Penicillium expansum* que es un hongo que vive sobre las hojas del árbol del mango y al asperjar este hongo en combinación con una sustancia química desinfectante, sobre el árbol del mango unos cuantos centímetros por arriba del suelo, y al fruto después de haber sido cosechado, se logra el control del ántrax en mango.

3.2.2.2. Bacteriocinas

Las bacteriocinas son proteínas antimicrobianas producidas por ciertas bacterias. La bacteriocina más conocida es la nisina (también diseñada como un antibiótico), producido por ciertas cepas de *Lactobacillus lactis* subsp. *Lactis* (antes *Streptococcus lactis*). En Estados Unidos, la nisina es generalmente reconocida como sustancia segura o GRAS por su uso limitado en queso pasteurizado para controlar el crecimiento y la producción de la toxina del *C. botulinum*. Últimamente se han encontrado otras bacteriocinas, que son inhibitoria de los patógenos alimentarios. Estas incluyen las bacteriocinas procedentes del enterococi, la pediocina producida por *Pediococcus acidilactici*, la bavaricina producida por el *Lactobacillus bavaricus*, la mesenterocina producida por el *Leuconostoc mesenteroides*, la carnocina producida por *Carnobacterium piscicola*, la sakacina producida por *Lactobacillus sake* y la curvaticina producida por el *Lactobacillus curvatus* (161).

3.2.3. Nuevas tecnologías para la conservación con fundamentos físicos

La creciente demanda de productos alimenticios con las características propias de los alimentos frescos, sin perder la calidad sanitaria y una conservación prolongada, ha conducido a la introducción de nuevas tecnologías en el ámbito de la conservación de alimentos. No es sólo importante la duración de la vida útil comercial de un producto alimenticio, sino también el que todos los alimentos almacenados mantengan íntegra su calidad nutricional y sensorial (32).

En los últimos años ha recibido especial atención la aplicación de nuevas tecnologías que pueden ser interpretadas como *esterilización en frío*, de fundamento físico pero no térmico, cuyo desarrollo ha recabado la atención de la industria alimentaria, muy interesada en que se optimicen tales tecnologías para que puedan ser aplicadas con cierta eficiencia y garantía (32).

Entre estos métodos físicos de conservación en frío hay que destacar el empleo de radiaciones ionizantes, altas presiones, los campos eléctricos pulsantes de alta intensidad, los campos magnéticos oscilantes, los pulsos luminosos (32) y el ultrasonido

(99).

3.2.3.1. Radiaciones ionizantes

Se llama irradiación "al proceso tecnológico que aplica radiaciones ionizantes a un alimento con la finalidad de mejorar su estabilidad durante los prolongados periodos de almacenamiento". En términos generales, puede ser considerado como un método de conservación que permite alcanzar una esterilización en frío y, de hecho, se puede aplicar a los alimentos, tanto refrigerados como congelados, para evitar el desarrollo de sabores anormales (32).

El objetivo de la irradiación es la destrucción de insectos, inhibir o retrasar algunos proceso fisiológicos, eliminar parte de la población microbiana contaminante de los alimentos, etc. (32).

Las radiaciones ionizantes son emanaciones de fotones con la suficiente cantidad de energía como para desplazar electrones de las moléculas con las que inciden. En estos casos, la separación de los electrones de los orbitales externos provoca una excitación en el átomo y se forma un par de iones: de una parte, los electrones separados que portan una carga negativa y, por otra, el resto del átomo que lleva una carga positiva (32).

Cuando estos electrones iónicos interaccionan con otros átomos se origina una reacción ionizante en cadena, que se paraliza cuando la energía de las partículas desciende a niveles muy bajos. Desde el punto de vista, es el agua el componente químico de los alimentos que ofrece una mayor facilidad para ser ionizado (32).

Las radiaciones más útiles para su aplicación a los alimentos son dos:

1. Las radiaciones β , obtenidas en general de electrones con aceleración de partículas, siempre que su energía sea inferior a 10 MeV para evitar el riesgo de que aparezca una radioactividad inducida.
2. Los rayos γ , de longitudes de onda inferiores a 2 Å, originados por la desintegración de algunos isótopos radioactivos, como el ^{137}Cs y principalmente el ^{60}Co , que se forma como subproducto durante el funcionamiento de los reactores atómicos.

(32)

Como resultado de la aplicación de radiaciones ionizantes a un alimento se pueden distinguir claramente dos tipos de efectos:

1. Efectos directos. Las proteínas y los pigmentos pueden experimentar cambios que conducen a modificaciones en la textura o en la coloración. Sin embargo, los efectos negativos observados no se pueden explicar considerando sólo la dosis de radiación recibida, determinante de la intensidad de estas colisiones. Por ello se piensa que existen otros efectos.
2. Efectos indirectos. Se deben a la formación de iones excitados y radicales libres, que son muy reactivos, la mayoría de ellos vinculados a la alteración de las moléculas de agua. Los radicales libres pueden dar lugar a las más diversas reacciones. En el caso de frutas se degradan sus pectinas o bien oxidan su glucosa a ácido glucurónico

(32)

En lo que respecta a la destrucción de bacterias en alimentos, la irradiación ofrece algunas ventajas importantes frente a otros métodos convencionales.

1. Se pueden ajustar las dosis para evitar sus efectos letales y poder obtener, sin embargo, efectos equivalentes a una pasteurización o a una esterilización comercial.
2. Cuando se aplican a niveles de irradiación inferiores a 0.5 Mrad no originan cambios organolépticos en los alimentos. Por el contrario, dosis superiores a 1 Mrad si pueden provocar cambios químicos de cierta relevancia.
3. No deja residuos en los alimentos.
4. Apenas produce calor, por lo que no hay una elevación de la temperatura del alimento, pudiéndose tratar alimentos ya congelados. Los productos irradiados exhiben las mismas propiedades que los productos frescos.
5. La penetración de las radiaciones en el alimento se produce de modo instantáneo, uniforme y profundo, aunque siempre exija un control de aplicación muy preciso.
6. Reduce la cantidad de aditivos conservadores que sería necesaria utilizar para conseguir un efecto conservador eficaz.
7. Representa una alternativa eficaz frente a la fumigación con sustancias químicas.
8. La irradiación puede ser aplicada una vez envasado el alimento por lo que evita el riesgo de contaminación posteriores.

(32)

Las desventajas del uso de radiaciones ionizantes incluyen las siguientes:

1. Por lo general, no conduce a la inactivación de los sistemas enzimáticos presentes en los alimentos cuando se aplican a dosis que sólo son suficientes para ejercer un efecto bactericida.
2. Ciertos tipos de alimentos presentan una mayor sensibilidad a las dosis elevadas y pueden desarrollar modificaciones sensoriales que no resultan aceptables.
3. En un principio, se les atribuyó la posible aparición de factores mutagénicos, teratogénicos, cancerígenos o simplemente tóxicos. Sin embargo, recientes estudios de expertos de la FAO/OMS han puesto de manifiesto su inocuidad.
4. Aunque las dosis letales para los microorganismos son bastante superiores a las que afectan al ser humano, sin embargo conviene tomar ciertas precauciones durante su aplicación.

(32)

3.2.3.2. Presión hidrostática alta

El empleo de presiones comprendidas entre 4,000 y 9000 bar da lugar a la inactivación de algunas enzimas y también de los microorganismos presentes, sin que se afecten el sabor y el aroma de los alimentos. Se sabe que las altas presiones no afectan a los enlaces covalentes de las proteínas, pero sí rompen los enlaces débiles, tales como los puentes de hidrógeno o las fuerzas de Van der Waals. Estos efectos se traducen en una aproximación entre las moléculas y una reordenación espacial de las mismas, por lo que se modifican las posibles reacciones químicas y bioquímicas que pueden tener lugar en los alimentos (32).

Estas nuevas organizaciones moleculares son específicas para cada tipo de proteínas y de polisacáridos, ricas en enlaces débiles, modificables de modo irreversible por las altas presiones. La magnitud de los cambios varía de acuerdo con los parámetros del tratamiento: presión, tiempo y temperatura. Los azúcares y las vitaminas no experimentan cambios.

A diferencia de otras tecnologías, la presión hidrostática alta se utiliza en sistemas intermitentes o semi-intermitentes (*batch*), además la compresión mecánica resultado de la presión extrema puede deformar o alterar notablemente a las frutas y hortalizas

enteras. Por lo que esta tecnología se ha utilizado principalmente en mermeladas, jaleas y ensaladas de frutas (99).

Los primeros productos procesados comercialmente utilizando esta tecnología salieron en el mercado japonés en 1991. El factor principal fue la combinación del procesamiento con presión y un pH ácido que prevenía el crecimiento de endoesporas bacterianas. Debido a que los frutos tienen poco porcentaje de proteína y almidones, ni se desnaturalizan las proteínas ni se hinchan las mezclas de almidones durante el procesamiento, por lo que no se presentó ningún problema que disminuyera su calidad sensorial (99).

Así como con otros tipos de tecnologías, las enzimas son mínimamente afectadas con tratamientos con presión hidrostática. Sin embargo, el deterioro enzimático del producto se ve incrementado con este tratamiento. Por ejemplo, en el caso del oscurecimiento enzimático de frutas, la velocidad de decoloración se promueve generalmente como resultado del rompimiento físico de las membranas celulares que permiten que las sustancias reactivas (oxígeno, flavonoles y la polifenol oxidasa) se mezclen. Por lo tanto, durante el procesamiento con presión hidrostática alta, los problemas principales son las reacciones enzimáticas y oxidativas que producen la decoloración y defectos en el sabor, no así la inactivación microbiana, en donde el pH bajo promueve la muerte inducida por la presión y la lesión al microorganismo, mientras que inhibe el crecimiento de las endoesporas. En muchos de los casos, el escaldado de los productos hortofrutícolas procesados con altas presiones hidrostáticas es necesario para minimizar estas reacciones enzimáticas y oxidativas (99).

Por otro lado, cada microorganismo tienen diferente sensibilidad a la presión hidrostática. Sin embargo, exposiciones de 10 minutos a una presión de 2500 a 3000 atmósferas (250-300 Mpa o 37.500-45.000 psi) logran una "pasteurización fría". Se logra una esterilización a presiones de 4000 atmósferas (99).

A diferencia de los tratamientos térmicos, la aplicación de las altas presiones resulta independiente de la relación tiempo/masa y ello permite reducir los tiempos de procesamiento. La práctica de estos tratamientos se realiza en varias fases sucesivas.

1. Acondicionamiento del alimento en un envase herméticamente cerrado y adecuado para que pueda ser introducido en la cámara de presión.

2. Llenado del recinto de la cámara con el medio transmisor de la presión, que en muchas instalaciones se trata de agua mezclada con pequeñas cantidades de aceite soluble, con fines lubricantes y anticorrosivos.
3. Comprensión del líquido a la presión estimada, con una pequeña reducción del volumen de acuerdo con la presión administrada. En ella se mantiene el periodo de tiempo que sea necesario, variable en función del tipo de alimento y temperatura del proceso.
4. Someter la cámara a la correspondiente decompresión y sacar el producto.

(32)

3.2.3.3. Campos eléctricos pulsantes de alta densidad (*High-Intensity Pulsed Electric Fields*)

El tratamiento mediante pulso eléctrico de alto voltaje hace uso de la electricidad como fuente energética (32). El uso de campos eléctricos con pulsaciones (*Pulsed electric fields, PEFs*) para un efecto comparable a la pasteurización involucra pulsaciones extremadamente cortas de alto voltaje dentro de los materiales alimentarios (32, 219).

Los campos eléctricos pulsantes pueden provocar inactivaciones de microorganismos y enzimas, aunque solamente cuando se supera un cierto umbral de intensidad en el campo eléctrico. Bajo estas condiciones se induce el efecto conocido como "potencial transmembrana", es decir, aparecen diferencias de potencial entre las membranas de las células, que cuando alcanzan un valor crítico se forman poros en las paredes celulares de los microorganismos, con cambios en su permeabilidad que desembocan en la pérdida de material celular y muerte del microorganismo (32).

No obstante, la formación de estos poros puede ser reversible cuando su tamaño es muy pequeño, porque la fuerza del campo externo sólo excede muy poco del valor crítico. Este potencial transmembrana umbral depende de la especie bacteriana a eliminar y del medio en que se encuentra situado (32).

Por tanto, para establecer la intensidad del campo eléctrico necesaria para conseguir los efectos propios de una pasteurización hace falta tener en cuenta qué tipo de microorganismos se desea destruir y la fase de crecimiento en la que se encuentre, así

como la temperatura del alimento, su pH y su fuerza iónica, además de la duración del campo eléctrico (32).

Esta tecnología parece ser muy adecuada para alimentos líquidos en donde el alimento puede ser efectivamente enfriado conforme fluye entre los electrodos del tratamiento (219). Sin embargo, microorganismos de gran importancia en el procesamiento de frutas y hortalizas son inactivados utilizando PEFs. Las bacterias Gram negativas son más sensibles a este tratamiento que las levaduras y las bacterias Gram positivas, mientras que las endosporas requieren de mayor tiempo de residencia utilizando altos valores de capacitancia. Los niveles letales para *Escherichia coli* incluyen reducciones del ciclo de la bacteria vegetativa en 4 a 5 \log_{10} usando un electroporador para generar las pulsaciones PEF y, para reducciones de 9 \log_{10} utilizando un tratamiento escalonado PEF (99, 161).

Hasta ahora se han aplicado en plan experimental en jugos de frutas, en donde se ha incrementado la vida útil sobre el producto fresco, sin que se modificaran sus propiedades sensoriales (32).

3.2.3.4. Campos magnéticos oscilantes

Los campos magnéticos afectan el crecimiento de microorganismos porque cambian la orientación de las biomoléculas que participan en las funciones vitales de acuerdo con la dirección de dicho campo. Las membranas de las células microbianas manifiestan una fuerte orientación cuando se encuentran bajo la acción de un campo magnético, como una consecuencia de la estructura anisotrópica que les caracteriza. Precisamente, la orientación de las membranas unas veces paralela y otras perpendiculares al campo magnético, depende de la anisotropía de las moléculas proteicas que la integran (32).

Los campos magnéticos oscilantes se aplican en forma de pulsos y siempre en función del espesor y de la resistencia del alimento a magnetizar; su eficacia se limita a inactivar la población microbiana en la magnitud de dos ciclos logarítmicos (32). Bajo circunstancias apropiadas, los campos magnéticos oscilantes heterogéneos (OMFs) tienen el potencial de pasteurizar los alimentos (32, 210). Sin embargo, su aplicación como un proceso de conservación de alimentos comercial se ha retrasado por resultados variables y a la viscosidad del producto (99).

Para obtener una gran reducción de colonias de microorganismo es necesario que el alimento tenga una resistencia eléctrica alta (10-25 ohms/cm). La efectividad antimicrobiana depende también de la viscosidad. Los OMF de alta intensidad requeridos existen sólo inmediatamente alrededor de la bobina y es abatida en una distancia extremadamente corta desde la bobina. Los efectos magnéticos pueden también estimular el crecimiento microbiano. La literatura no provee de un adecuado entendimiento de las condiciones para predecir si un campo magnético proveerá condiciones estimulantes, inhibitorias o inertes para los microorganismos. Con poco o nulo efecto sobre las enzimas y las endoesporas bacteriana, parece que se necesitan estudios posteriores para verificar el posible uso de los OMFs como un método de procesamiento de alimentos (29).

Para su empleo se exige que los alimentos se introduzcan en envases de plástico y cerrados de un modo hermético. No obstante, su manipulación industrial carece de peligro si se cuidan unas cautelas mínimas, debido a que el campo magnético sólo es intenso en sus proximidades más inmediatas (32).

Entre las ventajas merecen que se resalten las siguientes:

1. Reducida exigencia de gasto de energía.
2. Mínimos efectos térmicos sobre las propiedades nutritivas y sensoriales
3. Empleo de envases flexibles, que protegen de una contaminación posterior.

(32).

3.2.3.5. Pulsos luminosos

Esta tecnología depende de rayos amplificadas de luz o de la energía eléctrica del capacitador. Los pulsos luminosos tienen longitudes de onda que van desde el ultravioleta hasta el infrarrojo cercano y es aproximadamente 20,000 veces la intensidad de la luz solar al nivel del mar. Los pulsos a emplear han de ser de corta duración (entre una décima y una micra de segundo) y bastante intensos (de 1 a 20 flashes por segundo). No ocurre ionización de pequeñas moléculas si la longitud de onda de los pulsos luminosos es muy larga. Los efectos antimicrobianos son significativamente mayores que aquéllos proporcionados por métodos convencionales de radiación ultravioleta de onda continua o sin pulsaciones. Aparentemente, los pulsos luminosos matan todo tipo de bacterias y microorganismos eucariontes con igual efectividad que estos métodos. Se logran

reducciones hasta de 7 a 9 \log_{10} cfu/cm² con pulsaciones múltiples a 1 J/ cm² por rayo emitido (32, 99).

Este proceso tiene aplicaciones donde los tratamientos con pulsos luminosos pueden penetrar como las superficies de los alimentos y en medios transparentes (materiales de empaque o agua). Se logra una reducción de 1 a 3 \log_{10} ciclos aún en superficies complejas e irregulares que contiene dobleces que bloquean la luz y que tienen fisuras que puedan proteger a los microorganismos de la exposición a la luz con pulsaciones, como es el caso de algunas frutas y hortalizas (99).

La *Food and Drug Administration* (FDA) ha solicitado el uso de pulsos luminosos en el procesamiento de alimentos, y parece que es económicamente factible para su uso comercial. Además, que se ha garantizado investigación de este tratamiento sobre productos específicos, para entender las ventajas y desventajas de este método para una gran gama de productos horticolas (99).

Asimismo, los pulsos luminosos han demostrado inactivar también algunos sistemas enzimáticos mediante mecanismos relacionados con efectos fotoquímicos. En este sentido, se ha inactivado la enzima polifenol oxidasa de frutas y hortalizas, evitando así su actividad sobre los polifenoles y en consecuencia el pardeamiento enzimático (32).

3.2.3.6. Ultrasonido

Las investigaciones más recientes con respecto al uso del ultrasonido (sonicación) se refieren principalmente a su uso para control de microorganismos. También se ha utilizado para pruebas no destructivas utilizando pulsaciones de alta frecuencia (0.1 a 20 MHz) y bajos niveles de potencia (97). Mizrach *et al.* (171) ha utilizado la excitación ultrasónica para la evaluación no destructiva de la calidad interna y los defectos latentes de frutas y hortalizas enteras. Sin embargo, al utilizar el ultrasonido como única tecnología para inactivar microorganismos ha resultado ineficiente. Se cree que tiene potencial si se usa en combinación con otros métodos antimicrobianos (99).

Antes de que este método se utilice comercialmente en el procesamiento de alimentos para el agente antimicrobiano, es necesario obtener resultados consistentes que demuestren claramente este efecto, ya sea sólo o en combinación con otros métodos

antimicrobianos, debido principalmente a que la sonicación tiene poco o nulo efecto en las enzimas y endosporas bacterianas (99).

3.3. Desarrollo de nuevas tecnologías

3.3.1. Aparatos deshuesadores de mangos

Debido a los altos contenidos de proteínas y aceites en el hueso y la semilla del mango, se están patentando aparatos deshuesadores de mangos, principalmente en Australia (28) y la India (202).

3.3.2. Secado de mango

En México, en la Universidad Autónoma Metropolitana Plantel Iztapalapa, hay actualmente investigaciones sobre el procesamiento de mango seco, para exportarse a países con clima frío y la obtención de polvo de mango, así como la optimización del proceso de jugo de mango y otros productos derivados de esta fruta (278).

3.3.3. Secado con microondas

A nivel de investigación, el secado por microondas de alimentos tiene un futuro prometedor. Durance *et al.* (77) patentaron un método para la deshidratación de pedazos de mango y piña a no más de 65 °C (19, 20, 74). El proceso contiene dos etapas, la primera en donde se cubre los pedazos de fruta con azúcar y se almacenan para permitir la difusión del azúcar hacia el interior de los pedazos. Posteriormente, los pedazos se secan con aire hasta alcanzar una humedad de 30 a 40% en base húmeda. La segunda etapa, consiste en un secado inicial por microondas al vacío, en donde se secan los pedazos de fruta a una presión de 22 in Hg y a una potencia de 1 a 8 KW/kg de fruta por el tiempo que sea necesario para obtener contenidos de humedad de 15-20% en base húmeda; seguido, se hace un segundo secado por microondas al vacío a la misma presión, pero a una potencia no mayor de 2 KW/kg de fruta. El producto obtenido tiene un sabor fresco y libre de sabor a "cocido", con una textura crujiente, con poca o nula pérdida de tamaño; características que no se logran con un secado tradicional.

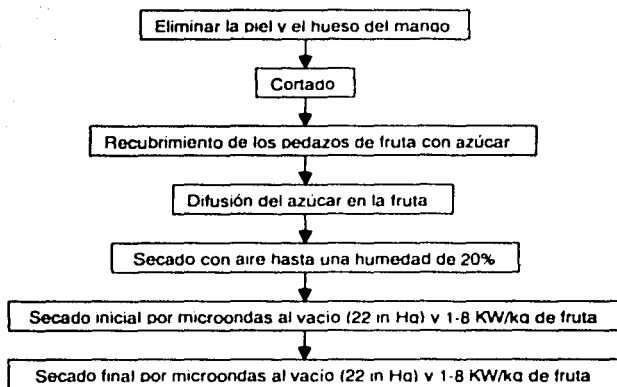


Figura 74. Diagrama del secado de mango por microondas

Fuente: Durance, T. D. et al. (77)

3.4. Tecnología para la mejora genética.

Debido a la gran demanda a nivel mundial sobre el consumo del mango, se está volviendo más evidente el uso de nuevas tecnologías que permitan a esta cosecha llegar no sólo a lugares cada vez más lejanos de sus centros de producción, manteniendo su calidad, sino también mejorar los cultivares existentes y la realización de estudios para la mejora genética del mango.

Una tecnología prometedora, no sólo para aliviar el daño por fío y alargar la vida de anaquel del mango, sino también para producir cosechas más resistentes a pestes y a enfermedades, es el uso de la ingeniería genética (790). La transferencia genética ofrece la capacidad de introducir características nuevas a un cultivar de una especie o a una especie sin alterar ninguna de sus características existentes. Esta capacidad es particularmente valiosa para especies en los cuales los cultivares heterocigóticos se propagan de forma vegetativa. Y se vuelve aún, más importante, si el tiempo de generación de la cosecha es larga. Estos factores se aplican a muchas de las cosechas tropicales y subtropicales, incluyendo al mango (90).

3.4.1. Definición de planta transgénica

"Plantas con genes modificados, con genes ensamblados o transgénicas, se definen como aquellas plantas a las que se ha insertado en el genoma uno o más genes de una planta u organismo diferente, o un gen o genes que han sido alterados o especialmente ensamblados" (63).

3.4.2. Procedimientos para la transferencia de genes en células vegetales

Existen tres enfoques básicos que se han utilizado para la transferencia de genes:

1. El más común y el más exitoso utiliza al *Agrobacterium* como un vector génico. En este procedimiento el tejido vegetal se incuba ("co-cultiva") con la bacteria, la cual puede transferir parte de su ADN (T-ADN) a una pocas células vegetales (90).
2. Se ha usado ADN puro, cubierto sobre partículas de oro o tungsteno, las cuales son disparadas en las células vegetales (biolística o cañón de genes) (63, 90).
3. Otro método consiste en separar las paredes celulares de las células y basándose en el tipo de tratamiento, químico o eléctrico, de estos protoplastos se realiza la toma del ADN (90).

En cualquiera de estos tres procedimientos, el número de células que incorpora el nuevo ADN en sus cromosomas para volverse transgénico es pequeño. La tasa de éxito de la transformación raramente supera el 1:10,000 por célula. Resulta imposible saber dónde va a incorporarse el nuevo gen (o quizás varias copias de él). Por otro lado se pueden encontrar plantas con más de una copia del gen deseado, entonces éstos son extraídos en forma de múltiples copias del mismo gen, cuya expresión generalmente está inhibida (90).

Es requisito para estos tres procedimientos que sean capaces de regenerar una planta intacta mediante el cultivo de las células transgénicas *in vitro*. Aunque no haya duda acerca de la transferencia génica, un requerimiento inicial es que se demuestre que el ADN introducido en las células se encuentre integrado dentro del cromosoma y se exprese en las células de la planta huésped, de manera estable. Después se debe comprobar que, tanto el ADN como el modelo de expresión, se transmiten a las plantas progenie de manera Mendeliana (90).

3.4.2.1. Descripción del método de transferencia de genes por *Agrobacterium tumerfaciens*

Las primeras plantas transgénicas se crearon a principios de los ochenta, cuando se descubrió la capacidad de la bacteria *Agrobacterium tumerfaciens*, de transferir material genético al interior de las plantas. Esta bacteria crece en el suelo que contiene, además de su cromosoma, un minicromosoma circular adicional denominado plásmido inductor de tumores (Ti). Este segmento de ADN contiene genes que son los responsables de la enfermedad de la planta "agalla coronada". Es posible efectuar el aislamiento de los genes que producen los tumores y sustituirlos por genes seleccionados, convirtiendo el plásmido Ti en un vector que transfiera los nuevos genes al interior de la planta (63).

Una transformación eficaz depende de la capacidad del *A. Tumerfaciens* para infectar a las células e incorporar su T-ADN en el genoma de la planta antes de que sea destruido por la célula de la planta, así como que las células transformadas puedan proliferar originando una planta completa (Figura 75) (63).

3.4.2.2. Método del cañón de genes

Un método alternativo es usar el cañón de genes (Figura 68), en donde diminutas cuentas de metal recubiertas con ADN, son disparadas directamente al interior de las células de la planta. Dichas células reparan las heridas rápidamente y en algunas células el ADN es incorporado al interior del cromosoma celular de la planta (63).

3.4.2.3. Genes sintéticos

En ciertas ocasiones, en la transferencia de genes se utilizan genes sintéticos, en los que se ha modificado la secuencia de bases de ADN del gen que va a ser introducido. En la mayoría de los casos puede cambiarse la última base del triplete de un codón sin modificar el aminoácido para el que codifica. Antes de que el gen bacteriano Bt sea introducido en la planta, se cambia para que la proporción CG:AT sea similar a la de las plantas. Estos cambios son necesarios para lograr una expresión satisfactoria del gen en las células de la planta (63).

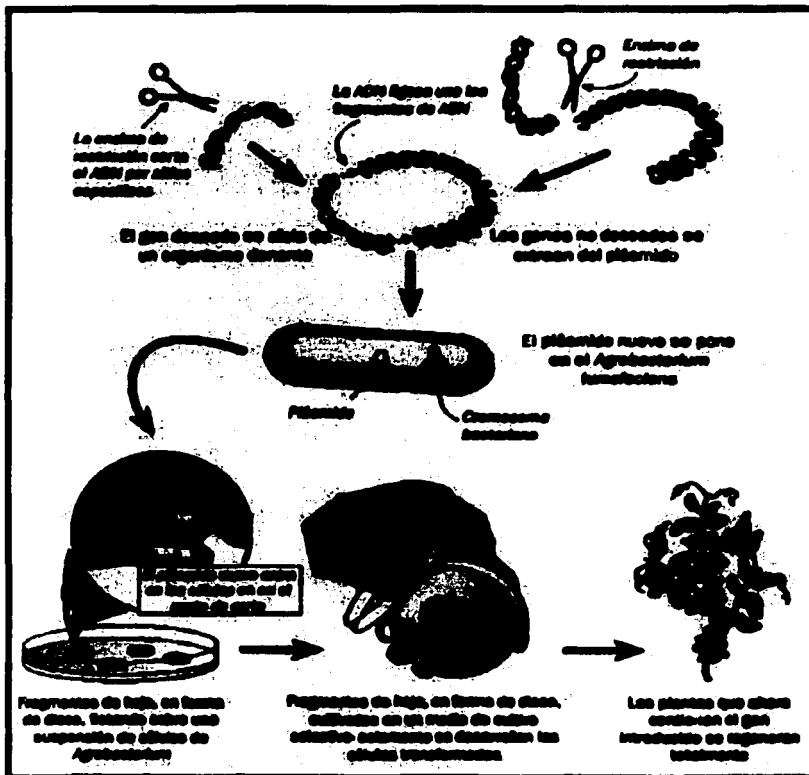


Figura 75. *Agrobacterium tumefaciens* y transferencia de T1

Fuente: Damer, V. et al. (83)

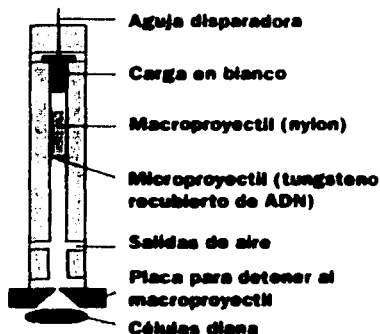


Figura 76. El cañón de genes

Fuente: Darnen, V. *et al.* (63)

3.4.2.4. Genes marcadores

Los genes marcadores son genes introducidos con el objetivo de identificar y aislar las células que han sido transformadas de aquella que no captaron el gen deseado. Los genes marcadores de bacterias son generalmente genes de resistencia a antibióticos (63).

3.4.3. Aplicación de la manipulación genética en mango

El mango es un árbol grande, nativo del sureste de Asia. Muchos cultivares se han aislado y propagado vegetativamente vía tala, aunque muchos de estos frutos es aún cosechado a partir de semilleros. Las especies y cultivares son alotetraploides ($4X=40$) (90, 162) con un tamaño de genoma (439 Mb) (17). La genética del mango es complicada por su poliembriónismo, auto-incompatibilidad, y ligera apomixia, así como también, por el largo tiempo de regeneración (6 a 8 años) (90).

Muchos de los esfuerzos en esta área son mejorar la calidad de los mangos provenientes de plantas híbridas. Nares (185) evaluó la calidad de dos híbridos de mango, Jahawar (Gulabkhas x Mahmudbahar) y Sabri (Gulabkhas x Bombai) y los comparó con los mangos de la planta de la cual procedían.

La obtención de nuevas variedades por hibridación ha sido una práctica común. Entre estos se encuentran los cultivares 'Marty' (288), 'Ed Mitchell' (287), 'Golden Nuggets' (286) y

'FP1' (59). Todos estos cultivares se encuentran aún en fase de investigación y no se encuentran comercialmente disponibles.

La variedad 'Marty' es un mango de 550-750 g, de color rojo púrpura, pulpa amarilla sin fibra y textura suave. Su semilla es pequeña y plana. Proviene de las variedades 'Tommy Atkins' y 'Keitt' (288). La variedad 'Ed Mitchel' es un mango cuyo peso oscila entre 500-550 g, de color verde brillante con tonalidades amarillas y naranjas. Su pulpa es amarilla y su semilla es muy pequeña. Proviene de la variedad Keitt (287). La variedad 'Golden Nuggets' es un fruto ovalado, con un peso de entre 450-500 g, de color dorado, con pulpa naranja y semilla pequeña. Su origen es desconocido y se cree que contiene genes de la variedad 'Saigon' (286). Por último, la variedad 'FP1' es un híbrido de la variedad 'Irwin' y 'F1' (primera generación de la variedad 'White'). El fruto es de color rojo de tamaño medio con 550 g, con alto contenido de jugo, poca fibra, semilla pequeña, muy dulce, poco ácido resistente al vionto, antracnosis y larga vida de postcosecha (59).

3.4.3.1. Frutos con maduración retardada

El tejido del mango es ligeramente dócil a la regeneración in vitro. La transformación con *Agrobacterium* es exitosa después de la co-cultivación de un cultivo de mango embriogénico (17). Se requiere de un protocolo de selección prolongado para eliminar grupos quiméricos, aunque Mathews *et al.* (162) lograron obtener embriones que eran resistentes a la kanamicina, que expresaban al gen GUS y que contenían copias integradas del T-ADN por hibridación (90).

Otra de las tendencias es extraer genes que estén relacionados con el proceso de maduración como los que determinan la actividad de la poligalacturonasa y enzima málica, para ser insertados y crear nuevos híbridos que tengan una vida de anaquel mayor al retrasar la actividad de estas enzimas (199). En este mismo sentido, se ha aislado en gen de la β -galactosidasa del mango para evitar la modificación de las paredes celulares y el ablandamiento de los frutos tropicales durante el proceso de maduración y así aumentar su vida de anaquel (145, 311).

Botella (38), en la Universidad de Queensland, patentó la identificación de los genes que expresan ACC-sintetasa de mango para controlar la expresión de esta enzima y así regular el proceso de maduración.

3.4.3.2. Mejora genética de las características de la semilla

Yuan *et al.* (309) patentaron un método para la obtención de DNA para controlar la expresión de la ACP-triosterasa de palmitol en las células de las semillas de mango. Esta enzima está relacionada con la producción de ácidos grasos de 16 carbonos de las células de la semilla de mango.

VIII. Discusión

El mango, *Mangifera indica* L, originario de la India y expandido a zonas tropicales y subtropicales del mundo como resultado de la colonización de países europeos a Asia, África y América, es considerado como uno de los frutos más exquisitos y una de las cosechas frutícolas más importantes en estas áreas. Llega a México a principios del s. XIX, y desde entonces se cultivan muchas especies, siendo de mayor importancia la "Haden", "Irwin", "Kent", "Manila", "Palmer", "Sensation", "Tommy Atkins", "Van Dyke", "Ataulfo", "Keitt" y "Zill".

La industria del mango en México, está dividida en tres partes: en fresco para exportación, en fresco para el consumo nacional, y mango procesado. Siendo las dos primeras las que engloban el 99% de la producción nacional.

Uno de los principales problemas en el mercado nacional es la existencia de intermediarios que manejan los canales de comercialización del mango. Esto ocasiona que la mayor ganancia de la producción no sea para el productor e impide que éste conozca el mercado real y los precios de su producto. Por lo que los pequeños productores no tienen muchas posibilidades de mejorar su situación económica y aumentar su producción.

Una solución sería la creación de cooperativas a nivel regional y nacional, en donde los productores se involucren en la comercialización de su producción tanto a nivel nacional como internacional. Si a estas cooperativas, se les ofrecen asesorías técnicas para el manejo postcosecha del mango y para la elaboración de productos artesanales con tecnologías seguras, entonces no sólo se generaría una mayor cantidad de empleos en el campo debido al procesamiento, sino que se obtendría un mayor valor agregado del mango al disminuir las pérdidas y alargar su vida útil. Esto resultaría en un avance, no sólo económico, sino también social y tecnológico que impulsaría la modernización del campo mexicano.

La industria del mango de exportación es una de las más importantes del subsector frutícola, no sólo por la generación de divisas que trae al país, sino además por la cantidad de empleos y la derrama económica que tiene en el sector agrícola (238).

Actualmente, esta industria enfrenta una serie de retos y oportunidades, de entre los cuales destacan: el aumentar la calidad en términos de madurez, tamaño y presentación del producto, la competencia con mango proveniente de Centro y Sudamérica; además de una mejor organización en el proceso de comercialización, factores que incidirán en un incremento de precios, mayor rentabilidad y por consecuencia un aumento tanto en el ingreso de los productores, como en la captación de divisas para el país (238).

El mercado internacional es muy competido, lo cual obliga a las autoridades mexicanas a mantener un Sistema de Información de Mercado (SIM) lo suficientemente ágil para que los productores se mantengan al tanto de las preferencias en el consumo de frutas, y de manera particular en el consumo de las distintas variedades del mango. Este sistema, deberá también proporcionar los destinos en el mercado internacional que ofrezcan las mejores condiciones de comercialización. Entre mayor información se obtenga de las variables que determinan la demanda, mejor será el nivel de respuesta para satisfacerla, a través de la generación de una oferta que se adecue al mercado, con el efecto positivo de incrementar la participación del mango mexicano en el consumo mundial. Sin embargo, es sabido que para que un producto permanezca en el mercado, no sólo debe dirigirse a los mercados establecidos, sino a su vez, se debe crear un Programa de Promoción Comercial, el cual deberá contar con dos elementos fundamentales: la creación de un Sello de Calidad, que permita diferenciar al mango mexicano del de sus competidores, así como, Campañas de Publicidad que sean de participación mixta entre los sectores público y privado (238).

Desde un punto de vista global, es necesario desarrollar una Estrategia de Desarrollo Comercial que contemple, además del mercado estadounidense, otros mercados potenciales como pudiera ser Canadá y la Unión Europea. Otro aspecto importante a considerar y que podría aumentar las oportunidades de comercialización del mango en Estados Unidos, consiste en buscar distribuidores diferentes a los que tradicionalmente se ha recurrido en los últimos años para alcanzar a los mercados no tradicionales (238).

Las empresas empacadoras de mango están sujetas a la normatividad fitosanitaria que establece los procedimientos y requisitos para prevenir la dispersión de plagas en zonas

libres y de baja prevalencia que se da durante la movilización de plantas y frutas entre regiones y países (254).

En particular, la mosca de la fruta ha sido sujeta a cuarentena federal en nuestro país, esto ha respondido más que a un control interno de la plaga, a las presiones norteamericanas en términos de mecanismos de control sanitario que se convierten en barreras no arancelarias a las exportaciones mexicanas (254). La SAGARPA a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal tiene establecido una campaña nacional contra esta plaga con medidas fitosanitarias para la movilización de la fruta en territorio nacional, consideradas en la norma oficial mexicana NOM-EM-029-FITO-1996 (254, 281).

Actualmente, para la exportación a los Estados Unidos y a Japón, la única alternativa de tratamiento cuarentenario consiste en la aplicación de un tratamiento hidrotérmico en el empaque de la fruta a una temperatura de 46°C por 90 minutos, con el propósito de matar la larva de la mosca de la fruta. Los requisitos para la exportación se complementan de acuerdo a cada país importador (254). Cabe señalar, que muchos productores de mango hacen uso de fungicidas lo que limita su producción al mercado nacional. Asesorías tecnológicas promovidas por SAGARPA a estos productores acerca de los efectos adversos de los fungicidas al medio ambiente, a la salud, así como la importancia de limitar su uso y utilizar tecnologías limpias, incrementará la comercialización de la producción de estos agricultores a mercados extranjeros con lo cual se verán beneficiados económicamente y se dará una modernización en el agro mexicano.

Uno de los problemas que enfrenta el mango en su comercialización a nivel mundial es la variación en la madurez fisiológica dentro de un mismo contenedor, lo que ocasiona que los frutos sean rechazados en su destino final o bien sean aceptado a un precio inferior. A pesar de que existen índices de cosecha, se necesitan revisar, ya sea por las autoridades competentes o por las empacadoras, por medio de muestreos, no solamente a través de caracteres visuales externos, sino también por medio de muestreo interno, cuando amerite, pese a ser ésta una acción destructiva. Esto permitirá obtener mangos cosechados en el mismo estado de madurez y evitará la pérdida de calidad del fruto durante su almacenamiento y manejo postcosecha (160).

La transferencia tecnológica, resulta de gran importancia, especialmente aquella que ofrece Estados Unidos a los países productores, para prevenir problemas durante la cosecha y el manejo postcosecha del producto y así fortalecer los lazos comerciales entre estos países (47).

En México la tecnología de recolección del mango incluye una cosecha manual y semi-mecánica. Los frutos se deben cosechar con el equipo adecuado para prevenir pérdidas por daño mecánico. Un manejo adecuado en el campo y la transportación aseguran la calidad de los frutos (160).

Los mangos son una cosecha de temporada y cuya vida de anaquel es muy corta. Una vez cosechados tardan aproximadamente 15 días para alcanzar su madurez comestible, condición que, durante mucho tiempo, había limitado su comercialización a destinos lejanos. Actualmente las tecnologías disponibles para su almacenamiento (bajas temperaturas, atmósferas controladas y modificadas) mantienen al fruto de 2 a 4 semanas en estado maduro verde. Sin embargo, pueden producir efectos adversos, si no son empleadas correctamente.

Los tratamientos que se utilizan previos al almacenamiento para el control de enfermedades y pestes involucran, generalmente, el uso de baños con agua caliente y sustancias químicas. Estos tratamientos causan deshidratación en el fruto, y además con el aumento en la tendencia hacia la reducción de sustancias químicas que pudieran causar un efecto tóxico, se están buscando alternativas como es el uso de almacenamiento con atmósferas controladas insecticidas. Con el fin de evitar la deshidratación del fruto se están empleando recubrimientos con ceras acuosas y películas plásticas (LDPE) así como también se están llevando a cabo investigaciones con recubrimientos microbianos como otra posible alternativa. Otras tecnologías, actualmente en desarrollo, se basan en métodos físicos como tecnologías no contaminantes y que se deben validar y legislar para considerarse como alternativas al uso de fungicidas en los tratamientos térmicos por inmersión.

Por muchas décadas, los fisiólogos de la postcosecha en todo el mundo han tratado de encontrar métodos que alivien el daño por frío de productos frutícolas y hortalizas. El problema es muy grande y no sólo se presentan diferentes grados de susceptibilidad al

daño por frío entre diferentes frutos, sino que también dentro de cultivares de una misma especie. Esta susceptibilidad al daño por frío también se ve afectada por las condiciones en las que el producto fue cultivado. Ahora, tratamientos que para una especie o cultivar resulten benéficos, no necesariamente lo son para otras especies o cultivares. Considerando todos estos factores, no es difícil entender por qué no existe un método universal que resulte efectivo para aliviar el daño por frío bajo cualquier circunstancia. Sin embargo, las condiciones óptimas de un tratamientos generalmente son específicas para una especie y/o cultivar determinado. Sin duda alguna, la investigación científica en esta área tiene que continuar para obtener mejores y más efectivas técnicas para aliviar el daño por frío (290, 291). De igual manera sucede con las tecnologías para almacenamiento postcosecha. No hay un método universal prueba de ello, son los estudios realizados acerca de los efectos de las atmósferas controladas sobre diferentes cultivares de mango (148).

Se necesita desarrollar tecnologías para el control de enfermedades postcosecha en donde los antagonistas se utilicen directamente en frutos ya enfermos y ver su efectividad. De igual manera, la obtención de antagonistas no productores de antibióticos sugerido por Wilson *et al.* (296) podría desarrollarse en países como el nuestro, ya que no requiere de gran inversión tecnológica. A pesar de que el método utilizado por estos investigadores fue desarrollado en manzanas que presentan heridas, podría ser un primer intento para encontrar antagonistas en mangos. Sea cual sea el antagonista para tratar las enfermedades postcosecha del mango, indudablemente, no debe ser, por ningún motivo patógeno o alergénico. Todas las tecnologías utilizadas con este fin deben de cumplir con las normas fitosanitarias mexicanas existentes (NOM-EM-029-FITO-1996, NOM-049-FITO-1995, y NOM-FF-058-1995) (281).

Nuevos métodos de procesamiento y almacenamiento de frutas para mantener su frescura incluyen irradiación, uso de películas comestibles y recubrimientos, envasado aséptico, uso de conservadores novedosos y nuevos (como, bacteriocinas, polímeros policatiónicos, enzimas antimicrobianas), campos eléctricos con pulsaciones de alta intensidad, campos magnéticos oscilatorios, pulsaciones de luz intensa, ultrasonido y presión hidrostática alta. Algunos de estos sistemas están aprobados y regulados, además de que se usan en la industria, mientras que otros continúan desarrollándose y evaluándose para su posible aplicación comercial (39).

Se siguen buscando la mejora de especies por métodos tradicionales como la hibridación de variedades conocidas. Sin embargo, el que estas variedades sean comercialmente disponibles requieren, en algunos casos, que el consumidor final los acepte. Por ejemplo, la apariencia de la variedad 'Marty', al ser de color púrpura y piel gruesa, dificulta su comercialización (288).

El mango tiene un gran potencial para el futuro. Debido a su gran demanda a nivel mundial, se han hecho esfuerzos para la mejora genética del fruto que no sólo lo haga resistente a enfermedades como la punta negra o antracnosis, sino también retrasando la maduración, lo que le permitirá una vida de almacén más larga. En los últimos años, ha habido gran progreso en la aplicación de las técnicas de transferencia genética en cosechas tropicales y subtropicales. Para algunas especies de dicotiledóneas, la transferencia de genes está claramente establecida (90).

Aunque existe un tiempo de generación largo, los prospectos para la transferencia génica del mango parecen ser muy buenos. Los resultados iniciales descritos en esta tesis sugieren que un sistema de transformación basado en *Agrobacterium* debería aplicarse a esta cosecha. Existe muchos objetivos potenciales para la transformación génica que incluyen la vida de almacén y la resistencia a pestes y enfermedades. La manipulación genética ha permitido producir plantas transgénicas con el mecanismo de la síntesis de etileno inhibido, y que presentan una mayor capacidad de conservación de frutos (63, 90).

El uso de la biotecnología es un campo que abre unas enormes perspectivas de futuro para la mejora o producción de nuevos alimentos y que deberá ser referencia obligada en el futuro desarrollo de la Ciencia y Tecnología de Alimentos (258). A pesar de que existen propuestas para la regulación de estas plantas, en México tiene que existir un sistema regulatorio nacional que vaya de acuerdo con la Convención de Diversidad Biológica del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), para identificar y monitorear cualquier efecto potencial adverso para la salud humana proveniente de cualquier planta transgénica, así como de cualquier variedad nueva que aparezca en el mercado. Tal sistema debe permanecer abierto a los avances científicos y no debe pasar por alto los efectos adversos que puedan ocurrir a largo plazo. Esto requerirá de esfuerzos coordinados de México y otras naciones para compartir experiencias y

estandarización de algunos tipos de evaluación de riesgos específicamente relacionadas con la salud humana. La información deberá estar disponible para la población, en donde se le asegure a la gente que el abasto de alimentos bioingenierizados están regulados y son seguros (236).

El principal interés en una valoración del riesgo de las plantas transgénicas puede resumirse en la posibilidad de transferencia de materiales genéticos a otros organismos, las consecuencias medioambientales y las consecuencias para la salud (63).

En México, el mango se consume preferentemente en fresco. Sólo se industrializa menos del 1% de su producción en forma de purés, conservas, deshidratados, mermeladas, pulpa congelada, bebidas fermentadas y no fermentadas (254). El procesar el mango implica no sólo alargar su vida de anaquel, sino también su disponibilidad durante el año, tanto en México como en otros destinos comerciales. Cada uno de estos productos debe estar regulado para asegurar su calidad y en México existen las normas de manufactura para mango en almibar, NOM-F-104-1981; jalea, NOM-F-146-1968; néctar, NOM-F-57-S-1980; alimentos para niños, NOM-F-460-1986; cócteles de frutas, NOM-F-029-1968; bebidas alcohólicas y no alcohólicas, NOM-F-237-1972, NOM-120-SSA1-1994; y refrescos, NOM-F-237-1972 (281).

Una alternativa para el mercado del mango y la generación de empleos es destinar un porcentaje mayor de la producción de mango que se consume en fresco por producto procesado. Esto generaría a nivel industrial empleos adicionales a los existentes en el campo. Además el exportar productos procesados, como pulpas congeladas, concentrados y néctares aumentaría el valor de comercialización y llevaría el mango a mercados más lejanos. Definir la proporción que se destine al procesamiento es una labor importante que debe hacerse tomando en cuenta las implicaciones económicas, laborales y sociales sobre la industria del mango.

El desarrollar tecnologías para alargar la vida de anaquel de frutas y hortalizas enteras ha sido una práctica común. Sin embargo, ahora el nuevo reto es extender y expandir este conocimiento para incluir frutas y hortalizas peladas, cortadas y de alguna manera parcialmente procesadas. Por desgracia, el desarrollo de tecnologías para alargar la vida de anaquel de estos productos presenta dos problemas importantes: control estricto de

reacciones que aceleren la senescencia o la pérdida de calidad; y, evitar la contaminación microbiana (134).

Para resolver estos dos problemas se deben vencer las barreras técnicas. El controlar la fisiología del tejido vegetativo y el crecimiento microbiano es un punto crítico en frutas mínimamente procesadas. El desarrollo de tecnologías de procesamiento no térmico para estos productos continuará. La irradiación se está volviendo en la tecnología líder como método de conservación no térmico, y puede suplantar el uso de agentes químicos como el bromuro de metilo, el dibromuro de etileno, y el óxido de etileno, utilizados para fumigar los productos (99).

De las tecnologías revisadas para la conservación de productos mínimamente procesados para el control bacteriano, tal vez la presión hidrostática alta sea el proceso más comercialmente explotado. La introducción de productos tratados a presión en Japón está ayudando a que esta tecnología sea aceptada mundialmente. En México, en la frontera con Texas, hay una planta productora de guacamole que utiliza un tratamiento a altas presiones. Aparentemente, el nicho para la conservación a presión de frutas y hortalizas está creciendo y se puede esperar que otras tecnologías no térmicas encuentren importancia comercial relevante próximamente (99).

El otro problema que encuentra esta clase de productos es que el tejido debe permanecer vivo y mantener su calidad durante un tiempo de almacenamiento razonable. El envase debe estar desarrollado para lograr estas metas. La distribución necesita responder a las demandas que seguramente se harán para presentar estos productos al consumidor (134).

Sin embargo y a pesar de que existe una norma mexicana de calidad para cócteles de fruta (NOM-F-029-1968), ésta necesita ser actualizada y estricta a fin de asegurar la calidad de productos mínimamente procesados ante los avances tecnológicos para su conservación (134, 281).

Pero como todas las industrias procesadoras, las industrias relacionadas con las frutas generan grandes cantidades de materiales de desecho, entre los que podemos incluir, los huesos, fibras y piel, que a veces representan hasta el 50% del peso del mango en fresco (254). Actualmente se están estudiando alternativas para el uso de bagazo, hueso y piel ya

que tienen varios constituyentes de interés como su alto contenido de aceite, minerales, fibra, vitaminas, carbohidratos y proteínas. Además que la utilización de estos desperdicios significa una alternativa inminente para el manejo de desechos y para la falta de suministros de alimentos para la población mundial. La importancia de crear una industria que trate de obtener productos valiosos a partir de sus desperdicios, es una necesidad como se muestra en la infinidad de productos patentados en todo el mundo (112).

Cada uno de los productos que se obtiene del uso de los desperdicios, debe cumplir la norma sanitaria que se encuentre vigente. En este caso las normas disponibles para aceites vegetales comestibles es la NOM-F-223-1985 y NOM-F-119-1994; para grasas y mantecas para el uso industrial, NOM-F-9-1985 (importante por el uso de aceites de semilla de mango como sustituto en la industria de cosméticos y confitería); para aceites esenciales, NOM-F-077-1976, NOM-F-340-S-1979, NOM-F-354-S-1980, NOM-F-367-S-1980, NOM-F-074-S-1981; y vinagre, NOM-F-122-1968. Estas normas se pueden utilizar como base para formular nuevas que realmente tomen en cuenta el aprovechamiento de los desperdicios y que se adecuen a las condiciones propias de cada proceso (281).

Debido al aumento en la preferencia en el consumo del mango, se tratan de buscar también saborizantes y aromatizantes sintéticos con sabor y aroma a mango para utilizarlos en diferentes productos: como saborizantes en gomas de mascar, bebidas y jugos, confitería y productos lácteos; y como aromatizantes en perfumería, suavizantes de tela, cosmetología, repelentes de insectos, composiciones de bebidas frutales (68, 96, 174, 177, 264, 298). Todas estas industrias en creciente desarrollo y crecimiento.

Finalmente, esta tesis propone que:

1. Se fortalezcan las tecnologías emergentes no contaminantes para el manejo postcosecha del mango y métodos de conservación para productos mínimamente procesados como alternativas al uso de fungicidas; tecnologías que deben ser validadas y legisladas.
2. La creación de programas de investigación que aseguren que la manipulación genética para retardar la maduración del mango y aumentar su resistencia a pestes y enfermedades, con impacto mínimo en la biodiversidad vegetal nacional, así como que sea económicamente viable. Se deben crear las normas que regulen

la aplicación y desarrollo de plantas transgénicas que vayan de acuerdo también con las normas internacionales vigentes.

3. Desarrollar productos económicamente viables a partir de los desperdicios del mango, en donde se aprovechen sus componentes como proteínas, fibras y aceites. Los usos potenciales que podrían ser de mayor interés en México incluyen la elaboración de suplementos alimenticios y polvo de mango a partir de pulpa y los desperdicios; la extracción de pectinas de la piel; y la extracción del aceite de su semilla, no sólo para uso en la industria alimentaria, sino también en la industria de los cosméticos.

Por lo tanto, una participación conjunta de las dependencias gubernamentales (SAGARPA, SECOFI, SSA, SE), de centros de investigación (UNAM, CINVESTAV, CIAD y universidades estatales), así como, del sector privado, es de suma importancia para el desarrollo tecnológico y económico de la industria del mango en este milenio (23).

IX. Conclusiones

Del Estudio de Inteligencia Tecnológica del mango se puede concluir lo siguiente:

1. Importancia económica del mango en México.

El mango, es uno de los frutos subtropicales más exquisitos y con un alto potencial económico debido a su gran demanda a nivel mundial. La India, México y China son los principales países productores y exportadores. A pesar de que en el mercado internacional se encuentran grandes competidores como son los productos de origen Asiático, Africano o Centro y Sudamérica, en los últimos años las exportaciones mexicanas han ido en aumento, principalmente por que se ofrecen en el mercado diferentes variedades que satisfacen las preferencias de diversos mercados. México es el principal país exportador de este fruto a Estados Unidos. El proceso de comercialización a nivel internacional enfrenta una serie de retos y oportunidades que permitirá a países como México, la captación de divisas y la generación de empleos en estados pobres como Chiapas, Guerrero y Oaxaca. Esto podría contribuir al fortalecimiento de cooperativas de pequeños productores de este fruto y con esto ayudar al desarrollo económico de estas comunidades. La promoción de la utilización de un mayor porcentaje de la producción nacional en el procesamiento de mango, aumentaría la generación de empleos y agregaría valor a esta cosecha, ya que aumentaría la vida útil de esta y su incursión en mercados lejanos alternativos.

2. Aspectos taxonómicos, bioquímicos y fisiológicos del Mango.

El mango es un fruto subtropical que puede sufrir una serie de enfermedades. Entre las enfermedades precosecha se encuentra el enmohecimiento polvoso, causado por el ataque de *Oidium mangiferae*, que crece sobre las hojas y frutas jóvenes. También sufre una serie de enfermedad postcosecha como la antracnosis y otras menos comunes,

pero importante como: la pudrición en el extremo del tallo, la costra del mango, la pudrición por *Alternaria* e infecciones causadas por el ataque de *Aspergillus Niger* o por *Rhizopus oryzae*, todas ellas deterioran la calidad del mango. Además de estas enfermedades, este fruto presenta una gran sensibilidad a bajas temperaturas produciéndose el desorden fisiológico conocido como daño por frío, los síntomas incluyen decoloración de la piel, manchas oscuras, madurez no homogénea, poco desarrollo del color y el sabor, y aumento de la susceptibilidad al ataque de hongos y por lo tanto pérdida de calidad.

En México, las infecciones y desórdenes fisiológicos de los productos tropicales y subtropicales como el mango, son la causa de importantes pérdidas económicas desde la cosecha hasta su comercialización. Por lo tanto, para extender la vida de anaquel y controlar los desórdenes fisiológicos presentes, es necesario conocer su comportamiento fisiológico y bioquímico para poder proponer o desarrollar tratamientos seguros y/o alternativos que eviten las pérdidas postcosecha y que ayuden a alargar la vida útil del producto en fresco.

3. Estado del arte tecnológico.

Al revisar el estado del arte en la producción, procesamiento y manejo postcosecha del mango podemos mencionar que las tecnologías utilizadas en el almacenamiento del mango más comunes en nuestro país son la refrigeración, las atmósferas modificadas y controladas. Sin embargo, en la mayoría de los lugares donde se almacenan frutos en fresco, como en la Central de Abastos del Distrito Federal y/o mercados locales y regionales, estas tecnologías no son utilizadas ya sea por no contar con la infraestructura y/o por problemas económicos. Sin embargo, las grandes empresas transnacionales si cuentan con la infraestructura para almacenar y alargar la vida útil de este fruto.

Acerca de las tecnologías para el procesado de mango, podemos mencionar que en México solamente el 1% de la producción es destinada

a la industrialización. Se esperaría que siendo nuestro país uno de los principales países productores de mango existiera una gran variedad de productos en el mercado nacional. Sin embargo, la tecnología para el procesado se centra solamente en la producción de productos como: néctares, bebidas, yogurt con mango, almibares, ate, alimentos para bebés, mango deshidratados, salsa de mango agridulce y dulces enchilados secos. Por tal motivo, se requiere del desarrollo de nuevos productos y nuevas tecnologías para el procesado de este fruto, que permita alargar la vida útil, y aumentar la disponibilidad durante cualquier temporada del año.

4. Oportunidades tecnológicas.

Con la información tecnológica se identificaron las oportunidades y usos potenciales del mango que podrían ayudar a alargar la vida útil y evitar las grandes cantidades de desperdicios que podrían ser utilizados de manera integral.

- ***Usos potenciales para el aprovechamiento integral del mango.***

En México el 1% de la producción de mango es destinada a la industrialización de diversos productos tradicionales. Sin embargo, el 40-50% del peso total del fruto lo constituye el bagazo, el hueso y la piel, todos ellos considerados desperdicios. Hasta el momento estos subproductos no son considerados, ya sea por la falta de formulaciones, procesos alimenticios o falta de infraestructura. Es necesario buscar e implementar opciones para su transformación y de esta manera aprovechar algunos componentes de estos subproductos como los aceites de las semillas, la pectina, fibra, vitaminas y minerales, que podrían ser de gran utilidad no solo a la industria alimentaria, sino también a la farmacéutica.

En la actualidad existen grandes alternativas de usos, que tendrían que ser evaluados y de esta manera seleccionar las opciones factibles económicamente. De esta manera, con la utilización de estos subproductos

podrían ayudar a la creación de empleos y ser una alternativa para el suministro de alimentos y/o nuevos productos para la población, evitando el deterioro ambiental por la producción de grandes cantidades de desperdicios de origen orgánico.

- ***Tecnologías emergentes para alargar la vida útil.***

La creciente sensibilidad de los consumidores a la presencia de pesticidas en los productos vegetales, unida a una legislación cada vez más restrictiva en muchos países, ha provocado un gran interés en el desarrollo de tratamientos utilizando nuevas tecnologías no contaminantes, que permitan mantener la calidad de los productos vegetales durante su comercialización.

Es indudable que en momentos actuales, se llevan a cabo numerosas investigaciones con el objetivo de poner a punto nuevas tecnologías para la conservación de frutos. Todas ellas tienen la pretensión de dar alternativas a tecnologías hasta ahora utilizadas y que deterioran el ambiente como son los métodos químicos.

En nuestro país el uso de tecnologías emergentes (campos eléctricos pulsantes, campos magnéticos oscilantes, pulsos luminosos, altas presiones, ultrasonido y radiaciones ionizantes) se encuentran todavía en vías de experimentación. Sin embargo, podrán ser de gran utilidad en la medida en que se desarrollen, validen y apliquen a diferentes productos y puedan ir sustituyendo a las tecnologías existentes.

Por lo tanto, el desarrollo de tratamientos físicos no contaminantes que permitan alargar la vida útil de frutos tropicales y subtropicales como el mango, evitará el uso de fungicidas no permitidos en muchos países como en Estados Unidos, y podrán ayudar a contribuir a la protección del ambiente, de la salud pública y ayudarán a fortalecer el mercado de exportación de frutos mexicanos.

- ***Tecnología para la mejora genética.***

El uso de cultivos modificados genéticamente empieza a ser una buena alternativa para muchos países. Sin embargo, en México la legislación para regular el uso de los organismos modificados genéticamente se encuentra con un gran atraso con respecto a países europeos. En nuestro país se ha creado la Comisión Nacional de Bioseguridad, y está en etapa de la aprobación de leyes que regulen la producción, comercialización e identificación de los transgénicos, pero esta es una tarea difícil pues a pesar de que existen recursos humanos y organismos capacitados, la infraestructura básica y los recursos económicos son mínimos. Por lo que, sería necesario una moratoria para la introducción en el mercado de los organismos modificados genéticamente hasta que no se estudien profundamente y se controlen los riesgos potenciales para el medio ambiente y la salud humana. Además, en el caso del mango cabe señalar que México cuenta con una gran diversidad de variedades, lo cual permite contar con frutos que presentan diferentes características físicas, fisiológicas y bioquímicas que pueden ser utilizados para diferentes fines.

- ***Desarrollo de nuevas tecnologías.***

El desarrollo de equipos y/o procesos nuevos podría contribuir al aumento de la industrialización de este fruto y de esta manera ayudar al desarrollo de nuevos productos que permitan la diversificación para su consumo y su comercialización.

Con base a la información científica y tecnológica presentada anteriormente podemos concluir que los Estudios de Inteligencia Tecnológica de productos agronómicos de importancia económica para el país, pueden ser de utilidad para ayudar a superar las barreras tecnológicas, cumplir las normas fitosanitarias y de calidad para productos de exportación. Además, para proporcionar información especializada del mago que contribuirá a la optimización de los recursos económicos y materiales en investigación.

IX. Bibliografía

1. Abe, K.; Watada, A. E. (1991). Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. *Journal of Food Science*. **56** (6), 1589-1592.
2. Adams, D. O.; Yand, S. F. (1979). Ethylene biosynthesis: identification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* **76**, 170-174.
3. Adesina, A. A.; Oguntimein, G. B.; Obisanya, M. O. (1993). Kinetic analysis of the fermentation of mango juice. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* **26**, 79-82.
4. Ahvenainen, R. (1996). New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends of Food Science and Technology* **7**, 179-187.
5. Akamine, E. K.; Goo, T. (1973). Respiration and ethylene production during ontogeny of fruit. *Journal of American Society for Horticultural Science* **98**, 381-383.
6. Akinawe, T. O. (2000). Cashew apple juice: its use in fortifying the natural quality of some tropical fruits. *European Food Research and Technology* **211** (3), 205-207.
7. Albion University, Dicot Families 2. En: www.albion.edu/plants/dicots2.htm
8. Alique L, R.; Zamorano R., J. P. (2000). Productos vegetales: Regulación de los procesos fisiológicos post-recolección. En: Lamúa S., M. (eds.) *Aplicación del frío a los Alimentos*. AMV y Mundiprensa, Madrid. pp. 69-104.
9. All about Mangos: Featuring mango recipes, mango history, eating mangoes, selecting mangoes. En: <http://www.freshmangos.com/aboutmangos/index.html>
10. Andrade, E. H. A.; Maia, J. G. S.; Gracias, B. M. (2000). Aroma volatile constituents of Brazilian varieties of mango fruit. *Journal of Food Composition and Analysis* **13** (1), 27-33.
11. Arai, M.; Hashiba, H.; Ito, F.; Dosako, S.; Furuya, H.; Kabuki, T.; Nakajima, H.; Tadokoro, S. (2000). Bacteriostatic and antibacterial agent containing mango kernel component. *US Patent* **US6063382**.
12. Arogba, S. S. (1999). The performance of processed mango (*Mangifera indica* L.) kernel flour in a model food system. *Bioresource Technology* **70** (3), 277-281.
13. Arogba, S. S. (2001). Effect of temperature on the moisture sorption isotherm of a biscuit containing processed mango (*Mangifera indica* L.) kernel flour. *Journal of Food Engineering* **48** (2), 121-125.

14. Artés C., F. (2000). Conservación de los productos vegetales en atmósferas modificadas. En: Lamúa S., M. (eds.) *Aplicación del frío a los Alimentos*. AMV y Mundiprensa, Madrid. pp. 105-126.
15. Artés C., F. (2000). Productos vegetales procesados en fresco. En: Lamúa S., M. (eds.) *Aplicación del frío a los Alimentos*. AMV y Mundiprensa, Madrid. pp. 127-142.
16. Arthey, D.; Ashurst, P. R. (eds.) (1996) *Procesado de frutas*. Ed. Acibia, S. A. España. pp. 273.
17. Arumuganathan, K.; Earle, E. D. (1991). Nuclear DNA content of some important plant species. *Plant Molecular Biology Reporter* **9**, 208-218.
18. Baldwin, E. A. (1994). Edible coatings for fresh fruits and vegetables, past, present and future. En: Krochta, J.; Baldwin, E. A.; Nisperos, M. O. (eds.) *Edible Coating and Films to Improve Food Quality*. Carriedo, Technomic Publishing Co. Lancaster, pp. 25-64.
19. Baldwin, E. A.; Burns, J. K.; Kazokas, W.; Brecht, J. K.; Hagenmaier, R. D., Bender, R. J.; Pesis, E. (1999). Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. *Postharvest Biology and Technology*. **17** (3), 216-226. En: United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service: <http://www.nalusda.gov/ttic/tektran/data>
20. Banana Rite. The Easy-Ripe Generator. En <http://www.banana-rite.co.uk/Easy-Ripe%20Generator.htm>
21. Banana Rite. The Sure-Ripe Generator. En <http://www.banana-rite.co.uk/Sure-Ripe%20Generator.htm>
22. Bancomext. En: http://www.mexico.businessline.com/sectorial/ali_fres.html
23. Bancomext. En: http://www.mexico.businessline.com/sectorial/notas_mango.html
24. Bandyopadhyay, C.; Gholap, A. S. (1973a). Changes in fatty acids in ripening mango pulp (variety Alphonso). *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **21**, 496-497.
25. Bandyopadhyay, C.; Gholap, A. S. (1973b). Relationship of aroma and flavour characters of mango (*Mangifera indica* L.) to fatty acid composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **24**, 1497-1503.
26. Bandyopadhyay, C.; Gholap, A. S.; Mamdapur, V. R. (1985). Characterisation of alkenyl resorcinol in mango (*Mangifera indica* L.) to fatty acid composition. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **33**, 337-379.
27. Baocheng, H. (1997) Beverage and its preparing method. *Chinese Patent*. **CN1153023**.
28. Barbat, J. A. (1992) Mango Stoning Apparatus. *Australian Patent*. **AU621411**.

29. Barrón, A. (2000). El mercado de trabajo del mango en Ciudad Altamirano, Guerrero. En: Barrón P., A.; Sifuentes O., L. E.; Hernández T., J. M. En: Universidad Autónoma de Nayarit. En: <http://www.ceddi.uan.mx/Virtual/libros/CAP8.htm>
30. Bauer, K. (2000). Tropical fruit flavors: a flavorist's perspective. *Cereal Foods World* **45** (5), 204-207.
31. Bedifu, G. I. O.; Ilochi, J. C.; Dutse, J. V.; Akpapunam, N. A. (2001). Use of mango mesocarp flour to enrich the provitamin A content of a complementary food blend of maize and soy bean flours for porridge. *Food and Nutrition Bull.* **21** (3), 316-322.
32. Bello G., J. (2000). *Ciencia Bromatológica: Principios generales de los alimentos*. Ed. Díaz de Santos, S.A. Madrid España. pp. 577.
33. Bender, R. J. (1998). Elevated CO₂ in controlled atmosphere storage and regulation for mango ripening. Ph. D. thesis. *Dissertation abstracts international* **58** (7), 3384 pp. 171.
34. Bendor, R. J.; Brecht, J. K.; Sargent, S. A.; Huber, D. J. (2000). Mango tolerance to reduced oxygen levels in controlled atmosphere storage. *Journal of American Society for Horticultural Science* **125** (6), 707-713.
35. Biale, J. B. C. (1960). Respiration of fruits. En: Pharis, A. P.; Reid, D. M. (eds.). *Encyclopedia of Plant Physiology* **12** (2). Springer-Verlag, New York.
36. Boag, T. S.; Johnson, G. I.; Izard, M.; Murray, C.; Fitzsimmons, K. C. (1990) Physiological responses of mangoes cv. Kensington Pride to gamma irradiation treatments as affected by fruit maturity and ripening. *Annals of Applied Biology* **116**, 177-187.
37. Boomfield, R. W. (2000). Elaboración de confituras, jaleas, flavorizantes y frutas secas. En: Arthey, D.; Ashurst, P. R. (eds.). *Procesado de frutas*. Ed. Acribia, S. A. España. pp. 181-212.
38. Botella, J. R. (2000). Synthase genes from pineapple, papaya and mango. *US Patent US6124525 PCT Patent WO97/11166*
39. Bringi, N. V.; Padley, F. B. (1977). Food fat. *US Patent US4060646*.
40. Bringi, N. V.; Padley, F. B. (1980). Method for preparing mango kernel fat composition for use in confectionary. *Indian Patent IN147375*.
41. Brooks, C., McColloch, L. P. (1936). Some storage diseases of grapefruit. *Journal of Agriculture Research* **52**, 319-351.

42. Burdon, J. H. N.; Moore, K. G.; Wainwright, H. (1991). Mineral distribution in mango fruit susceptible to the physiological disorder soft-nose. *Scientia Horticulturae* **48**, 329-336.
43. Burg, S. P.; Burg, E. A. (1962). Role of ethylene in fruit ripening. *Plant Physiology* **37**, 179-189.
44. Burrows, G. (2000). Producción de frutas térmicamente procesadas y de frutas congeladas. En: Arthey, D.; Ashurst, P. R. (eds.). *Procesado de frutas*. Ed. Acribia, S. A. España. pp. 147-180.
45. California Rare Fruit Grower Inc. (CRFG) (1996). Mango *Mangifera indica* L. *Anacardiaceae*. En: <http://www.crfg.org/pubs/ff/mango.html>
46. Cámaras con atmósferas controladas Serie GAS-TH. En: <http://www.cci-calidad.com/camara27.html>
47. Campbell, C. A. Handling of Florida-grown and Imported Tropical Fruits and Vegetables. *HortScience* **29** (9), 975-978.
48. Canet, W.; Álvarez, M. D. (2000). Congelación de los alimentos vegetales. En: Lamúa S., M. (eds.) *Aplicación del frío a los Alimentos*. AMV y Mundiprensa, Madrid. pp. 201-258.
49. Carmona V., G. Diagnóstico del Sistema de refrigeración utilizado en la planta empacadora de mango fresco, Conaprosal, las Juntas de Abangares, Guanacaste. En: *Estudios de manejo postcosecha del Consejo Nacional de Producción de Costa Rica*. En: <http://www.mercanet.cnp.go.cr/postcmango.htm>
50. Carrillo L., A.; Ramírez B., F.; Valdez T., J. B.; Rojas V., R.; Yahia, E. M. (2000). Ripening and quality changes in mango fruit as affected by coating with an edible film. *Journal of Food Quality* **23** (5), 479-486.
51. Carter, J. V.; Brenner, M. (1985). Plant growth regulators and low temperature stress. En: Pharis, A. P.; Reid, D. M. (eds.). *Encyclopedia of Plant Physiology* **2**. Springer-Verlag, New York.
52. Centurion Y., A. R.; González N., S. A.; Tamayo C., J. A.; Argumedo, J. J.; Sauri D., E. (1998). The effect of ethephon on the colour, composition and quality of mango (*Mangifera indica* L. cv. 'Kent'). *Journal of Food Science and Technology International* **4** (3), 199-205.
53. Coburn, M. M. (1999). *Competitive Technical Intelligence*. 1a. Edición. Oxford University Press. p. 148.

54. Como, G.; Baba, T.; Yaguchi, Y.; Ikeda, F. (1997). Survival and ultrastructure of *Colletotrichum gloeosporioides* subjected to hydrostatic pressure treatment. *Journal of Agriculture Science* **44** (4), 195-201.
55. Cornell University. *Mangifera indica* Linnaeus. En: <http://instruct1.cit.cornell.edu/courses/hort400/mpls/mango.html>
56. Crane, J. H.; Campbell, C. W. (1994). The Mango. Instituto de Ciencia de los Alimentos y Agricultura de la Universidad de Florida. En: http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_MG216
57. Cruz C., C.; Pérez C., A. (1998). *Evaluación del efecto conservador y antimicrobico de la película de quitosán en la vida útil del mango (Mangifera indica L.) variedad 'Haden'*. Tesis Ingeniería en alimentos. UNAM.
58. Cua, A. U.; Lizada, M. C. C. (1990). Ethylene production in the 'Carabao' mango (*Mangifera indica* L.) fruit during maturation and ripening. *Acta Horticulturae* **269**, 169-179.
59. Chang, M. H. (1994). Mango tree FP1. *US Patent*. **US9005P**.
60. Chatpar, H. S.; Mattoo, A. K.; Modi, V. V. (1971). Biochemical studies on chilling injuries in mangoes. *Phytochemistry* **10**, 1007-1009.
61. Chauhan, S. K.; Lal, B. B.; Joshi, V. K. (1998). Development of a protein-rich mango beverage. *Journal of Food Science Technology India* **35** (6), 521-523.
62. Chengxi, M. (1993). Preparing method for crisp fruit and vegetable slice. *Chinese Patent* **CN1076339**.
63. Damen, V.; Adley, C.; Brinkman, F.; Hammelev, D.; Johansson, M.; van Strydonk, M. (1997). Unidad 9. Plantas transgénicas. En: European Initiative for Biotechnology Education (EIBE). En: <http://www.reading.ac.uk/NCBE>
64. Delicia Inc. Mango Puree. En: <http://www.delicia.centroamerica.com/products.htm>
65. Delphis (1996). Mango Mania! En: <http://www.delphis.dm/mango.htm>
66. Department of Agriculture Malaysia. En: http://www.agrolink.moa.my/doi/english/croptect/mgo_gen.html
67. Detsina, A. N.; Rodionov, V. (1998). Balsam for care of hair and head skin. *Russian Patent*. **RU2120276**
68. Dewis, M. L.; Kendrick, L.; Edwards, D. J.; Wright, M. (2001). Ethyl 3-mercaptobutyrate as a flavoring or fragrance agent and methods for preparing an using same. *International Patent Application* **WO0180666**.

69. Díaz S., R.; Acuña, C.; Vázquez, A.; Beristain, C. I.; García, H. S. (1996). Reduction of microbial spoilage during postharvest storage of mango cv. 'Manila'. *1996 IFT annual meeting: book of abstracts*, p. 97.
70. Díaz S., R.; Cruz, J.; Berinstain, C. I.; García, H. S. (1995). Evaluation of firmness and enzyme activity postharvest handling of mango (*Mangifera indica* cv. 'Manila') treated with a hydrophobic coating. *IFT Annual Meeting Conference proceedings*, p. 83.
71. Díaz S., R.; Vázquez, L., A.; Berinstain, C. I.; Cruz, J.; García, H. S. (1996). Emulsion coating to extend postharvest life of mango (*Mangifera indica* cv. 'Manila'). *Journal of Food Processing and Preservation* **20** (3), 191-202.
72. diBaggi, V.; Ghommidh, C., Navarro, J. M.; Crouzet, J. (1986). Fermentation alcoolique de la pulpe de mangue. *Sciences des Aliments* **6**, 407-416.
73. DIR's HortInfo - Internet IPM Resources on Mango. *Mango*. En: <http://ippc.orst.edu/dir/fruit/mango.html>
74. Dossat, R. J. (1988). *Principios de Refrigeración*. Cía. Editorial Continental, S. A. De C. V. México, pp. 594.
75. Dubery, I. A.; Van Rensbur, L. J.; Schabort, J. C. (1984). Malic enzyme activity and related biochemical aspects during ripening of CO_2 -irradiated mango fruit. *Phytochemistry* **23**, 1383-1386.
76. Duque, S.; Fernández P., L.; Rodríguez, F. (1999). Mango allergy in a latex-sensitized patient. *Allergy* **54** (9), 1004-1005.
77. Durance, T. D.; Jian H., W.; Shlomer M., R. (1999). Process for drying mango and pineapples. *United States Patent US 5962057*.
78. East Ref Oy, Co. Outside refrigeration storage facility. En: http://www.eastrefoy.com/eng/extw_e.html
79. East Ref Oy. Banana Ripening Rooms. En: http://www.eastrefoy.com/eng/gazw_e.html
80. Ecuarrunari y FAO. *Procesamiento de Productos Agroindustriales y Tecnologías agroindustriales*. En: http://www.ecuarural.gov.ec/ecuagro/paginas/tec_agroind/P-frutas/pagweb.htm
81. Ecuarrunari. *Procesamiento de Frutas y Vegetales*. En: http://www.ecuarural.gov.ec/ecuagro/paginas/tec_agroind/P-frutas/pagweb.htm pp. 56
82. Editorial Cumbre, S. A. (eds.) (1965). *Enciclopedia Ilustrada Cumbre*. Impresora Mexicana, S. A. 14 tomos.

83. Elegbede, J. A.; Achoba, I.; Richard, H. (1996). Nutrient composition of mango (*Mangifera indica* L.) seed kernel from Nigeria. *Journal of Food Biochemistry* **19** (5) 391-398.
84. Elisabeth, E. (1993). Patisserie product based on natural fruits. *French Patent FR19920003998*. PCT International Patent Application **WO9509534**.
85. Engel, K. H.; Tressel, R. (1983). Studies on the volatile components of two varieties. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **31**, 796-801.
86. FAO (2000). Database FAOSTAT. En: <http://www.fao.org>.
87. Farooqui, Q. A.; Sattar, A.; Daud, K.; Hussain, M. (1985). Studies on the postharvest chilling sensitivity of mango fruit (*Mangifera indica* L.). *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* **98**, 220-221.
88. Friend, J.; Rhodes, M. J. (1981). *Recent advances in the biochemistry of fruit and vegetables*. Academic Press, Londres.
89. Furuse, K.; Taguchi, K.; Murabayashi, S.; Yamaoka, Y. (1997). Hair/Scalp cosmetic comprising seed kernel oil extracted from seed of mango of *Anacardiaceous* plant as active ingredient and restoration of damaged hair. *Japanese Patent JP9208435*.
90. Gardner, R. C. (1993). Gene transfer into tropical and subtropical crops. *Scientia Horticultura*; **55** (1/2), 65-82.
91. Gil, A. M.; Duarte, I. F.; Delgadillo, I.; Coluhoun, I. J.; Casuscelli, F.; Humpfer, E.; Spraul, M. (2000). Study of compositional changes of mango during ripening by use of nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **48** (5), 1524-1536.
92. González A., G. A.; Fortiz, J.; Cruz, R.; Baez, R.; Wang, C. Y. (2000). Methyl jasmonate reduces chilling injury and maintains postharvest quality of mango fruit. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **48** (2), 515-519.
93. González A., G. A.; Wang, C. Y.; Buta, J. G. (2000). Maintaining quality of fresh-cut mangoes using antibrowning agents and modified atmosphere packaging. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **48** (9), 4204-4208.
94. González, E.; Sergement, E.; Isturiz V., R.; Casares, R. Curso de mango. En: <http://monagas.infoagro.info.ve/informacion/tecnologia/mango/index.htm>
95. Gorinstein, S.; Zemser, M.; Haruenkit, R.; Chuthakorn, R.; Grauer, F.; Martin B., O.; Trankhtenberg, S. (1999). Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. *Journal of Nutritional Biochemistry* **10** (6), 367-371.

96. Guentert, M.; Kindel, G.; Bertram, H. J. (2000). 5-Z-octenyl esters, process for their preparation and their use. *US Patent US6072077*.
97. Gunasekaran, S.; Ay, C. (1994). Evaluating milk coagulation with ultrasonics. *Food Technology* **48** (12), 74-78.
98. Hollenberg D.; Seidel, K.; Kaczich, A.; Matxik, I.; Mueller, R (2000). Skin and hair aerosol foam preparations containing an alkyl polyglycoside and vegetable oil. *US Patent US6045779*.
99. Hoover, D. G. (1997). Minimally processed fruits and vegetables: reducing microbial load by nonthermal physical treatments. *Food Technology* **51** (6), 66-71.
100. Ito, H. (1987). Production of flocked product utilizing mango nucleus skin. *Japanese Patent. JP62204712*.
101. Jacobi, K. K.; Giles, J. E. (1997). Quality of 'Kensington' mango (*Mangifera indica* Linn.) fruit following combined vapor heat disinfestation and hot water disease control treatments. *Postharvest Biology and Technology* **12** (3), 285-292.
102. Jacobi, K. K.; MacRae, E. A.; Hetherington, S. E. (2000). Effects of hot air conditioning of 'Kensington' mango fruit on the response to hot water treatment. *Postharvest Biology and Technology* **21** (1), 39-49.
103. Jacobi, K. K.; MacRae, E. A.; Hetherington, S. E. (2001). Loss of heat tolerance in 'Kensington' mango fruit following heat treatments. *Postharvest Biology and Technology* **21** (3), 321-330.
104. Jacobs, C. J.; Brodrick, H. J.; Swarts, H. D.; Mulder, N. J. (1973). Control of postharvest decay of mango fruit in South Africa. *Plant Disease Reporter* **57**, 173-176.
105. Jal, M. (2000). La atmósfera controlada, una tecnología complementaria a la refrigeración. En: Lamúa S., M. (eds.) *Aplicación del frío a los Alimentos*. AMV y Mundiprensa, Madrid. pp. 143-200.
106. Jamieson, W. (1980). Use of hypobaric conditions for refrigerated storage o meats, fruits, and vegetables. *Food Technology* **34** (3), 64-71
107. Jarvis, B (2000). Sidra, "perry" y otras bebidas alcohólicas. En: Arthey, D.; Ashurst, P. R. (eds.) *Procesado de frutas*. Ed. Acribia, S. A. España. pp. 107-146.
108. John, J.; Subbrayan, C ; Cama, H. R. (1970) Carotenoids in 3 stages of ripening mango. *Journal of Food Science*. **35**, 262-265
109. Johnson, G I.; Boag, T. S.; Cooke, A. W.; Izard, M.; Panitz, M.; Sangchote, S. (1990). Interaction of post harvest disease control treatments and gamma irradiation on mangoes. *Annals of App. Biol* **116**, 245-257.

110. Johnson, G. I.; Coates, L. M. (1993). Postharvest disease of mango. *Postharvest News and Information* **4**, 1, 27N-34N.
111. Johnson, G. I.; Mead, A. J.; Cooke, A. W.; Dean, J. R. (1992). Mango stem end rot pathogens – Fruit infection by endophytic colonization of the inflorescence and pedicel. *Annals of Applied Biology*. **120**, 225-234.
112. Johnston, I. F. (1981). Food from non-edible fruit by-products and method for production. *US Patent US4267196*.
113. Johnson, G. I.; Cooke, A. W.; Mead, A. J.; Well, I. A. (1991). Stem end rot of mango in Australia, causes and control. *Acta Horticulturae* **291**, 288-295.
114. Johnson, G. I.; Mead, A. J.; Cooke, A. W.; Dean, J. R. (1991). Mango stem end rot pathogens – infection level between flowering and harvest. *Annals of Applied Biology*. **119**, 465-473.
115. Johnson, G. I.; Muirhead, I.; Mayers, P.; Cooke, T. (1989). Diseases. En: Rigway, R. (eds.) *Mango Pests and Disorders*, Queensland Department of Primary Industries Information Series, Brisbane, Queensland, Australia, Qd 99007, pp. 1-9, 29-35.
116. Johnson, G. I.; Muirhead, I.; Rappel, L. M. (1989). Mango postharvest disease control: a review of research in Australia, Malaysia and Thailand. *ASEAN Food Journal* **4**, 139-141.
117. Joseph, J. K.; Abolaji, J. (1997). Effects of replacing maize with graded levels of cooked Nigeria mango-seed kernels (*Mangifera indica* L.) on the performance, carcass yield and meat quality of broiler chickens. *Bioresource Technol.* **61** (1), 99-102.
118. Kabuki, T.; Nakajima, H.; Arai, M.; Ueda, S.; Kuwabara, Y.; Dosako, S. (2000). Characterization of novel antimicrobial compounds from mango (*Mangifera indica* L.) kernel seeds. *Food Chemistry* **71** (1), 61-66.
119. Kamissoko, I.; Sanogo, Y.; Kone, S. (1995). The mango powder. *ASAE Publication*, 1-95, 368-369.
120. Katrodia, J. S. (1979) Study into the cause of the development of spongy tissue in mango (*Mangifera indica* L.) fruit of cultivar Alphonso. Ph. D. thesis. Marathwada Agricultural University Parbhani, India.
121. Katrodia, J. S. (1989) Spongy tissue in mango: causes and control measures. *Acta Horticulturae* **231**, 814-826
122. KES Science & Technology, Inc. How does Refrigeration Dry the Air. En: *Why do Plants need humidity*. En: <http://www.kesmist.com/4.htm>

123. KES Science & Technology, Inc. Produce Storage Guide: Optimum Environmental Conditions for Maintaining Freshness. En: *Perishable preservation guide*. En: <http://www.kesmist.com/3.htm>
124. KES Science & Technology, Inc. The four controls. En: *Perishable preservation guide*. En: <http://www.kesmist.com/2.htm>
125. KES Science & Technology, Inc. The Power of Freshnes. En: *Bio-KES Model 448*. En: <http://www.kesmist.com/biokes4.htm>
126. KES Science & Technology, Inc. The Power of Freshnes. En: *Bio-KES Model 348*. En: <http://www.kesmist.com/biokes1.htm>
127. Kesheng, W.; Qin, B. (2001). Natural mango coconut juice and making method. *Chinese Patent CN1096179*.
128. Ketsa, S., Rattanamalee, S.; Babprasert, C. (1991). Growth development, biochemical changes and harvesting index of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Tongdum. *Kasetsart Journal (Natural Science)* **321**, 756-763.
129. Ketsa, S.; Chidtragool, S.; Klein, J. D.; Lurie, S. (1999). Ethylene synthesis in mango fruit following heat treatment. *Postharvest Biology and Technology*. **15** (1), 65-72.
130. Ketsa, S.; Sugunya, C.; Lurie, S. (2000). Prestorage heat treatment and poststorage quality of mango fruit. *HortScience* **35** (2), 247-249.
131. Khader, S. (1991). Effect of preharvest application of GA₃ on postharvest behaviour of mango fruits. *Scientia Horticulturae* **48**, 317-321.
132. Khader, S. (2000). Indicadores Básicos del Manejo Postcosecha de Mango: Recomendaciones para Mantener la calidad Postcosecha. En: *Postharvest Technology Research and Information Center*. Department of Pomology. University of California. En: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/espanol/Mango.html>
133. Kidd, F.; West, C. (1927). *Gas storage of fruit*. Great Britain Dept. Sci. Indust. Res. Food Invest. Special Report, 30.
134. King, A. D.; Bolin, H. R. (1989). Physiological and Microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology* **43** (2), 132-135.
135. Koomen, I.; Jeffries, P. (1993). Effects of antagonistic microorganisms on the post-harvest development of *Colletotrichum gloeosporioides* on mango. *Plant pathology* **42** (2), 230-237.

136. Korn Helmut Ing-grad. (1983). Mixed milk beverage form milk of commercial consumption quality and fruits or fruit parts. *German Patent EP0077013*.
137. Kumar, R.; Selvaraj, Y. (1990). Fructose-1,6-bifosfatase in ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *Indian Journal of Experimental Biology* **28**, 284-287.
138. Kumar, S.; Das, D. K.; Singh, A. K.; Prasad, U. S. (1994). Sucrose metabolism during maturation and ripening of mango cultivars. *Plant Physiology and Biochemistry* **21**, 27-32.
139. Lakshminarayana, S. (1975). Relation of time of harvest on respiration, chemical constituents and storage life of mangoes. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* **88**, 477-480.
140. Lakshminarayana, S. (1980). Mango. En: Nagy, S.; Shaw, P. E. (eds.) *Tropical and Subtropical Fruits*. AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, pp. 184-257.
141. Lakshminarayana, S.; Subramanyam, H. (1970). Some aspects of developmental physiology of mango fruit. *Journal of Horticultural Science* **45**, 133-142.
142. Larrauri, J. A.; Borroto, B; Hombro, R. de; Cruz, H. de la. (1996). Manufacture of concentrated jam from mango peel. *Alimentaria* **277**, 53-56
143. Larrauri, J. A.; Goni, I.; Martin C., N.; Ruperez, P.; Saura C., F. (1996). Measurement of health-promoting properties in fruit dietary fibers: antioxidant capacity, fermentability and glucose retardation index. *Journal of the Science of Food and Agriculture*; **71** (4) 515-519.
144. Larrauri, J. A.; Ruperez, P.; Borrot, B.; Saura C., F. (1996). Mango peels as a new tropical fiber: preparation and characterization. *Lebensmittel- Wissenschaft-und-Technologie*; **29**(8) 729-733.
145. Lazan, H.; Ali, Z. M. (1993). Cell wall hydrolases and their potential in the manipulation of ripening of tropical fruits. *ASEAN Food Journal* **8**, 47-53.
146. Lim, T. K.; Khoo, K. C. (1985). Diseases and Disorders of Mango in Malaysia. *Tropical Press*. Kuala Lumpur, Malaysia. 101 pp.
147. Lizada, C. (1993). Mango. En: Seymour, G. B.; Taylor, J. E.; Tucker, G. A. (eds.) *Biochemistry of Fruit Ripening*. Chapman and Hall, London, pp. 255-271.
148. Lizana, L. A. (1997). Controlled atmosphere storage of mango fruits (*Mangifera indica* L.) cvs. 'Tommy Atkins' and 'Kent'. *Acta horticulturae*. **455**, 732-737.
149. Lodom Co. Ltd. Cold Stores. En: <http://www.lodom.com.pl/english/lodom.htm>
150. London Fruit Inc. 1998-2000. En: <http://www.freshmangos.com/aboutmangoes/index.html>

151. London Fruit, Inc. 1998-2000 Mango varieties: Mango recipes, mango history, eating mangoes, selecting mangoes. En: <http://www.freshmangos.com/varieties.html>
152. Lonsdale, J. H. (1992). Pre-harvest fungicide sprays for the control of postharvest diseases of mango. *South African Mango Growers' Association Yearbook* **12**, 28-31.
153. Maas, K. Plant Hormones and Growth Regulatory Substances. En: Northern Illinois University <http://www.plant-hormones.bbsrc.ac.uk/education/Kenhp.htm>.
154. MacLeod, A. J.; De Troconis, N. G. (1982). Volatile components in some mango cultivars. *Phytochemistry* **21**, 2523-2526.
155. MacLeod, A. J.; Pienes, N. M. (1984). Comparison of volatile components in some mango cultivars. *Phytochemistry* **23**, 361-366.
156. MacLeod, A. J.; Snyder, C. H. (1985). Volatile components of two cultivar of mango from Florida. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **33**, 380-384.
157. Mahadevasway, M.; Venkataraman, L. V. (1990). Integrated utilization of fruit-processing wastes for biogas and fish production. *Biological Wastes* **32** (4), 243-251.
158. Malaysia Agricultural Research and Development Institute. Mango (*Mangifera indica* L.). En: <http://202.190.32.5/horti/mango>
159. Mangoes from the Northern Territory of Australia. Bryan and Jane Large: Our Mango Farm in the Northern Territory. En: <http://members.ozemail.com.au/~mjll/mangonews.html>
160. Marin T., F. Maduración artificial de mango (*Mangifera indica* L.) no exportable. En: *Estudios de manejo postcosecha del Consejo Nacional de Producción de Costa Rica*. En: <http://www.mercanet.cnp.go.cr/postcmango.htm>
161. Marth, E. H. (1998). Extended shelf life refrigerated foods: Microbiological Quality and Safety. *Food Technology* **52** (2), 57-62.
162. Mathews, H.; Litz, R. E.; Wilde, D. H.; Merkle, S. A.; Wetzstein, H. Y. (1992). Stable integration and expression of β -glucuronidase and NPT II genes in mango somatic embryos En: Gardner, R. C. (1993). Gene transfer into tropical and subtropical crops. *Scientia Horticulturae*. **55** (1/2), 65-82
163. Mattoo, A.K.; Modi, V.V. (1970). Partial purification and properties of enzyme inhibitors from unripe mangoes. *Enzymologia* **39**, 237-247.
164. Mc Collum, T. G.; D'Aquino, S.; Mc Donald, R. (1993). Heat Treatment Inhibits Mango Chilling Injury. *Hort Science* **28** (3): 187-198
165. McGuire, I. (2000) The Mango del Instituto de Ciencia de los Alimentos y Agricultura de la Universidad de Florida. En: <http://tftpotos.ifas.ufl.edu/81699.HTML>

166. Medicott, A. P. (1986). Report on a visit to ITAC Brasil to investigate the effect of maturity, storage and gas treatment on mango fruit ripening. *Tropical Development and Research Institute, U. K. Visit Report R 1319(s)*. En: Mitra, S. (1997). *Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits*. Ed. Cab International. pp. 423.
167. Medicott, A. P. ; Sigrist, M.; Sy, O. (1990). Ripening of mangoes following low temperature storage. *Journal of American Society for Horticultural Science* **115**, 430-434.
168. Medicott, A. P. Product Specifications and Postharvest for Fruits, Vegetables and Root Crops Exported from the Caribbean. En: *Fintrac*: <http://www.fintrac.com/gain/guides/ph/mangpick.html>
169. Mitchell, G. E.; McLauchlan, R. L.; Isaacs, A. R.; Williams, D. J.; Nottingham, S. M. (1992). Effect of low dose irradiation on composition of tropical fruits and vegetables. *J. Food Composition and Analysis* **5**, 291-311.
170. Mitra, S. K.; Baldwin, E. A. (1997). Mango in *Post harvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits*. Cab International. 85-120.
171. Mizrach, A.; Galili, N.; Rosenhouse, G. (1994). Determining quality of fresh products by ultrasonic excitation. *Food Technology* **48** (12), 68-71.
172. Mohammed, A.; Sankat, C. K. (1995). Intermittent warming and cooling cycles in alleviating chilling injury of the Julie mango (*Mangifera indica*). *ASAE Publication* 1-95.
173. Moharib, S. A.; El Sayed, S. T.; Jwanny, E. W. (2000). Evaluation of enzymes produced yeast. *Nahrung* **44** (1), 47-51.
174. Mookherjee, B. D.; Trenkle, R. W.; Wolff, R. K.; Boden, R. M.; Yoshida, T. (1984). Process for augmenting or enhancing the tropical fruit aroma or taste of a foodstuff or chewing gum using a mixture of alcohols. *US Patent US4481221*.
175. Mora M., J. (1997). *Mango. Manual de Recomendaciones de la Dirección Regional Pacífico Central de MAG/DIA (Sistema Institucional de Investigación Agropecuaria) de Costa Rica*. Ed. Esparza. En: <http://www.mag.go.cr/inf11e.htm>
176. Moromizato, Z.; Sawaji, T. (2001). Control of Mango Anthrax. *Japanese Patent. JP20011039810*.
177. Morris, A. F.; Naef, R.; Escher, S.; Velluz, A. (1991). Cyclic ethers and their utilization as perfuming or flavoring ingredients *US Patent US5021402*
178. Morris, C. E. (1982) Aseptic papaya puree *Food Engineering*, (4), 84.

179. Morris, L. L.; Platenius, H. (1938). Low temperature injury to certain vegetables. *Proceeding of American Society for Horticultural Science* **36**, 609-613.
180. Morton, J. (1987). Mango *Mangifera indica* L. En: Morton, J. *Fruits of warm climates*. Miami, FL. En: http://hort.purdue.edu/newcrop/morton/mango_ars.html
181. Mudge, K. W.; Luckow, M. A.; Brennan, E. B. (1995). Multipurpose and fruit trees commonly used in agroforestry. En: <http://instruct1.cit.cornell.edu/courses/hort400/mpts/34manhbt.jpg>
182. Myers, R. A. (1989). Packaging considerations for minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology* **43** (2), 129-131.
183. Nagy, S.; Chen, C. S.; Shaw, P. E. (eds.) (1993). *Fruit Juice Processing Technology*. Agscience, Auburndale, FL.
184. Nakayama, R. (1994). Fruit and nut-containing confectionary candy and method of preparation. *US Patent US5364653*.
185. Naresh, K. (1998) A comparative study of mango hybrid Jawahar and Sabri with their parents. *Haryana Journal of Horticultural Science* **27** (2), 84-91.
186. Neelima, G.; Tandon, D. K.; Kalra, S. K. (1995). Production of mango vinegar by immobilized cells of *Acetobacter aceti*. *Journal of Food Science. Technol., India* **32** (3) 216-218.
187. Nguyen, Q. L.; Plot, J.; Zabotto, A.; Loulbanis, C. (1984). LOREAL. Mixture of vegetable Oliz based on jojoba oil and cosmetic compositions comprising the mixture. *US Patent US4437895*.
188. Nirmiteeimpex. Inc. Processing. En: <http://www.nirmiteeimpex.com/processing.htm>
189. Nirmiteeimpex. Inc. Product specification. En: http://www.nirmiteeimpex.com/product_specification.htm
190. Núñez S., A. J.; Paez B., E.; Amaro G., D.; Acosta E., J.; Agüero A., J.; Capote H., R.; Garciga H., M. R.; Morales L., I. G.; García P., O.; Garrido G., G.; Martínez S., G.; Morales, M (2000). Compositions obtained from *Mangifera indica* L. *PCT International Patent Application WO0038699A1*
191. O'Hare, T. J.; Bally, I. S. E.; Dahler, J. M.; Saks, Y.; Underhill, S. J. R. (1999). Characterization and induction of "etch" browning in the skin of mango fruit. *Postharvest Biology and Technology* **16** (3). 269-277.
192. Oates, C. G.; Powell, A. D. (1996) Bioavailability of carbohydrate material stored in tropical fruit seeds. *Food Chemistry* **56** (4), 405-414.

193. On Site Generating Solutions PTY LTD (2001). Don't underestimate the benefit of sealing your rooms with Viniflex. En: <http://www.onsitegenerating.com/osgs1da.html>
194. Organización de Empacadoras de Mango de Exportación, A. C. (EMEX) (2000). En: <http://www.mangoemex.org.mx/html/31.htm>
195. Ortega Z., D.; Yahia, E. M. (2000). Tolerance and quality of mango fruit exposed to controlled atmospheres at high temperatures. *Postharvest Biology and Technology* **20** (2), 195-201.
196. Pablo, I. S.; Manola, J. A.; Cardeno, V. A. (1971). Sensory, chemical and nutritional evaluation of the effect of ionizing radiation on mangoes (*Mangifera indica* L.) Carabao variety. *Perfume and Essential Oil Research* **59**, 733-736.
197. Pairaud, D. J.; Musso, S.; Bouvron, N. F. C.; Pages X., P.X. J. M. (1982). Method of preparing a cocoa butter substitute. *US Patent US4348423*.
198. Pal, R. K. (1998). Ripening and rheological properties of mango as influenced by ethrel and calcium carbide. *Journal of Food Science and Technology India* **35** (4), 358-360.
199. Pandey, M.; Srivastava, G. C.; Prasad, N. K. (1998). Physiological changes associated with ripening in two mango varieties. *Indian Journal of Plant Physiology* **3** (2), 94-96.
200. Parikh, H. R.; Nair, G. M.; Modi, V. V. (1990). Some structural changes during ripening of mangoes (*Mangifera indica* var. Alphonso) by abscisic acid treatment. *Annals of Botany* **65**, 121-127.
201. Paroz, P. R. (1990). Tropical fruits as food ingredients. *Food Australia* **42** (5), 273-275.
202. Patel, K. M. (1981). Machine for Decorticating Mango Stones. *Indian Patent. IN149496*.
203. Pathak, V. N. (1980). *Diseases of Fruit Crops*. Oxford & IBH Publishing Company, New Delhi, India.
204. Pedroza I., R.; Aguilar E., E.; Vernon C., E. J. (1994). Obtaining pectins from solids wastes derived from mango (*Mangifera indica*) processing. *AIChE Symposium Series* **90** (300) 36-41.
205. Pérez, B.; Cerezal, P.; Batista, A.; Acosta, V.; Casals, C. (1998). Estudio de los parámetros de esterilización de la mermelada de mango en pomos omnia # 8. *Alimentaria* **295**, 43-47.

206. Penezny, K.; Simone, G. W. (2000). Diseases of Mango (*Mangifera indica* L.) En: Committee on Standardization of Common Names for Plants Diseases of the American Phytopathological Society (eds.). *Common Names of Plant Diseases*. APS Press. En: <http://www.scisoc.org/resource/common/names/mango.htm>
207. Pesis, E.; Aharoni, D.; Aarón, Z.; Bern A., R.; Aharoni, N.; Fuchs, Y. (2000). Modified atmosphere and modified humidity packaging alleviates chilling injury symptoms in mango fruit. *Postharvest Biology and Technology* **19** (1), 93-101.
208. Philippines Department of Trade and Industry. *Tribung pinoy: The Filipino Tribe*. En: <http://www.tribo.org/vegetables/mangga.html>
209. Poovaiah, B. W. (1986). Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology* **40** (5), 86-89.
210. Pothakamury, U. R.; Barbosa-Canlovas, G. V.; Swanson, B. G. (1993). Magnetic field inactivation of microorganisms and generation of biological changes. *Food Technology* **47** (12), 85-93.
211. Power Cold. Sistemas de refrigeración. En: <http://www.powercold.com.ar/producto.htm>
212. Prakash, O.; Srivastava, K. C. (1987). *Mango Disease and Their Management*, A World Review, New Delhi, India; Today and tomorrows' Printers and Publishers. pp.175
213. Prusky, D.; Fuchs, Y.; Yanko, L. I. (1983). Assessment of latent infections as a basis for control of postharvest disease of mango. *Plant Disease* **67**, 816-818.
214. Prusky, D.; Fusch, Y.; Kobiler, I.; Roth, I.; Weksler, A.; Shalom, Y.; Fallik, E.; Zauberman, G.; Pesis, E.; Akerman, M.; Ykutiely, O.; Weisblum, A.; Regev, R.; Artés, L. (1999). Effect of hot water brushing, prochloraz treatment and waxing on incidence of black spot decay caused by *Alternaria alternata* in mango fruits. *Postharvest Biology and Technology* **15** (2), 165-174.
215. Prusky, D.; Keen, N. T. (1993) Involvement of performed antifungal compounds in the resistance of subtropical fruits to fungal decay. *Plant Disease* **77** (2), 114-119.
216. Puttaraju, T. B.; Reddy, T. V. (1997). Effect of precooling on the quality of mango (cv Mallika) *Journal of Food Science and Technology India* **34** (1), 24-27
217. Queensland Government Department of Primary Industries Queensland Horticultural Institute En: <http://www.dpi.qld.gov.au/images/4239.jpg>
218. Queensland Government Department of Primary Industries Queensland Horticultural Institute En: <http://www.dpi.qld.gov.au/horticulture/5374.jpg>

219. Quin, B. L.; Pothakamury, U. R.; Vega, H.; Martín, O.; Barbosa-Canovas, G. V.; Swanson, B. G. (1995). Food pasteurization using high-intensity pulsed electric fields. *Food Technology* **49** (12), 55-60.
220. Quratulain, A.; Zafar B., S.M. (1996). Study of macro and micro nutrients in mango seed kernels. *Science International* **8** (1) 37-38.
221. Raie, M. Y.; Mahmood, L.; Mahmood, H.; Raie, R. (1994). Studies on Fajri mango stone kernels oil. *Science International* **6** (2) 169-171.
222. Ram, S. (1989). Factors associated with black tip and internal necrosis in mango and their control. *Acta Horticulturae* **231**, 797-804.
223. Ratsimamanga, A.; Mentzer, C. (1968). Improvements in and relating to therapeutic compositions containing mangiferin. *British Patent*. **GB1099764**.
224. Readers's Digest México, S. A. De C. V. (eds.) (1972). *Gran Diccionario Enciclopédico Ilustrado*. Impresora y Editora Mexicana, S. A. De C. V. 12 tomos.
225. Reddy, Y. V., Srivastava, G. C. (1999a). Ethylene biosynthesis and respiration in mango fruits during ripening. *Indian Journal of Plant Physiology* **4** (1), 32-35.
226. Reddy, Y. V.; Srivastava, G. C. (1999b). Regulation of cell wall softening enzymes during ripening of mango fruits. *Indian Journal of Plant Physiology* **4** (3), 194-196.
227. Reefer Atmosferas Controladas, Ltda. Reefers. En: <http://www.atmosferascontroladas.cl/reefer.htm>
228. Reefer, Atmósferas Controladas. Equipos disponibles. En: <http://www.atmosferascontroladas.cl/novedad.htm>
229. Research and Development New of the Horticultural Resources Australia. Mango cultivars. En: <http://www.rajans.com/cultivars.htm>
230. Research and Development New of the Horticultural Resources Australia. Mango: Botany and Taxonomy. En: <http://www.rajans.com/botany:taxonomy.htm> o <http://www.horticulture-india.com>
231. Research and Development New of the Horticultural Resources Australia. Mangos in India: Diseases. En: Horticulture Resources. En: <http://www.rajans.com/mango:india2.htm>
232. Research and Development New of the Horticultural Resources Australia. Mangos in India: Diseases. En: <http://www.rajans.com/mango-india3.htm>
233. Robe, K. (1983). Evaporator concentrates juices to 70 °Bx in single pass vs. 2 to 3 passes before. *Process Biochemistry*, 92-94.

234. Rodríguez R., J. J.; Fonseca L., J. M. Evaluación del encerado en mango de exportación a los Estados Unidos. En: Conaprosal: *Estudios de manejo postcosecha del Consejo Nacional de Producción de Costa Rica*. En: <http://www.mercanet.cnp.go.cr/postcmango.htm>
235. Ronk, R. J.; Carson, K. L.; Thompson, P. (1989). Processing, packaging and regulation of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology* **43** (2), 136-139.
236. Royal Society of London, the U.S. National Academy of Sciences, the Brazilian Academy of Sciences, the Chinese Academy of Sciences, the Indian National Science Academy, the Mexican Academy of Sciences, the Third World Academy of Sciences. (2000). *Transgenic plants and world agriculture*. National Academic Press. Washington, D. C. pp. 46. En: <http://www.nap.edu/html/transgenic>
237. Rutledge, P. (2000). Producción de derivados no fermentados de fruta. En: Arthey, D.; Ashurst, P. R. (eds.). *Procesado de frutas*. Ed. Acribia, S. A. España. pp. 77-106.
238. SAGARPA y PROEXIN (Programa de Promoción de las Exportaciones Agropecuarias de la Alianza para el campo). (2000). *Propuesta de Estrategia para el Desarrollo Comercial de la Industria del Mango de Exportación*. En: <http://www.sagarpa.gob.mx>
239. SAGARPA/CEA (1999). *Anuario Estadístico de la producción agrícola*. Base de datos. En: <http://www.sagarpa.gob.mx>
240. SAGARPA/CEA (1999). *Subsistema de Información Agrícola*. Base electrónica de datos. En: <http://www.sagarpa.gob.mx>
241. SAGARPA/DIAGRO (2001). *Monitoreo y análisis de los mercados nacionales*. Base electrónica de datos. En: <http://www.sagarpa.gob.mx>
242. Saichol, K.; Wandee, P.; Suranant, S. (1999). Peel enzymatic activity and colour changes in ripening mango fruit. *Journal of Plant Physiology* **154** (3) 363-366.
243. Sakhawat, A.; Zia-ur, R.; Kahn, A. D.; Shah, F. H. (1992). Utilization of mango waste in poultry feed. *Pakistan J. Scientific and Industrial Research* **35** (9), 360-361.
244. Salunkhe, D. K.; Desai, B. B. (1984). Mango. En: *Postharvest Biotechnology of Fruits*. Volumen 1. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, pp. 77-94.
245. Sanders, G. M.; Korsten, L.; Wehner, F. C. (2000). Market survey of post-harvest diseases and incidence of *Colletotrichum gloeosporioides* on avocado and mango fruit in South Africa. *Tropical Science* **40** (4), 192-198.

246. Sangchote, S. (1987). Postharvest diseases of mango and their losses. *Kasetsart Journal* **21**, 81-85.
247. Sapers, G. M.; Simmons, G. F. (1998). Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology* **52** (2), 48-52.
248. Selvaraj, Y. (1989). Studies on enzymes involved in the biogenesis of lipid derived volatiles in ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *Journal of Food Biochemistry* **12**, 289-299.
249. Selvaraj, Y.; Kumar, R. (1994). Enzymatic regulation in ripening mango fruit. *Indian J. Hort.* **51**, 316-323.
250. Selvaraj, Y.; Kumar, R.; Pal, D. K. (1989). Changes in sugars, organic acids, aminoacids, lipid constituents and aroma characteristics of ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *Journal of Food Science and Technology* **26**, 306-311.
251. Sepiah, M. (1986). Effectiveness of hot water, hot benomyl and cooling on postharvest diseases of mango cv. Harumanis. *ASEAN Food Journal* **2**, 117-120.
252. Shellie, K. C.; Mangan, R. L. (2000). Postharvest disinfestations heat treatments: response of fruit and fruit fly larvae to different heat media. *Postharvest biology and technology*, **21** (1), 51-60.
253. Shouzhi, Z. (1998). Health beverage and its preparing process. *Chinese Patent* **CN1173993**.
254. Sifuentes O., E. L. (2000). La producción de frutales y el comportamiento del mercado de trabajo en Nayarit. Estudio del caso sobre el mercado de trabajo de mango. En: Barrón P., A.; Sifuentes O., L. E.; Hernández T., J. M. En: Universidad Autónoma de Nayarit. En: <http://www.ceddi.uan.mx/Virtual/libros/CAP7.htm>
255. Simonds, J.H. (1965). A study on the species of *Colletotrichum* causing ripe fruit rots in Queensland. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences* **22**, 437-439.
256. Simonsohn Inc.(1999). En: <http://www.barbara-simonsohn.de/mango.htm>
257. Singh, B. P., Tandon, D. K., Kalra, S. K. (1993). Changes in postharvest quality of mangoes affected by preharvest application of calcium salts. *Scientia Horticulturae*, **54**, 211-219
258. Smith, C. J. S.; Watson, C. F.; Ray, J.; Bird, C. R.; Morris, P. C.; Schuch, W.; Grierson, D. (1988). Antisense RNA inhibition of polygalacturonase gene expression in transgenic tomatoes. *Nature* **334**, 724-726.

259. Soule, M. J.; Harding, P. L. (1956). Changes in physical character and chemical constituents of Haden mangoes during ripening at 80 °F. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* **69** 282-284.
260. South African Mango Growers Association. South African Mangos on line. En: <http://www.mango.co.za/moreabout/cultivars.html>
261. Spalding, D. H.; Reeder, W. F. (1986). Decay and acceptability of mangoes treated with combination of hot water, imazalil and γ -radiation. *Plant Diseases* **70**, 1149-1150.
262. Spalding, D. H.; von Windeguth, D. L. (1988). Quality and decay of irradiated mangoes. *Hort Science* **23**, 187-189.
263. Stewart, E. M.; Graham, W. D.; McRoberts, W. C.; Gray, R.; Hamilton, J. T. G. (1996). The use of 2-alkylcyclobutanones and ESR spectroscopy for the identification of irradiated exotic fruits. *Food Science Technology Today* **10** (3), 176-178.
264. Storage Control Systems, Inc. Home Page. En: <http://www.storagecontrol.com/Storagecontrol.htm>
265. Storage Control Systems, Inc. Salco Doors. En: <http://www.storagecontrol.com/salco.htm>
266. Storex, Co. Simultaneous CO₂ and O₂ Adsorption. En: <http://www.storex.nl/C02O2ADSORBER.htm>
267. Sudhakar, R.; Maini, S. B. (2000). Isolation and characterization of mango peel pectins. *Journal of Food Processing and Preservation* **24**(3), 209-227.
268. TAMU. Plant Pathology & Microbiology. Mango diseases. En: *Texas Plant Disease Handbook*. En: <http://cygnus.tamu.edu/Texlab/Fruit/Mango/mango.asp>
269. Tandon, D. K.; Kalra, S. K.; Singh, B. P.; Neelima, G. (1991). Characterization of pectin from mango fruit waste. *Indian Food Packer* **45** (4), 9-12.
270. Tannous, R. I.; Lawn, A. K. (1981). Effects of freeze-concentration on chemical and sensory qualities of apple juice. *Journal of Food Science and Technology* **18**, 27-29.
271. Tetra Pack. En: <http://www.tetrapak.com>
272. Thomas, P.; Janave, M. T. (1973). Polyphenol oxidase activity and browning of mango fruits induced by gamma irradiation. *Journal of Food Science*. **38**, 1149-1152.
273. Thomas, P.; Janave, M. T. (1975). Effect of gamma irradiation and storage temperature on carotenoids and ascorbic acid of mangoes on ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **26**, 1503-1512.
274. Thomas, P.; Oke, M. S. (1983). Improvement in quality and storage of 'Alphonso' mangos by cold adaptation. *Scientia Horticulturae* **19**, 257-262.

275. Topping, D.; Bird, A. R.; Denton, D.; Lang, T. (1999). Food Supplement. Australia, *PCT International Patent Application*. **WO9952381**.
276. Trinidad, M. (1997). Controlled atmospheres (5%CO₂ – 5% O₂ and 10% CO₂-5% O₂) do not significantly increase the storage life of refrigerated 'Kent' mangoes. *Acta horticulturae* **455**, 643-653.
277. Tucker, G. A. Introduction. En: Seymour, G. B.; Taylor, J. E.; Tucker, G. A. *Biochemistry of Fruit and Vegetables*. Ed. Chapman & Hall Inc. London . pp. 1-51.
278. UAM Iztapalapa. Departamento de Biotecnología. En: <http://www.iztapalapa.uam.mx>.
279. UHIS (2000) Natural food –Fruit Vitamin C Content. En: http://www.naturalhub.com/natural_food_guide_fruit_vitamin_c.htm
280. UN Asian and Pacific Center for Transfer of Technology (APCTT). *Hypobaric storage for fruits, vegetables and other fresh and alive foods*. En: <http://www.apctt.org/database/to408.html>
281. UNAM/PUAL (1998). *Banco de Normas en Alimentos*. Base electrónica de datos en CD-ROM.
282. Unilever Inc. (1995). A snack product and method for preparing the same. *British Patent EP0654223*.
283. United States Department of Agriculture, Extension Service 2. (1999). *Guide I: Principles of Home Canning I*. En: Martin County Board of County Commissioners Information Service Department. En: http://www.admin.comartin.fl.us/EDUC/uf/home_canning/HE8147.html
284. Uvarova, R. I.; Vasilenko, L. V.; Prosvetova, T. V. (1999). Wine drink "Yagodka". *Russian Patent RU2128693*.
285. Vailliant, F.; Millan, A.; Dornier, M.; Decloux, M.; Reynes, M. (2001). Strategy for economical optimization of the clarification of pulpy fruit juices using cross flow microfiltration. *Journal of Food Engineering* **48** (1), 83-90.
286. Variety of tropical mango 'Golden Nuggets'. (1990). *US Patent. US7158P*.
287. Variety of tropical mango named 'Ed Mitchell'. (1990). *US Patent. US7141P*.
288. Variety of tropical mango named 'Marty'. (1990). *US Patent. US7140P*.
289. Wang, C. Y. (1989). Chilling injury of fruits and vegetables. *Food Reviews International* **5** (2), 209-236.
290. Wang, C. Y. (1991). *Reduction of chilling injury in fruits and vegetables*. *Cab International*. 165-168.

291. Wang, C. Y. (1997). Approaches to Reduce Chilling Injury of Fruits and Vegetables. *Hort Rev.* **15**, 63-95.
292. Wang, J.; Zhegxue, G.; Wang, X. (1996). Method for preparation of mango powder. *Chinese Patent CN1130982*.
293. Wang, S. (2001). Oral pill for curing diabetes and its complication. *Chinese Patent CN1314160*.
294. Watada, A. E.; Abe, K.; Yamuchi, N. (1990). Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology* **44** (5), 116-120.
295. Wickham, L. D.; Mohammed, M. (1999). Storage of immature green mango (*Mangifera indica* L.) fruit for processing. *Journal of Food Quality* **22** (1), 31-40.
296. Wilson, C. L.; Wisniewski, M. E.; Droby, S.; Chalutz, E. (1993). A selection strategy for microbial antagonists to control postharvest diseases of fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae*, **53**, 183-189.
297. Wilson, C. W.; Shaw, P. E.; Knight, R. J. (1990). Importance of some lactones and 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone to mango (*Mangifera indica* L.) aroma. *J. Agric. Food Chem*, **38**, 1556-1559.
298. Wilson, R. A.; Mookherjee, B. D.; Zampino, M. J.; Butler, J. F. (1993). Bisabolene-containing composition, process for preparing same organoleptic thereof as insect repellent. *US Patent US196200*.
299. Xin, Z.; Li, P. H. (1991). Abscisic acid-induced chilling tolerance in cell-suspension-cultured maize: A study of *De Novo* protein synthesis. *Plant Physiology* **96** (Suppl.), 29.
300. Yahia, E. M. (1993). Responses of some tropical fruits to insecticidal atmospheres. *Acta Horticulturae* **343**, 371-376.
301. Yahia, E. M. (1993). The potential use of insecticidal atmospheres for mango, avocado and papaya fruits. En: Champ, B. R.; Highly, E.; Johnson, G.I. (eds.) *Postharvest handling of tropical fruits. Proceedings of International Congress No. 50*, pp. 373-374.
302. Yahia, E. M. (1995). Insecticidal atmospheres for tropical fruits. *ASAE Publication*, 282-286.
303. Yahia, E. M.; Hernández, M. T. M. (1993). Tolerance and responses of harvested mango to insecticidal low oxygen atmospheres. *HortScience* **28**, 1031-1033.
304. Yahia, E. M.; Tiznado H., M. (1993). Tolerance and response of harvested mango to insecticidal low-oxygen atmospheres. *HortScience* **28** (10), 1031-1033.

305. Yahia, E. M.; Vázquez M., L. (1993). Responses of mango to insecticidal oxygen and carbon dioxide atmosphere. *Lebensmittel-Wissenschaft U-Technologie* **26**, 42-48.
306. Yang, L. (2001). Gaseous fruit and vegetable ripener. *Chinese Patent* **CN1306748**.
307. Young, T. W. (1957). "Soft nose" a physiological disorder in mango fruit. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* **70**, 280-283.
308. Young, T. W.; Miner, J. T. (1961). Relationship of nitrogen and calcium to soft-nose disorder in mango fruit. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* **78**, 201-209.
309. Yuan, L.; Hawkins, D.; Jones, A.; Kridl, J.; Voelker, T. A. (1998). Plant acyl-ACP thioesterase sequences. *US Patent* **US5723761**.
310. Yuen, C. M. C.; Ton, S. C.; Joyce, D.; Chettri, P. (1993). Effect of postharvest calcium and polymeric films on ripening and peel injury in Kensington Pride mango. *ASEAN Food Journal* **8**, 110-113.
311. Zainal, Z.; Tucker, G. A.; Lycett, G. W. (1996). A rab 1 1-like gene is developmentally regulated in ripening mango (*Mangifer indica* L.) fruit. *Biochimica et Biophysica Acta*; **1314** (3) 187-190.
312. Zambrano, J.; Manzano, J. (1995). Effect of postharvest calcium application on mango ripening. *Fruits* **50** (2), 145-152.
313. Zauberman, G.; Fuchs, Y.; Rot, I.; Wexler, A. (1988). Chilling injury, peroxidase and cellulase activities in the peel of mango fruit at low temperature. *HortScience* **23**, 732-733.
314. Zia-ur, R.; Sakhawat, A.; Kahn, A. D.; Shah, F. H. (1994). Utilization of fruit and vegetables wastes in layer's diet. *Journal of Science Food and Agriculture* **65** (4), 381-383.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN