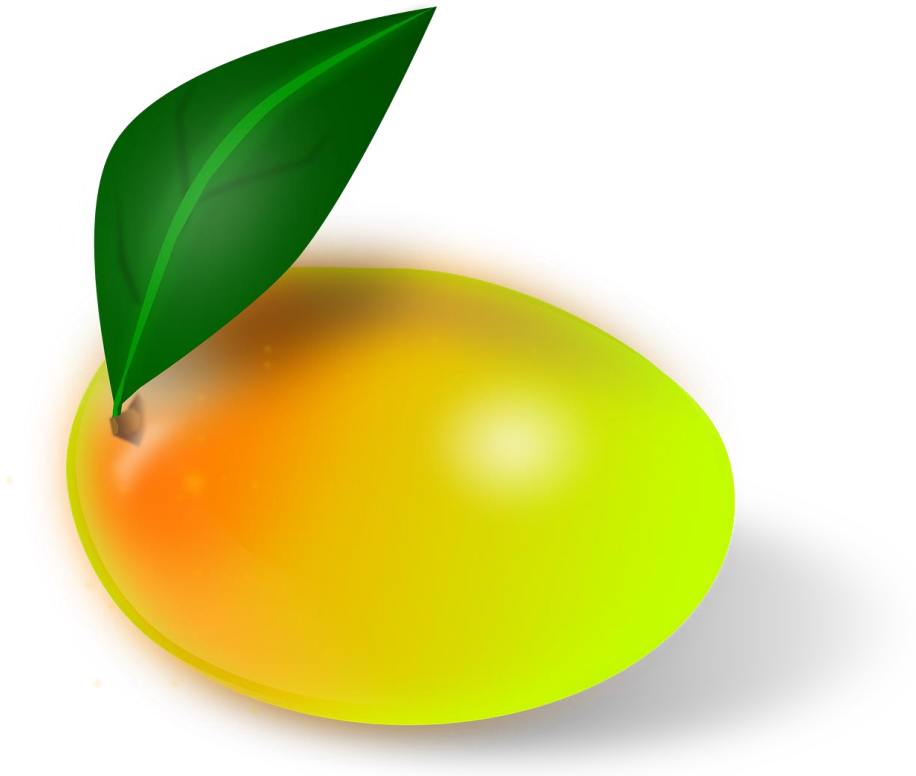
# INTRODUCCIÓN

# A LA TECNOLOGÍA

# DEL MANGO



**INTRODUCCIÓNA A LA TECNOLOGÍA DEL MANGO**

**INDICE**

**PRESENTACIÓN**

**1.- MATERIA** PRIMA (Ignacio Larios Medrano, Ma. De Jesús Karina Campos Serrano, Ma del Carmen Padilla Sahagún, Socorro J. Villanueva Rodríguez)

**1.1. BOTANICA Y ORIGEN**

**1.2. PRINCIPALES VARIEDADES CULTIVADAS EN MÉXICO**

**1.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FISICOQUÍMICAS Y PROPIEDADES TECNOLÓGICAS**

**1.4. BIBLIOGRAFÍA**

**2.- COMPUESTOS RELACIONADOS CON EL AROMA DEL MANGO** (Mirna Estarrón Espinosa y Sandra Teresita Martin del Campo Barba (ITSM, Campus Querétaro)

**2.1. LOS COMPUESTOS VOLÁTILES**

**2.2. PRINCIPALES COMPUESTOS VOLÁTILES DEL MANGO**

**2.3. CONCLUSIÓN**

**2.4. BIBLIOGRAFÍA**

**3.- ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE MANGO.** (Ma del Carmen Padilla Sahagún, Ignacio Larios Medrano. Ma. De Jesús Karina Campos Serrano, Socorro J. Villanueva Rodríguez)

**3.1-MANGO EN ALMÍBAR.**

**3.1.1 Formulación del mango en almíbar.**

**3.1.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención de mango en almíbar.**

**3.1.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental del mango en almíbar**

**3.2 MERMELADA DE MANGO.**

**3.2.1 Formulación de mermelada de mango.**

**3.2.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención de mermelada de mango.**

**3.2.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental de mermelada de mango**

**3.3 MANGO DESHIDRATADO.**

**3.3.1 Formulación de mango deshidratado.**

**3.3.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención de mango deshidratado.**

**3.3.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental de mango deshidratado**

**3.4 ATE DE MANGO.**

**3.4.1 Formulación de ate de mango.**

**3.4.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención de ate de mango.**

**3.4.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental de ate de mango**

**3.5 NÉCTAR DE MANGO.**

**3.5.1 Formulación de néctar de mango.**

**3.5.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención de néctar de mango.**

**3.5.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental de néctar de mango**

**3.6 CHUTNEY DE MANGO.**

**3.6.1 Formulación de chutney de mango.**

**3.6.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención de chutney de mango.**

**3.6.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental de chutney de mango**

**3.7 MANGO EN VINAGRE.**

**3.7.1 Formulación de mango en vinagre.**

**3.7.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención de mango en vinagre.**

**3.7.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental de mango en vinagre**

**3.8 SALSA DE MANGO.**

**3.8.1 Formulación de salsa de mango.**

**3.8.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención de salsa de mango.**

**3.8.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental de salsa de mango**

**3.9 MANGO EN POLVO.**

**3.9.1 Formulación de mango en polvo.**

**3.9.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención de mango en polvo.**

**3.9.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental de mango en polvo.**

**4.- DISEÑO DE UNA PLANTA MULTIPROPOSITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MANGO** (Ofelia Fernandez Flores y Francisco Javier Pérez Martínez)

**4.1. CONSIDERACIONES GENERALES**

**4.2. DIAGRAMA DE BLOQUES**

**4.3. BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA**

**4.4. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS**

**4.5. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS**

**4.6. PLANO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

**4.7. EQUIPAMIENTO DE LA PLANTA**

**4.8. REQUERIMIENTO PARA LA OPERACIÓN DE LA PLANTA**

**4.9. BIBLIOGRAFÍA**

**5.- ANÁLISIS DE RIESGOS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN** (Ernesto Ramírez Romo)

**5.1. INTRODUCCIÓN**

**5.2. ANTECEDENTES**

**5.2. METODOLOGÍAS**

**5.3. PAPEL DEL ANÁLISIS DE RIESGOS EN EL PROYECTO**

## 5.4. ANÁLISIS DE RIESGOS UTILIZANDO EL MÉTODO DE "QUÉ PASA SI / LISTA DE CONTROL" EN CADA UNA DE LAS ETAPAS DEL PROCESO

**5.4-1. Selección de la materia prima: en esta etapa del proceso se analizará el transportador y sus periféricos.**

**5.4-2. Lavado: en esta etapa se analizara el transportador y el sistema de lavado.**

**5.4-3. Corte y mondado: en esta etapa se analizara la operación del pelado.**

**5.4-4. Troceado: en esta etapa se analizara el equipo de corte**

**5.4-5. Escaldado: en esta etapa se analizara el equipo de escaldado**

**5.4-6. Despulpado: en esta etapa se analizara el equipo despulpador**

**5.4-7. Formulación y concentración: en esta etapa se analizara el equipo de concentración (marmita o evaporador con agitador)**

**5.4-8. Limpieza de los envases: En esta etapa se analizara las tuberías de vapor**

**5.4-9. Envasado: En esta etapa se analizara la envasadora**

**5.4-10. Exhauster: En esta etapa se analizara las entradas de vapor.**

**5.4-11. Sellado: En esta Etapa se analizara la operación.**

**5.4-12. Esterilización: En esta etapa se analizara las líneas de vapor y autoclave.**

**5.4-13. Datos de seguridad para ingredientes peligrosos utilizados durante el proceso**

**6.- INOCUIDAD EN PRODUCTOS FRESCOS Y PROCESADOS DE MANGO** (Claudia Alvarado Osuna y Elsa Leticia Ramírez Cerda)

**6.1. INOCUIDAD DE MANGO FRESCO**

**6.1.1. Peligros Biológicos**

**6.1.2. Riesgos químicos**

**6.1.3. Control en el huerto**

**6.1.4. Control en empacadoras**

**6.2. INOCUIDAD EN MANGO PROCESADO**

**6.2.1. Estrategias para identificación de peligros**

**6.2.2. Análisis de peligros**

**6.3. CONCLUSIONES**

**6.4.- BIBLIOGRAFÍA**

**7.- GESTIÓN AMBIENTAL** (Edgardo Villegas García)

**7.1.Impacto Ambiental**

**7.1.1.Legislación Ambiental**

**7.1.2.Impacto Ambiental**

**7.1.3.Medidas de Mitigación**

**7.2.- Licencia de Operación o Funcionamiento y Licencia Ambiental Única en materia Atmosférica**

**7.2.1.Marco Legal**

**7.2.2.Gestión**

**7.2.3.Estructura**

**7.3. Cedula de Operación Anual**

**7.3.1.Marco Legal**

**7.3.2.Gestión**

**7.3.3.Estructura**

**7.4. Registro Generador de Residuos de Manejo Especial**

**7.4.1.Marco Legal**

**7.4.2.Gestión**

**7.4.3.Estructura**

**7.5.Registro de Descarga de Agua Residual**

**7.5.1.Marco Legal**

**7.5.2.Gestión**

**7.5.3.Estructura**

**7.6.Anexos**

**7.6.1.Matriz de Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales**

**7.6.2.Formato Licencia Ambiental Única**

**7.6.3.Formato Cedula de Operación Anual**

**7.6.4.Formato Generación RME**

**8.- COMERCIALIZACIÓN** (Evaristo Urzúa)

**8.1. PRODUCCIÓN DE MANGO EN MÉXICO DE 2004-2014**

**8.1.1. Principales estados productores en 2014**

**8.1.2. Variedades de mango**

**8.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS MERCADOS DE EXPORTACIÓN**

**8.2.1. Producción de mango en el entorno internacional**

**8.2.2. Países exportadores de Mango**

**8.2.3. Países importadores de mango**

**8.3. CANALES DE DISTRIBUCIÓN DE MANGO**

**8.4. PRODUCTOS A BASE DE MANGO Y SU PERSPECTIVA DE CRECIMIENTO**

**8.4.1. Ingredientes utilizados en productos de mango**

**8.4.2. Crecimiento de las conservas en México**

**8.5. IMPORTACIONES DE MANGO A ESTADOS UNIDOS**

**8.5.1. Importaciones de mango fresco**

**8.5.2. Importaciones de Estados Unidos de Mango congelado (08.11.90.52.00). Incluye producto preparado en forma aséptica**

**8.5.3. Mango en pasta, puré y preparados (20.07.99.50.20 y 20.08.99.40.00)**

**8.5.4. Mango deshidratado: 08.04.50.80.10**

**8.5.5. Jugo de Mango**

**8.5.6. Importaciones de productos a base de mango en Estados Unidos de origen mexicano**

**8.5.7. Precios de importación pagados en Estados Unidos a productos de origen mexicano**

**8.6. MERCADO DE LA UNIÓN EUROPEA PARA PRODUCTOS DE MANGO**

**8.6.1. Importaciones de la Unión Europea de Guayaba, Mango y Mangostán – 080450**

**8.6.2. Importaciones a Europa de productos procesados afines al mango**

**8.7. NUEVOS PRODUCTOS A BASE DE MANGO**

**8.8. OPORTUNIDADES DE TRATADOS COMERCIALES**

**8.9. BARRERAS NO ARANCELARIAS**

**8.10. CONCLUSIONES**

**8.11.- BIBLIOGRAFÍA**

**9.- TECNOLOGÍAS EMERGENTES PARA LA CONSERVACIÓN DE JUGO, NÉCTAR Y PULPA DE MANGO.** (Angel Suárez)

**9.1.- TRATAMIENTOS NO TÉRMICOS EN JUGO Y NÉCTAR DE MANGO**

**9.2.- TRATAMIENTOS NO TÉRMICOS EN TROZOS, PULPA O PURÉ DE MANGO**

**9.2.1.- Tratamiento por luz pulsada**

**9.2.2.- Alta presión en puré y pulpa de mango.**

**9.3.- BIBLIOGRAFÍA**

**10.- OTROS PROCESOS ALTERNOS PARA AGREGAR VALOR AL MANGO: EXTRACCIÓN SUPERCRÍTICA** (Jorge Alberto García Fajardo)

**10.1. INTRODUCCIÓN**

**10.2 FUNCIONAMIENTO**

**10.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

**10.4 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS**

**10.5 APLICACIONES EN EL MANGO**

**10.6.- BIBLIOGRAFÍA**

**11.- NUEVOS PRODUCTOS A PARTIR DE RESIDUOS DE MANGO**

**11.1.- INTRODUCCIÓN**

**11.2.- RESIDUOS DE MANGO**

**11.3.- NUEVOS PRODUCTOS**

**11.3.1. Harinas y usos**

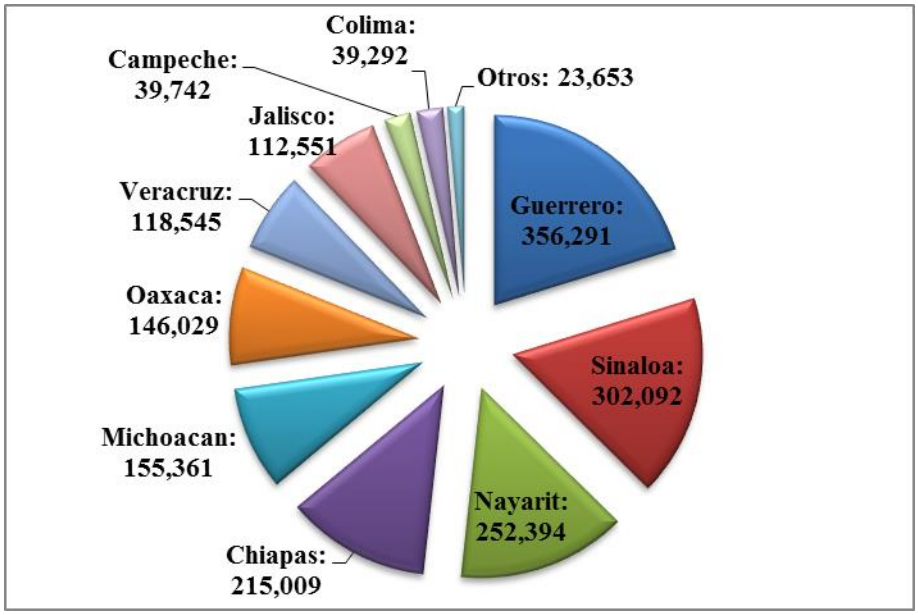
**11.3.2. Manteca de hueso de mango y usos**

**11.4. BIBLIOGRAFÍA**

**PRESENTACIÓN DEL LIBRO:**

**INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA DEL MANGO**

Según datos estadísticos de FAO y SAGARPA-SIAP, México, en los últimos años ha ocupado en promedio, el 5° lugar a nivel mundial en cuanto a volumen de producción de mango, con una producción que oscilado entre 1,200,000 hasta más de 1,700,000 toneladas (período: 2000 y 2015 ) En 2015 la producción nacional de mango fue de 1,775,506.77 siendo Guerrero el líder en la producción de este fruto, seguido de Sinaloa y Nayarit, tal como se muestra en la siguiente gráfica:




La producción total de mango está compuesta por al menos 6 variedades cuyo cultivo es sistematizado: Haden; Tommy/Atkins; Kaitt; Kent; Ataulfo y Manila, además de diversas variedades criollas. Esta diversidad de variedades permite contar con mangos casi todo el año, aunque la mayor producción se presenta entre los meses de abril a agosto, incluso, en esos meses se encuentran los picos de producción de otros países.

| *Enero* | *Febrero* | *Marzo* | *Abril* | *Mayo* | *Junio* | *Julio* | *Agosto* | *Septiembre* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **CHIAPAS** | | | | | | | | |
| | **OAXACA** | | | | | | | |
| | **GUERRERO** | | | | | | | |
| **MICHOACAN** | | | | | | | | |
| | | | **COLIMA** | | | | | |
| | | | **NAYARIT** | | | | | |
| | | | | | **SINALOA** | | | |

Así, en los meses de mayo, junio y julio, el mango se cosecha en casi todos los estados productores, lo que genera una elevada competencia, bajos precios y poca rentabilidad.

Esta acumulación de producto requiere estrategias y alternativas a todos los niveles dentro de la cadena producto-mango que permitan canalizar adecuadamente el fruto, de manera que se capitalice el esfuerzo de los productores. La falta de estrategias y alternativas a la medida de la situación, con frecuencia provoca acumulación del producto en las huertas, lo que conlleva, además de pérdidas económicas para los fruticultores, problemas fitosanitarios, dado que los frutos no son cosechados, estos quedan en el árbol induciendo así, desarrollo de todos tipo plagas y enfermedades que pueden generar graves y complejos problemas para el huerto y para toda la cadena de valor.

Los impactos de esta problemática, tienen diferente magnitud en los estados productores ya que, el desarrollo y la organización de las cadenas productivas no son homogéneos en los diferentes estados productores.

Frente a lo anterior, ha habido diversas iniciativas, buscando alternativas de solución a la problemática de acumulación de mango, una de tantas, fue la realización de un proyecto financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) en el sistema SIMORELOS, orientado a desarrollar paquetes tecnológicos, accesibles a fruticultores, PYMES Y MIPYMES, que les permitieran canalizar la producción de mango, prolongando la vida útil del producto y generando al mismo tiempo valor agregado al producto. Así pues, los casos de estudio que se presentan en este libro formaron parte del

proyecto **"Aprovechamiento agroindustrial de las principales variedades de mango Mangifera Indica L. de Jalisco, Colima, Nayarit y Michoacán en módulos de acopio y procesamiento integral"**

Socorro J. Villanueva Rodríguez

**BIBLIOGRAFÍA**

FAO STAT http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E

SAGARPA-SIAP
http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp

Plan Rector Nacional de Sistema Producto-Mango. Comité nacional Sistema Producto Mango (CONASPROMANGO) Abril, 2012

http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/nacionales/EXP_CNSP_MANGO/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PROGRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/PR_CNSP_MANGO_2012.pdf

CONASPROMANGO
http://www.mangomex.com/index.php/es/consumidores/variedades-de-mango

CIATEJ: "Aprovechamiento agroindustrial de las principales variedades de mango Mangifera Indica L. de Jalisco, Colima, Nayarit y Michoacán en módulos de acopio y procesamiento integral"

# 1.- MATERIA PRIMA

Ignacio Larios Medrano[1,2], Ma de Jesús Karina Campos Serrano[3], Ma del Carmen Padilla Sahagún[1], Socorro J. Villanueva Rodríguez[3*].

[1] Consultor Independiente en Tecnología de Alimentos
[2] Profesor de Química de Alimentos en el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad de Guadalajara
[3] Investigador del Área de Tecnología Alimentaría, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C., (CIATEJ), Unidad Central en Guadalajara, Jalisco, México.
* svillanueva@ciatej.mx

## 1.1 BOTANICA Y ORIGEN

Nombre cíntífico: *Mangifera índica*.

Familia: Anacardiáceas

Orden: Sapindale

*Mangifera indica* tiene algunos parientes bien conocidos, tales como el marañón (Anacardium occidentale L.), el pistachero (Pistacia vera L).

El género Mangifera está formado por árboles de hojas simples, de flores pequeñas en panícula, con calíz y corola pentámeros y cinco estambres. El mango es un árbol de sombra densa, foliación perene y crecimiento medio. Su tronco recto, cuyo diámetro puede llegar a 75 - 100 cm, alcanza alturas que van de los 10 a 30 m de altura.

“El fruto es una fruto de una sola semilla (monospermo) con un mesocarpo carnoso y fibroso que rodea al endocarpo (semilla), los mangos poliembriónicos se utilizan como patrones. Posee un mesocarpo comestible de diferente grosor según los cultivares y las condiciones de cultivo Su peso varía desde 150 g hasta 2 Kg., su forma también es variable, pero

generalmente es ovoide-oblonga, notoriamente aplanada, redondeada u obtusa a ambos extremos, de 4-25 cm de largo y 1.5-10 cm de grosor. El color puede estar entre verde, amarillo y diferentes tonalidades de rosa, rojo y violeta. La cáscara es gruesa, frecuentemente con lenticelas blancas prominentes; la carne es de color amarillo o anaranjado, y es jugosa" (CONASPROMANGO, 2012)

El mango es un fruto apreciado y de elevado consumo en todo el mundo (Tharanathan y col., 2007), y en México, el mango se encuentra entre las 3 frutas más consumidas, después del plátano y la manzana (CONASPROMANGO, 2012).

El mango *Mangifera índica L*., tuvo su origen en el Noreste de la India (Assam), la región Indo-Birmánica y las montañas de Chittagong en Bangladesh, dónde aún se encuentra de forma silvestre. La mayor diversidad en especies silvestres se encuentra en la península malaya, Borneo y Sumatra, al igual que en la parte baja del Himalaya, cerca de Nepal, Buthan y Sikkim (Mukherjee, 1957). Con base en datos taxonómicos y evidencia molecular reciente, probablemente el mango evolucionó en una amplia zona que incluye el noroeste de Myanmar, Bangladesh y el noreste de la India (Tharanathan y col., 2007).

En México la primera introducción de esta especie se realizó a fines del siglo XVIII, el mango Manila fue traído por los españoles desde China al Puerto de Acapulco; como cultivo se estableció y dispersó en la Costa del Golfo de México, sobre todo el estado de Veracruz. La segunda a principios del siglo

XIX desde las Antillas a la Costa del Golfo de México. Principalmente mangos monoembriónicos que se diseminaron por la región tropical del país que, al propagarse por semilla, originaron a los ahora llamados mangos criollos; de aquí han surgido variedades locales como Diplomático y Oro que se cultivan en pequeñas áreas y tienen mercado regional. La tercera introducción fue en la década de 1950, con germoplasma de mango hecha por los viveristas particulares. Se propagaron algunos cultivares por injerto y se diseminaron por los estados del Pacífico, Centro y Norte, y mas tarde en la región tropical del país. De estos nuevos cultivos surgieron: Haden, Kent, Keitt, Irwin, Zill y Sensation a los cuales popularmente se les llamó "mangos petacones" este fue el inicio de la producción moderna del mango en México (CONASPROMANGO, 2012).

## 1.2 PRINCIPALES VARIEDADES CULTIVADAS EN MÉXICO

Las principales variedades: Criollo, Diplomatico, Manila, Haden, Kent, Keiit, Tommy Atkins y Ataulfo. A continuación, se presenta una breve descripción de cada una de estas variedades:

***Criollo:*** al madurar la fruta es de color amarillo con la base rojiza, la pulpa es dulce y de color amarillo, la semilla es grande y su contenido de fibra es de medio a bajo. A este tipo de mango también se le conoce como mango corriente.

***Diplomático:*** la fruta es de tamaño mediano con un peso que varía de 170 a 300 gramos; al madurar es de color amarillo rojizo y con mayor intensidad de color en la base, es dulce y contiene mucha fibra; la semilla ocupa del 11 al 13% del peso total del fruto

***Manila:*** la fruta madura es de color amarillo, con cáscara delgada, pulpa amarilla, firme y dulce, es de excelente sabor, su contenido de fibra es de medio a bajo y la semilla representa el 12 por ciento del peso del fruto. Su vida de anaquel es muy corta y el manejo de calidad muy delicado, se cosecha de febrero a abril. Dentro de esta variedad encontramos una subdivisión que encierra a las variedades Manila Rosa y Manila Oro, existen ciertas diferencias entre una variedad y otras, a continuación, describiremos las más representativas:

***Manila Rosa:*** el fruto es de forma oval, presenta un contenido medio de fibra, conforme avanza el proceso de madurez la cáscara adquiere tonos amarillos y rojizos en su mayoría estos últimos, de pulpa dulce y de tono amarillo-naranja y hueso mediano.

***Manila Oro:*** el fruto es de forma alargada, con un bajo contenido de fibra. Durante el proceso de maduración, la cáscara del fruto adquiere tonos amarillo-verdosos, su pulpa es dulce con un tono amarillo claro con una semilla de tamaño mediano.

***Haden:*** el fruto es de forma oval y base redonda, de 10.5 a 14.0 centímetros de largo, con un peso que varía de 270 a 430 gramos con una media de 311 gramos; madura en color amarillo y rojo carmín en la base expuesta al sol, lo

cual le da una apariencia muy atractiva; su contenido de fibra es regular y de sabor dulce, la semilla representa del 9 al 10 por ciento del peso de la fruta; se cosecha a fines de mayo y junio.

***Kent:*** el fruto es de forma oval y base redonda, de 11 a 13 centímetros de largo, su peso oscila de 480 a 650 gramos con una media de 520 gramos; madura en color rojo y amarillo, contiene poca fibra y es sabor dulce, la semilla representa del 9.4 al 10.3 por ciento del peso del fruto, se cosecha en julio y principios de agosto.

***Keitt:*** el fruto es de forma oval y base redonda, de 13 a 15 centímetros de largo, su peso oscila de 480 a 820 gramos con una media de 510 gramos; madura en color amarillo con rosa claro en la base del fruto, contiene muy poca fibra y es de sabor dulce, la semilla representa del 10.0 al 10.5 por ciento del peso de la fruta, se cosecha en julio y principios de agosto.

***Tommy Atkins:*** el fruto es de forma oval a oblonga, base redonda, de 12.0 a 14.5 centímetros de largo, su peso oscila de 250 a 550 gramos con una media de 390 gramos; madura en color amarillo naranja con chapeo rojo a rojo oscuro en la base; su piel es gruesa, pulpa firme, jugosa con poca fibra y de color amarillo; la semilla representa del 12.5 al 13.5 por ciento del peso de la fruta, se cosecha en junio.

***Ataulfo:*** esté mango presenta una forma alargada, de 12.5 a 14 centímetros de largo, su peso varía de 180 a 260 gramos; madura en color amarillo, su piel es delgada; la pulpa es firme, jugosa con muy poca fibra y de sabor ácido; la semilla es muy pequeña, se cosecha de febrero a abril.

A continuación, se presenta la imagen de cada una de las diferentes variedades de mango descritas en el párrafo anterior:

**CRIOLLO** **DIPLOMATICO**

**MANILA ROSA**

**MANILA ORO** **HADEN**

**KENT**

**KEITT** **TOMMY ATKINS** **ATAULFO**

**Nota:** Fotografías tomadas por CIATEJ dentro del marco del proyecto FOMIX para el aprovechamiento integral del mango

De acuerdo al reporte de AMSDA; CONASPROMANGO (2012) las variedades que representan potencial de exportación así como para

sucomercializadas a nivel internacional son: **Haden, Kent, Keitt, Tommy Atkins, Manila y Ataulfo;** son variedades clasificadas por este organismo con calidad comestible para mesa o industria de buena a excelente.

## 1.3.- APROVECHAMIENTO

En promedio 12 a 16% de la producción nacional de mango, se destina a la exportación, el 88 u 84% restante se destina al consumo nacional del cual, en promedio del 13 al 16% se industrializa, el resto, se consume en fresco o se pierde. La industrialización del mango está en manos de 8 empresas. Los principales productos que generan estas 8 empresas son:

Jugos y néctares de mango

Mango congelado en cachetes o en cubos

Mango deshidratado y deshidratado-enchilado

Puré y conservas

Fresh-cuts (mínimamente procesados)

A pesar de esto cada año, por factores diversos, cierto porcentaje de fruta fresca no se comercializa, esto sucede principalmente en el caso de los pequeños fruticultores que representan el 85% del total de productores de mango. Como ya se comentó, las causas por las que el fruto queda rezagado, son diversas y complejas, sin embargo, facilitar y aponer al alcance de los pequeños fruticultores, de PYMES y MIPYMES el conocimiento e información práctica sobre las alternativas tecnológicas para la conservación

del mango, puede ser de gran ayuda en los casos en los que el producto es inocuo, pero presenta limitaciones en tamaño o daños mecánicos que hacen difícil su comercialización, así como también en los casos en los que la madurez está avanzada y no soportarían todo el periodo de distribución y venta.

En la actualidad, los procesadores de mango utilizan principalmente la variedad *manila,* debido a que el producto final es uniforme en su calidad (color, olor, sabor, rendimiento, etc.). Muy pocos estudios existen sobre la composición y propiedades tecnológicas de las otras variedades.

En la actualidad, es indispensable considerar el aprovechamiento integral de las materias primas, en el caso del mango, existen alternativas para el aprovechamiento de las semillas, las cuales son consideradas una fuente de energía y un buen sustituto parcial de la harina de maíz (Odunsi & Farinu, 1997; Jahurul y col., 2015). La harina de la semilla del mango puede ser una fuente de nutrientes para animales y humanos, pero también un agente directo en la industria textil para darle cuerpo a las telas (Narasimha Char *et al*., 1977). A partir de la piel también se ha desarrollado harina, como ingrediente funcional, Serna-Cock y col., 2015; Jahurul y col., 2015.

## 1.3.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FISICOQUÍMICAS Y PROPIEDADES TECNOLÓGICAS

El mango es un fruto de interés tanto en el aspecto nutricional y biofuncional, como en el aspecto tecnológico. Desde el punto de vista nutricional, el

mango es una rica fuente de carbohidratos, vitaminas y antioxidantes. En promedio, 100 gr de pulpa de mango aportan un 47% del requerimiento diario para un adulto de vitamina C, un 25% del requerimiento diario de vitamina A y un 13% de vitamina E. En cuanto a las propiedades biofuncionales, el mango es rico en antioxidantes diversos, entre los que destacan la mangiferina y lupeol.

Si bien existe variación en la composición nutrimental y las características fisicoquímicas del mango, en función de las variedades, las condiciones de almacenamiento, el estado de madurez, las condiciones y lugar de cultivo, en promedio la composición del mango presenta valores del orden que se presenta en la siguiente tabla:

| Composición Nutrimental Promedio del Mango<br>Valores por cada 100 g de pulpa de mango maduro | | |
|---|---|---|
| | Fuente: Tharanathan y col., 2006 | Fuente: USDA National Nutrient data base |
| Calorías | 62.1–63.7 K cal | 70 Kcal |
| Humedad | 78.9–82.8 g | No reportado |
| Proteína | 0.36–0.40 g | 0.5 g |
| Grasa | 0.30–0.53 g | 0.27 g |
| Carbohidratos | 16.20–17.18 g | 17 g |
| Fibra | 0.85–1.06 g | 1.8 g |
| Cenizas | 0.34–0.52 g | No reportado |
| Calcio | 6.1–12.8 mg | 10 mg |
| Fosforo | 5.5–17.9 mg | No reportado |
| Hierro | 0.20–0.63 mg | 0.13 mg |
| Vitamina A (caroteno) | 0.135–1.872 mg | 765 UI |

| | | |
|---|---|---|
| Tiamine | 0.020–0.073 mg | 0.058 mg |
| Rivoflavina | 0.025–0.068 mg | 0.057 mg |
| Niacina | 0.025–0.707 mg | 0.584 mg |
| Ácido Ascórbico | 7.8–172.0 mg | 27.7 mg |
| Triptofano | 3–6 mg | No reportado |
| Metionina | 4 mg | No reportado |
| Lisina | 32–37 mg | No reportado |

En la madurez comercial, los carbohidratos del mango corresponden principalmente a azúcares solubles (8% en promedio) de los cuales la mayor parte es sacarosa (aproximadamente 5%), fructosa (entre 1.5 y 2%) y glucosa (0.5% en promedio). El contenido de almidón de la pulpa un mango maduro es bajo, aproximadamente 0.3%. (Cruz y col., 2012)

En cuanto a las características fisicoquímicas de la pulpa, se han reportado rangos de variación a lo largo del proceso de maduración, tal como lo muestra un estudio realizado por Quintero y col., (2013), que muestra la evolución de: Aw, °Bx, pH, % de Acidez, firmeza de la pulpa, en mangos en estado de madurez fisiológica (día cero) durante 9 días. En la siguiente tabla se muestran los rangos de variación de estas características fisicoquímicas, desde el punto de madurez fisiológica hasta que alcanzan la madurez comercial, es decir cuando han desarrollado su máximo de dulzor, aroma y por otro lado han llegado a una consistencia firme pero suficientemente blanda para su consumo.

| *Parámetro* | *Madurez fisiológica* | *10 días después* |
|---|---|---|
| Solidos solubles (°Bx) | 10.5°Bx | 20°Bx |
| Actividad de agua | 0.992 | 0.983 |

| | | |
|---|---|---|
| (Aw) | | |
| pH | 3.3 | 5.3 |
| % Acidez (% ácido cítrico) | 1.5 % | 0.35 % |
| Firmeza cáscara | 5.4 Kg/cm$^2$ | 2.3 Kg/cm$^2$ |
| Firmeza pulpa | 1.85 Kg/cm$^2$ | 0.4 Kg/cm$^2$ |
| Fuente: Quintero y col., 2013 | | |

Además de las propiedades nutricionales, los componentes y propiedades fisicoquímicas del mango, le confieren propiedades tecnológicas que le permiten desempeñarse como materia prima principal o como ingrediente. Su contenido en almidón, pectina y fibra, aportar textura a los productos preparados con mango, sus pigmentos confieren color, su contenido en ácidos y antioxidantes, por un lado dan estabilidad química y de algún modo constituyen una barrera relativa contra el crecimiento de microorganismos. La combinación de pigmentos, ácidos, azucares, y compuestos volátiles, son responsables del color, sabor y aroma característicos del mango, atributos que son determinantes en la preferencia y aceptación de los productos a base de mango por parte del consumidor. La fruta del mango es útil como materia prima o ingrediente en todas las etapas desde la madurez fisiológica (mango verde) hasta la madurez comercial, así como los desechos, como cáscara la cual es rica en pectinas y moléculas bioactivas para su uso como nutraceutios o

ingredientes en alimentos funcionales. Los frutos de mango verde se utilizan comúnmente para chutney dulce o salado (salsa de mango), encurtidos y bebidas de mango verde. Con el fruto de mango maduro se producen rebanadas en conserva, pulpa, mermelada, jugo, néctar, rebanadas o trocitos de pulpa deshidratados por métodos diversos, mango en polvo, barras de frutas de mango. La aplicación exitosa y la formulación y procesamiento del mango como materia prima o ingrediente para la elaboración de alimentos y bebidas requiere, depende en gran medida de la adecuada selección de la variedad así como su caracterización fisicoquímica y sensorial; ya que esto es determinante para lograr las características sensoriales y la vida de anaquel necesaria para la obtención de un producto competitivo y exitoso en el mercado.

**1.4.- BIBLIOGRAFÍA**

AMSDA. PLAN RECTOR DEL SISTEMA PRODUCTO MANGO DIAGNOSTICO DEL SISTEMA PRODUCTO MANGO EN EL ESTADO DE NAYARIT.
http://amsda.com.mx/PREstatales/Estatales/NAYARIT/PREmango.pdf

Cruz J.N., Soares C.A., Fabbri A.D.T., Cordenunsi B.R., Sabato S.F. 2012. Effect of quarantine treatments on the carbohydrate and organic acid content of mangoes (cv.Tommy Atkins). Radiation Physics and Chemistry Volume 81, Issue 8, Pages 1059–1063.

CONASPROMANGO. Abril, 2012. Plan Rector Nacional de Sistema

Producto-Mango. Comité nacional Sistema Producto Mango http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/nacionales/EXP_CNSP_MANGO/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PROGRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/PR_CNSP_MANGO_2012.pdf

Mukherjee S.K., 1953. The mango its botany, cultivation, uses and future improvement, especially as observed in India. Economy Botany, 130-162.

Quintero V.., Giraldo G., Lucas L, Vasco J. 2013. Caracterización fisicoquímica del mango común (*Mangifera indica* l.) durante su proceso de maduración. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol 11 No. 1 (10 - 18).

Serna-Cock Liliana, Torres-León Cristian y Ayala-Aponte Alfredo, 2015. Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de Cáscaras de Mango (Mangifera indica) como fuente de Ingredientes Funcionales. Información Tecnológica Vol. 26 (2) 41-50

Tharanathan R.N., Yashoda H.M. & Prabha T.N. 2007. Mango (Mangifera indica L.), “The King of Fruits”—An Overview. Food Reviews International, 22:95–123.

# 2.- COMPUESTOS RELACIONADOS CON EL AROMA DEL MANGO

Sandra Teresita Martín del Campo Barba[1], Mirna Estarrón Espinosa[2]

[1] Tecnológico de Monterrey, Campus Querétaro, Escuela de Ingeniería en Alimentos, Biotecnología y Agronomía (ESIABA), Epigmenio González 500, Fracc. San Pablo, CP 76130 Santiago de Querétaro, Qro, México.
[2] Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Unidad de Tecnología Alimentar, Camino el Arenero 1227, El Bajío del Arenal, Zapopan, Jalisco.

## *2.1.- Los compuestos volátiles*

Los alimentos en general, y los frutos en lo particular, presentan diferentes atributos que representan para el consumidor criterios de aceptación o preferencia. Entre dichos atributos, encontramos el sabor y el aroma que tienen un impacto significativo sobre aceptación, además de ser indicadores de la identidad de diferentes variedades de una misma fruta o marcan las diferencias entre familias de frutas, como en el caso de los cítricos (Pérez, Sanz, Rios, & Olias, 1993; Ponce Alquicira, 2006).

Muchos de los compuestos determinantes del sabor y aroma, están presentes sólo en pequeñas cantidades (cerca de 50 ppm para frutas) (Multon & Richard, 1992), su aportación nutricional es nula pero representan criterios de calidad importantes para los consumidores (Belitz, Grosch, & Schieberle, 2009; Multon & Richard, 1992; Ponce Alquicira, 2006). Las frutas contienen una gran cantidad de éstos compuestos distribuidos en forma heterogénea tanto cuantitativa como cualitativamente en los diferentes tejidos del fruto.

Los compuestos responsables del aroma poseen un bajo peso molecular (menos a 400 Da) y una baja tensión superficial, por ello, son volátiles a temperatura ambiente y presión atmosférica, eso les permiten viajar por medio de una corriente de aire hasta la nariz y estimular los receptores del epitelio olfativo (Multon & Richard, 1992). Gran cantidad de estudios se han

realizado con la finalidad de identificar y cuantificar los compuestos responsables del olor y sabor en los diferentes alimentos ya que ellos pueden considerarse como indicadores de madurez o de calidad. Gracias al uso de técnicas analíticas modernas, se han identificado cerca de 4 500 compuestos volátiles y semivolátiles diferentes (Belitz et al., 2009; Multon & Richard, 1992; Ponce Alquicira, 2006). En el caso de los frutos, se ha encontrado que algunos pueden llegar a contienen más 200 compuestos volátiles diferentes y que en conjunto presentan la nota global de "sabor y aroma" de dicho fruto (Belitz et al., 2009).

En los frutos frescos, la generación de los compuestos volátiles se presenta durante el proceso de maduración (Kulkarni et al., 2013; Multon & Richard, 1992; Pandit et al., 2010; Ponce Alquicira, 2006). La taza de formación y la cantidad de compuestos varía de un fruto a otro, entre diferentes variedades e incluso entre las diferentes zonas de un mismo fruto. Los ciclos responsables de dicha generación se ven afectados por una gran cantidad de factores internos y externos (Kulkarni et al., 2013; Lalel, Singh, & Tan, 2003b; Larsen & Poll, 1995; Ponce Alquicira, 2006), entre los que se pueden mencionar:

a) La genética de cada fruto o planta (tipos de metabolismo)(Kulkarni et al., 2013; Pandit et al., 2010);

b) Las condiciones de cultivo (tipo de suelo, pH, disponibilidad de nutrientes, rotación de cultivos, riego, fertilización) y climáticas (temperatura, humedad, insolación, etc.);

c) El estado de madurez y las condiciones de maduración (en la planta o en cámaras de maduración) y manejo post-cosecha (temperatura, disponibilidad de oxígeno, etc.)

Por otro lado, la generación de estos compuestos, sigue una gran variedad de rutas metabólicas en las que casi cualquier componente del alimento puede ser un substrato potencial, siendo los macro componentes los principales

precursores; y en donde se generan una gran cantidad de compuestos que pertenecen a una gran variedad de familias químicas diferentes (Kulkarni et al., 2013; Multon & Richard, 1992; Pandit et al., 2010).

**Tabla 1. Cantidad de compuestos volátiles identificados en diferentes frutos.**

| FRUTO | No. DE COMPUESTOS | REFERENCIA | FRUTO | No. DE COMPUESTOS | REFERENCIA |
|---|---|---|---|---|---|
| Fresa | ~ 324 | Tressl, Drawert y Heimann (1969) Belitz et al. (2009) | Fruta de la pasión | 194 | Belitz et al. (2009) |
| Piña | 59 | Belitz et al. (2009) | Manzana | 234 | Paillard (1990) |
| Frambuesas | 95 | Belitz et al. (2009) | Pera | 79 | Paillard (1990) |

En general, estas rutas pueden agruparse en cuatro mecanismos globales:

a) Las reacciones enzimáticas directas donde la generación se debe a la acción de enzimas sobre las moléculas precursoras;

b) Las reacciones enzimáticas indirectas (oxidación) donde los compuestos se generan cuando un compuesto producido enzimáticamente tiene una acción sobre los componentes precursores de éstos;

c) Las reacciones biosintéticas donde los compuestos son generados directamente por una vía biosintética (Kulkarni et al., 2013; Pandit et al., 2010)

## 2.- COMPUESTOS RELACIONADOS CON EL AROMA DEL MANGO

d) Las reacciones pirolíticas que se presenta cuando los alimentos son sometidos a tratamientos térmicos (Multon & Richard, 1992; Ponce Alquicira, 2006).

El tipo de compuesto generado dependerá entonces de su precursor y del mecanismo utilizado en su generación Así por ejemplo, a partir de carbohidratos se pueden obtener diferentes ácidos orgánicos, ésteres, alcoholes, aldehídos o terpenos; a partir de aminoácidos, algunos aldehídos, cetonas, alcoholes, etc.; a partir de ácidos grasos, diferentes aldehídos. A su vez los ácidos orgánicos pueden ser utilizados para generar otros ácidos orgánicos, aldehídos, alcoholes, etc. (Badui Dergal, 1997; Multon & Richard, 1992; Ponce Alquicira, 2006).

Según su metabolismo, y más concretamente según sus patrones de respiración, las frutas se dividen en dos grandes grupos:

a) Las no climatéricas como los cítricos (la maduración se detiene una vez que son cosechadas, se cosechan maduras), estos frutos son ricos en terpenos diversos (Ponce Alquicira, 2006).
b) Las climatéricas (su maduración no se detiene al ser desprendidos del árbol, por lo que generalmente se cosechan inmaduras). En estas frutas, cuando el climaterio se inicia, los patrones de respiración cambian, provocando cambios que llevan a la maduración del fruto, y que a su vez se traduce en la generación de un gama compleja de compuestos volátiles entre los que se encuentran aldehídos, cetonas, alcoholes, ésteres, terpenos, etc. (Ponce Alquicira, 2006).

Cuando los frutos son industrializados y sometidos a diferentes tratamientos térmicos para producir productos como jaleas, mermeladas, jugos, néctares, deshidratados etc., se origina la perdida de algunos compuestos volátiles o cambios fisicoquímicos y químicos que provocan la formación de un perfil de sabor y aroma diferente al de su estado fresco. Son frecuentes los

mecanismos pirolítico, generalmente por reacciones de caramelización y/o de Maillard.

## 2.2. PRINCIPALES COMPUESTOS VOLÁTILES DEL MANGO

***Composición volátil cualitativa***

El mango es un fruto apreciado por sus propiedades aromáticas tanto en estado fresco, como las que confiere a los diferentes productos que se elaboran a partir de éste. La conservación de su sabor característico en los productos procesados o en el mismo mango después del almacenamiento ha motivado la realización de diferentes trabajos de investigación que se encuentran en la bibliografía, y que se han encaminado a evaluar no solamente la variedad y proporción de los compuestos volátiles en mango fresco (Bandyopadhyay, Gholap, & Sreenivasan, 1973; Engel & Tressl, 1983; Flores Barba, 2001; Liu et al., 2013; Ollé et al., 1998; Pino, Rosado, & Sanchez, 1989; Sakho, Chassagne, & Crouzet, 1997; Shibamoto & Tang, 1990), sino también sus cinéticas de formación durante el proceso de maduración (Lalel, Singh, & Tan, 2003a; Lalel et al., 2003b; Pandit et al., 2010), los genes involucrados en la formación de éstos (Kulkarni et al., 2013; Pandit et al., 2010), el efecto que producen diferentes tipos de procesos (Blakesley, Loots, Du Plessis, & De Bruyn, 1979; Gholap, Bandyopadhyay, & Nair, 1990; Ramteke, Eipeson, & Patwardhan, 1990; Shibamoto & Tang, 1990) en la calidad aromática en los productos elaborados a partir de éste tales como mango enlatado (Hunter, Bucek, & Radford, 1974), mango fresco cortado y refrigerado (Torres, Chiralt, & Escriche, 2012), vino (Pino & Queris, 2011), entre otros.

Cabe mencionar que la mayor parte de los estudios antes mencionados se han realizado en mangos asiáticos (Hunter et al., 1974; Kulkarni et al., 2013; Liu et al., 2013; Pandit et al., 2010; Shibamoto & Tang, 1990) y sólo una

pequeña proporción en mangos africanos (Engel & Tressl, 1983; Ollé, Lozano, & Brillouet, 1996; Shibamoto & Tang, 1990), americanos (Flores Barba, 2001; Pino et al., 1989; Shibamoto & Tang, 1990), y muy pocos estudios en mangos mexicanos (Flores Barba, 2001). Sin embargo, y pese a que son pocos los estudios reportados, la mayor variedad de mangos estudiados corresponde a los mexicanos (Flores Barba, 2001).

En general, se han identificado cerca de 335 compuestos volátiles diferentes, los cuales pertenecen a varias familias químicas como se observa en la tabla 2. Del total de compuestos identificados, se observa que no todos los compuestos son comunes a todas las procedencias, algunos se observan en una sola procedencia o bien, solo en frutos del mismo continente; por ejemplo, los frutos del continente americano presentan en común el γ–terpineno, sabineno, α-copaeno, dodecanoato de etilo y benzaldehído. Sin embargo, en todas las variedades estudiadas se han encontrado los siguientes terpenos: δ–3-Careno, α-humuleno, Limoneno, α-pineno, β-pineno y α-terpinoleno.

Como se puede observar, respecto al número total de compuestos volátiles, la familia química más abundante es la de los terpenos (25%), seguida de los ésteres (19%), los hidrocarburos (13%) y los alcoholes (9%) (Figura 2). Sin embargo, esto no es igual para todas las variedades y según la procedencia de los mangos se observan diferencias en la proporción que representa cada una de las familias químicas. Así por ejemplo, la familia de los terpenos que es la más abundante para las variedades mostradas en la tabla 2, no lo es para los mangos mexicanos, ya que para éstos ocupa el tercer lugar (22%); siendo en este caso la familia de los Hidrocarburos la más abundante (27%).

**Tabla 2. Compuestos volátiles identificados en mango de diferentes procedencias, agrupados por familia química.**

| PROCEDENCIA# / COMPUESTO | Mexicanos | Australiano | Cubanos | USA | Asiáticos | Africanos | Referencia* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ÁCIDOS** | | | | | | | |
| 2-Etil hexanoico | | | | | | √ | e |
| 2-Metil butanoico | | | | | √ | | c |
| 3-Noninoico | √ | | | | | | f |
| Acético | | √ | √ | | √ | | b c g |
| Bencenpropanoico | √ | | | | | | f |
| Benzoico | | | | | | √ | d |
| Butanoico | | | | | √ | | c |
| Decanoico | | √ | | | | √ | e g |
| Dodecanoico | | √ | | | | √ | e g |
| Hexadecanoico | √ | | √ | | | √ | b d e f |
| Hexanoico | | | | | | √ | d |
| Octadecanoico | √ | | | | √ | √ | c d f |
| Octanoico | | | | | √ | √ | c e |
| Oleico | √ | | | | | | f |
| Pentanoico | | | | | √ | | c |
| Siríngico | | | | | | √ | e |
| Tetradecanoico | √ | √ | | | | √ | d e f g |
| **ALDEHÍDOS** | | | | | | | |
| (E) 2-Hexenal | | | √ | | √ | √ | a b c e h |
| (E) 2-Nonenal | | | | | | √ | a |
| (E) 3-Hexenal | | | | | √ | | h |
| (E)-Citral (Geranial) | | | √ | | | √ | b e |
| (Z)-Citral (Neral) | √ | | √ | | | √ | b e f |
| (Z,Z)-3,6-Nonadienal | | | | | √ | | h |
| 2- Butenal | √ | | | | | | f |
| 2,6-Nonadienal | | | | | | √ | a e |
| 2-Decenal | √ | | | | | | f |
| 2-Etil-2-pentenal | √ | | | | | | f |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4-Nonenal | √ | | | | | | f |
| 9-Octadecenal | √ | | | | | | f |
| Acetaldehído | | | √ | | √ | | b c |
| β-Ciclocitral | | | | | | √ | a |
| Benzaldehído | √ | | √ | √ | | √ | a b c f |
| Butanal | | | | | √ | | c |
| Decanal | √ | √ | | | √ | | f g h |
| Feniletanal | | | √ | √ | √ | √ | a b c |
| Hexanal | | | √ | √ | | √ | a b c e |
| Nonanal | | | | | √ | | h |
| Octadecanal | √ | | | | | | f |
| Octanal | | | √ | | | | b |
| p-Toluolaldehído | | | √ | | | | b |
| Siringaldehído | | | | | | √ | e |
| Tetradecanal | | √ | | | | | g |
| Tridecanal | | | | | √ | | h |
| **ALCOHOLES** | | | | | | | |
| 1-Butanol | | | √ | √ | √ | √ | a b c |
| 1-Decanol | | √ | | | | | g |
| 1-Heptanol | √ | | | | | √ | e f |
| 1-Hexadecanol | √ | | √ | | | √ | a b f |
| 1-Hexanol | | | √ | | √ | √ | a b c d e |
| 1-Octadecanol | √ | | | | | | f |
| 1-Pentanol | | | √ | | | √ | a b |
| 1-Penten-3-ol | | | √ | | | | b |
| 2-Butanol | | | √ | | | √ | a b |
| 2-Butoxietanol | | | | | | √ | e |
| 2-Fenoxietanol | | | | | | √ | e |
| 2-Hexanol | | | | | | √ | e |
| 2-Hexen-1-ol | | | | | | √ | a |
| 2-Metil-1-propanol | | | √ | √ | | √ | a b c |
| 2-Metil-2-propanol | | | √ | | | | b |
| 2-Metil-3-buten-1-ol | | | | | √ | √ | a c |
| 2-Metil-3-buten-2-ol | | | √ | | | √ | a b |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2-Pentanol | | | √ | | | √ | a b e |
| 2-Penten-1-ol | | | √ | | | √ | b e |
| 2-Propen-1-ol | √ | | | | | | f |
| 3-Hexen-1-ol | | | √ | √ | √ | √ | a b c d e h |
| 3-Metil-1-butanol | | | √ | √ | √ | √ | a b c e |
| 3-Metil-1-pentanol | | | √ | | | | b |
| 3-Metil-2-buten-1-ol | | | | | | √ | a |
| 3-Penten-2-ol | | | | | √ | | c |
| 4-(1-metiletil)-bencenemetanol | √ | | | | | | f |
| Biciclo[2.2.1]hept-2-en-7-ol | | | | | √ | | h |
| Bencílico | | | | | | √ | d e |
| Etanol | | | √ | √ | | | b c |
| Feniletanol | | | √ | | √ | √ | a b c d e |
| Furfurilico | | | | | √ | | c |
| m-Cimen-8-ol | | | | | | √ | e |
| p-Cimen-7-ol | | | | | | √ | d e |
| p-Cimen-8-ol | | | | | √ | √ | c e h |
| **ÉSTERES** | | | | | | | |
| (E) 2-Butenoato de 3-hexenilo (Z) | | | | | | √ | a |
| (E) 2-Butenoato de etilo | | | | | √ | | h |
| 2-Hidroxi-1-(hidroximetil) hexadecanoato de etilo | √ | | | | | | f |
| 2-Octenoato de etilo | | √ | | | | | g |
| 3-Hidroxibutanoato de (Z) 3-hexenilo | | | | | | √ | a |
| 3-Hidroxibutanoato de butilo | | | | | | √ | a |
| 3-Hidroxibutanoato de etilo | | | | | √ | √ | a c |
| 3-Hidroxibutanoato de isoamilo | | | | | | √ | a |
| 3-Hidroxibutanoato de isobutilo | | | | | | √ | a |
| 3-Hidroxihexanoato de etilo | | | | | | √ | a |
| 3-Metil butanoato de etilo | | | | | | √ | c |
| 3-oxo-Octadecanoato de metilo | √ | | | | | | f |
| 4-Decenoato de etilo | | √ | | | | | g |
| 9-Hexadecenoato de etilo | √ | | | | | | f |
| 9-Octadecenoato de etilo | √ | | √ | | | | b f |
| 9-oxo-Nonanoato de etilo | √ | | | | | | f |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Acetato de 2-hexenilo (E) | | | | | | √ | a |
| Acetato de 3-hexenilo (E) | | | | | | √ | a |
| Acetato de 3-hexenilo (Z) | | | | | | √ | a |
| Acetato de butilo | | | | | | √ | a |
| Acetato de etilo | | | √ | | √ | √ | a b c |
| Acetato de fenetilo | | | | | | √ | a |
| Acetato de hexilo | | | | | | √ | a |
| Acetato de isoamilo | | | | | | √ | a |
| Acetato de isobutilo | | √ | | | | √ | a g |
| Acetato de linalilo | | | √ | | | | b |
| Acetol | | | | | √ | | c |
| Butanoato de 3-hexenilo (Z) | | | | | √ | √ | a c |
| Butanoato de butilo | | | | | √ | √ | a c |
| Butanoato de etilo | | √ | √ | √ | √ | √ | a b c g h |
| Butanoato de fenetilo | | | | | | √ | a |
| Butanoato de gearnilo | | | | | √ | | h |
| Butanoato de hexilo | | √ | | | | √ | a g |
| Butanoato de isoamilo | √ | | | | | √ | a f |
| Butanoato de isobutilo | | | | | √ | √ | a c |
| Butanoato de metilo | | | | | | √ | a |
| Decanoato de etilo | | | | √ | √ | √ | a c |
| Dodecanoato de etilo | √ | √ | √ | √ | | √ | a b f g |
| Ftalato de butil isobutilo | √ | | | | | | f |
| Ftalato de dioctilo | √ | | | | | | f |
| Ftalato de propilo | √ | | | | | | f |
| Heptanoato de etilo | | √ | | | | | g |
| Hexadecanoato de dioctilo | √ | | | | | | f |
| Hexadecanoato de etilo | √ | | √ | | | √ | a b f |
| Hexadecanoato de metilo | √ | | | | | | f |
| Hexanoato de butilo | | | | | | √ | a |
| Hexanoato de etilo | | √ | | | | √ | a g |
| Isobutanoato de etilo | | | √ | | | √ | ab |
| Isovalerato de etilo | | | | | | √ | a |
| Isovalerato de geranilo | | | | | √ | | h |

2.- COMPUESTOS RELACIONADOS CON EL AROMA DEL MANGO

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Isovalerato de isobutilo | √ | | | | | | f |
| Linoleato de etilo | | | √ | | | | b |
| Linolenato de etilo | | | √ | | | | b |
| Miristato de octilo | √ | | | | | | f |
| Octadecanoato de 2-propenilo | √ | | | | | | f |
| Octadecanoato de butilo | √ | | | | | | f |
| Octadecanoato de etilo | √ | | | | | | f |
| Octadecanoato de metilo | √ | | | | | | f |
| Octadecanoato de octilo | √ | | | | | | f |
| Octadecanoato de propilo | √ | | | | | | f |
| Octanoato de etilo | | √ | √ | √ | | √ | a b c g |
| Octanoato de isobutilo | | √ | | | | | g |
| Octanoato de metilo | | √ | | | | | g |
| Pentenoato de 3-hexenilo (Z) | | | | | | √ | a |
| Piruvato de metilo | | | | | √ | | c |
| Propionato de 3-hexenilo (Z) | | | | | | √ | a |
| Tetradecanoato de etilo | √ | √ | √ | | | √ | a b f g |
| Tetradecanoato de metilo | √ | √ | | | | | f g |
| Undecanoato de etilo | | | | | √ | | c |
| **FURANOS** | | | | | | | |
| 2(3H)-Furanona | | √ | | | | | g |
| 2,5-dimetil-2H-furan-3-ona | | | | | √ | | c |
| 2,5-dimetil-4-metoxi-3(2H)-furanona | | | | | √ | √ | a c |
| 2-Acetil furan | | | | √ | √ | | c |
| 4-Hidroximentofuran | | | | | | √ | e |
| 5-Metil furfural | | | √ | √ | √ | | b c |
| Furaneol | | | | | | √ | d |
| Furfural | | | √ | √ | √ | √ | a b c |
| Mesifuran | | | | | | √ | e |
| **HIDROCARBUROS** | | | | | | | |
| (E) 9-Octadeceno | √ | | | | | | f |
| (E,E)-2,4-Heptadieno | | | | | √ | | h |
| 1,1-dimetil ciclohexano | √ | | | | | | f |
| 1-Deceno | √ | | | | | | f |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-Etil-2,3-dimetil benceno | √ | | | | | | f |
| 1-Etil-3-metil-ciclopentano | √ | | | | | | f |
| 1-Hexadeceno | √ | | | | | | f |
| 2,6-Dimethil-2,4,6-octatrieno | | | | | √ | | h |
| 2,3,3-trimetil-1-penteno | √ | | | | | | f |
| 2,3,4-trimetil pentano | √ | | | | | | f |
| 2,3,6,7-tetrametil octano | √ | | | | | | f |
| 2,3,6-trimetil octano | √ | | | | | | f |
| 2,3-dimetil-1-buteno | √ | | | | | | f |
| 2,4-dimetil docosano | √ | | | | | | f |
| 2-Hexeno | √ | | | | | | f |
| 2-Metil decano | √ | | | | | | f |
| 2-Metil-2-propenil benceno | √ | | | | | | f |
| 3,7-dimetil-1-octeno | √ | | | | | | f |
| 3-Etil tetracosano | √ | | | | | | f |
| 3-Metil heneicosano | √ | | | | | | f |
| 4-Metil-2-penteno | √ | | | | | | f |
| 5-Etil-2-metil-heptano | √ | | | | | | f |
| 5-Metil-eneicosano | √ | | | | | | f |
| 6,6-dimetil-2-(4-metil-3-pentil)-biciclo (3.1.1) hept-2-eno | √ | | | | | | f |
| Benzeno | | | | | | √ | a c |
| Ciclohexano | | | | √ | | | c |
| Ciclopentano | | | | | | √ | c |
| Dimetil ciclohexano | | | | √ | | | c |
| Dimetil estireno | | | | √ | | | c |
| Dodecano | | | | | √ | | h |
| Etil ciclohexano | | | | √ | | | c |
| Metil ciclohexano | | | | √ | | | c |
| Metil propenil benceno | | | | √ | | | c |
| n-Eicosano | | | | | √ | √ | a c h |
| n-Hexadecano | √ | | | | √ | √ | a c f h |
| n- Heptadecano | | | | | √ | | h |
| n-nonadecano | | | | | √ | | h |
| n-Octadecano | √ | | | | √ | √ | a f h |

2.- COMPUESTOS RELACIONADOS CON EL AROMA DEL MANGO

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n-Octano | | | | √ | | | c |
| n-Pentacosano | √ | | | | | | f |
| n-pentadecano | | | | | √ | | h |
| n-Tetradecano | √ | | | | √ | √ | a c f h |
| n-Tricosano | √ | | | | | | f |
| n-undecano | | | | | √ | | h |
| Tricloroeteno | | | | √ | | | c |
| Tricloropropano | | | | | √ | | c |
| **CETONAS** | | | | | | | |
| 1-(3-metil fenil)-etanona | √ | | | | | | f |
| 2,5-Cilohexadien-1-ona | √ | | | | | | f |
| 2-Heptanona | | | | | | √ | a |
| 2-tridecanona | | | | | | √ | a |
| 3-Pentanona | | | | | | √ | a |
| 4,6,6-trimetil-biciclo (3.1.1) hept-3-en-2-ona | √ | | | | | | f |
| 4-Metilacetofenona | | | | | √ | | c |
| 4-Undecen-6-ona | √ | | | | | | f |
| Acetofenona | | | | √ | | | c |
| Acetoina | | | √ | | √ | √ | a b c |
| Car-3-en-5-ona | | | | | | √ | e |
| Carvona | | | √ | | | | b |
| Damascenona | | | | | | √ | a |
| Eucarvona | | | √ | | | | b |
| Geranilacetona | | √ | | | | | g |
| Heptadecanona | √ | | | | | | f |
| Isoforona | | | | | √ | | c |
| Propanona | | | | | √ | | c |
| Propiovainillona | | | | | | √ | e |
| Zingerona | | | | | | √ | e |
| **LACTONAS** | | | | | | | |
| 1-Metil-4-butanolido | | | | | √ | | c |
| 4-Butirolactona | | | | | √ | √ | a c |
| 4-Heptalactona | | | | | √ | | c |
| 4-Hexalactona | | | | | √ | √ | a c |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4-Octalactona | | | | | √ | √ | a c |
| 4-Pentalactona | | | | | | √ | a |
| 5-Decalactona | | | | | | √ | a c |
| δ-Octalactona | | | √ | | | √ | b e |
| γ-Octalactona | | | | | √ | | h |
| γ-Decalactona | | | √ | | √ | √ | a b c |
| γ-Dodecalactona | | √ | | | | | g |
| γ-Nonalactona | | | | | √ | √ | a c e |
| γ-Octalactona | | | √ | | √ | √ | a b c e |
| **FENOLES** | | | | | | | |
| 2-Methylnaphthaleno | | | | | √ | | h |
| 4-Metil guaiacol (creosol) | | | | | | √ | e |
| 4-Vinil fenol | | | | | | √ | a |
| 4-Vinil guaiacol | | | | | | √ | e |
| Carvacrol | | | √ | | | √ | b d |
| Eugenol | | | | | | √ | d e |
| Fenol | | | | | | √ | e |
| Guaiacol | | | | | | √ | e |
| m-Xileno | | | | √ | | | c |
| o-Cresol | | | | | | √ | e |
| p-Cresol | | | | | √ | | h |
| p-Cimeno | | √ | √ | √ | √ | √ | b c e g h |
| p-Xileno | | | | √ | | | c |
| Timol | | | √ | | | | b |
| Tolueno | | | √ | √ | | √ | a b c |
| **TERPENOS** | | | | | | | |
| 1,8-p-Mentadien-7-ol | | | | | | √ | d |
| 1,3,8-p-Menthatriene | | | | | √ | | h |
| 10-d-Metil escualeno | √ | | | | | | f |
| 1-Felandreno | √ | √ | | | | √ | e f g |
| 4-Terpineol | | | √ | | √ | | b c |
| 8-Hidroxi-linalol | | | | | | √ | e |
| Alloaromadredreno | | √ | √ | | | | b g |
| Allocimeno | √ | | | | √ | | c f |

2.- COMPUESTOS RELACIONADOS CON EL AROMA DEL MANGO

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aromadreno | | √ | | | √ | | g h |
| Biciclo-germacreno | | √ | | | | √ | a g |
| γ-Bisaboleno | | √ | | | | | g |
| Bornileno | √ | | | | | | f |
| α-Cadineno | | | | | √ | | h |
| δ-Cadineno | | | √ | | √ | √ | a b h |
| γ-Cadineno | | √ | √ | | | √ | a b g |
| α-Cadinol | | | | | | √ | a |
| δ-Cadinol | | | | | | √ | a |
| Camfeno | | | √ | √ | | | b c |
| Caren-3,4-diol | | | | | | √ | e |
| δ-2-Careno | | √ | | | √ | | g h |
| δ-3-Careno | √ | √ | √ | √ | √ | √ | b c e f g h |
| (E)-Cariofileno | √ | √ | | | | | f g |
| β-Cariofileno | | | √ | √ | √ | √ | a b c e h |
| γ-Cariofileno | | | | | √ | | h |
| Carveol | | | √ | | | √ | a b |
| Cremofileno | | | √ | | | | b |
| α-Copaeno | √ | √ | √ | √ | √ | √ | a b c f g h |
| α-Cubebeno | | | √ | | √ | | b h |
| β-Cubebeno | | √ | | | | | g |
| Cubenol | | | | | | √ | a |
| α-p-dimetilstireno | | | √ | | | | b |
| β-Elemeno | | √ | | | | | g |
| epoxi-Cariofileno | | | | | | √ | a |
| epoxi-Humuleno I | | | | | | √ | a |
| epoxi-Humuleno II | | | | | | √ | a |
| epoxi-Terpinoleno | | √ | | | | | g |
| Eremofileno | | | | | √ | | h |
| α-Farneseno | | √ | | | | | g |
| α-Felandreno | | | | √ | √ | | c h |
| β-Felandreno | | √ | √ | √ | √ | √ | b c e g h |
| α-Fencheno | | | | √ | | | c |
| Geraniol | | | √ | | √ | √ | b e h |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D-Germacreno | | √ | | | √ | √ | a g h |
| α-Gurjeneno | √ | √ | | | √ | √ | a c e f g h |
| β-Gurjeneno | | | | | √ | | h |
| γ-Gurjeneno | | √ | | | √ | | g h |
| α-Himetareno | | | √ | | | | b |
| α-Humuleno | √ | √ | √ | √ | √ | √ | a b c e f g |
| β-Ionona | | √ | | | √ | √ | a c g |
| Ledeno | | √ | | | | | g |
| Limoneno | √ | √ | √ | √ | √ | √ | a b c e f g h |
| Linalol | | √ | √ | | √ | √ | a b c g |
| (E)-Linanol furanoxido | | | | | | √ | d |
| (Z)-Linanol furanoxido | | | | | | √ | d |
| Linanol piranoxido | | | | | | √ | d |
| β-Maalieno | | √ | √ | | | | b g |
| cis-6-p-Menten-2,8-diol | | | | | | √ | e |
| Mentadien-7,8-diol | | | | | | √ | d e |
| Mentadien-7-ol | | | | | | √ | e |
| Mentadien-8-ol | | | | | | √ | e |
| Mentadien-9-ol | | | | | | √ | e |
| p-Menta-1,5,8-trieno | | √ | | | | | g |
| β-Mirceno | √ | √ | | √ | √ | √ | c e f g h |
| Mirceno | √ | | √ | | | √ | a b f |
| Mirteol | √ | | | | | | f |
| α-Muuroleno | √ | | √ | | | | b f |
| γ -Muuroleno | | | | | √ | | h |
| Nerol | | | √ | | √ | | b c |
| (E)-Ocimeno | | | | | √ | √ | a c |
| (Z)-Ocimeno | | | | √ | √ | √ | a c h |
| β-Ocimeno | √ | √ | √ | | | √ | b e f g |
| (E)-óxido de linalol | | | √ | | √ | | b c |
| (Z)-óxido de linalol | | | √ | | √ | | b c |
| α-Pineno | √ | √ | √ | √ | √ | √ | a b c e f g h |
| β-Pineno | √ | √ | √ | √ | √ | √ | a b c e f g |
| Sabineno | √ | | √ | √ | √ | √ | b c e f h |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| α-Selineno | | | | | √ | √ | a c h |
| β-Selineno | √ | √ | | √ | | √ | c e f g |
| γ-Selineno | | √ | | | | | g |
| Selin-11-en-4-ol | | | | | | √ | a |
| (+)-Spatulenol | | √ | | | | | g |
| Terpenol | | | | | | √ | e |
| α-Terpineno | | √ | | | √ | √ | e g h |
| γ-Terpineno | √ | √ | √ | √ | √ | | b c f g h |
| α-Terpineol | | √ | √ | | √ | √ | a b c d g |
| β-Terpineol | | | | | | √ | a |
| α-Terpinoleno | √ | √ | √ | √ | √ | √ | a b c e f g h |
| α-Tujeno | | | | | | √ | e |
| Valenceno | | | | | √ | | h |
| α-Ylangleno | √ | | | | | | f |
| **DIVERSOS** | | | | | | | |
| (metiltio)fenil aldehído | | | | | | √ | a |
| 3-oxo-7,8-dehidro-a-ionol | | | | | | √ | e |
| 3-oxo-a-ionol | | | | | | √ | e |
| 3-oxoretro-7,8-dehidro-a-ionol | | | | | | √ | e |
| 3-oxoretro-a-ionol | | | | | | √ | e |
| 4-hidroxiacetofenona | | | | | | √ | e |
| 7,8-dihidrovomifoliol | | | | | | √ | e |
| 9-hidroximegastigma-4,6-dien-3-ona | | | | | | √ | d |
| 9-hidroximegastigma-4,7-dien-3-ona | | | | | | √ | d |
| 9-hidroximegastigma-4-en-3-ona | | | | | | √ | d |
| Benzotiazol | | √ | | | | √ | a g |
| BHT | √ | | | | √ | | f h |
| dimetil formamida | | | | | √ | | c |
| Globulol | | | | | | √ | a |
| Guaiacilpropanol | | | | | | √ | e |
| N-Metil pirrolidona | | | | | √ | | c |
| Piridina | | | √ | | √ | | b c |
| Tiofeno | √ | | | | | | f |
| Vainillina | | | | | | √ | e |

2.- COMPUESTOS RELACIONADOS CON EL AROMA DEL MANGO

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Viridiflorol | | | | | | √ | a |
| Vomifoliol | | | | | | √ | d e |

[#] **Mexicanos**: Haden, Keitt, Kent, Manila Rosa, Manila Oro, y Ataulfo; **Australiano**: Kensigton Pride; **Cubanos**: Corazón, Biscochuelo y Super Hayden; **USA**: Tommy Atkins y Keitt; **Asiáticos**: Alphonso; Aficanos: Alphonso y Baladi.

[*] Referencia: a) Engel y Tressl (1983); b) Pino et al. (1989); c) Shibamoto y Tang (1990); d) Sakho et al. (1997); e) Ollé et al. (1998); f) Flores Barba (2001); g) Lalel et al. (2003a); h) Liu et al. (2013)

En segundo lugar de abundancia lo ocupan diferentes familias según la procedencia de los mangos, siendo los ésteres quien ocupa este lugar para los mexicanos (23%), australiano (21%), africanos (20%) y asiáticos (13%); mientras que los alcoholes lo son para los cubanos (20%), y finalmente los hidrocarburos para los mangos estadounidenses (18%).

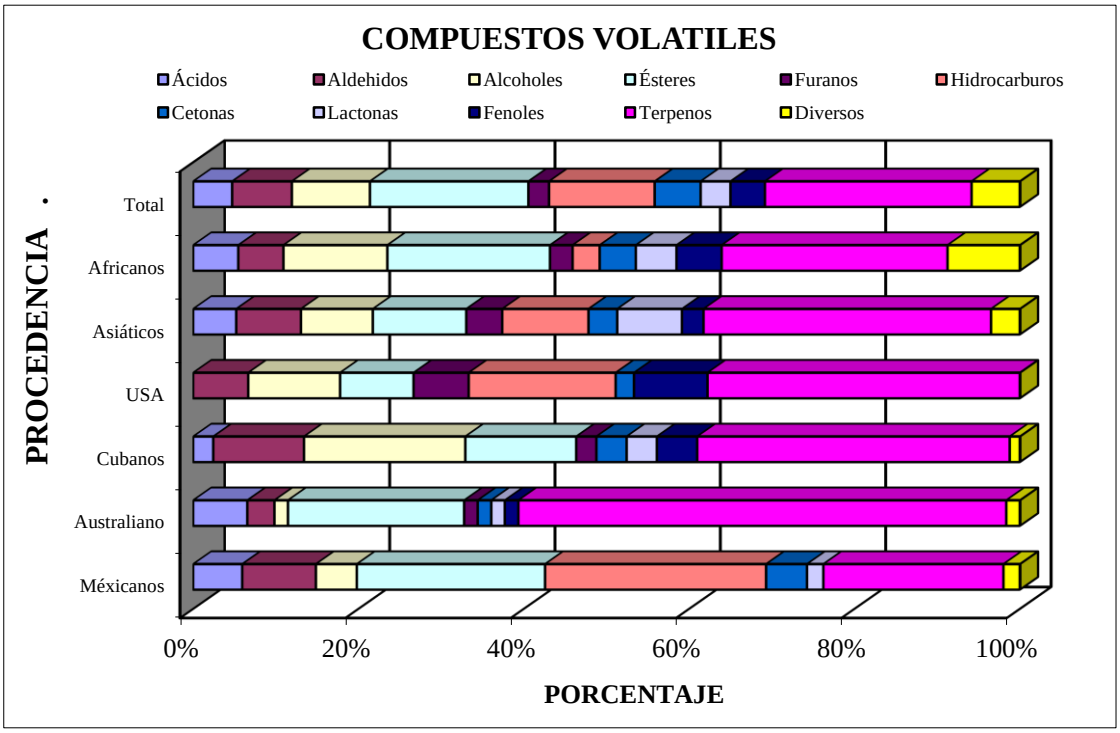



**Figura 2. Distribución porcentual de las diferentes familias químicas de compuestos volátiles identificados en mango respecto al número de compuestos diferentes y la procedencia del fruto.**

Respecto al estudio de los compuestos volátiles en mangos mexicanos, se puede mencionar el trabajo desarrollado por Flores Barba (2001), donde se evaluó la composición volátil de 6 variedades de mangos maduros muy conocidos y consumidos en el territorio nacional, 3 de éstas pertenecientes al grupo Mulgova (Ataulfo, Manila rosa y Manila oro) y 3 al grupo Indostano (Keitt, Haden y Kent).

En dicho trabajo se reporta la identificación de un total de 97 compuestos volátiles diferentes (tabla 3), siendo en global los hidrocarburos la familia más abundante (26%), seguidos de los ésteres (23%) y los terpenos (21%). Sin embargo, y al igual que con los mangos de diferentes procedencias, esta relación global no representó la proporción que guardan las familias de compuestos al interior de cada variedad.

Así, se observa que para los mangos Mulgova la familia más abundante es la de los ésteres, seguido de los terpenos; mientras que para los Indostanos es invertido, siendo la más abundante los terpenos seguidos de los ésteres. Cabe mencionar que la variedad Keitt (Indostano) presentó una distribución similar a las variedades Mulgova (Flores Barba, 2001).

**Tabla 3. Compuestos volátiles identificados en diferentes variedades de mangos mexicanos, agrupados por familia química (Flores Barba, 2001).**

| GRUPO | Mulgova | | | Indostano | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| VARIEDAD / COMPUESTO | Ataulfo | Manila rosa | Manila oro | Keitt | Haden | Kent |
| **ÁCIDOS** | | | | | | |
| Ác. 3-noninoico | | | | | √ | |
| Ác. Bencenpropanoico | | | | | √ | |
| Ác. Hexadecanoico | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| Ác. Octadecanoico | √ | √ | √ | √ | √ | √ |

| GRUPO | Mulgova | | | Indostano | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| VARIEDAD / COMPUESTO | Ataulfo | Manila rosa | Manila oro | Keitt | Haden | Kent |
| **HIDROCARBUROS** | | | | | | |
| (E) 9-octadeceno | √ | √ | | √ | | √ |
| 1-deceno | | | | | | √ |
| 1-etil-3-metil-ciclopentano | | √ | | | | √ |
| 1-hexadeceno | | | | | √ | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ác. Oleico | | | | | √ | |
| Ác. Tetradecanoico | √ | | | | √ | |
| **ALDEHÍDOS** | | | | | | |
| 2-butenal | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 2-decenal | | | | | √ | |
| 2-etil-2-pentenal | | | √ | | | |
| 4-nonanal | | | | | √ | |
| 9-octadecenal | √ | | √ | | | |
| Benzaldehído | √ | | √ | √ | | |
| (Z)-Citral | | √ | √ | √ | √ | |
| Decanal | | | | | √ | |
| Octadecanal | | | | | √ | |
| **ALCOHOLES** | | | | | | |
| 1-Heptanol | √ | √ | √ | √ | | √ |
| 1-Hexadecanol | | | | | | √ |
| 1-Octadecanol | | | √ | √ | | √ |
| 2-propen-1-ol | | √ | | | √ | √ |
| 4-(1-metiletil)-bencene metanol | | √ | √ | | √ | |
| **ÉSTERES** | | | | | | |
| 2-hidroxi-1-(hidoximetil) hexadecanoato de etilo | | | √ | √ | | |
| 3-oxo-octadecanoato de metilo | | | | | √ | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,1-dimetil ciclohexano | | | √ | | | |
| 2-hexeno | | | √ | √ | | |
| 2-metil decano | √ | | | | | |
| 2,3-dimetil-1-buteno | | | | √ | | |
| 2,3,3-trimetil-1-penteno | | √ | | | | |
| 2,3,4-trimetil pentano | | √ | √ | √ | | |
| 2,3,6-trimetil octano | | √ | | | | |
| 2,3,6,7-tetrametil octano | | | | | √ | |
| 2,4-dimetil docosano | | | √ | | | √ |
| 3-etil tetracosano | | | √ | | | |
| 3-metil heneicosano | | | | √ | | |
| 3,7-dimetil-1-octeno | | | | | √ | |
| 4-metil-2-penteno | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 5-etil-2-metil-heptano | | | | | | √ |
| 5-metil-eneicosano | | | | | √ | |
| 6,6-dimetil-2-(4-metil-3-pentil) - biciclo (3.1.1) hept-2-eno | | | | | √ | |
| n-hexadecano | | | | | √ | |
| n-octadecano | | √ | √ | √ | √ | √ |
| n-pentacosano | | √ | √ | √ | | √ |
| n-tetradecano | | | | | √ | |
| n-tricosano | √ | | √ | √ | | √ |
| **TERPENOS** | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 9-hexadecenoato de etilo | √ | | √ | | | |
| 9-octadecenoato de etilo | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 9-oxo-nonanoato de etilo | | | | √ | | |
| Buitanoato de isoamilo | | | | | √ | |
| Dodecanoato de etilo | √ | | √ | √ | √ | |
| Ftalato de butil isobutilo | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| Ftalato de dioctilo | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| Ftalato de propilo | | √ | √ | | | |
| Hexadecanoato de dioctilo | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| Hexadecanoato de etilo | √ | | | √ | | |
| Hexadecanoato de metilo | | √ | √ | √ | √ | |
| Isovalerato de isobutilo | √ | | √ | √ | √ | √ |
| Miristato de octilo | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| Octadecanoato de 2-propenilo | √ | | √ | | | |
| Octadecanoato de butilo | | | | √ | | |
| Octadecanoato de etilo | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| Octadecanoato de metilo | √ | | | √ | | |
| Octadecanoato de propilo | | | | √ | | |
| Tetradecanoato de etilo | √ | √ | √ | √ | | |
| Tetradecanoato de | √ | √ | √ | | √ | √ |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Allocimeno | | | √ | √ | √ | √ |
| Bornileno | | | | | √ | |
| δ-3-careno | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| (E) cariofileno | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| α-copaeno | | | | | √ | |
| 1-felandreno | | | | | √ | |
| α-gurjeneno | √ | | | | √ | |
| α-humuleno | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| Limoneno | | √ | | | √ | √ |
| Mirceno | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| Mirteol | | √ | √ | √ | √ | |
| α-muuroleno | √ | √ | √ | √ | | |
| β-ocimeno | | | | | √ | |
| α-pineno | | | | | √ | |
| β-pineno | √ | | √ | √ | √ | √ |
| Sabineno | | √ | | | √ | √ |
| β-selineno | √ | √ | √ | √ | √ | |
| γ-terpineno | | | | | √ | |
| α-terpinoleno | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| α-ylangleno | | | √ | √ | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| metilo | | | | | | | | | | | | | |
| **CETONAS** | | | | | | | **DIVERSOS** | | | | | | |
| 1-(3-metil fenil)-etanona | | | | | √ | | 1-etil-2,3-dimetil benceno | | | √ | | | |
| 2,5-cilohexadien-1-ona | | | | | √ | | 10-d-metil escualeno | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 4-undecen-6-ona o 5-undeceno | | | | | | √ | 2-metil-2-propenil benceno | | | | | √ | |
| 4,6,6-trimetil-biciclo (3.1.1) hept-3-en-2-ona | | | | | √ | | BHT | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| Heptadecanona | √ | | | | √ | | Tiofeno | | | | √ | | |

Es importante notar que del total de compuestos volátiles reportados en la tabla 3, sólo 20 son comunes a todas las variedades de mango estudiadas, 7 compuestos se reportan para al menos 5 de las variedades y 41 de los compuestos reportados se presentaron tan sólo en una de ellas (Flores Barba, 2001).

De las variedades estudiadas por Flores Barba (2001), la que presentó mayor cantidad de compuestos volátiles identificados fue la Haden (60 compuestos), seguida de la Manila oro y de la Keitt (49 y 46 compuestos respectivamente) como se puede observar en la figura 3.

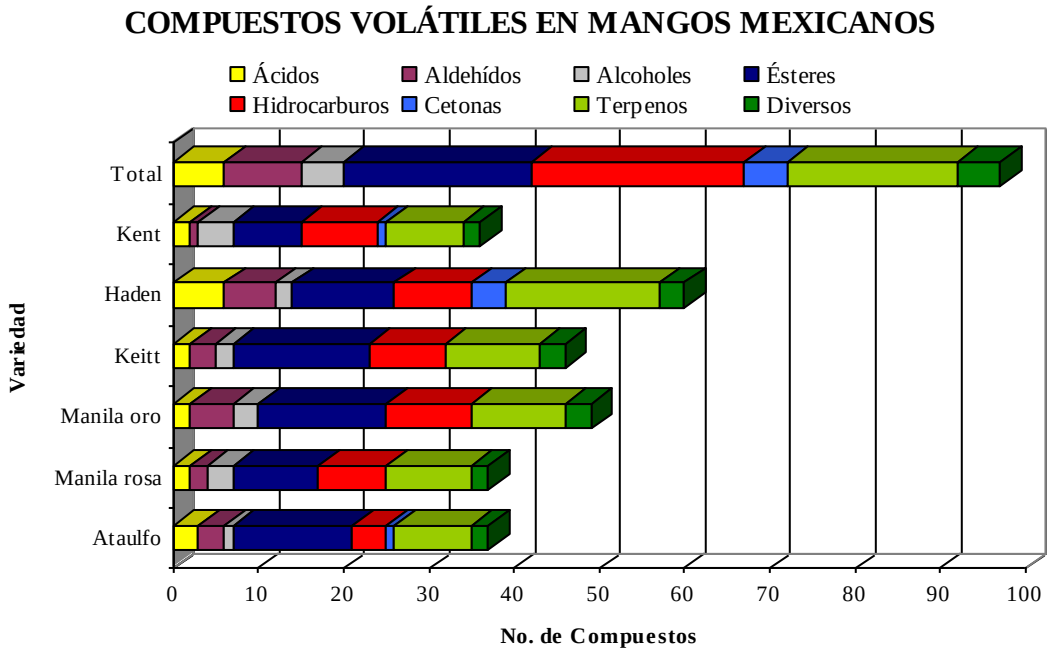



**Figura 3. Distribución de los compuestos volátiles identificados en diferentes variedades de mangos mexicanos, agrupados por familias químicas, según el trabajo de Flores Barba (2001).**

***Composición volátil cuantitativa***

Como ya se ha mencionado anteriormente, los mangos presentan una gama de compuestos volátiles diferentes, sin embargo, no todos se encuentran en la misma concentración, algunos de ellos son muy abundantes y otros solo se encuentran en una mínima proporción, incluso en trazas. Además, aun cuando una familia química pueda ser mayoritaria en función de la cantidad de compuestos diferentes, ésta puede presentar una concentración baja. La proporción que guardan estos compuestos entre sí da origen a diferentes perfiles de concentración o de composición que dan a cada variedad las características de olor propias. Estos cambios en los perfiles de concentración están muy relacionados con las diferentes variedades de mango. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el perfil de concentración que se obtiene para los diferentes compuestos volátiles puede estar influenciada por la metodología analítica utilizada en su determinación, sobre todo en la etapa de recuperación (extracción) de éstos, no obstante, independientemente de la

técnica utilizada, en la bibliografía se reporta que la familia de los terpenos es la más abundante en las diferentes variedades.

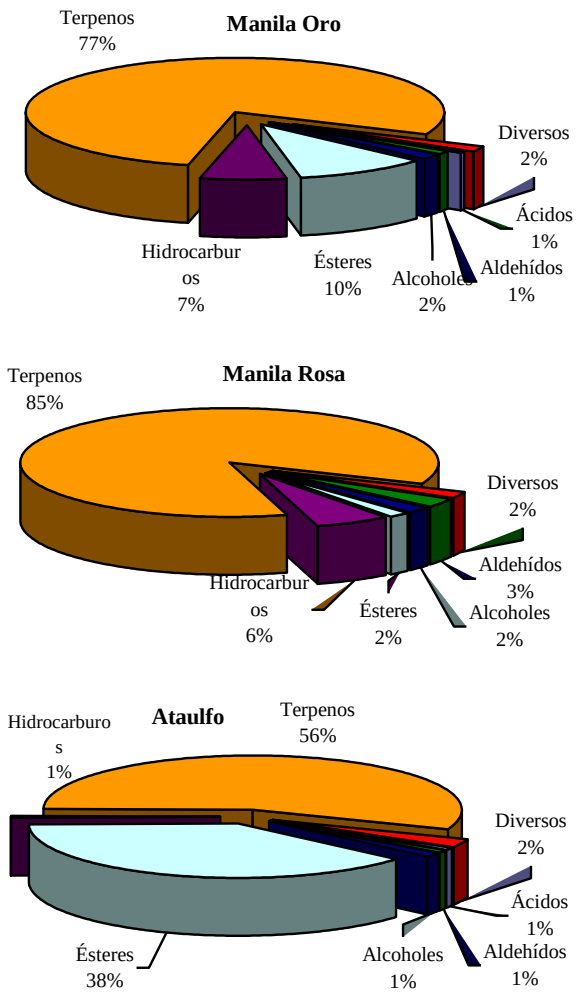
Entre los métodos extractivos que se han utilizado para la determinación de volátiles en mango se encuentran la Extracción-Destilación Simultánea (SDE) (Engel & Tressl, 1983; Flores Barba, 2001; Pino et al., 1989), el Espacio de Cabeza (Headspace) (Malundo, Baldwin, Moshonas, Baker, & Shewfelt, 1997), la extracción con solvente (Ollé et al., 1998), purga y trampa (Torres et al., 2012), y la Microextracción en Fase Sólida (SPME) (Ibáñez, López-Sebastián, Ramos, Tabera, & Reglero, 1998; Lalel et al., 2003a; Liu et al., 2013). Según el método, los solventes que se han utilizado son el pentano, el diclorometano o mezclas de ellos. En el caso de SPME, se han utilizado fibras recubiertas de dimetilpolixiloxano (PDMS) y polidimethilsiloxano/divinilbenceno/carboxen (PDMS/DVB/CAR).

El compuesto que con mayor frecuencia se menciona como uno de los tres más abundantes es δ-3-careno. Se le reporta como el más abundante para las variedades: Corazón, Bizcochelo, S. Hayden, Tommy Atkins, Kent, Keitt, M. Bingué, Tête de chat, Palmer e Irwin (Liu et al., 2013; Malundo et al., 1997; Ollé et al., 1998; Pino et al., 1989; Torres et al., 2012); como el segundo en abundancia en Tainong No.1, JinHwang y Keitt (Liu et al., 2013); y como el tercero en abundancia para Kensignton Pride (Lalel et al., 2003a).

De igual forma se reportan como abundantes el β-cariofileno para las variedades corazón, Bizcochuelo, S. Hayden y Amelie (Ollé et al., 1998; Pino et al., 1989); el β-selineno en M. Bingué y Tête de chat (Ollé et al., 1998); el α-terpinoleno en las variedades Palmer, Kensington pride, Tainong No.1, JinHwang y Keitt (Lalel et al., 2003a; Liu et al., 2013; Ollé et al., 1998); el z-ocimeno para Alphonso y Amelie (Engel & Tressl, 1983; Ollé et al., 1998); el Mirceno para Baladi y Alphonso (Engel & Tressl, 1983); el limoneno en la variedades Baladi y Corazón (Engel & Tressl, 1983; Pino et al., 1989); y el trans-cariofileno en la variedad Kensington pride (Lalel et al., 2003a).

## 2.- COMPUESTOS RELACIONADOS CON EL AROMA DEL MANGO

Respecto a la concentración de los diferentes compuestos en los mangos mexicanos, en el trabajo de Flores Barba (2001) se presentan los resultados de la cuantificación relativa de 71 compuestos volátiles y al igual que con las variedades de mango de diferentes partes del mundo, la familia que presentó una mayor concentración fue la de terpenos, pero la proporción cambió en función de la variedad. En la figura 4 se pueden observar las diferencias en la proporción relativa de las diferentes familias químicas respecto a la variedad de mango estudiada. Es importante notar que pese a que las familias de los terpenos no fue la más abundante respecto a la cantidad de compuestos diferentes (21%), éstos presentaron una concentración relativa mínima del 56% y hasta el 92% (variedades Ataulfo y Haden respectivamente).



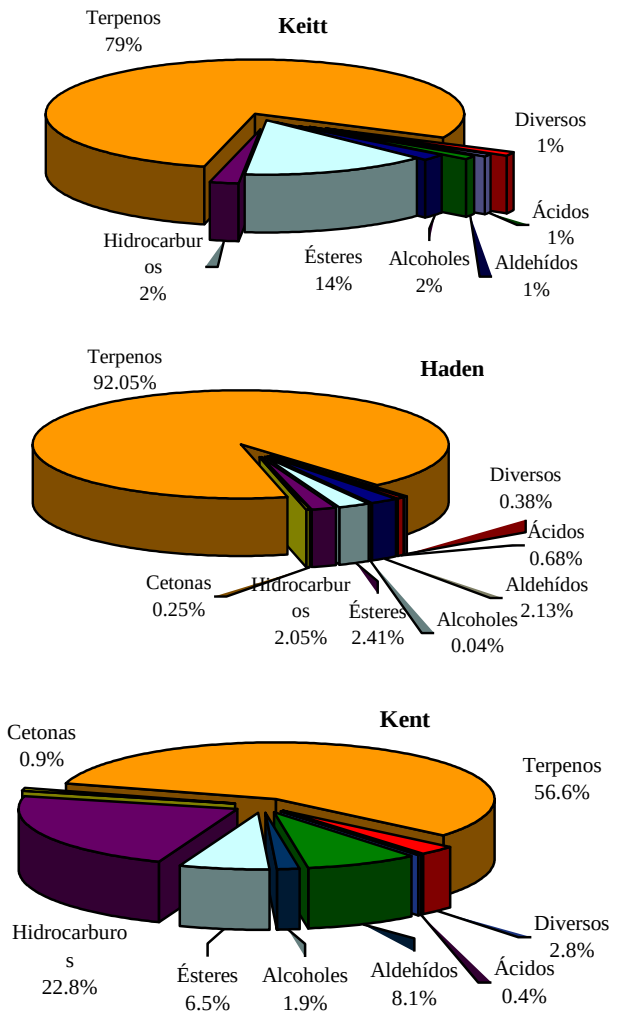



**Figura 4. Distribución de las familias químicas cuantificadas en diferentes variedades de mangos mexicanos. Cuantificación relativa en función del % de área en el cromatograma (Flores Barba, 2001).**

Respecto a las concentraciones individuales Flores Barba (2001) reporta al δ-3-careno como el compuesto más abundante para las variedades Keitt, Haden, Ataulfo y Kent (18,76%, 42,57%, 14,86% y 7,38% de área respectivamente) y al γ-terpinoleno para las variedades Manila oro y Manila rosa (17,44% y 20,47% de área respectivamente).

Flores Barba (2001) reporta que segundo compuesto más abundante fue el z-cariofileno en las variedades Manila oro y Keitt (3,58% y 7,38% de área respectivamente), el γ-terpinoleno en Haden (1,98% de área), el ftalato de

dioctilo para Ataulfo (10,24% de área), al δ-3-careno para Manila rosa (9,95% de área) y el 4-metil-2-pentano en la variedad Kent (2,71% de área).

Adicionalmente, Flores Barba (2001) reporta que 25 de los compuestos cuantificados en todas las variedades estudiadas presentaron diferencias de concentración estadísticamente significativas ($p<0,05$), siendo 9 terpenos, 6 ésteres, 4 hidrocarburos, 3 aldehídos, 2 alcoholes y 1 ácido. Cabe destacar que pese a ser el compuesto más abundante reportado por Flores Barba (2001), el δ-3-careno presentó diferencias muy significativas ($p<0,01$) entre variedades. Por otro lado, Flores Barba (2001) reporta que el hexadecanoato de dioctilo, pentacosano, ftalato de dioctilo, cariofileno, BHT, ácido octadecanoico, 9-octadecenoato de etilo y el octadecanoato de etilo cuantificados en todas las variedades estudiadas, no presentaron diferencias significativas entre éstas.

## 2.3.- CONCLUSIÓN

El aroma de este fruto no solo presenta un composición compleja desde el punto de vista químico, con una amplia gama de grupos funcionales, sino que también presenta perfiles de composición tan diferentes como variedades, orígenes y estados de madurez, por lo que lo correcto sería hablar más que del mango, de los mangos.

La preservación de este rico perfil aromático es un factor clave en el procesamiento del fruto para generar productos alimenticios de mayor valor agregado que permitan el aprovechamiento integral éste y que contribuyan a reducir los desperdicios post-cosecha.

## 2.4.- BIBLIOGRAFÍA

Badui Dergal, S. (1997). *Química de los alimentos. , , págs. 409-449* (3 Ed.): Ed. Universidad, Alambra Mexicana.

Bandyopadhyay, C., Gholap, A., & Sreenivasan, A. (1973). Studies on aroma of ripe mango pulp: isolation & concentration of the aroma (variety Alphonso). *Indian journal of technology, 11*, 275-277.

Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry* (4 ed.): Springer Berlin Heidelberg.

Blakesley, C. N., Loots, J. G., Du Plessis, L., & De Bruyn, G. (1979). γ Irradiation of subtropical fruits. 2. Volatile components, lipids and amino acids of mango, papaya, and strawberry pulp. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 27*(1), 42-48. doi: doi:10.1021/jf60221a038

Engel, K. H., & Tressl, R. (1983). Studies on the volatile components of two mango varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 31*(4), 796-801. doi: doi:10.1021/jf00118a029

Flores Barba, S. C. (2001). *Evaluación de un método extractivo para determinación de compuestos volátiles en cinco variedades de mango (Mangifera indica L.) Producido en México.* (Licence Licence), Universidad de Guadalajara, Guadalajara.

Gholap, A. S., Bandyopadhyay, C., & Nair, P. M. (1990). Lipid Composition and Flavor Changes in Irradiated Mango (var. Alphonso). *Journal of Food Science, 55*(6), 1579-1580. doi: 10.1111/j.1365-2621.1990.tb03573.x

Hunter, G. L. K., Bucek, W. A., & Radford, T. (1974). Volatile components of canned alphonso mango. *Journal of Food Science, 39*(5), 900-903. doi: 10.1111/j.1365-2621.1974.tb07271.x

Ibáñez, E., López-Sebastián, S., Ramos, E., Tabera, J., & Reglero, G. (1998). Analysis of volatile fruit components by headspace solid-phase microextraction. *Food Chemistry, 63*(2), 281-286. doi: http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00001-6

Kulkarni, R., Pandit, S., Chidley, H., Nagel, R., Schmidt, A., Gershenzon, J., Pujari, K., Giri, A., & Gupta, V. (2013). Characterization of three novel isoprenyl diphosphate synthases from the terpenoid rich mango fruit. *Plant Physiology and Biochemistry, 71*, 121-131. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.07.006

Lalel, H. J. D., Singh, Z., & Tan, S. C. (2003a). Aroma volatiles production during fruit ripening of 'Kensington Pride' mango. *Postharvest Biology and Technology, 27*(3), 323-336. doi: 10.1016/S0925-5214(02)00117-5

Lalel, H. J. D., Singh, Z., & Tan, S. C. (2003b). Glycosidically-bound aroma volatile compounds in the skin and pulp of 'Kensington Pride' mango fruit at different stages of maturity. *Postharvest Biology and Technology, 29*(2), 205-218. doi: 10.1016/S0925-5214(02)00250-8

Larsen, M., & Poll, L. (1995). Changes in the composition of aromatic compounds and other quality parameters of strawberries during freezing and thawing. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, 201*(3), 275-277. doi: 10.1007/bf01193003

Liu, F.-X., Fu, S.-F., Bi, X.-F., Chen, F., Liao, X.-J., Hu, X.-S., & Wu, J.-H. (2013). Physico-chemical and antioxidant properties of four mango (Mangifera indica L.) cultivars in China. *Food Chemistry, 138*(1), 396-405. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.111

Malundo, T. M. M., Baldwin, E. A., Moshonas, M. G., Baker, R. A., & Shewfelt, R. L. (1997). Method for the Rapid Headspace Analysis of Mango (Mangifera indica L.) Homogenate Volatile Constituents and Factors Affecting Quantitative Results. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45*(6), 2187-2194. doi: doi:10.1021/jf960569c

Multon, J. L., & Richard, H. (1992). *Les Arômes Alimentaires.* : Tec & Doc Lavoisier Ed. APRIA.

Ollé, D., Baumes, R. L., Bayonove, C. L., Lozano, Y. F., Sznaper, C., & Brillouet, J.-M. (1998). Comparison of Free and Glycosidically Linked Volatile Components from Polyembryonic and Monoembryonic Mango (Mangifera indica L.) Cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46*(3), 1094-1100. doi: doi:10.1021/jf9705781

Ollé, D., Lozano, Y. F., & Brillouet, J.-M. (1996). Isolation and Characterization of Soluble Polysaccharides and Insoluble Cell Wall

Material of the Pulp from Four Mango (Mangifera indica L.) Cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44*(9), 2658-2662. doi: doi:10.1021/jf9507506

Paillard, N. M. (1990). flavour of apples, pears and quinces. In I. D. Morton & A. J. Macleod (Eds.), *Developments in food science* (pp. 1-34). Amsterdam-Oxford-New York-Tokio: Elsevier.

Pandit, S. S., Kulkarni, R. S., Giri, A. P., Köllner, T. G., Degenhardt, J., Gershenzon, J., & Gupta, V. S. (2010). Expression profiling of various genes during the fruit development and ripening of mango. *Plant Physiology and Biochemistry, 48*(6), 426-433. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.02.012

Pérez, A., Sanz, C., Rios, J., & Olias, J. (1993). Estudio comparativo de los perfiles aromáticos de manzana, plátano y fresa. *Revista española de ciencia y tecnología de alimentos, 33*(6), 665-677.

Pino, J., Rosado, A., & Sanchez, R. (1989). Volatile components of 3 cultivars of mango from Cuba. *NAHRUNG-FOOD, 33*(8), 709-715.

Pino, J. A., & Queris, O. (2011). Analysis of volatile compounds of mango wine. *Food Chemistry, 125*(4), 1141-1146. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.056

Ponce Alquicira, E. (2006). Arroma y Sabor. In S. Badui Dergal (Ed.), *Química de Alimentos* (pp. 445-506). México: Pearson Educación.

Ramteke, R. S., Eipeson, W. E., & Patwardhan, M. V. (1990). Behaviour of aroma volatiles during the evaporative concentration of some tropical fruit juices and pulps. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 50*(3), 399-405. doi: 10.1002/jsfa.2740500312

Sakho, M., Chassagne, D., & Crouzet, J. (1997). African Mango Glycosidically Bound Volatile Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45*(3), 883-888. doi: doi:10.1021/jf960277b

Shibamoto, T., & Tang, C. (1990). 'Minor'tropical fruits--mango, papaya, passion fruit, and guava. In I. D. Morton & A. J. Macleod (Eds.),

*Developments in food science* (pp. 221-233). Amsterdam-Oxford-New York-Tokio: Elsevier.

Torres, J. D., Chiralt, A., & Escriche, I. (2012). Development of volatile fraction of fresh cut osmotically treated mango during cold storage. *Food Chemistry*, *130*(4), 921-927. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.012

Tressl, R., Drawert, F., & Heimann, W. (1969). Gas chromatographic and mass spectrometric inventory of aromatic constituents of strawberries. *Z. Naturforsch.*, *B24*(9), 1201.

## 3.- ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE MANGO.

Ma del Carmen Padilla Sahagún[1], Ma de Jesús Karina Campos Serrano[3], Ignacio Larios Medrano[1,2], Socorro J. Villanueva Rodríguez[3*].

[1] Consultor Independiente en Tecnología de Alimntos
[2] Profesor de Química de Alimentos en el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad de Guadalajara
[3] Investigador del Área de Tecnología Alimentaría, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C., (CIATEJ), Unidad Central en Guadalajara, Jalisco, México.

* svillanueva@ciatej.mx

### 3.1-MANGO EN ALMÍBAR.

La norma NMX-F-104-1981-"Alimentos para humanos-Frutas y derivados-Rebanadas de mango en almíbar" define éste producto de la siguiente manera: "Se entiende por rebanada de mango en almíbar, al producto alimenticio preparado con pulpa de mangos (*Anacardeaceas*, en sus variedades propias para el proceso) maduros, sanos, frescos, limpios, pelados, rebanados, empleando jarabe como medio líquido, adicionados o no de ingredientes opcionales (tales como ácido cítrico como acidulante, conservadores como benzoato de sodio o potasio) y aditivos permitidos, envasados en recipientes sanitarios herméticamente cerrados y procesados térmicamente para asegurar su conservación".

Este producto se elaboró con cuatro de las variedades de mango seleccionadas: Ataulfo, Manila oro, Keitt y Kent.

### 3.1.1 Formulación del mango en almíbar.

La norma menciona que los ingredientes básicos para éste producto son mangos limpios sanos y con el grado de madurez adecuada y jarabe preparado con agua y edulcorantes nutritivos, tales como sacarosa, azúcar invertido, dextrosa, jarabe de glucosa seco y jarabe de glucosa. Entre los ingredientes opcionales menciona que puede agregarse ácido cítrico como acidulante cuando se requiera para alcanzar el pH necesario y que puede agregársele hasta un 0.1 % en masa de benzoato de sodio o sorbato de potasio hasta 0.5 % expresado como ácido sórbico en el producto final.

En la tabla 1 se muestra una formulación base con que fueron preparados mangos en almíbar.

**Tabla 1** – Formulación del mango en almíbar.

| **Ingrediente** | | **Cantidad** |
|---|---|---|
| Pulpa de mango en rebanadas | | 1 Kg |
| Jarabe | Agua | 0.90 Kg |
| | Azúcar | 0.18 Kg |
| | Benzoato de sodio | 0.9 g |
| | Ácido ascórbico | 0.9 g |
| | Ácido cítrico | 0.8 g |

### 3.1.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención de mango en almíbar.

1. Selección de la fruta.- Se eligieron frutas sanas, frescas, de consistencia firme, en estado de madurez fisiológica , libres de golpes, manchas o magulladuras.

2. Lavado.- Se llevó a cabo mediante inmersión en agua para eliminar la tierra y goma que generalmente tienen los frutos en su superficie.

3. Corte y mondado.- Esta operación se llevó a cabo manualmente con cuchillo para quitarle la piel a los frutos; el despulpado se realizó también manualmente para separar la pulpa de la semilla. Se hizo un corte de la base del mango (donde está el pedúnculo) hacia la punta para que el corte siguiera el sentido de la fibra y no se desgarrara la pulpa.

4. Troceado.- Cada mitad ("cachete") fue cortada transversalmente en tiras de aproximadamente 1 cm de espesor.

5. Inmersión en solución de cloruro de calcio.- Las tiras de fruta se sumergieron en una solución de cloruro de calcio al 0.5 % por espacio de 3 minutos. Transcurrido este tiempo, se escurrió la fruta con la ayuda de un colador. Esta inmersión tiene como finalidad la fruta pierda firmeza.

6. Formulación del jarabe.- Se preparó el jarabe de sacarosa a 20 °Brix disolviendo en el agua los ingredientes indicados en la formulación (tabla 1)

y luego se llevó a calentamiento a 90°C.

7. Envasado.- Primero se colocaron manualmente las tiras en el interior de los frascos de vidrio (previamente lavados) y luego se añadió el jarabe caliente, escurriendo a través de las paredes del frasco evitando la formación de burbujas de aire; se dejó un espacio libre de 0.5 cm en la parte superior del frasco y se cerró con tapa metálica de rosca y arandela de hule.

8. Pasteurización.- Los frascos se llevaron a baño maría (85 °C) durante 15 minutos y luego se colocaron en un baño de agua fría (entre 2 y 3 °C).

### 3.1.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental del mango en almíbar.

En general, los productos cumplen con las especificaciones señaladas en la norma NMX-F-104-1981-"Alimentos para humanos-Frutas y derivados-Rebanadas de mango en almíbar". Habría algún motivo para pensar que no podrían cumplir con las especificaciones?

Las especificaciones sensoriales son las siguientes:

a) Color.- Amarillo característico del fruto sano y maduro.

b) Olor.- Característico de la variedad del fruto empleado, maduro y libre de olores extraños causados por descomposición.

c) Sabor.- Agradable y característico del fruto sano y maduro.

d) Textura.- Las rebanadas de mango deben ser carnosas, con pulpa abundante y consistente.

En lo referente a las especificaciones físicas y químicas, el producto debe cumplir con lo siguiente:

a) Grados Brix.- Debe tener 15 °Brix como mínimo y 25 °Brix como máximo.

b) pH.- Debe estar en 3.5 como mínimo y 4.2 como máximo.

En otras especificaciones menciona las microbiológicas (el producto no debe contener microorganismos patógenos, toxinas microbianas, ni otras substancias tóxicas que puedan afectar la salud del consumidor o deterioren el producto), de materia extraña objetable (el producto debe estar exento de fragmentos, larvas y huevecillos de insectos, pelos, y excretas de roedor y partículas metálicas u otros materiales extraños) y contaminantes químicos (el producto no deberá contener ningún contaminante químico en cantidad que pueda representar un riesgo para la salud; los límites máximos para estos contaminantes quedan sujetos a los que establezca la Secretaría de Salubridad).

## 3.- ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE MANGO

Además de llevar a cabo la medición de pH y grados Brix, también se realizaron determinaciones de color y evaluaciones sensoriales (pruebas hedónicas).

**Tabla 2** – Evaluación fisicoquímica y sensorial del mango en almíbar.

| **Variedad** | **°Bx** | **pH** | **Color** | | | **Evaluación sensorial** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **L*** | **a*** | **b*** | |
| Ataulfo | 17 | 3.53 | 62.35 | 10.29 | 49.73 | 4° |
| Keitt | 15.5 | 3.56 | 58.25 | 5.14 | 42.19 | 3° |
| Kent | 17 | 3.47 | 61.38 | 8.46 | 47.63 | 1° |
| Manila Oro | 17 | 3.42 | 57.99 | 10.12 | 45.47 | 2° |

Los productos obtenidos cumplen con lo establecido en la norma en cuanto al contenido de sólidos solubles y la mayoría en pH (ver tabla 2); con respecto al color, las variedades Kent y Keitt lo conservaron mejor con respecto al del fruto fresco, pues como puede apreciarse en la tabla 3, el parámetro □E*, que representa el grado nivel de degradación del color, tiene los valores más bajos en ésas variedades. Por lo que se refiere a las evaluaciones sensoriales, la textura más firme del mango Kent fue una de las características que hicieron de ésta variedad la de mayor preferencia en del grupo de evaluación consumidores.

## 3.- ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE MANGO

**Tabla 3** – Comparación de las mediciones de color en mango fresco y mango en almíbar.

| Variedad | Color de mango | | | | | | ΔE* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | fresco | | | en almíbar | | | |
| | L* | a* | b* | L* | a* | b* | |
| Ataulfo | 71.91 | 5.89 | 52.21 | 64.5 | 11.32 | 34.6 | 19.8 |
| Keitt | 65.56 | 3.81 | 41.49 | 72 | 10.41 | 40.9 | 9.24 |
| Kent | 67.22 | 5.4 | 47.17 | 71.7 | 12.34 | 43.8 | 8.92 |
| Manila Oro | 58.76 | 4.78 | 42.23 | 60.8 | 10.55 | 30.8 | 12.96 |

El mango Ataulfo obtuvo el último lugar de preferencia, quizás debido a que cambió mucho su color, evaluado tanto sensorial como instrumentalmente (ver tabla 3); además, perdió su olor característico y presentó una textura muy fibrosa.

Este producto, mango en almíbar, está considerado dentro del grupo de alimentos no perecederos; su deterioro se manifiesta por pérdidas de color, sabor y textura. Suelen tener una duración de entre 12 y 36 meses

Por otra parte, se llevaron a cabo las determinaciones analíticas para el etiquetado nutrimental del mango en almíbar elaborado con la variedad Kent (que fue el primer lugar de preferencia en las evaluaciones sensoriales) de acuerdo a lo que establece la norma oficial mexicana NOM-051-SCFI-1994- "Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados".

Tabla 4 – Información para el etiquetado nutrimental del mango en almíbar.

## 3.- ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE MANGO

| Por cada 100 g de muestra | |
|---|---|
| Contenido energético (Kcal) | 52.2 |
| Grasa (g) | 0.2 |
| Proteínas (g) | < 0.10 |
| Carbohidratos (g) | 13 |
| Sodio (ppm) | 29 |

## 3.2 MERMELADA DE MANGO.

En general, se entiende por mermelada el producto alimenticio obtenido por la cocción y concentración del jugo y de pulpa de frutas (en éste caso mango) sanas, limpias y con el grado de madurez adecuado, ya sean frescas o conservadas, libres de partículas de la cáscara, adicionada de edulcorantes nutritivos, agua y con o sin ingredientes opcionales y aditivos permitidos (tales como pectina, acidulantes, conservadores, colorantes y saborizantes) envasada en recipientes herméticamente cerrados y procesados térmicamente para asegurar su conservación

Este producto se elaboró con cuatro de las variedades de mango seleccionadas: Ataulfo, Manila oro, Keitt y Kent.

### 3.2.1 Formulación de la mermelada de mango.

En la siguiente tabla se enlistan los ingredientes y cantidades con las

cuales se elaboraron las mermeladas de mango a base de las variedades ya mencionadas.

| Ingrediente | Cantidad |
|---|---|
| Pulpa de mango en trozos | 1 Kg |
| Azúcar refinado | 1 Kg |
| Gelificante | 10 g |
| Acidificante | 1 g |
| Antioxidante | 1 g |
| Conservador | 0.5 g |

### 3.2.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención de la mermelada de mango.

Las operaciones 1 a 3 se llevan a cabo tal como se describen los primeros tres puntos de la sección 3.1.2.

4. Troceado.- Cada mitad ("cachete") de la fruta se cortó manualmente en trozos.

5. Formulación y calentamiento.-.En un recipiente de acero inoxidable, la pulpa se coció suavemente hasta que comenzó a hervir. Para reblandecerla, se mantuvo el calentamiento a fuego lento, luego se le añadió el azúcar; moviendo la mezcla hasta la completa disolución de ésta última; periódicamente se midieron los grados Brix. Una vez alcanzados los 60 °Brix, se agregaron los demás ingredientes (ver tabla 5) mezclando para incorporarlos, continuando con la concentración hasta que alcanzó los 68

°Brix.

6. Envasado.- La mermelada se envasó en caliente, en frascos de vidrio previamente lavados, con la ayuda de un embudo ancho, dejando un espacio libre de 0.5 cm en la parte superior de cada frasco. Se cerraron los frascos con tapa metálica de rosca y arandela de hule.

7. Pasteurización.- Ésta operación se lleva a cabo como se describe en el punto 8 de la sección 2.1.2.

**3.2.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental de la mermelada de mango.**

No existe aún una norma específica para mermelada de mango; las hay para mermelada de piña, naranja, durazno, fresa, chabacano, pera y ciruela; la mayoría de ellas coinciden en que deben tener por lo menos 64 °Brix y un pH entre 3 y 3.5 ; las especificaciones sensoriales para mango pudieran ser las siguientes:

a) Color.- Amarillo característico de la variedad del fruto empleada en la preparación; deberá ser uniforme en el producto.

b) Olor.- Característico de la variedad del fruto empleado, maduro y libre de olores extraños causados por descomposición.

c) Sabor.- Agradable y característico del fruto sano y maduro.

d) Consistencia.- Deberá presentar una consistencia semisólida (es decir, un

gel firme y viscoso que no sea gomoso ni excesivamente elástico), la cual estará en función de una buena gelificación.

Los resultados obtenidos en la evaluación de las mermeladas de mango se muestran en la tabla 6.

Tabla 6 - Evaluación fisicoquímica y sensorial de la mermelada de mango.

| **Variedad** | **°Bx** | **pH** | **Color** | | | **Evaluación sensorial** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **L*** | **a*** | **b*** | |
| Ataulfo | 68° | 3.36 | 43.9 | 8.27 | 28.4 | 2° |
| Keitt | 67° | 3.48 | 37.64 | 3.63 | 17.41 | 4° |
| Kent | 67° | 3.36 | 37.22 | 5.44 | 18.13 | 3° |
| Manila Oro | 66° | 3.49 | 37.57 | 4.98 | 18.55 | 1° |

En general, las mermeladas elaboradas con las variedades evaluadas, presentaron buenas características sensoriales, sin embargo, las variedades Manila oro y Ataulfo resultaron preferidas por el panel que evaluaron éstos productos, sobre todo por su sabor, su color y su buena consistencia.

La variedad Keitt fue la de menor preferencia, quizás debido a que presentó un color menos agradable a la vista, “descolorido”, lo cual se denota en los bajos valores de a* y b* (tabla 6) que representan la cromaticidad del producto. No obstante, la que más degradación de color tuvo con respecto a la fruta fresca, fue la variedad Kent (tabla 7).

## 3.- ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE MANGO

Tabla 7 – Comparación de las mediciones de color en mango fresco y mermelada de mango.

| Variedad | Color de mango | | | | | | ΔE* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | fresco | | | mermelada | | | |
| | L* | a* | b* | L* | a* | b* | |
| Ataulfo | 71.91 | 5.89 | 52.21 | 43.9 | 8.27 | 28.4 | 36.83 |
| Keitt | 65.56 | 3.81 | 41.49 | 37.64 | 3.63 | 17.41 | 36.87 |
| Kent | 67.22 | 5.4 | 47.17 | 37.22 | 5.44 | 18.13 | 41.75 |
| Manila Oro | 58.76 | 4.78 | 42.23 | 37.57 | 4.98 | 18.55 | 31.77 |

Al igual que en el caso del mango en almíbar, éste producto está considerado dentro del grupo de los no perecederos, con una duración estimada de 12 a 36 meses

Por último, se llevaron a cabo determinaciones analíticas para obtener la información del etiquetado nutrimental de la mermelada de mango elaborada con la variedad Manila oro; los resultados se presentan en la tabla 8.

Tabla 8 - Información para el etiquetado nutrimental de mermelada de mango.

| Por cada 100 g de muestra | |
|---|---|
| Contenido energético (Kcal) | 334 |
| Grasa (g) | 0.1 |
| Proteínas (g) | < 0.10 |
| Carbohidratos (g) | 83 |
| Sodio (ppm) | < 5.00 |

## 3.3 MANGO DESHIDRATADO.

La elaboración de éste producto consistió en deshidratar rebanadas de

mangos obtenidas a partir de frutos maduros, sanos, frescos, limpios, pelados y rebanados, que se envasaron en bolsas de un material adecuado que les brindó protección durante el almacenamiento.

Este producto se elaboró con las variedades Keitt, Kent, Ataulfo y Manila oro.

### 3.3.1 Formulación del mango deshidratado.

En el caso de éste producto, se utilizó pulpa de mango sazón 100 % natural.

### 3.3.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención de mango deshidratado.

Las operaciones 1 a 4 se llevan a cabo como se describen los cuatro primeros puntos de la sección 3.1.2 .

5. Tendido.- Las rebanadas de mango se colocaron sobre las charolas del deshidratador dispuestas en monocapa.

6. Deshidratado.- Las charolas se llevaron al deshidratador a una temperatura

de 60 °C; periódicamente se pesaron para ver el avance de la deshidratación. El punto final es cuando la variación entre dos pesadas fue mínima; a nivel laboratorio, el tiempo de deshidratación fue de 5 horas.

7. Envasado.- Las rebanadas de mango deshidratado se dejaron enfriar y se envasaron manualmente en bolsas que fueron cerradas con sellado térmico.

### 3.3.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental del mango deshidratado.

No existe norma mexicana para éste producto; dado que es un deshidratado, se llevaron a cabo determinaciones de actividad de agua, contenido de humedad, color y evaluación sensorial (tabla 9).

Tabla 9 - Evaluación fisicoquímica y sensorial de mango deshidratado.

| **Variedad** | **Actividad de agua** | **Contenido de humedad (%)** | **Color** | | | **Evaluación sensorial** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **L*** | **a*** | **b*** | |
| Ataulfo | 0.61 | 10.74 | 64.5 | 11.32 | 34.6 | 4° |
| Keitt | 0.56 | 13.63 | 72 | 10.41 | 40.9 | 2° |
| Kent | 0.57 | 10.17 | 71.7 | 12.34 | 43.8 | 1° |
| Manila Oro | 0.63 | 14.07 | 60.8 | 10.55 | 30.8 | 3° |

En lo que se refiere a la evaluación fisicoquímica de los productos obtenidos, en la tabla 9 se observa que los valores de actividad de agua son bajos, entre

0.56 y 0.63, con contenidos de humedad final en el rango de 10 y 14%, suficientes para impedir el desarrollo de microorganismos e inhibir en parte las reacciones enzimáticas de pardeamiento y cambio de color.

Las muestras de mango deshidratado obtenidas con las variedades Kent y Keitt tuvieron mejores características sensoriales y fueron similares entre sí, conservaron mejor su color característico (ver tabla 10) y la apariencia y sabor de ambos fue buena; el mango Kent obtuvo la mayor preferencia.

El mango deshidratado de la variedad Ataulfo resultó ser el menos preferido por los jueces evaluadores, ya que presentó cambios drásticos en su coloración, lo cual se reflejó en las bajas de los valores de luminosidad (L*) y de color amarillo (b*), con respecto a los medidos en fresco (ver tabla 10). En cuanto a textura, los jueces encontraron que el producto elaborado con mango Manila oro presentó una textura quebradiza poco agradable.

Tabla 10 - Comparación de las mediciones de color en mango fresco y deshidratado.

| **Variedad** | **Color de mango** | | | | | | **ΔE*** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **fresco** | | | **deshidratado** | | | |
| | **L*** | **a*** | **b*** | **L*** | **a*** | **b*** | |
| Ataulfo | 71.91 | 5.89 | 52.21 | 64.5 | 11.32 | 34.6 | 19.86 |
| Keitt | 65.56 | 3.81 | 41.49 | 72 | 10.41 | 40.9 | 9.24 |
| Kent | 67.22 | 5.4 | 47.17 | 71.7 | 12.34 | 43.8 | 8.92 |
| Manila Oro | 58.76 | 4.78 | 42.23 | 60.8 | 10.55 | 30.8 | 12.96 |

## 3.- ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE MANGO

La apariencia y sabor de ambos fue buena; el mango Kent obtuvo la mayor preferencia.

El mango deshidratado de la variedad Ataulfo resultó ser el menos preferido por los jueces evaluadores, ya que presentó cambios drásticos en su coloración, lo cual se reflejó en las bajas de los valores de luminosidad (L*) y de color amarillo (b*), con respecto a los medidos en fresco (ver tabla 10). En cuanto a textura, los jueces encontraron que el producto elaborado con mango Manila oro presentó una textura quebradiza poco agradable.

Los factores críticos para el almacenamiento de éste producto son temperatura, humedad relativa, luz y oxígeno, por ello es que debe seleccionarse un envase adecuado para que se conserve bien, manteniendo su sabor y textura; se estima que pueden durar entre 4 y 12 meses.

Por otra parte, se llevaron a cabo las determinaciones analíticas para el etiquetado nutrimental del mango deshidratado Kent, conforme a lo establecido en la norma mexicana correspondiente.

Tabla 11 - Información para el etiquetado nutrimental del mango deshidratado.

| **Por cada 100 g de muestra** | |
|---|---|
| Contenido energético (Kcal) | 344 |
| Grasa (g) | 0.95 |

| | |
|---|---|
| Proteínas (g) | < 0.10 |
| Carbohidratos (g) | 84 |
| Sodio (ppm) | < 5.00 |

**3.4 ATE DE MANGO.**

El ate de mango, o “jalea” de mango, es el producto de consistencia gelatinosa que se obtiene por la cocción y concentración de jugo de mango, adicionado o no de ingredientes tales como edulcorantes, pectina, acidulantes, antioxidantes y conservador.

No existen normas mexicanas específicas para ate o jalea de mango; sin embargo las hay para jalea de guayaba y jalea de membrillo. En ellas se menciona que esos productos deben ser elaborados en condiciones sanitarias apropiadas con jugo de frutas sanas, frescas, convenientemente lavadas y prácticamente libres de residuos (tales como corteza, semillas y sedimento) así como de restos de plaguicidas u otras eventualmente nocivas de acuerdo con las tolerancias permitidas por la Secretaría de Salud.

En las pruebas que se llevaron a cabo a nivel laboratorio, éste producto sólo se obtuvo con las variedades Manila oro y Kent.

### 3.4.1 Formulación del ate de mango.

En la tabla 12 se muestra la formulación del ate de mango; los ingredientes que contiene son de los que las normas correspondientes a jaleas de guayaba y membrillo permiten.

Tabla 12 – Formulación del ate de mango.

| Ingrediente | Cantidad |
|---|---|
| Pulpa de mango | 1 Kg |
| Azúcar refinado | 1 Kg |
| Pectina | 20 g |
| Acido ascórbico | 1 g |
| Ácido cítrico | 1 g |
| Benzoato de sodio | 0.5 g |

### 3.4.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención de ate de mango.

Las operaciones 1 a 3 se llevaron a cabo como se describe en 3.1.2; la

operación 4 se hizo conforme a lo establecido en 2.2.2 .

5. Precocimiento.- La pulpa de la fruta se colocó en un recipiente de acero inoxidable y se vertió agua suficiente de forma que casi la cubrió y se llevó a calentamiento a fuego lento hasta que hirvió durante 10 minutos.

6. Homogeneización.- La pulpa se molió hasta la obtención de un puré, el cual se hizo pasar a través de un tamiz malla # 50.

7. Concentración.- El puré se llevó nuevamente a cocción a fuego lento y cuando alcanzó los 25 °Brix, se agregaron los demás ingredientes, continuando su concentración hasta alcanzar 76 °Brix.

8.- Gelificación, corte y tendido.- El producto concentrado y caliente, se vertió en moldes con papel parafinado y untado con un poco de glicerina; se dejó enfriar para que gelificara y luego de transcurridas 24 horas, se procedió al corte de las piezas, las cuales se tendieron en charolas.

9. Deshidratación.- Las charolas se llevaron a un deshidratador por aire caliente para acelerar la pérdida de humedad.

10. Envasado.- Las piezas de ate se envasaron en cajas termoformadas.

3.- ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE MANGO

### 3.4.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental del ate de mango.

En la tabla 13 se muestran los resultados obtenidos durante la evaluación del ate de mango.

Como ya se mencionó anteriormente, no se encontraron normas para el ate de mango. En las normas relativas a la jalea de guayaba y a la jalea de membrillo se menciona, entre las especificaciones, que deben tener entre 3.0 y 3.8 de pH y un contenido de sólidos solubles de por lo menos 65 °Brix; asimismo, ambas normas mencionan que los productos deben estar exentos de parásitos, mohos, levaduras y microorganismos patógenos o cualquier otro microorganismo capaz de causar alteración del producto.

Tabla 13 - Evaluación fisicoquímica

y sensorial de ate de mango.

| **Variedad** | **°Bx** | **pH** | **Contenido de humedad (%)** | **Color** | | | **Evaluación sensorial** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **L*** | **a*** | **b*** | |
| Kent | 76 | 3.1 | 21.11 | 4.9 | 3.05 | 8 | 2° |
| Manila oro | 76 | 3.9 | 18.49 | 2.8 | 3.48 | 4.6 | 1° |

El ate elaborado con mangos de la variedad Manila oro, es levemente menos ácido de lo que marcan las normas de jaleas de guayaba y membrillo y tuvo 76 °Brix.

En lo que se refiere a la evaluación sensorial, los productos obtenidos a partir de las dos variedades de mango estudiadas presentaron buenas

características sensoriales, sin embargo el mango Manila oro presentó mejor consistencia, sabor y olor, por lo cual obtuvo la mayor preferencia del panel de evaluación.

En la tabla 14 se muestran los valores de las determinaciones que se llevaron a cabo al ate de mango Manila oro para su etiquetado nutrimental.

Tabla 14 - Información para el etiquetado nutrimental de ate de mango.

| **Por cada 100 g de muestra** | |
|---|---|
| Contenido energético (Kcal) | 383 |
| Grasa (g) | 0.31 |
| Proteínas (g) | < 0.10 |
| Carbohidratos (g) | 95 |
| Sodio (ppm) | 123 |

## 3.5 NÉCTAR DE MANGO.

La norma NMX-F-057-S-1980-"Néctar de mango", define a éste como "el producto alimenticio, líquido pulposo elaborado con el jugo y pulpa de mangos (Mangifera índica) maduros, sanos, limpios, lavados, finamente divididos y tamizados, concentrados o no, congelados o no, adicionados de agua, edulcorantes nutritivos y aditivos alimentarios permitidos, envasado en recipientes herméticamente cerrados, y sometidos a un proceso térmico que asegure su conservación".

Éste producto fue elaborado en el laboratorio con ocho de las variedades de mango seleccionadas: Ataulfo, Criollo, Haden, Keitt, Kent, Manila oro, Manila rosa y Tommy atkins.

### 3.5.1 Formulación del néctar de mango.

La norma citada para el néctar de mango, establece que éste producto puede llevar entre sus ingredientes: edulcorantes tales como sacarosa, dextrosa, jarabe de glucosa seco, jarabe de maíz o jarabe de maíz seco; acidificantes como ácido cítrico, ácido málico y/o ácido fumárico; antioxidantes como ácido ascórbico (máximo 150 ppm) o aquellos permitidos por la Secretaría de Salubridad. En la tabla 15 se presenta la formulación de néctar de mango.

Tabla 15 - Formulación del néctar de mango.

| Ingrediente | Cantidad |
|---|---|
| Agua | 2 Kg |
| Pulpa de mango | 1 Kg |
| Azúcar | 270 g |
| Ácido ascórbico | 0.4 g |
| Benzoato de sodio | 0.3 g |
| Ácido cítrico (sol'n al 1%) | c.b.p. |

### 3.5.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención de néctar de mango.

Las operaciones 1 a 3 se llevaron a cabo como se describe en 3.1.2; la operación 4 se hizo conforme a lo establecido en 3.2.2 .

5. Homogeneización.- Ésta operación se llevó a cabo conforme a lo descrito en el punto 6 de la sección 3.4.2.

6. Formulación.- En un recipiente de acero inoxidable se puso el puré de mango y el agua, se mezclaron bien y se agregaron los demás ingredientes (excepto la solución de ácido cítrico).

7. Concentración.- La mezcla se calentó a 80 °C hasta alcanzar 15 °Brix; luego se suspendió el calentamiento y se ajustó el pH entre 3.5 y 3.8 con una solución acuosa de ácido cítrico al 1 %.

8. Envasado.- El producto se envasó en caliente en frascos de vidrio, evitando la formación de burbujas de aire; se dejó un espacio libre de 0.5 cm en la parte superior de cada frasco; luego se cerraron con tapa de rosca provista de arandela de hule.

9. Pasteurización.- Ésta operación se llevó a cabo como se describe en el

punto 8 de la sección 3.1.2.

### 3.5.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental de néctar de mango.

La norma NMX-F-057-S-1980 establece las especificaciones sensoriales que debe cubrir el producto:

Color.- Característico al jugo y pulpa recién obtenidos, del fruto fresco y maduro de la variedad de mango que se haya extraído.

Olor.- Característico al del jugo y pulpa recién obtenidos del fruto fresco y maduro.

Sabor.- Característico del producto convenientemente elaborado y proveniente de frutas sanas y maduras, no admitiéndose el gusto a cocido o de oxidación ni cualquier otro sabor extraño u objetable.

Apariencia.- Densa, sin fragmentos de cáscara y semillas pudiendo presentar trazas de partículas oscuras.

En lo referente a las especificaciones físicas y químicas, el producto debe cumplir con lo siguiente:

Grados Brix.- Debe tener 14 °Brix como mínimo.

Acidez titulable.- De 0.20 a 0.50 expresada como gramos de ácido cítrico anhidro por cada 100 ml de producto.

pH.- Debe estar entre 3.5 como mínimo y 4.0 como máximo.

Sólidos insolubles (en suspensión) 35 %.

En las especificaciones microbiológicas, menciona que el néctar de mango debe tener un máximo de 10 hongos por cada 100 campos de acuerdo al método de Howard; que debe estar exento de microorganismos patógenos, de toda sustancia tóxica producida por microorganismos y de microorganismos que puedan desarrollarse en las condiciones normales de almacenamiento.

En cuanto a materia extraña objetable, establece que debe estar libre de fragmentos, insectos, pelos y excretas de roedores, así como de cualquier otra materia extraña al producto terminado. Asimismo, el néctar no podrá llevar fragmentos macroscópicos de cáscaras, semillas u otras sustancias gruesas y duras del mango.

Además de llevar a cabo la medición de pH, acidez y grados Brix, también se realizaron d evaluaciones sensoriales (pruebas hedónicas).

Tabla 16 - Evaluación fisicoquímica y sensorial de
néctar de mango.

## 3.- ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE MANGO

| Variedad | °Bx | pH | % Acidez | Evaluación sensorial |
|---|---|---|---|---|
| Ataulfo | 14 | 3.55 | 0.23 | 2° |
| Criollo | 15 | 3.74 | 0.20 | 3° |
| Haden | 14 | 3.72 | 0.26 | 1° |
| Keitt | 14 | 3.79 | 0.31 | 8° |
| Kent | 15.1 | 3.64 | 0.28 | 7° |
| Manila oro | 14.8 | 3.5 | 0.20 | 4° |
| Manila rosa | 14.7 | 3.87 | 0.21 | 5° |
| Tommy atkins | 14.2 | 3.56 | 0.23 | 6° |

Como puede apreciarse en la tabla 16, los productos elaborados con todas las variedades probadas, cumplen con lo que establece la norma de néctar de mango en lo que concierne a grados Brix, pH y % de acidez..

.

En la evaluación sensorial, no obstante, los jueces evaluadores prefirieron los néctares elaborados con mango Haden y Ataulfo, tomando en cuenta sobre todo su sabor, olor y aroma.

Los resultados de las determinaciones analíticas mediante las cuales se obtuvo la información para el etiquetado nutrimental de néctar de mango Haden, se muestran en la tabla 17.

3.- ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE MANGO

Tabla 17 – Información para el etiquetado nutrimental de néctar de mango.

| **Por cada 100 g de muestra** | |
|---|---|
| Contenido energético (Kcal) | 54 |
| Grasa (g) | 0.29 |
| Proteínas (g) | < 0.10 |
| Carbohidratos (g) | 13 |
| Sodio (ppm) | < 5 |

## 3.6 CHUTNEY DE MANGO.

El chutney es una especie de mermelada o salsa que se caracteriza por su sabor agridulce y picante. Es utilizado como acompañamiento de arroz o papas, como aderezo de ensaladas o bien como guarnición de carnes frías o cocidas, ya sean rojas o blancas. Éste producto es originario de la India (aunque allí lo preparan en crudo), sin embargo lo popularizaron los ingleses, que lo preparan con frutas y especias cocinadas y combinadas con azúcar y vinagre.

Este producto se elaboró con siete de las variedades de mango seleccionadas: Ataulfo, Criollo, Haden, Keitt, Kent, Manila oro y Tommy atkins.

### 3.6.1 Formulación del chutney de mango.

No existe norma mexicana aplicable al chutney de mango ni de otras frutas; en la tabla 18 se muestra la formulación mediante la cual se prepararon los productos.

Tabla 18 – Formulación del chutney de mango.

| Ingrediente | Cantidad |
|---|---|
| Pulpa de mango | 1 Kg |
| Vinagre blanco | 0.38 Kg |
| Azúcar | 0.25 Kg |
| Pimiento rojo | 0.20 Kg |
| Chile en polvo, cardamomo, cominos y sal | 10 g |

**3.6.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención de chutney de mango.**

Las operaciones 1 a 3 se efectúan tal como se describe en 3 .1.2 a excepción del estado de madurez de la fruta, que debe ser verde-sazón; la operación 4 se lleva a cabo tal como se describe en 3.2.2. Las siguientes operaciones son:

5. Formulación y calentamiento.- Todos los ingredientes de la formulación se pusieron en un recipiente de acero inoxidable y se calentaron durante 30

minutos moviendo la mezcla constantemente; luego se continuó el calentamiento a fuego lento hasta que la pulpa se ablandó y la mezcla alcanzó los 25 °Brix.

6. Envasado.- Esta operación se llevó a cabo como se describe en el punto 6 de la sección 2.2.2 ..

7. Pasteurización.- Ésta operación se lleva a cabo como se describe en el punto 8 de la sección 3.1.2.

### 3.6.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental del chutney de mango.

En la tabla 19 se muestran los resultados obtenidos de las evaluaciones que se llevaron a cabo para éste producto; allí observamos que el pH de los chutney preparados con las diferentes variedades de mango van de 2.8 a 3.3, ligeramente más ácido que el de las mermeladas.

Tabla 19 – Evaluación fisicoquímica y sensorial de chutney de mango.

| Variedad | pH | % Acidez | Evaluación sensorial |
|---|---|---|---|
| Ataulfo | 2.82 | 0.31 | 6° |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Criollo | 3.05 | 0.4 | 2° |
| Haden | 3.28 | 0.4 | 3° |
| Keitt | 3.31 | 0.2 | 7° |
| Kent | 3.23 | 0.4 | 1° |
| Manila oro | 3.09 | 0.24 | 4° |
| Tommy atkins | 2.84 | 0.6 | 5° |

Por otra parte, en la tabla 20 se muestran los resultados de las determinaciones analíticas para el etiquetado nutrimental del chutney de mango Kent.

Tabla 20 –Información para el etiquetado nutrimental de chutney de mango.

| **Por cada 100 g de muestra** | |
|---|---|
| Contenido energético (Kcal) | 151 |
| Grasa (g) | 0.24 |
| Proteínas (g) | < 0.10 |
| Carbohidratos (g) | 37 |
| Sodio (ppm) | 1710 |

## 3.7 MANGO EN VINAGRE.

El mango en vinagre (o mango en conserva con vinagre) se elabora con frutos sanos, frescos, limpios, pelados, rebanados, envasados en frascos con vinagre, azúcar y especias. Este producto se hizo con las ocho variedades

de mango seleccionadas.

### 3.7.1 Formulación del mango en vinagre.

En la tabla 21 se presentan los ingredientes y las cantidades de cada uno de ellos para la preparación del mango en vinagre a nivel laboratorio.

Tabla 21 – Formulación del mango en vinagre.

| Ingrediente | Cantidad |
|---|---|
| Pulpa de mango | 1 Kg |
| Azúcar | 0.9 Kg |
| Vinagre blanco | 0.2 Kg |
| Agua | 0.2 Kg |
| Clavos de olor | 1.8 g |
| Pimienta | 1.8 g |

2.7.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención del mango en vinagre.

Las operaciones 1 a 4 se llevan a cabo como se describe en 3.1.2 .

5. Formulación y calentamiento.- En un recipiente de acero inoxidable se calentó el vinagre blanco, el azúcar y las especias a 85 °C durante cinco

minutos. Luego, se agregaron las tiras de mango y se calentó durante otros cinco minutos.

6. Envasado.- Se realizó como se describe en el punto 8 de la sección 2.5.2 ..

7. Pasteurización.- Ésta operación se lleva a cabo como se describe en el punto 8 de la sección 3.1.2.

### 3.7.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental del mango en vinagre.

En la tabla 22 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación de los chutney. No existen normas para éste producto en particular, por lo cual se carece de un punto de referencia contra el cual comparar los resultados obtenidos en la evaluación fisicoquímica.

El bajo valor de pH que el vinagre le da al producto, así como el azúcar que contiene, son dos factores que colaboran en su conservación. El deterioro puede darse por pérdidas de color, sabor y textura; se estima que puede tener una duración que fluctúa entre 12 y 36 meses.

Tabla 22 – Evaluación fisicoquímica y sensorial del mango

3.- ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE MANGO

en vinagre.

| Variedad | °Bx | pH | % Acidez | Color | | | Evaluación sensorial |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | L* | a* | b* | |
| Ataulfo | 15 | 3.51 | 0.16 | 45.5 | 7.53 | 30.42 | 2° |
| Criollo | 16 | 3.54 | 0.12 | 39.6 | 2.56 | 19.17 | 6° |
| Haden | 17 | 3.6 | 0.12 | 36.9 | 3.44 | 18.35 | 1° |
| Keitt | 17 | 3.54 | 0.16 | 47.4 | 4.9 | 31.13 | 8° |
| Kent | 17 | 3.53 | 0.14 | 41.6 | 4.07 | 23.31 | 7° |
| Manila Oro | 16 | 3.57 | 0.12 | 43.8 | 8.15 | 28.5 | 4° |
| Manila Rosa | 16 | 3.84 | 0.14 | 37.5 | 5.13 | 19.05 | 5° |
| Tommy Atkins | 17 | 3.63 | 0.12 | 45.8 | 5.04 | 29.37 | 3° |

En lo relativo a la evaluación sensorial, los jueces prefirieron el producto elaborado con mango Haden y Ataulfo, sobre todo por su sabor, ya que en cuanto al color, fueron de las variedades que más cambio tuvieron con respecto a la materia prima fresca (tabla 23).

Tabla 23 - Comparación de las mediciones de color en mango fresco y mango en vinagre.

| Variedad | Color de mango | | | | | | ΔE* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | fresco | | | en vinagre | | | |
| | L* | a* | b* | L* | a* | b* | |
| Ataulfo | 71.91 | 5.89 | 52.21 | 45.5 | 7.53 | 30.42 | 34.28 |
| Criollo | 51.49 | 3.88 | 32.12 | 39.6 | 2.56 | 19.17 | 17.67 |
| Haden | 62.52 | 2.51 | 36.26 | 36.9 | 3.44 | 18.35 | 31.27 |
| Keitt | 65.56 | 3.81 | 41.49 | 47.4 | 4.9 | 31.13 | 20.96 |
| Kent | 67.22 | 5.4 | 47.17 | 41.6 | 4.07 | 23.31 | 35.06 |
| Manila oro | 58.76 | 4.78 | 42.23 | 43.8 | 8.15 | 28.5 | 20.56 |
| Manila rosa | 66.95 | 10.12 | 45.88 | 37.5 | 5.13 | 19.05 | 40.13 |
| Tommy atkins | 65.15 | 5.68 | 42.31 | 45.8 | 5.04 | 29.37 | 23.26 |

## 3.- ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE MANGO

En la tabla 24 se presentan los datos que se requieren para el etiquetado nutrimental de éste producto elaborado con la variedad Haden.

Tabla 24 – Información para el etiquetado nutrimental del mango en vinagre.

| **Por cada 100 g de muestra** | |
|---|---|
| Contenido energético (Kcal) | 223 |
| Grasa (g) | 0.18 |
| Proteínas (g) | < 0.10 |
| Carbohidratos (g) | 55 |
| Sodio (ppm) | < 5.00 |

## 3.8 SALSA DE MANGO.

La norma NMX-F-377-1986-“Alimentos-Regionales-Salsa picante envasada” define éste producto como “...resultante de la mezcla y/o molienda y suspensión de una o más variedades de chiles frescos, secos o conservados, sanos, limpios, adicionados o no de acidulantes, espesantes, especias e ingredientes permitidos por la Secretaría de Salud, que le proporcionen el

sabor característico”.

### 3.8.1 Formulación de la salsa de mango.

En la norma correspondiente a salsas picantes, se menciona que para que la salsa sea considerada como tal, debe contener por lo menos 1 % de chile y tener entre sus ingredientes agua, vinagre, azúcares, sal común, condimentos, especias y otros permitidos por la Secretaría de Salud.

En la tabla 25 se presenta la formulación de la salsa de mango que se preparó a nivel laboratorio con ocho de las variedades de mango seleccionadas.

Tabla 25 – Formulación de salsa de mango.

| Ingrediente | Cantidad |
|---|---|
| Pulpa de mango | 1 Kg |
| Vinagre de manzana | 0.8 Kg |
| Azúcar | 0.6 Kg |
| Cebolla | 8 g |
| Chile habanero | 30 g |
| Pulpa de tamarindo | 30 g |
| Sal | 20 g |
| Ajo | 2 g |

### 3.8.2 Proceso y condiciones de operación a nivel laboratorio para la obtención de la salsa de mango.

Las operaciones 1 a 3 se llevaron a cabo como se describe en 3.1.2; la operación 4 se hizo conforme a lo establecido en 3.2.2.

5. Homogeneización.- La pulpa obtenida se molió hasta la obtención de un puré, el cual se hizo pasar a través de un tamiz malla # 50.

6. Formulación y concentración.- La cebolla, el ajo y el chile habanero, fueron previamente picados y escaldados a vapor durante 1 minuto; en el caso del tamarindo, se pelaron y se separaron las semillas para dejar sólo la pulpa. En un recipiente de acero inoxidable se pusieron todos los ingredientes y se calentaron a 80 °C, agitando continuamente hasta alcanzar una concentración entre 25 y 30° Brix.

7. Envasado.- Se efectuó tal como se describe en el punto 8 de la sección 2.5.2 ..

8. Pasteurización.- Ésta operación se llevó a cabo como se describe en el punto 8 de la sección 3.1.2.

### 3.8.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental de la salsa de mango.

Las especificaciones sensoriales que marca la norma correspondiente, son las siguientes:

Color.- Característico de la variedad de chile o mezcla de chiles empleados (dado que el producto está elaborado básicamente con mango, el color del producto debe ser amarillo característico del fruto sano y maduro, es decir, sazón).

Olor.- Característico de la variedad de chiles o mezcla de chiles empleados (en el caso de la salsa de mango, debe ser característico de la variedad del fruto empleado, maduro y libre de olores extraños causados por descomposición).

Sabor.- Picante característico de la variedad de chiles o mezcla de chiles empleados (agradable y característico del mango sano y maduro).

Consistencia.- Fluida, semifluida o viscosa.

En lo referente a las especificaciones físicas y químicas, el producto debe cumplir con lo siguiente:

Grados Brix.- Debe ser de 4 °Brix como mínimo y 30 °Brix como máximo.

pH.- Debe estar en 2.8 como mínimo y 4 como máximo.

Sólidos totales.- Debe tener como mínimo 4 %.

Acidez.- Debe estar entre 1 y 4.5 % expresada como porcentaje de ácido acético.

Cloruros.- Como máximo 4.5 %.

En otras especificaciones menciona las microbiológicas (no debe contener microorganismos patógenos, toxinas microbianas, que puedan afectar la salud del consumidor o provocar deterioro del producto, según disposiciones que establezca la Secretaría de Salud), de materia extraña objetable (el producto debe sujetarse a lo que establezca la Secretaría de Salud para estos productos) y químicas (el producto no debe contener ningún contaminante químico en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud; los límites máximos para estos contaminantes quedan sujetos a lo que establezca la Secretaría de Salud).

En la tabla 26 se muestran los resultados de las determinaciones analíticas que se llevaron a cabo para la evaluación fisicoquímica y sensorial de las salsas elaboradas a base de mango. Además de llevar a cabo la medición de pH, acidez y grados Brix, también se realizó evaluación sensorial (pruebas hedónicas).

Tabla 26 – Evaluación fisicoquímica y sensorial de salsa de mango.

## 3.- ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE MANGO

| Variedad | °Bx | pH | % Acidez | Azúcares | | Viscosidad (cps) | Evaluación sensorial |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Dir | Tot | | |
| Ataulfo | 29 | 3.1 | 1.02 | 7.0 | 25 | 5870 | 7° |
| Criollo | 30.5 | 3.2 | 1.20 | 7.0 | 26.2 | 2250 | 1° |
| Haden | 34.6 | 3.2 | 1.12 | 6.5 | 22.8 | 2170 | 6° |
| Keitt | 28.6 | 3.3 | 1.07 | 6.2 | 25 | 6540 | 8° |
| Kent | 29.4 | 3.3 | 1.12 | 6.2 | 26.2 | 4550 | 2° |
| Manila Oro | 28.3 | 3.3 | 1.08 | 7.2 | 26.2 | 4320 | 4° |
| Manila Rosa | 27.5 | 3.3 | 1.12 | 7.0 | 26.2 | 1550 | 5° |
| Tommy Atkins | 28.8 | 3.3 | 1.03 | 6.5 | 25 | 4600 | 3° |

En cuanto a los sólidos solubles, que deben estar dentro del rango de 4 a 30 °Brix, sólo la salsa elaborada con las variedades Criollo y Haden se salen de los límites establecidos; por otro lado, en lo que concierne a pH y % acidez, todas cumplen con la norma.

En la evaluación sensorial, los jueces prefirieron la salsa de mango Criollo que fue la que tuvo una consistencia semifluida agradable al paladar.

Se estima que la salsa de mango puede tener una vida de anaquel de entre 6 y 12 meses; unos de los principales factores de deterioro que puede presentar, serían la separación de fases y cambios de color durante el almacenamiento.

En la tabla 27 se presentan los resultados de las determinaciones analíticas llevadas a cabo para la obtención de datos para el etiquetado nutrimental de salsa de mango elaborada con mango Criollo.

## 3.- ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE MANGO

Tabla 27– Información para el etiquetado

nutrimental de salsa de mango.

| Por cada 100 g de muestra | |
|---|---|
| Contenido energético (Kcal) | 166 |
| Grasa (g) | 0.21 |
| Proteínas (g) | < 0.10 |
| Carbohidratos (g) | 41 |
| Sodio (ppm) | 2920 |

## 3.9 MANGO EN POLVO.

Una alternativa más para la industrialización del mango es el secado por atomización o aspersión; en este caso, se obtienen partículas finas de pulpa deshidratada que conserven su color, olor y sabor naturales. El mango en polvo puede utilizarse para la formulación de bebidas instantáneas, repostería y confitados, principalmente.

El producto líquido o semilíquido se introduce en una cámara de desecación que forma una fina lluvia, un spray (rocío) entrando en íntimo contacto con una corriente de aire caliente (sobre los 200 °C), lo que permite una desecación muy rápida (1 a 10 segundos) obteniéndose un polvo seco en forma de pequeñas partículas (10 a 200 μ), que pueden presentarse como polvo, gránulos o aglomerados; la forma depende de las propiedades físicas y químicas del producto húmedo y del diseño y operación del secador.

### 3.9.1 Formulación del mango en polvo.

Este producto se elaboró solo con la variedad Kent, por medio de

deshidratación por aspersión a escala piloto.

Tabla 28 - Formulación del mango

en polvo.

| Ingrediente | Cantidad |
|---|---|
| Pulpa de mango | 8 Kg |
| Maltodextrina | 2 Kg |
| Agua | c.b.p. |

.

### 3.9.2 Proceso y condiciones de operación para la obtención de mango en polvo.

Las operaciones 1 y 2 se llevan a cabo tal como se describen en la sección 31.2 .

3. Corte y mondado.- Esta operación se llevó a cabo manualmente con cuchillo para quitarle la piel a los frutos; la pulpa de mango se llevó a un despulpador a nivel piloto, con el fin de eliminar el exceso de fibra, utilizando una malla gruesa (#18) y otra malla fina (#60). La pulpa obtenida se vuelve a pasar por la malla fina para eliminar fibras pequeñas.

4. Adición de maltodextrina. A la pulpa obtenida se le agregó maltodextrina como agente encapsulante disolviéndola en un poco de agua y mezclar hasta tener una mezcla homogénea.

5. Secado. Se llenó el tanque de alimentación con la pulpa; se controló el flujo de alimentación y la temperatura (aprox. 150 °C).

6. Envasado. Se envasó en materiales que protegen del paso de la luz.

### 3.9.3 Evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental del mango en

**polvo.**

En la tabla 29 se presentan los resultados obtenidos durante las evaluaciones que se hicieron a mango fresco, mango despulpado, con maltodextrinas y al producto final, polvo.

Tabla 29 - Evaluación fisicoquímica del mango Kent.

| **Determinación** | **Mango fresco** | **Pulpa sin fibra** | **Pulpa con maltodextrina** | **Polvo** |
|---|---|---|---|---|
| Humedad (%) | 82 | 82 | 82 | 2.9 |
| pH | 3.8 | 3.8 | 3.9 | 4 |
| Densidad (gr/ml ) | 0.994 | 1.103 | 1.082 | 0.902 |
| °Brix (%) | 16.8 | 16 | 16.2 | - |
| Viscosidad (cps) | - | 2333 | 2455 | - |

# 4.- DISEÑO DE UNA PLANTA MULTIPROPOSITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MANGO

Ofelia Fernández Flores, Francisco Javier Pérez Martínez
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Unidad de Tecnología Alimentaria, Camino Arenero 1227, Col. El Bajío del Arenal, Zapopan, Jal. C.P. 45019,
ofernandez@ciatej.mx; fperez@ciatej.mx

## Introducción

En este capítulo se describen las alternativas que se pueden implementar en una planta para elaborar diversos productos a base de mango. La planta se puede integrar por diferentes líneas de producción, específicas para cada familia de productos, partiendo de una línea común de recepción de la materia prima, selección, lavado, escaldado y enfriamiento. Las familias de productos a elaborar pueden agruparse en dos tipos:

- productos que requieren el corte de piezas (lonjas) de pulpa entera tales como deshidratado, en almíbar, con especias, mermelada y chutney de mango.
- productos que recurren al uso de la pulpa molida o desmenuzada como ate, salsa, néctar y mango en polvo.

## 4.1.- CONSIDERACIONES GENERALES

La capacidad de la planta se debe definir considerando varios factores: en

base a un estudio de mercado, a un análisis de la factibilidad técnica y económica del proyecto y a la disponibilidad de la materia prima. En algunas ocasiones también puede influir la capacidad de los equipos de línea existentes en el mercado.

La oferta de equipo de línea existente en el mercado aplicable al procesamiento de mango, es básicamente el que se emplea en general para el procesamiento de frutas, sobre todo para los productos de pulpa desmenuzada, ya que las pulpas de diversas frutas se comportan de forma similar.

El diseño de las líneas de producción, su equipamiento y el grado de automatización está en función de la capacidad de producción requerida.

Como ejemplo en este capítulo se presentan el diseño de una planta con capacidad para procesar hasta 1 t/h de materia prima, partiendo de una línea común de preparación y derivándose en 5 líneas que pueden producir en forma alterna hasta 9 diferentes productos, los cuales se deben seleccionar dependiendo de la demanda y posibilidad de establecer un esquema de producción apropiado.

Con respecto a la materia prima que se va a procesar se debe considerar como punto de partida la definición de las características adecuadas de madurez y calidad para cada producto en particular (capítulo I materia prima). Por ejemplo los productos que utilizan las lonjas de pulpa de mango, requieren un menor grado de madurez del fruto que para los productos de pulpa desmenuzada, ya que es necesario que las piezas cortadas tengan suficiente

firmeza para evitar que se deterioren durante su manejo para el envasado y para proporcionar las características deseadas en el producto final que el consumidor va a apreciar.

Por otra parte, cada producto requiere un tipo de envase específico, por lo que las líneas de envasado son específicas para cada grupo de productos. Para los productos pulposos o pastosos, el envase más común y que proporciona características comercialmente atractivas es el frasco de vidrio en diferentes presentaciones. Para los productos sólidos como los deshidratados o el ate, es más adecuada la bolsa de materiales plásticos. El producto en polvo normalmente no está destinado a ser utilizado por el consumidor final, sino que se emplea como ingrediente en la manufactura de otros productos alimenticios cuya base es el mango, por lo que es adecuado distribuirse en envases institucionales como sacos de papel kraft multicapa o bolsas plásticas contenidas en tambores, taburetes o cajas de cartón, plástico, o lámina (tipo “bag in box”).

Con respecto a los rendimientos de producción, estos dependen principalmente del producto a elaborar, de la variedad de mango a procesar y de su estado de madurez.

En la tabla No. V.1 se muestra la composición general del mango según la variedad y en la tabla No. V.2 los rendimientos de producción esperados para los diferentes productos en base a la variedad de mango utilizado

Tabla No.4.1 Composición general del mango según la variedad

| Mango Variedad | %pulpa | % cáscara | % hueso |
|---|---|---|---|
| Criollo | 45.66 | 26.51 | 27.83 |
| Haden | 54.25 | 28.99 | 16.76 |
| Diplomático | 54.04 | 27.54 | 18.42 |
| Manila Oro | 58.29 | 24.68 | 17.03 |
| Manila Rosa | 61.89 | 23.31 | 14.80 |
| Ataulfo | 61.72 | 23.76 | 14.52 |
| Tommy Atkins | 67.34 | 21.85 | 10.81 |
| Kent | 68.80 | 20.80 | 10.40 |
| Keitt | 69.34 | 19.96 | 10.70 |

Tabla No.4.2 Rendimiento de producción de los diferentes productos en base a la variedad de mango

| PRODUCTO | Mango variedad | Materia prima kg | Producto kg | Rendimiento % |
|---|---|---|---|---|
| Elaborados con pulpa desmenuzada | | | | |
| Néctar de mango | Haden | 220 | 426.6 | 193.9% |
| Salsa de mango | Kent | 350 | 467.7 | 133.6% |
| Ate de mango | Manila Oro | 450 | 400 | 88.9% |
| Mango en polvo | Manila Oro | 400 | 46.4 | 11.5% |
| Elaborados con pulpa troceada | | | | |
| Mango con especias | Haden | 500 | 612.4 | 122.5% |
| Mango en almíbar | Kent | 500 | 497 | 99.3% |
| Chutney de mango | Criollo | 480 | 462.7 | 96.4% |
| Mermelada de mango | Manila Oro | 450 | 398.6 | 88.6% |
| Mango deshidratado | Kent | 500 | 70 | 14.0% |

## 4.2.- DIAGRAMA DE BLOQUES

Los procesos de producción suelen esquematizarse mediante un diagrama de flujo en bloques (ver fig. 4.1). Estos son esquemas de todo el proceso, que indican las diferentes etapas de fabricación. Existen distintos diagramas de flujos, siendo el más utilizado el de bloques o rectángulos. En ellos cada etapa del proceso se representa por un rectángulo o bloque, que tiene entradas y salidas para indicar el sentido del flujo de los materiales. Sobre cada uno de los rectángulos se suele escribir la operación unitaria que representa.

De esta manera podemos visualizar rápidamente las diferentes líneas de proceso que se tendrán y las interacciones o correlaciones que pueda haber entre ellas, así como los productos que saldrán y las materias primas, materiales o insumos que se requerirán.

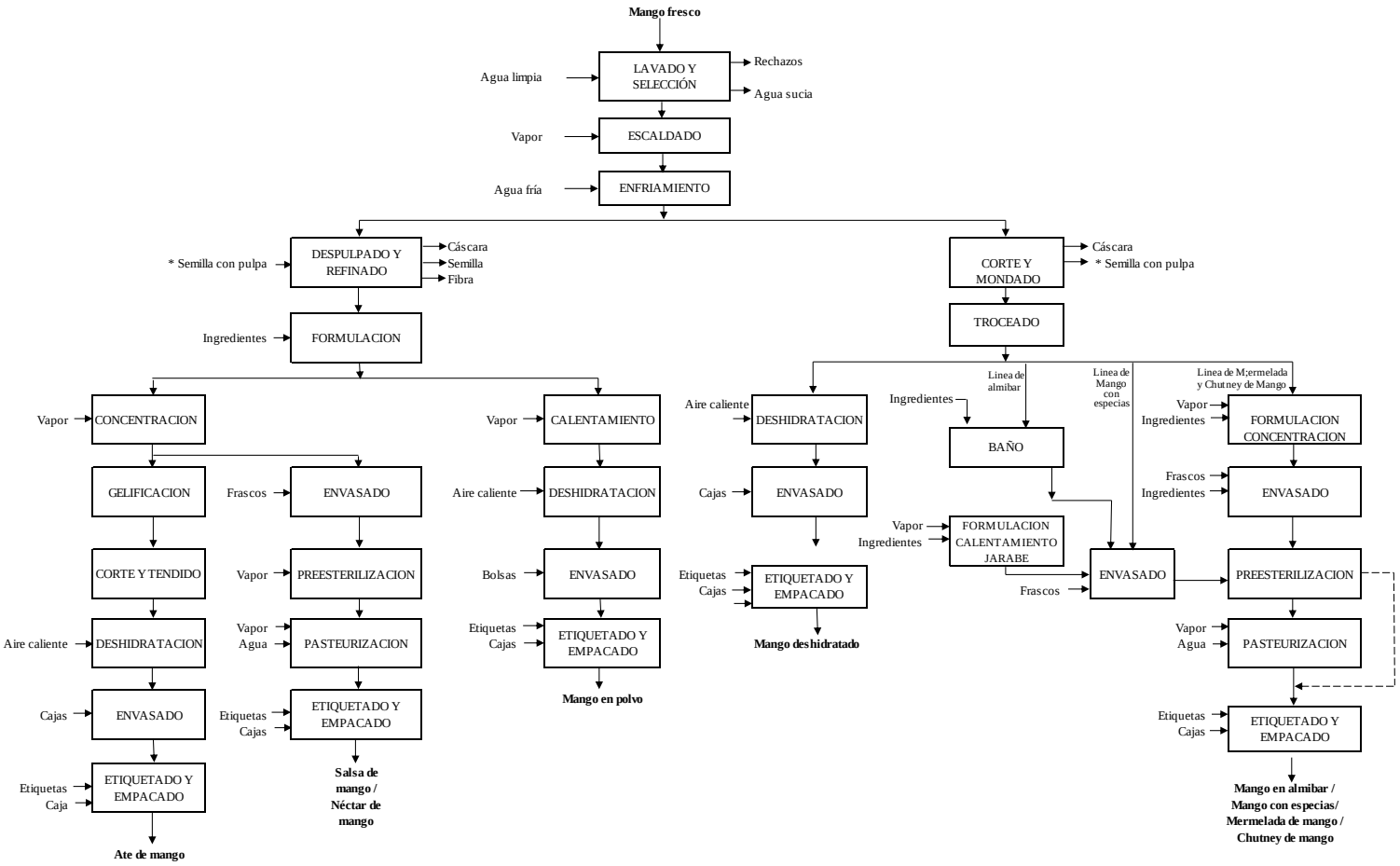



Fig. 4.1. Diagrama de flujo general para el procesamiento de mango

## 4.3.- BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA

Una vez definida la capacidad de la planta y el diagrama de flujo del proceso, se realiza el balance de materia y energía para las líneas de procesamiento de cada producto, el cual se puede realizar tomando de base el diagrama de bloques elaborado y en cada bloque o rectángulo se calculan las entradas y salidas para indicar el sentido y la cantidad de flujo de materia o energía involucradas en cada operación unitaria o etapa del proceso. Si el diagrama de bloques se dibuja sobre una hoja de cálculo electrónica, allí mismo se pueden realizar los cálculos de balance incluyendo las fórmulas que se requieran en las celdas de cálculo. La figura 4.2 muestra un ejemplo de balance sobre el diagrama de bloques de una línea de proceso, para la obtención de mango deshidratado, tomando como base una tonelada de mango a procesar.

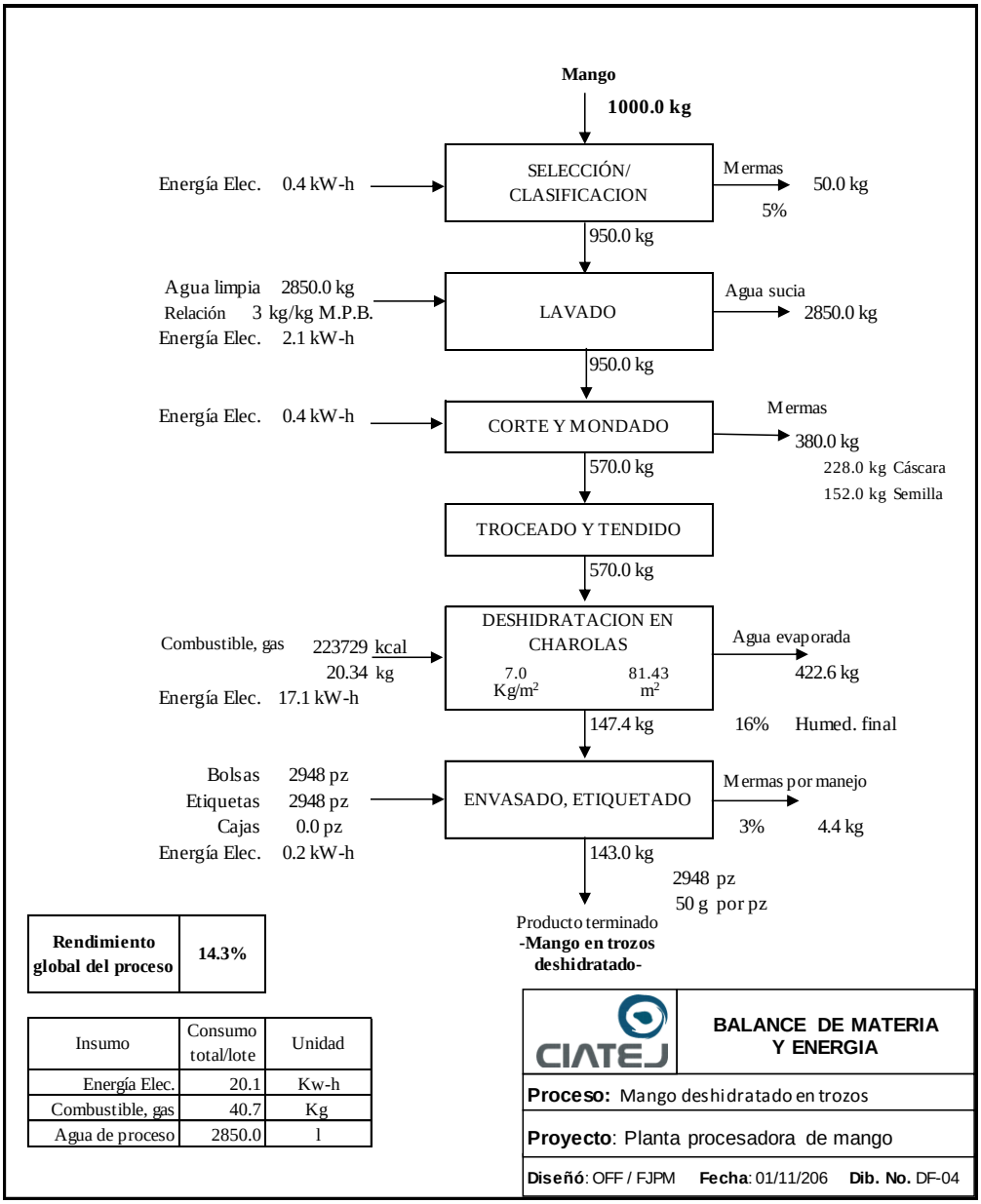



Fig.4.2. Balance de Materia y Energía para linea de deshidratado de mango, base 1 ton de materia prima procesada

## 4.4.- DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

De acuerdo a las etapas de proceso o bloques de operaciones establecidas en el diagrama de flujo de la fig. 4.1, a continuación se describen cada uno de ellos y los equipos de proceso factibles de implementar para integrar cada línea de producción.

i. Cosecha

El carácter estacionario y el corto periodo de cosecha son los obstáculos más importantes para la industrialización del mango, en México el período comprende de febrero a septiembre, dependiendo de la variedad y la región, además de que el precio unitario es flotante, ya que se observan precios altos al inicio y final de temporada.

Como solución a este problema, las plantas industrializadoras son diseñadas generalmente para procesar diferentes frutas, ajustando su esquema de producción dependiendo del calendario estacional de las frutas.

La cosecha de la materia prima normalmente es realizada por el propio productor del campo y es entregada al industrializador bajo especificaciones previamente definidas. En algunas ocasiones la cosecha la puede realizar el industrializador bajo acuerdo con el productor. O puede ser que el industrializador sea a su vez productor y de esta manera controla toda la cadena.

El fruto que es cosechado en los huertos debe tener las características apropiadas para ser procesado, en función del tipo de producto a elaborar. Generalmente debe estar sazón o en el punto de madurez fisiológica, capaz de llegar a elevar su contenido de azucares, transformar su firmeza y color de manera homogénea a niveles que lo hagan comercialmente aceptable. Algunos productos en particular como el chutney, se requiere que el mango sea verde. Los frutos sobre maduros no deben utilizarse, ya que al ser sometidos a los tratamientos térmicos se destruye la textura del producto a elaborar.

La recolección de los frutos en las huertas se realiza manualmente y se coloca en cajas plásticas caladas en las que se transporta hasta la planta procesadora, minimizando su deterioro por golpes. Una práctica común es transportar el fruto a granel, pero el riesgo de daño físico es mayor y atenta contra la calidad de los productos y el rendimiento de producción en la planta procesadora.

ii. Recepción en planta

Al ser recibida la materia prima en la planta se muestrea para inspeccionar su calidad en base a los estándares previamente establecido, ya que la calidad de la misma influye directamente en el rendimiento y calidad del producto. Si la materia prima recibida no cumple con los parámetros de calidad, debe ser rechazada. La materia prima aceptada se procede a pesarla. El tamaño de la báscula dependerá de la capacidad de la planta, pudiendo ser plataformas para producto en cajas y tarima, normalmente de 1 a 2 toneladas, o bien si la planta es de una capacidad grande, en la cual se reciben decenas de toneladas, es muy aconsejable disponer de una báscula de plataforma para camiones, analizando previamente si la inversión es justificable, pudiendo ser una opción contratar el servicio de pesado con algún proveedor que disponga de báscula pública en un lugar cercano a la planta.

El diseño de la planta deberá tomar en cuenta la logística en la recepción de la materia prima para determinar el espacio necesario de almacén temporal y de ser necesario bajo condiciones de temperatura y humedad controlada, si es que no se pudiera procesar inmediatamente la materia prima recibida.

iii. Lavado

El primer paso del procesamiento del mango es el lavado, para separar la tierra y materiales extraños, residuos de pesticidas, y reducir la carga bacteriana presente en los frutos. Además en un fruto limpio se incrementa la eficiencia de los procesos térmicos, pues se parte de una carga microbiana menor a aquella con la que se recibe del campo y se tiene mayor facilidad en la penetración del calor.

El equipo más común para el lavado de frutos, (fig. 4.3.) consta de dos etapas; un lavado por inmersión del fruto y un lavado-enjuague por aspersión. El primero consiste en vaciar el mango en una tina con agua, la cual es agitada por recirculación de ésta o con inyectores de aire. El fruto sale de la tina mediante un transportador donde, de nuevo es lavado por aspersión de agua a presión y además se puede hacer un cepillado del fruto junto con la aspersión. La limpieza del producto se acompaña de desinfectantes donde la eficacia de los diferentes tratamientos depende del tipo y concentración del sanitizante, del tiempo de exposición al mismo, de la naturaleza del microorganismo a remover, del tipo de vegetal a desinfectar, del pH y de la temperatura del agua de lavado (González R.J y col. 2005: FDA, 2001)

El vaciado del mango puede ser manual si la cantidad a procesar es moderada, sin embargo para volúmenes mayores se pueden utilizar volteadores mecánicos para vaciar las cajas sobre la tina con agua de la lavadora.

Fig. 4.3 Lavadora de inmersión-aspersión

iv. Selección

Esta operación permite inspeccionar la materia que se procesará y retirar todo aquel material que no sea apto, por ejemplo detectar y apartar materiales extraños tales como hierbas, cáscaras, mango sobre maduro, inmaduro, defectuoso, magullado, marchito, decolorados, mohosos o cualquier otro defecto que haya sido previamente definido. Normalmente esta operación se lleva a cabo manualmente, mediante la inspección visual y retiro manual del material a desechar por parte de un grupo de operarios que trabajan a los lados de una mesa y por la cual es transportado el material sobre una banda central fig. V.4. Los desechos se pueden colocar en depósitos dispuestos al lado de cada operador o transportarlos mediante una segunda banda dispuesta más arriba de la primera banda (banda de rechazos) que conducirá el material fuera del área de trabajo.

Fig. 4.4 Transportador de inspección y selección con tolvas de rechazos

v. Escaldado

Existen diferentes alternativas para el escaldado de frutas, si las reacciones enzimáticas de un fruto expuesto al aire son rápidas se opta por tratar térmicamente al fruto antes de cortarlo o triturarlo. Este procedimiento se lleva a cabo en tinas de inmersión en agua caliente, o en escaldadora continua de inmersión fig 4.5, depende de la capacidad de la línea.

La finalidad del escaldado del mango para fabricar polvo, ate, néctar y salsa de mango es el de ablandar la cáscara y pulpa para facilitar el despulpado, además el de inhibir la acción enzimática, pues la enzimas naturales reaccionan con el oxigeno dando lugar a pigmentaciones obscuras, decoloración, pérdida de calidad y disminución del valor nutritivo en el producto final. En cuanto a la fabricación de productos con pulpa picada se recomienda realizar un escaldado con agua caliente a 80-90° durante 1 a 3 minutos, dependiendo del grado de madurez y tipo de cáscara. Se recomienda un enfriamiento posterior al escaldado para poder manejar manualmente el fruto (Becerra y Marín, 1975). Para ello se utilizan tanques de enfriamiento con agua corriente y transportador para sacar la fruta o por simple aspersión de agua fría sobre la banda transportadora del fruto.

Fig. 4.5 Escaldadora continua de inmersión

vi. Corte y mondado

Estas operaciones permiten retirar las partes no deseables del fruto como son cáscara, semilla, hoyos, algunos defectos mecánicos o de apariencia, etc. Es una operación manual que puede ser realizada en mesas de trabajo con cubierta de acero inoxidable o en mesas de trabajo con banda similar a las bandas de inspección fig. 4.6

Fig. 4.6 Banda Transportadora

vii. Troceado

Para varios de los productos a elaborar se requiere de una presentación en trozos, como por ejemplo para la elaboración de mango deshidratado, chutney, mango en almíbar, mango con especias y mermelada. Si bien el troceado se puede realizar manualmente con cuchillo, es mejor realizarlo mecánicamente con máquinas rebanadoras o picadoras, lo cual permite un tamaño más uniforme, que favorece la penetración del calor en los procesos térmicos y facilita el llenado de envases. Dependiendo de la capacidad requerida, las máquinas rebanadoras pueden ser semiautomáticas, fig. 4.7-1, por lo regular para capacidades por debajo de 1 tonelada por hora, donde el operador alimenta manualmente las piezas a rebanar (en este caso “lonjas” de mango); o automáticas cuando se procesa más de 1 ton/hr fig.4.7-2 donde las lonjas de mango son alimentadas por un transportador.

Fig. 4.7-1 Picadora semiautomática  Fig. 4.7-2 Picadora automática

viii. Despulpado

Para elaborar mango en polvo, néctar, salsa y ate de mango se requiere preparar una pasta con la pulpa del mango y esto se lleva a cabo en un equipo despulpador, fig. 4.8, donde el mango, ya escaldado, es introducido y mediante paletas, es tallado sobre la pared de un tambor de malla o lámina perforada de acero inoxidable pasando a través de los orificios solo la pulpa que ha sido desmenuzada, separándola así de la cáscara y semilla, que avanzan a lo largo del tambor para ser expulsadas por el extremo final, en tanto que la pulpa que pasó a través de los orificios del tambor, cae sobre la tolva inferior del equipo. Es importante ajustar adecuadamente las paletas que tallan el producto sobre el tambor para evitar que se destruya la corteza fibrosa que cubre a la almendra de las semillas ya que al hacerlo, la almendra puede transmitir un sabor amargo al producto final.

Fig.4.8-1 Despulpador

Fig. 4.8-2 Tambores de criba de los despulpadores: izq. Tipo recto, der. Tipo cónico

ix. Refinación de la pulpa

El principio de operación del equipo para la refinación es similar al del despulpador, de hacer pasar la pulpa de mango a través de un tamiz de un tamaño de orificio menor al utilizado en el despulpado, de manera que sólo permita el paso a la parte pulposa y no de la fibra.

Generalmente esta operación se realiza en dos o tres etapas. En cada etapa el diámetro de la malla es menor, logrando de esta manera una mejor eficiencia y grado de refinación.

El equipo consiste básicamente de un rotor con paletas o rasquetas que impulsan la pulpa contra un estator constituido por la malla tamizante. Estas pueden ser verticales u horizontales y por lo general la malla es intercambiable para ajustar al tamaño de orificio deseado. La dos o tres etapas se ofrecen casi siempre montadas en cascada.

Existen en el mercado diseños vanguardistas que tratan al producto en forma suave para evitar que las partes de semillas y cáscara que vienen con la pulpa se trituren y pasen por la malla. Obviamente las mermas de la refinación suelen ser mayores, pero la calidad de la pulpa también.

x. Formulación

Para diversos productos a elaborar se requiere incorporar algunos otros ingredientes a la pasta de mango, bajo cierta receta o formulación diseñada específicamente para cada producto. Normalmente estas preparaciones se hacen por lotes en un depósito con agitación, con la posibilidad de calentar el producto para mejorar la disolución e incorporación de los ingredientes. Un equipo muy utilizado para ello son las marmitas agitadas, fig. 4.9, por disponer de camisa de calentamiento a vapor y tener una superficie

lisa continua de facial limpieza y factible de adaptar un agitador con paletas de teflón que se ajustan al fondo para tallar continuamente el producto y evitar el sobrecalentamiento en la superficie. Si el producto se concentrará como en el caso de la mermelada, la formulación se hace sobre el propio evaporador que tiene la misa configuración de la marmita en su fondo, pero es completamente cerrado para aplicar vacío y realizar la evaporación a menor temperatura. Esta operación además de la preparación de mermeladas, para la preparación de chutney, salsa, ate, néctar y pulpa a deshidratar para obtener mango en polvo.

Fig. 4.9 Marmita con camisa de vapor y agitador: izq. Agitador de propela; der. Agitador de pared raspada

xi. Concentración

En la concentración se disminuye la humedad de los productos mediante la evaporación parcial del agua contenida en la mezcla y ésta operación se lleva a cabo para la elaboración de productos como mermelada, chutney, salsa, ate, néctar y mango en polvo.

La tecnología existente para la evaporación parte de un mismo principio: calentar el producto hasta ebullición para que se desprenda el agua contenida en forma de vapor. Generalmente, la ebullición se realiza a presión menor a la atmosférica, es decir a vacío, siendo así la temperatura de ebullición menor a 100°C. Aunque el principio es sencillo, existen diversos diseños de los equipos que realizan esta operación, buscando la máxima eficiencia en el consumo de energía.

Cuando los volúmenes de producción no son elevados y por razones de programación de la producción, se suele optar pos sistemas que trabajan en lotes (“batch”), pero la eficiencia energética no se puede esperar alta, porque implica mucha pérdida de calor por lel enfriamiento del sistema entre cada lote de producción., además la dinámica de la operación es diferente a la de un sistema en continuo y el producto puede estar sujeto a otros efectos como puede ser un calentamiento no uniforme y prolongado, que repercute en la calidad del producto. Sin embargo, estos sistemas representan una relativa sencillez de operación. Los coeficientes de transmisión de calor en los evaporadores por cargas tipo bola, fig. 4.10-1, son modestos y por lo tanto los tiempos de evaporación son prolongados.

Los equipos continuos ofrecen una operación más eficiente con ciertas ventajas en cuanto a los fenómenos de transporte y facilitan el cuidado de la calidad del producto. Dada las características de las pulpas de frutas, los diseños más difundidos son fundamentalmente los evaporadores de circulación forzada fig. 4.10-2 a través de intercambiadores de calor tubulares. La ventaja que tiene este diseño es que la ebullición no se lleva a cabo dentro de

los tubos por efectos de la presión hidrostática y por tanto el fenómeno de incrustación de la superficie calentante prácticamente es nulo.

Fig. 4.10-1 Evaporador a vacío por lotes

Fig. 4.10-2 Evaporador de calentador externo

xii. Deshidratación

El proceso de deshidratación del mango consiste en retirar mediante un flujo de aire caliente una cantidad considerable de agua de la pulpa del fruto fresco hasta alcanzar una humedad menor al 7% en la cual el producto ya no es susceptible de pudrición, debido a que la humedad residual no permite el desarrollo de microorganismos.

Para la deshidratación de pulpa en trozos se utiliza un deshidratador, que consiste en una cámara fig. 4.11-1 o túnel fig. 4.11-2 donde se introduce el producto extendido en charolas, que son colocadas sobre góndolas las cuales se introducen en la cámara o túnel de deshidratación. Dentro de la cámara o túnel se hace circular aire caliente que se encarga de secar el producto.

Para la deshidratación del mango en polvo se utiliza un secador de aspersión fig. 4.11-3.que consiste en una cámara de secado, donde se pulveriza la pulpa de mango refinada que entra en contacto con el flujo de aire caliente, donde se evapora rápidamente el agua a causa de la gran superficie específica de las gotas, quedando un producto seco en forma de polvo, el producto que es arrastrado por el aire es separado mediante un separador centrífugo de partículas tipo ciclón.

De esta manera, los productos deshidratados pueden conservarse sin la necesidad de refrigeración, simplemente asegurando que se envasen en un material que no permita el paso de la humedad del medio ambiente hacia el producto, ya que éste la puede absorber fácilmente y deteriorarse.

Los productos deshidratados ofrecen una magnífica alternativa para la conservación de alimentos perecederos ya que no se requiere la adición de conservadores químicos, además de reducir substancialmente el peso del producto, lo cual reduce a su vez el costo de transportación.

Fig. 4.11-1 Cámara de deshidratación

Fig. 4.11-2 Túnel de deshidratación  Fig.4.11-3 Secador de aspersión

xiii. Limpieza de los envases

Los frascos, tapas y envases en general, deben ser inspeccionados y enjuagados con agua caliente a 75°C, sin utilizar jabón, para eliminar cualquier material extraño que pudiera estar presente y reducir la carga bacteriana antes de usarse. Aun cuando muchos proveedores aseguran la sanidad de sus envases, normalmente la logística de su manejo y almacenamiento pueden provocar contaminaciones, por eso es recomendable lavarlos. Los frascos de vidrio se lavan mediante duchas de agua caliente introduciendo los envases invertidos a la cámara de lavado mediante un transportador, fig. 4.12. Este equipo suele integrarse a la línea de envasado.

Fig. 4.12 Lavadora de envases

xiv. Envasado

Los productos como el néctar, chutney, salsa, mermelada, mango en almíbar y mango con especias, se envasan en caliente, cuando el producto tiene como mínimo una temperatura de 75°. Esto ayuda a alcanzar la temperatura de cierre más rápidamente y permite asegurar mínimas cargas microbiológicas presentes en los productos, lo cual facilita su posterior tratamiento de esterilización en su caso, Para evitar el choque térmico del envase de vidrio con el producto caliente, el envase debe estar aún caliente después de salir de la enjuagadora con agua caliente. Los equipos utilizados para el llenado de frascos con líquidos son los que se muestran en la fig.4.13-1 y 4.13-2.

Fig. 4.13-1 Envasadora o

Fig. 4.13-2 Envasadora agregadora de viscosos lineal para líquidos

Los productos que no son fluidos como el ate o el mango deshidratado, son envasados normalmente de forma manual en bolsas de material plástico con las características apropiadas de acuerdo a su presentación comercial. En caso de producciones elevadas que requieran la mecanización de esta operación, habría que diseñar equipos especiales o

adaptaciones a equipos de línea que permitan el manejo específico de cada producto en cuestión.

En el caso del mango en polvo, es envasado en bolsas de papel kraft multicapa recubierta con capacidad que suele ser de 25 kg/bolsa.

xv. Exhaustado

El exhaustado o pre-esterilización de los frascos de vidrio con producto antes de ser cerras con la tapa, consiste en el calentamiento del producto para desplazar el aire ocluido, así como gases intracelulares y los ubicados en el espacio de cabeza antes de cerrar. El aire del el espacio de cabeza es desplazado vapor de agua de manera que al cerrar el frasco y condensarse el vapor de agua, se crea un vacío dentro del mismo que es lo que contribuye a prevenir reacciones de oxidación, que traen como consecuencia perdida de color, sabor y contenido vitamínico del producto, además de permitir una vida de anaquel más prolongada y prevenir la corrosión en la tapa. Esta operación se realiza introduciendo los frascos en un túnel de vapor (también llamado túnel de agotamiento).

El túnel de agotamiento fig. 4.14 consiste en un transportador de tablillas resistentes al calor que acarrea los frascos de vidrio dentro de un túnel en el que se está inyectando vapor vivo, de manera que se mantiene una temperatura de alrededor de 90°C. En el exhaustado es importante cuidar el punto frío que se encuentra en el centro del producto y es la parte que tarda más para alcanzar la temperatura recomendada de 75°C como mínima antes de ser tapado, logrando el vació apropiado para el procesamiento térmico. Esto depende del tamaño del envase, ya que la penetración del calor hasta el centro del producto es básicamente por conducción debido a que se trata de productos pastosos o con sólidos en el

seno del líquido. En base a esto y a la capacidad de producción deseada, se debe calcular la longitud del túnel y velocidad de la banda transportadora.

Fig. 4.14 Túnel de Agotamiento o Exhauster

xvi. Sellado

Los frascos deben cerrarse herméticamente aun estando calientes, para sellarlos y evitar la entrada de aire, obteniendo así un buen vacío. Se debe de hacer lo más rápido posible al salir los frascos de vidrio del túnel de agotamiento. Para esta operación se utiliza una máquina cerradora de frascos, que controla el torque de cierre de la tapa y se coloca normalmente en línea con la banda transportadora de los frascos que provienen del túnel de agotamiento y auxiliándose de una mesa de acumulación de frascos para darle continuidad al proceso.

En el caso de los productos sólidos, el cerrado de las bolsas plásticas se realiza con calor y debe hacerse inmediatamente después de ser llenadas.

xvii. Tratamientos térmicos

En el procesamiento de alimentos se pueden aplicar básicamente dos tipos de tratamientos térmicos para abatir la carga microbiológica: Pasteurización o llenado en caliente (aplicación de calor moderado) y esterilización (aplicación de calor elevado), dependiendo

esto del tipo de producto a envasar.

El pH y la actividad de agua (derivada de su concentración de sólidos) de los alimentos a envasar son factores críticos para la decisión sobre el tratamiento térmico requerido. El pH de 4.6 se ha definido como el límite divisorio entre los alimentos ácidos y alimentos de baja acidez. En los alimentos acidificados, con pH 4.6 o menores, el ácido inhibe a las esporas y el calor moderado es suficiente para destruir todas las bacterias que no forman esporas y todas las formas vegetativas de bacterias. (Gavin A. y Weddig L. 2007). Los dos métodos más comunes de tratamiento térmico moderado para alimentos acidificados son el llenado en caliente y la pasteurización.

Llenado en caliente. En este caso el producto se calienta antes de ser envasado, se le envasa caliente y se sella inmediatamente el envase, invirtiéndolo o inclinándolo para que la tapa reciba también el calor del producto. Dependiendo del producto, debe mantenerse por un tiempo y a una temperatura definidos, para luego enfriarlos. El calentamiento del producto normalmente se logra durante su procesamiento, ya sea formulación, concentración, etc., y se complementa en caso necesario, calentándolo por lotes en tanques agitados con camisa de vapor; o cuando el proceso es continuo, mediante intercambiadores de calor ya sea tubulares o de placas.

Pasteurización. Este método consiste en calentar el producto envasado, mantenerlo caliente cierto tiempo y luego enfriarlo. El procedimiento consiste en colocar el producto en el envase (puede ser estando frío o con cierto nivel de calentamiento), cerrarlo herméticamente y entonces sumergirlo en agua caliente que calienta el envase y su contenido. Este proceso se efectúa durante un determinado período de tiempo a temperaturas específicas según el producto, para asegurar la destrucción de los microorganismos.

La esterilización se utiliza para alimentos con bajo contenido de ácido con pH por arriba de 4.6, las altas temperaturas deben aplicarse para matar las esporas de *C. botulinum* o las esporas de otras bacterias que producen deterior del alimento, por lo tanto, estos alimentos deben procesarse a altas temperaturas y bajo presión. (Gavin A. y Weddig L. 2007)

Los sistemas comerciales utilizados para la esterilización están en tres categorías, por lote, continuo o aséptico, donde el sistema continuo y por lotes se aplica cuando el producto esta previamente envasado y el aséptico se utiliza antes de colocar el producto en el recipiente o envase.

En cualquier caso, en el tratamiento térmico de los productos envasados es muy importante calcular la temperatura y tiempo de tratamiento térmico en base al tiempo necesario para llegar a la temperatura requerida que elimine a los microorganismos patógenos en el punto más frío.

Para los productos que ejemplifican este capítulo no se utiliza la esterilización, solo el método de calentamiento moderado.

Esta operación se puede llevar a cabo en un tanque abierto o autoclave sin presurizar con agua caliente donde se introducen los frascos en canastillas fig. 4.15

Fig. 4.15 Autoclave

xviii. Enfriamiento

Después del tratamiento térmico aplicado a los productos envasados, se deben someter a enfriamiento, que debe ser lo más rápido posible para evitar deterioro en el producto debido a una sobre cocción o degradación de componentes sensibles a la temperatura que podría repercutir en el cambio de color del fruto o en el cambio de su textura, además se evita que se reproduzcan las bacterias termófilas.

El enfriamiento de los frascos se pude llevar a cabo rociando agua a los mismos. En algunas autoclaves automáticas, esta operación puede estar programada dentro del ciclo de esterilización-enfriamiento.

En el caso de productos envasados en frasco de vidrio, la fragilidad de este material al choque térmico no permite llevar a cabo el enfriamiento de manera abrupta, por lo que se debe hacer de manera paulatina rociando agua tibia e ir bajando la temperatura del agua conforme se va enfriando el frasco. Para ello se usan túneles con cortinas de agua que fluye a contracorriente respecto al avance de los frascos.

Existen túneles de pasteurización continua para envases de vidrio con cortinas de agua que incluyen tanto el paso de calentamiento como el enfriamiento.

xix. Etiquetado y empacado

Para la distribución de los productos al consumidor se requiere que cuenten con una etiqueta con la información comercial basada en la normativa y regulaciones de etiquetado vigentes. Actualmente eiste una gran diversidad en los materiales y métodos de impresión y aplicación de etiquetas al envase. Normalmente se recurre a materiales impresos previamente con engomado para su adhesión al envase y la información específica de codificación de cada producto como son fecha de elaboración o caducidad, lote de

producción, códigos de barras, etc., suele aplicarse mediante sistemas electrónicos de impresión a chorro de tinta que imprimen sobre la superficie del frasco o la etiqueta conforme pasa por un transportador que lo conduce hacia el área de empacado.

Para la aplicación de etiquetas e impresión de códigos, es necesario que el envase esté seco. Para ello se pueden utilizar ventiladores o sopladores de aire que aceleran la evaporación del agua que moja al envase.

Los envases ya etiquetados son empacados normalmente en cajas de cartón para su fácil manejo, distribución e identificación. Las cajas pueden ser estibadas sobre tarimas para forman pallets que pueden ser manejados mediante carros montacargas. Los pallets suelen envolverse con película plática (enplayarse) para protegerlos y facilitar su manejo tanto dentro del almacén como durante el transporte para su distribución.

xx. Almacenamiento

El diseño de la planta debe considerar un espacio para el almacenamiento del producto terminado para su posterior distribución. Se considera como una etapa del proceso ya que implica costos que se incluyen en el costo de producción. Cuando los productos requieren cadena de frío para su conservación, deberá considerar almacenes con sistemas de refrigeración para mantenerlos a la temperatura deseada. En el caso de los productos mencionados en este capítulo, los productos no requieren cadena de frío. Sin embargo el almacén debe ser siempre un lugar fresco, seco y sin entrada de luz o radiación solar. El tamaño del almacén se calcula en base al esquema de producción de la planta y al número de días de almacenamiento requerido (inventario de producto). Mientras más desarrollada se tenga la logística de distribución y venta, menores podrán ser los inventarios.

## 4.5.- DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS

En el diseño de las líneas de producción de una planta, resulta sumamente práctico su representación gráfica mediante un diagrama de flujo de procesos, ya que con él se pueden analizar con más detalle los equipos que constituyen las líneas, como se relacionan o interconectan entre sí y que servicios necesitan para su operación.

Las capacidades de los equipos se determinan en base al balance de materia y con ello se seleccionan los que mejor se adapten a la línea de producción.

La figura 4.16 es un diagrama de flujo con todas las líneas de producción a considerar en la planta de procesamiento de mango.

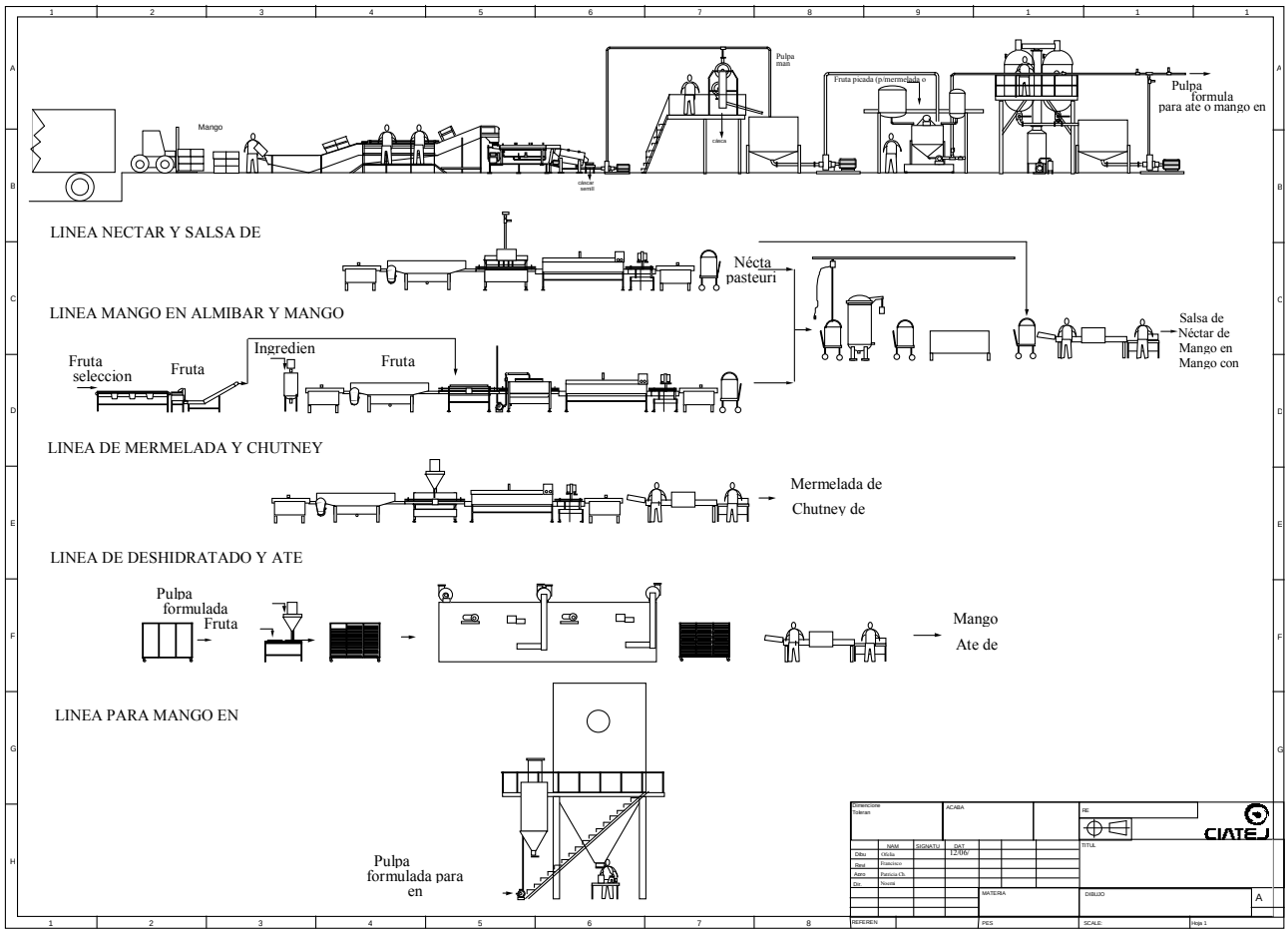



Fig. 4.16 Diagrama de flujo para el procesamiento de mango

## 4.6.- PLANO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Una vez que fueron definidos y seleccionados los equipos para integrar las líneas de producción se hace un análisis de los espacios requeridos para su instalación y la manera en que se acomodarán para darle fluidez y continuidad al proceso, evitando el flujo cruzado de materiales que pudieran generar contaminación cruzada. Se deben definir también los niveles de sanidad requeridos en las áreas que integrarán la planta, de acuerdo al tipo de proceso que se llevará a cabo en cada una de ellas: área sucia o negra, aquella en la que se maneja la materia prima hasta ser lavada, área gris, aquella donde el riesgo de contaminar el producto es moderado y deberá diseñarse el espacio con los acabados adecuados para minimizar ese riesgo, y el área limpia o blanca, donde el producto se maneja expuesto al

ambiente antes de ser envasado y existe alto riesgo de contaminación, por lo que el espacio debe estar debidamente acondicionado para mantener la máxima higiene tanto en el aire del ambiente como en todas las superficies para que sean fácilmente limpiables y se reduzca ese riesgo de contaminación.

En base a este análisis se diseñan los espacios requeridos para la planta, plasmándolo en un diagrama o plano de distribución en planta (lay- out), donde se dibujan los equipos con su vista en planta para ubicarlos adecuadamente, fig.4.17. Con esto se puede definir el tamaño de la nave y el tamaño del terreno requerido para la instalación de la planta, extendiendo el diseño no solamente a las áreas de proceso sino también a las áreas de personal como oficinas, baños, comedor, pasillo, andenes, patio de maniobras, jardines, etc.

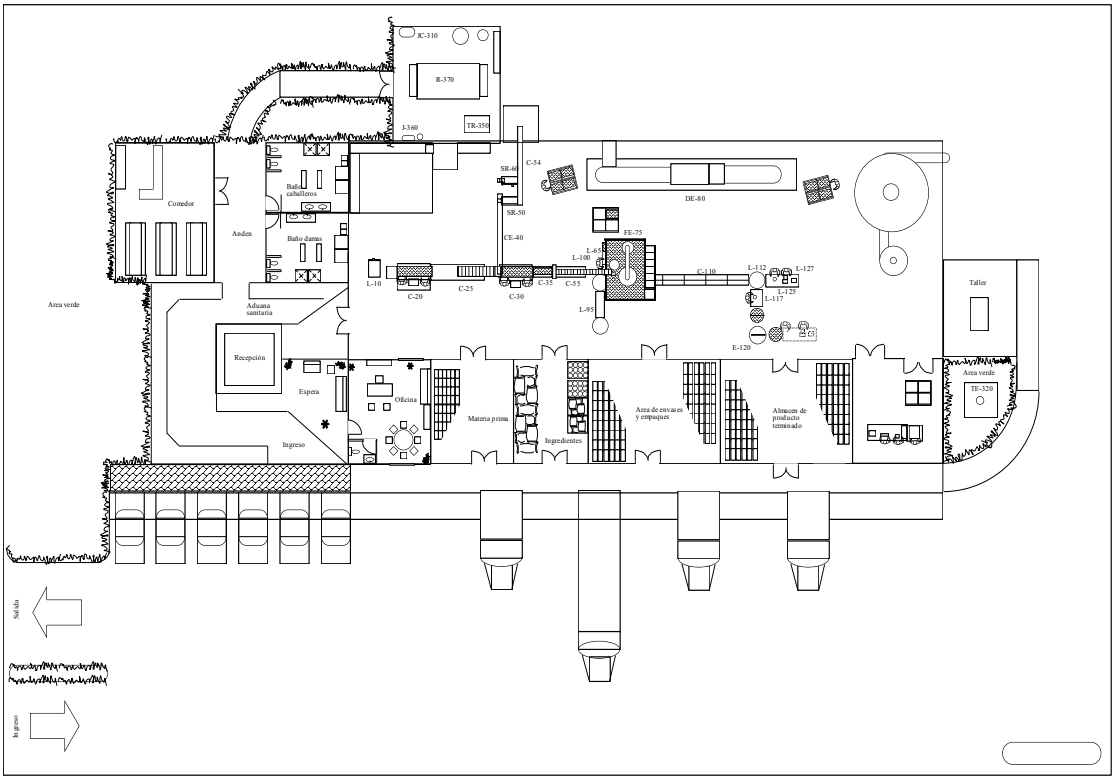



Fig.4.17 Plano de distribución en planta (lay-out)

## 4.7.- EQUIPAMIENTO DE LA PLANTA

Los equipos seleccionados para la planta de acuerdo a la secuencia de los procesos especificada en el diagrama de flujo y sus capacidades requeridas determinadas por los balances de materia y energía, se plasman en una lista con las especificaciones generales que nos permiten indagar las alternativas que ofrezcan diversos proveedores comerciales o que generen las bases para su diseño y fabricación en caso de no existir equipo de línea específico para el requerimiento en particular. Normalmente en un listado de equipos se especifica el tipo de equipo en general, sus dimensiones o capacidad en las unidades comunes y las características especiales importantes de considerar, como el material de construcción, temperatura de operación, presión máxima de operación o potencia eléctrica. Es útil también en la especificación del equipo describir en forma concreta su aplicación o función específica dentro del proceso.

Estas especificaciones nos permitirán presupuestar cada uno de los equipos y generar la estimación del monto de inversión en equipamiento para la planta. El listado de los equipos nos permite también determinar la ponderación que tienen los equipos respecto de su costo y de sus características que los hagan considerarse como parte principal o crítica del proceso.

## 4.8.- REQUERIMIENTO PARA LA OPERACIÓN DE LA PLANTA

Para poder realizar un análisis de costos y evaluación económica del proyecto de instalación de la planta, es importante determinar los requerimientos de insumos para la operación de la planta. En la tabla 4.3 se indican los requerimientos de servicios y mano de obra para la operación de la planta, para cada producto en particular. Los servicios están

considerados por cada 100 kg de materia prima procesada,

Tabla No. 4.3 Requerimiento de servicios y mano de obra

| PRODUCTOS DE MANGO | Capacidad kg(M.P.B)./día | Rendimiento % | No de obreros | Consumibles/100kg M.P.B. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Gas kg | Electricidad kw-h | Agua l |
| Deshidratado | 7961 | 14 | 35 | 4.07 | 1.87 | 285 |
| Ate | 2250 | 88.9 | 10 | 5.81 | 3.03 | 300 |
| Mermelada | 2250 | 88.6 | 7 | 1.42 | 3.32 | 285 |
| Chutney | 2400 | 96.4 | 7 | 1.41 | 3.11 | 285 |
| Almíbar | 7000 | 99.3 | 36 | 2.33 | 3.13 | 285 |
| con especias | 7000 | 122.5 | 36 | 2.65 | 2.98 | 285 |
| Salsa | 4200 | 133.6 | 12 | 1.99 | 4.69 | 285 |
| Néctar | 2640 | 193.9 | 12 | 4.97 | 7.38 | 285 |
| en polvo | 5600 | 11.5 | 8 | 10.45 | 7.87 | 285 |

## 4.9.-BIBLIOGRAFÍA

Mata B. I y Mosqueda V. R.1995, La producción del mango en México, Noriega Editores, pp.135-147

Baltholomai A. 1991, Fabricas de alimentos, Ed. Acribia, pp.27-37

Becerra I. F y Marín P. L. H.,1975, Empaque e industrialización del mango, Comisión nacional de fruticultura, pp.83-105

Ibarz A. y Barbosa C. G.V. 2005, Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos, Ed.

Mundi-Prensa, pp.25-34 y 89-91

Pérez M.F.J., 1992, Proyecto de desarrollo tecnológico y de factibilidad para la instalación de un planta industrializadota de tomate, pp.18-30

Couper J.R, Penney W.R, Fair J.R. y Walas S.M., 2005, Chemical Process Equipment, Second Edition, pp.17-30

Artés H. F. y Artés C. F., 2005, Concepción y ejecución de instalaciones industriales para el procesado mínimo, en: Nuevas Tecnología de Conservación, Ed. Gustavo A. y col, pp.541-554

González R.J. y col, 2005, Sanitizantes utilizados en: Nuevas Tecnología de Conservación, Ed. Gustavo A. y col, pp.263-264

Brennan J.G. y col.1998, Las operaciones de la ingeniería de los alimentos, Ed. Acribia, pp. 321-334

# 5.- ANÁLISIS DE RIESGOS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Ernesto Ramírez Romo
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Unidad de Tecnología Alimentaria, Camino Arenero 1227, Col. El Bajío del Arenal, Zapopan, Jal. C.P. 45019,
tramirez@ciatej.mx

## 5.1- INTRODUCCIÓN

Es fácil ver que cuando una instalación productiva tiene menos defectos, su capacidad productiva es mayor.

En todos los centros de trabajo hay oportunidades para eliminar defectos. A veces son crónicos y llegan a convertirse en parte del medio, siendo necesario utilizar técnicas de análisis de riesgos y otros tipos de estos para hacerlos visibles.

La confiabilidad de una unidad productiva es la garantizar la producción del producto deseado por los clientes en forma segura sin descuidar el medio ambiente.

Cualquier defecto del producto tendrá un efecto negativo sobre la expectativa de los clientes y por consiguiente sobre el futuro o sobrevivencia del negocio.

Todas las estructuras, sistemas y procesos de las diferentes funciones e instalaciones que conforman un negocio, pueden mejorarse eliminando defectos. Si no se toma acción, todos los defectos de la organización, de los equipos y procesos que la componen, terminarán acumulándose, reflejándose en pérdidas productivas.

Todos los defectos, en mayor o menor grado, a corto plazo impactan a la efectividad operacional y cuantos más se puedan eliminar, mejor será la producción, el transporte o la distribución, confiabilidad de la operación, la seguridad de las instalaciones y la capacidad de la planta.

Igualmente importante, es enviar la repetición de estos defectos aplicando medidas preventivas y predictivas.

En otros defectos se requiere de un análisis más profundo y de la participación de un equipo de trabajo multidisciplinario que, junto con el responsable del área, se encargue de la eliminación de estos defectos o fallas, usando para ello el Proceso de Mejora Continua.

El principal objetivo de este capitulo es dar a conocer las técnicas de análisis de riesgo y

medidas de mitigación que se utilizan de manera intensiva y también las que se encuentran con menos frecuencia en el ramo industrial. Otros objetivos son mostrar las bases prácticas de análisis de riesgos y medidas de mitigación, mostrar el planteamiento y definir la función del análisis de riesgos en los procesos de operación.

La ventaja de utilizar estos métodos analíticos es bajar los índices de siniestralidad, riesgos, peligrosidad y sobre todo los incidentes y accidentes.

En la actualidad las empresas transnacionales y de gran tamaño cuentan con la capacidad para la realización de estudios de análisis de riesgos y medidas de mitigación sin embargo es recomendable el realizar un análisis de riesgos para las empresas de menor capacidad.

Existen en el medio una gran variedad de metodologías para efectuar análisis de riegos, pero el uso de ellas debe ser selectivo con el fin de optimizar sus resultados.

Antes de utilizar un método de análisis de riesgos en particular, se deberán analizar sus ventajas y desventajas, preguntándonos invariablemente si darán las respuestas esperadas, en función de la profundidad, tiempo, costo y aplicabilidad de los resultados obtenidos.

## 5.2.- ANTECEDENTES

Existen diversos ejemplos de accidentes que se han suscitado en la industria, debido a la falta de un análisis o programa de prevención de riesgos  s continuación, se citan algunos ejemplos:

1. Bhopal, India 1984, planta productora de insecticidas reportando aproximadamente 3,000 muertos.
2. Chernobyl, Rusia en 1986 reactor nuclear con moderador de grafito reportando 31 muertos.
3. San Juan Ixhuatepec, México en 1984, Terminal de almacenamiento de Gas GLP reportando más de 300 muertos y perdidas por $25,000.00 millones de pesos, entre otras.

(Datos obtenidos de PEMEX y la du pont de Nemours and company Wilmington, Delaware 1998).

## 5.2- METODOLOGÍAS

Los elementos que dan origen a los riesgos presentes en una industria son en términos generales: Materias primas, procesos y tecnología utilizada, productos terminados, comunidad y vecindad, recursos humanos y medio ambiente. La interrelación de estos elementos, por medio de la tecnología utilizada para la detección de riesgos o la tecnología propia de una empresa. La magnitud de los riesgos dependerá de las características particulares de los elementos mencionados y sus interacciones.

El análisis de riesgos puede realizarse a través del "sentido común", pero la complejidad de la tecnología moderna ha hecho que el proceso de análisis sea también complejo, por ello ha sido necesario desarrollar y establecer metodologías sistemáticas de alta confiabilidad, para realizar los diagnósticos de seguridad de los procesos industriales.

Se pueden aplicar algunos métodos de análisis de riesgos: desde el anteproyecto, durante el desarrollo del mismo y hasta la operación diaria de la planta, estos pueden ser:

5.2-1.1. Que pasa si / lista de control (What if/ Chek list). Compara el proceso contra la experiencia, identifica los riesgos de las áreas más grandes, analiza cualitativamente las fallas del sistema.

5.2-1.2. Peligros en la operación (HAZOP). Identifica las desviaciones y da información sobre las posibles fallas y consecuencias, recure a un enfoque con palabras guías tabuladas y aun formato de análisis no cuantitativo.

5.2-1.3. Análisis de modo de falla y defecto,(Failure Mode end Effects Análisis) FMEA. Tabula un análisis para cada componente para señalar las consecuencias posibles, identifica la falla del componente para señalar consecuencias posibles, clasifica los riesgos de acuerdo con su probabilidad y gravedad, analiza en forma limitada las fallas humanas, los componentes faltantes y la perdida de contención.

5.2-1.4. Análisis del Árbol de Fallas. Genera información sobre posibles fallas de los componentes mediante la identificación de las consecuencias, recure a un modelo lógico y determina la posibilidad, ayuda a la toma de decisiones con un análisis cuantitativo de los riesgos.

## 5.3- PAPEL DEL ANÁLISIS DE RIESGOS EN EL PROYECTO

En las diferentes fases del proyecto el análisis de riesgos debe ser conducido con los métodos apropiados ver Fig. (xx).

| | **Datos básicos** | **Alcance de trabajo** | **Diseño de los equipos** | **Arranque y puesta en marcha** |
|---|---|---|---|---|
| What if (Que pasa si) | XXX | XXX | XXX | XXX |
| FMEA (Modo falla y defecto) | | | XXX | XXX |
| HAZOP (Peligros en la operación) | | | XXX | XXX |
| Árbol de fallas | XXX | XXX | XXX | XXX |

Fig. (xx)

## 5.4- ANÁLISIS DE RIESGOS UTILIZANDO EL MÉTODO DE "QUÉ PASA SI / LISTA DE CONTROL" EN CADA UNA DE LAS ETAPAS DEL PROCESO

5.4-1. **Selección de la materia prima**: en esta etapa del proceso se analizará el transportador y sus periféricos.

| **¿Qué pasa si?** | **Causas** | **Consecuencias** | **Acciones para remediarlo** |
|---|---|---|---|
| El nivel de la mesa | -No se considero la | -Posible se resbalen | -Ajustar el tamaño |

| | | | |
|---|---|---|---|
| del transportador es bajo | altura promedio de los operadores.<br>-Mal diseño del equipo.<br>-Motores en movimiento sin guardas | los operadores provocando un accidente al tratar de seleccionar los mangos. | de la mesa a la altura promedio de los operadores |
| No se tiene guarda en la banda de la transmisión del transportador | -Mal de diseño del transportador<br>-Olvido de instalación de la guarda | -Accidente de los operadores al pasar o recargarse en la banda de la transmisión<br>- Cortar parte de un miembro del operador | Colocar un guarda en la banda de la transmisión del transportador. |

5.4-2. **Lavado**: en esta etapa se analizara el transportador y el sistema de lavado.

| **¿Qué pasa si?** | **Causas** | **Consecuencias** | **Acciones para remediarlo** |
|---|---|---|---|
| -No se tiene guarda en la banda de la transmisión del transportador | -Mal de diseño del transportador<br>-Olvido de instalación de la guarda | -Accidente de los operadores al pasar o recargarse en la banda de la transmisión<br>- Cortar parte de un miembro del operador | Colocar un guarda en la banda de la transmisión del transportador. |
| -Nivel de la tina de lavado | -Mal diseño de la tina de lavado | -Posible caída del operador dentro de la tina | -Instalar plataforma y escalera para la maniobra del operador |

**5.4-3. Corte y mondado: en esta etapa se analizara la operación del pelado.**

| **¿Qué pasa si?** | **Causas** | **Consecuencias** | **Acciones para remediarlo** |
|---|---|---|---|
| -No uso del equipo de protección personal | -Accidente en los miembros del operador. | -Posible cortadura en la piel o un pedazo de miembro del operador | -Capacitar al personal operativo el uso de protección personal |
| -Falta de capacitación en el manejo de los utensilios de corte y mondado. | -Accidente en dedos y manos del operador | -Posible accidente en los miembros del operador | -Dar capacitación en el uso de utensilios de cortes y mondado |

5.4-4. **Troceado**: en esta etapa se analizara el equipo de corte

| **¿Qué pasa si?** | **Causas** | **Consecuencias** | **Acciones para remediarlo** |
|---|---|---|---|
| - No funciona los sistemas de seguridad de la máquina de trocear | -Accidente al introducir el producto al cortador | -Corte de parte de la mano del operador | -Elaborar un listado de chequeo del los puntos de seguridad del equipo |

5.4-5. **Escaldado**: en esta etapa se analizara el equipo de escaldado

| **¿Qué pasa si?** | **Causas** | **Consecuencias** | **Acciones para remediarlo** |
|---|---|---|---|
| -No tiene aislante térmico en la línea de vapor y el equipo | - Accidente al abrir la válvula de vapor y calentarse la tubería | - Quemadura de los operadores al maniobrar las válvulas y pasar cerca de las tuberías | -Aislar las tuberías |
| -No tiene válvulas | -Accidente al | -Rompimiento de | Calcular e instalar |

| | | | |
|---|---|---|---|
| de seguridad en la línea de vapor de alimentación al equipo de escaldado | alimentar vapor a presión arriba del diseño de los equipos y líneas | las líneas de vapor y equipos | la válvula de seguridad |
| - Se derrama el agua caliente | -Mal diseño del sistema de escaldado. | -Quemaduras con agua de los operadores | -Diseñar el sistema de escaldado, de tal manera que no haya derrames |

5.4-6. **Despulpado**: en esta etapa se analizara el equipo despulpador

| **¿Qué pasa si?** | **Causas** | **Consecuencias** | **Acciones para remediarlo** |
|---|---|---|---|
| -No tiene sistema de seguridad para paro del equipo | -En el diseño no se contemplo el sistema de seguridad | -Accidente al tratar de introducir el mango con las manos | Instalar un sistema de seguridad para detener el equipo |
| -No tiene guarda en la banda del motor de la transmisión | -Mal de diseño del despulpador<br>-Olvido de instalación de la guarda | -Accidente de los operadores al pasar o recargarse en la banda del motor de la transmisión<br>- Cortar parte de un miembro del operador | Colocar un guarda en la banda del motor de la transmisión del despulpador. |

5.4-7. **Formulación y concentración**: en esta etapa se analizara el equipo de concentración (marmita o evaporador con agitador)

| **¿Qué pasa si?** | **Causas** | **Consecuencias** | **Acciones para remediarlo** |
|---|---|---|---|
| -No tiene válvulas de seguridad en la | -Accidente al alimentar vapor a | -Ruptura de equipo y apertura de la | -Calcular e instalar la válvula de |

| | | | |
|---|---|---|---|
| línea de vapor y en el equipo | los equipos y líneas de vapor | válvula de seguridad de vapor | seguridad adecuada |
| -No tiene válvula reguladora de presión | -Accidente al alimentar vapor con presión arriba del diseño de operación | - Posible rompimiento en la chaqueta de vapor del equipo | -Considerar en diseño una válvula reguladora de presión |
| -No tiene aislante térmico en la línea de vapor y el equipo | - Accidente del operador al abrir la válvula de vapor y al estar cerca del equipo y la tubería | - Quemadura de los operadores al maniobrar las válvulas y estar cerca de las tuberías | -Aislar las tuberías |
| -Mal instalación de las tuberías de vapor | -Mal diseño de de las tuberías de vapor en el diseño de instalación | - Accidente en la operación de las líneas de vapor. | - Considerar en el diseño la trayectoria de las tuberías de vapor |

5.4-8. **Limpieza de los envases**: En esta etapa se analizara las tuberías de vapor

| **¿Qué pasa si?** | **Causas** | **Consecuencias** | **Acciones para remediarlo** |
|---|---|---|---|
| -No tiene válvulas de seguridad en la línea de vapor | -Accidente al alimentar vapor a las tuberías | -Rompimiento de las líneas vapor y equipo. | -Calcular e instalar la válvula de seguridad adecuada sobre la presión de operación |
| -No tiene aislante térmico en la línea de vapor y el equipo | - Accidente del operador al abrir la válvula de vapor y al estar cerca del equipo y la tubería | - Quemadura de los operadores al maniobrar las válvulas y estar cerca de las tuberías | -Aislamiento de las tuberías y equipos |
| -No tiene válvula | -Accidente al | - Posible | -Considerar en |

| | | | |
|---|---|---|---|
| reguladora de presión | alimentar vapor con presión arriba del diseño de operación | rompimiento en las líneas y chaqueta de vapor del equipo | diseño una válvula reguladora de presión. |
| -Mal instalación de las tuberías de vapor | -Mal diseño de de las tuberías de vapor en el diseño de instalación | - Accidente en la operación de las líneas de vapor. | - Considerar en el diseño la trayectoria de las tuberías de vapor |

5.4-9. **Envasado**: En esta etapa se analizara la envasadora

| **¿Qué pasa si?** | **Causas** | **Consecuencias** | **Acciones para remediarlo** |
|---|---|---|---|
| -No tiene válvulas de seguridad en la línea de vapor | -Accidente al alimentar vapor a las tuberías | -Rompimiento de las líneas vapor y equipo. | -Calcular e instalar la válvula de seguridad adecuada sobre la presión de operación |
| -No tiene aislante térmico en la línea de vapor y el equipo | - Accidente del operador al abrir la válvula de vapor y al estar cerca del equipo y la tubería | - Quemadura de los operadores al maniobrar las válvulas y estar cerca de las tuberías | -Aislamiento de las tuberías y equipos |
| -No tiene válvula reguladora de presión | -Accidente al alimentar vapor con presión arriba del diseño de operación | - Posible rompimiento en las líneas y chaqueta de vapor del equipo | -Considerar en diseño una válvula reguladora de presión. |
| -Mal instalación de las tuberías de vapor | -Mal diseño de de las tuberías de vapor en el diseño de instalación | - Accidente en la operación de las líneas de vapor. | - Considerar en el diseño la trayectoria de las tuberías de vapor |

5.4-10. **Exhaustado**: En esta etapa se analizara las entradas de vapor.

| ¿Qué pasa si? | Causas | Consecuencias | Acciones para remediarlo |
|---|---|---|---|
| -No tiene válvulas de seguridad en la línea de vapor | -Accidente al alimentar vapor a las tuberías | -Rompimiento de las líneas vapor y equipo. | -Calcular e instalar la válvula de seguridad adecuada sobre la presión de operación |
| -No tiene aislante térmico en la línea de vapor y el equipo | - Accidente del operador al abrir la válvula de vapor y al estar cerca del equipo y la tubería | - Quemadura de los operadores al maniobrar las válvulas y estar cerca de las tuberías | -Aislamiento de las tuberías y equipos |
| -No tiene válvula reguladora de presión | -Accidente al alimentar vapor con presión arriba del diseño de operación | - Posible rompimiento en las líneas y chaqueta de vapor del equipo | -Considerar en diseño una válvula reguladora de presión. |
| -Mal instalación de las tuberías de vapor | -Mal diseño de de las tuberías de vapor en el diseño de instalación | - Accidente en la operación de las líneas de vapor. | - Considerar en el diseño la trayectoria de las tuberías de vapor |
| -Se rompen frascos dentro de la cámara de vapor | - Atorarse los frascos de vidrio en las tablillas de la banda de la cámara | -Accidente de cortadura de una parte de la mano al tratar de desatorar los frascos. | -Diseñar adecuadamente las bandas |

5.4-11. **Sellado**: En esta Etapa se analizara la operación

| ¿Qué pasa si? | Causas | Consecuencias | Acciones para remediarlo |
|---|---|---|---|
| -Si toma el frasco con la mano el | -Quemaduras en mano del operador | -Accidente por quemaduras con | -Utilizar guantes aislantes de calor |

| | | | |
|---|---|---|---|
| operador | | frascos y bolsas | |

5.4-12. **Esterilización:** En esta etapa se analizara las líneas de vapor y autoclave

| **¿Qué pasa si?** | **Causas** | **Consecuencias** | **Acciones para remediarlo** |
|---|---|---|---|
| -No tiene válvulas de seguridad en la línea de vapor | -Accidente al alimentar vapor a las tuberías | -Rompimiento de las líneas vapor y equipo. | -Calcular e instalar la válvula de seguridad adecuada sobre la presión de operación |
| -No tiene aislante térmico en la línea de vapor y el equipo | - Accidente del operador al abrir la válvula de vapor y al estar cerca del equipo y la tubería | - Quemadura de los operadores al maniobrar las válvulas y estar cerca de las tuberías | -Aislamiento de las tuberías y equipos |
| -No tiene válvula reguladora de presión | -Accidente al alimentar vapor con presión arriba del diseño de operación | - Posible rompimiento en las líneas y equipo | -Considerar en diseño una válvula reguladora de presión. |
| -Mal instalación de las tuberías de vapor | -Mal diseño de de las tuberías de vapor en el diseño de instalación | - Accidente en la operación de las líneas de vapor. | - Considerar en el diseño la trayectoria de las tuberías de vapor |
| -Se rompen frascos dentro de la autoclave | - Atorarse los frascos de vidrio en las canastillas de la autoclave | -Accidente de cortadura de una parte de la mano al tratar de desatorar los frascos. | -Diseñar adecuadamente las canastillas |

5.4-13. **Datos** de seguridad para ingredientes peligrosos utilizados durante el proceso

| | **Presentación** | **Datos físico químicos** | **Datos Toxicológicos** | **Información de seguridad** | **Número HS almacén /transporte** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Goma** | Frasco Plástico 1 Kg. Polvo | pH 5.0 (100 g/l, $H_2O$, 20º C) | LD 50 oral DL 50 oral rata > 16000mg/Kg. | Ligeramente irritante<br>No contaminante de agua | 1301 20 00<br>Sustancia sólida |
| **Vinagre (Ácido Acético)** | Granel líquido | pH 2.5 (20 g/l, $H_2O$, 20º C)<br>Punto de fusión -25ºC.<br>Limite de explosión 4-19.9 Vol. % (acético) | LD 50 oral DL 50 oral rata 3310 mg/Kg.<br>LD 50 dérmica<br>DL 50 dermal conejo 1060 mg/Kg | Poco contaminante del agua.<br>Corrosivo<br>En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata con abundante agua y acuda a un medico.<br>Use mandil, guantes de hule y protección para ojos y cara.<br>En caso de contacto con la piel o malestar en las vías respiratorias acuda al medico | 2915 21 00<br>Sustancia no combustible, corrosiva |
| **Benzoato de sodio** | Saco de 25 Kg | pH 9.0 (100g/l, $H_2O$, 20 ºC | LD 50 DL 50 oral rata 3140 mg/Kg | Poco contaminante del agua.<br>Temperatura de ignición >500º C, inflamabilidad >100º C . | 2616 31 00<br>Sustancia sólida |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | En caso de contacto con la piel o malestar en las vías respiratorias acuda al medico | |
| **Ácido Cítrico** | Saco de 25 Kg | pH 3.0 (2 g/l, $H_2O$ 20º C) | Toxicidad aguda. En inhalación de las mucosas, tos y dificultad para respirar, enviar al paciente l aire fresco. | Tras irrita de ojos limpiar con abundante agua. En contacto con la piel limpiar con abundante agua y eliminar la ropa. Tras inhalación aire fresco. Manejo con guantes de hule y protección de los ajos con gogles | Número *CAS*: 77-92-9 |

# 6.- INOCUIDAD EN PRODUCTOS FRESCOS Y PROCESADOS DE MANGO

Elsa Leticia Ramírez Cerda[1], Claudia Alvarado Osuna*[2]

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco [1]Servicios Analíticos y Metrológicos, Av. Normalistas 800, Colinas de la Normal, Guadalajara, Jal. [2]Unidad de Biotecnología Industrial, Camino al Arenero 1227, El Bajío del Arenal, Zapopan, Jal. * calvarado@ciatej.mx

## Introducción

Una dieta rica en frutas y hortalizas frescas es percibida por los consumidores como importantes para mantener una buena salud y nutrición. Algunos gobiernos han incrementado sus campañas a favor del consumo de productos naturales frescos como: “cinco al día” (México y Reino Unido) y “nueve al día” (Estados Unidos y Canadá), lo que ha incrementado su consumo en todo el mundo.

La calidad e inocuidad de estos productos, así como su conservación están en función de ciertas condiciones que pueden presentarse antes, durante y después de la cosecha. Las cadenas de exportación han visto la necesidad de controlar y mejorar continuamente la calidad e inocuidad de estos productos para poder mantener y expandir sus mercados, aplicando y manteniendo procedimientos para garantizar la producción de alimentos inocuos como buenas prácticas agrícolas (BPA), buenas prácticas de manufactura o el sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP). Sin embargo, los productos frescos en ocasiones pueden ser una fuente de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) las cuales se derivan de un manejo inadecuado tanto en la producción primaria como en el empaque. Dado que estos productos no se cocinan, se consumirá todo lo que esté presente, esto incluye microorganismos que se pudieran introducir por abono orgánico, el agua utilizada para el riego o el lavado, de las manos de las personas que recogen el producto, los contenedores y vehículos utilizados para almacenar y transportar la

misma. Así como los agroquímicos utilizados durante los cultivos para el control de plagas y enfermedades.

Entre los factores de riesgo clave que impactan a la inocuidad de las frutas se encuentran:

• Si los productos se cultivan en o cerca del suelo

• Si los productos tienen la piel comestible

• Si el producto se consume generalmente sin cocer

• El uso de agroquímicos

• La presencia de ganado en los lugares de cultivo

• La calidad del agua utilizada durante la producción y post-cosecha

• La salud e higiene de los trabajadores que participan en la cosecha y post-cosecha

• El control durante el transporte, manipulación y almacenamiento

En este capítulo se describen los agentes de riesgo que pueden tener impacto en el mango fresco y mango procesado. Los brotes asociados a su consumo y las principales medidas de control en campo, empaque y proceso.

## 6.1.- INOCUIDAD DE MANGO FRESCO

México forma parte de los principales países exportadores de mango en el mundo. Se cultivan diferentes variedades de mango: Haden, Kent, Keitt, Tommy Atkins, Ataulfo, en diversas condiciones geográficas, utilizando distintos insumos, tecnologías agrícolas y en explotaciones agrícolas de diferentes dimensiones, por lo tanto los peligros biológicos, químicos y físicos pueden variar considerablemente. El mantener la posición de exportador dependerá en gran medida del cumplimiento de buenas prácticas agrícolas y de manejo que aseguren la inocuidad el producto, el cumplimento de requisitos de sanidad y calidad que los países importadores exigen.

Para asegurar la inocuidad del alimento, en cada uno de los eslabones de la cadena productiva es necesario implementar acciones que ayuden a prevenir y controlar la presencia de posibles peligros químicos, microbiológicos, físicos o radiológicos que pudieran incorporarse de manera no intencional durante su proceso productivo. Una alternativa para lograrlo es implementando un sistema de gestión de inocuidad de

alimentos. Aunque todos los sistemas tienen el mismo objetivo que es garantizar alimentos inocuos, las guías en las que se basa la premisa son dispersas y diferentes. La selección del sistema adecuado para cada empresa es un reto que deben resolver los empresarios, quienes en la mayoría de las ocasiones se enfrentan al desconocimiento y desinformación sobre los códigos de inocuidad y tornando la decisión en un conflicto.

En México el Programa de Exportación de Mango a los Estados Unidos de América es operado bajo el acuerdo U.S. Department of Agriculture (USDA), Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS), y el SENASICA. Para ellos los huertos se deben registrar y verificar que cumplan con lo previsto en el Plan de Trabajo para el tratamiento y certificación de mangos mexicanos. Más del 90 % de las exportaciones se realizan por conducto de la Asociación de empacadoras de mango para exportación (EMEX), asociación civil con reconocimiento oficial, quien ha documentado y proporcionado a sus miembros una serie de herramientas (Manual de procedimientos, manual de buenas prácticas de manufactura, manual de puntos críticos de control y normas técnicas de competencia laboral) para el control y reducción de riesgos (http://www.mangoemex.com/).

### *6.1.1.-Peligros Biológicos*

El peligro biológico representa el mayor riesgo a la inocuidad de los alimentos, incluyen organismos como bacterias, virus y parásitos. Estos microrganismos están frecuentemente asociados a manipuladores, están naturalmente presentes en el ambiente donde los alimentos se producen y son frecuentes en productos crudos como las frutas. Son importantes por causar enfermedades (al hombre, animales y plantas), clasificándose las bacterias como patogénas (causantes de enfermedades infecciosas) o toxinogénicas (productoras de toxinas), las cuales son controladas en el producto, otras pueden ser responsables del deterioro requiriendo también su control por la parte de calidad o las fitopatógenas en el caso del mango por causar problemas en los huertos.

El Centro para la Ciencia en el Interés Público (CSPI, por sus siglas en inglés) reportó en el 2014 que las frutas y hortalizas frescas se encuentran como el segundo grupo de alimentos que causó más brotes de ETA. Los patógenos identificados de ese periodo fueron norovirus, *Salmonella*, *E. coli* patógena, *Clostridium*, *Campylobacter*, *Bacillus* y

*Staphylococcus* (CSPI, 2014). En la **Tabla 1** se resumen los agentes biológicos que han sido causantes de ETA en Estados Unidos de América en los últimos 10 años. Con respecto a los brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos ocasionados por el consumo de mango fresco contaminado con *Salmonella* en 2012, la Agencia Canadiense de Inspección de Alimentos de Canadá (CFIA por sus siglas en inglés), emitió alerta por la supuesta contaminación de mango fresco mexicano con *Salmonella* Braenderup, como consecuencia el gobierno mexicano analizó el caso a través de la SAGARPA y publicó una serie de documentos para reducir los riesgos de contaminación biológica durante la producción primaria de mango (Sagarpa, 2012) Este microorganismo tiene la capacidad de internalizarse en la fruta y cuando esto ocurre no existe ningún método convencional de descontaminación.

En la **Tabla 2** se describen algunas alertas sanitarias o retenciones de mango o sus productos en Estados Unidos de Américas en dos años, ocasionadas por contaminación microbiana o peligros físicos.

**Tabla 1.** Agentes biológicos causantes de ETA por el consumo de frutas, incluyendo mango en Estados Unidos de América 2008-2016

| Producto | Lugar (país) | Año | Agente causal | Impacto | Procedencia | Fuente | Disponibilidad de consulta |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jitomates | E.U.A | 2008 | *Salmonella* Typhimurium | 183 casos, 22 hospitalizados, ningun fallecimiento | No se conoce el origen exacto | CDC, 2008 | http://www.cdc.gov/salmonella/2006/tomatoes-11-2006.html |
| Papaya fresca | E.U.A | 2011 | *Salmonella* Agona | 106 individuos infectados, 10 hospitalizados, ningun fallecimiento | México | CDC, 2011 | http://www.cdc.gov/salmonella/2011/papayas-8-29-2011.html |
| Melón Cantaloupe fresco | E.U.A | 2011 | *Salmonella* Panama | 20 individuos | Guatemala | CDC, 2011 | http://www.cdc.gov/salmonella/2011/cantaloupes-6-23-2011.html |
| Mango fresco | E.U.A | 2012 | *Salmonella* Braenderup | 127 personas infectadas, 33 hospitalizadas, ningun fallecimiento | Sinaloa, México. | CDC, 2012 | http://www.cdc.gov/salmonella/braenderup-08-12/index.html |
| Mango fresco | Canadá | 2012 | Salmonella Braenderup | 23 casos | Sinaloa, México. | CFIA, 2012 | http://www.phac-aspc.gc.ca/fs-sa/phn-asp/osm-esm-eng.php |
| Melón Cantaloupe fresco | E.U.A | 2012 | *Salmonella* Typhimurium y *Salmonella* Newport | 261 individuos infectados, 94 reportes de hospitalización, 3 fallecimientos | Owensville, Indiana | CDC, 2012 | http://www.cdc.gov/salmonella/typhimurium-cantaloupe-08-12/index.html |
| Fresa, mango, jugo de naranja | 14 países de la Unión Europea | 2013 | Hepatitis A | 107 casos | Enfermos presentaron síntomas a su regreso de viajar a Egipto | ECDC, 2013 | http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=21018 |
| Fresa congelada | E.U.A | 2016 | Hepatitis A | 131 individuos infectados, 52 hospitalizados, ningun fallecimiento | Egipto | CDC, 2016 | http://www.cdc.gov/hepatitis/outbreaks/2016/hav-strawberries.htm |
| Fresa congelada | Países nórdicos | 2012-2013 | Hepatitis A | 103 casos reportados | No se conoce el origen exacto | ECDC, 2013 | http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=20520 |

Los programas de inocuidad y calidad están diseñados para ayudar a minimizar riesgos de contaminación estableciendo para ese fin, controles para los peligros físicos, químicos y biológicos. Dentro de las medidas de control para prevenir o reducir la contaminación microbiológica en la producción y cosecha de mango fresco y que se recomienda evaluar al menos una vez por ciclo de producción se encuentran:

- Limpieza y desinfección de superficies de contacto no vivas (cajas de campo, contenedores de fruta, herramientas de corte, guantes, paredes interiores de depósitos de agua para consumo, como mínimo). Una vez que se han aplicado las acciones de higiene y desinfección aplicables, deben demostrar ausencia de Coliformes fecales, *Salmonella* spp y *Escherichia coli.*
- Lavado y desinfección de manos de trabajadores. Los indicadores a evaluar son *Salmonella* spp y *Escherichia coli.*, los cuales deben estar ausentes después de la higienización.

- Agua para uso y consumo humano a las que se les haya aplicado un tratamiento preventivo. Los resultados deben demostrar la ausencia de organismos coliformes fecales.
- Frutos cosechados sobre los cuales se deberá demostrar la ausencia de organismos patógenos *Salmonella* spp y *Escherichia coli.*

**Tabla 2** Retenciones en frontera norteamericana o alertas sanitarias ocasionadas por mango o sus productos 2012-2014.

| Producto | Lugar | Año | Motivo | Procedencia | Fuente | Documento de consulta |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mango | E.U.A | 2012 | Contaminación microbiana | Sonora, México | FDA, 2012 | http://www.fda.gov/Safety/Recalls/ucm317463.htm |
| Mango | E.U.A | 2014 | Contaminación microbiana | San Francisco, California | FDA, 2014 | http://www.fda.gov/Safety/Recalls/ucm396074.htm |
| Mango | Canadá | 2012 | Contaminación microbiana | Sonora, México | CFIA, 2012 | http://www.inspection.gc.ca/about-the-cfia/newsroom/food-recall-warnings/complete-listing/2012-08-31/eng/1355956869869/1355956869900 |
| Jugos de fruta (incluído mango) | Canadá | 2012 | Contaminación física (fragmentos de cristal) | Ontario, Canadá | CFIA, 2012 | http://www.inspection.gc.ca/about-the-cfia/newsroom/food-recall-warnings/complete-listing/2012-03-16b/eng/1357586659253/1357586659284 |
| Helados (incluído mango) | Canadá | 2014 | Contaminación microbiana | Columbia Británica, Canadá | CFIA, 2014 | http://www.inspection.gc.ca/about-the-cfia/newsroom/food-recall-warnings/complete-listing/2014-03-20/eng/1395377652773/1395377672498 |

### *6.1.2.- Riesgos químicos*

Dentro de los mercados importantes para exportar mango se encuentra Estados Unidos, Japón y la Unión Europea, cada uno de ellos con particularidades y normativas propias. En lo que respecta a las medidas cuarentenarias (restricciones sobre plagas y enfermedades), se han definido ingredientes activos definidos y se han establecido límites máximos de residuos para proteger a los consumidores de riesgos por intoxicación de residuos de plaguicidas utilizados en las plantaciones de mango o en la post-cosecha.

La Comisión europea ha definido como “residuos” trazas que dejan los pesticidas en los productos tratados y “plaguicidas” a las sustancias que impiden, destruyen o controlan

un organismo nocivo (plaga) o una enfermedad o protege a las plantas o productos vegetales durante la producción, el almacenamiento y el transporte. El término incluye, entre otros: herbicidas, fungicidas, insecticidas, acaricidas, nematicidas, molusquicidas, rodenticidas, reguladores del crecimiento, repelentes y biocidas.

El reporte anual de plaguicidas año fiscal 2013 emitido por la FDA resume los resultados del contenido de residuos de plaguicida de alimentos producidos dentro de Estados Unidos o los productos importados. En cuanto a los productos importados, el rango de violación total de los artículos muestreados fue del 12.6 %, comparado con el 2.8 % de las mercancías nacionales. Este porcentaje va en aumento significativo desde 2009, debido a los cambios en el uso y la naturaleza de plaguicidas, factores biológicos de las plagas o la temporada de producción y cosecha, por lo que FDA está tomando nuevas medidas preventivas, de control y análisis. Para el caso de los productos importados mexicanos, se muestrearon 2,361 productos, con una tasa de violación del 9.2 %. Se muestrearon 69 muestras de mango de las cuales el 10.1 % presentó violación de residuos de plaguicidas. Aunque varios productos presentaban violación, no significaban un riesgo a la salud, por lo que la FDA sólo emitió multas o sanciones, además de advertencias para las nuevas exportaciones.

En este ámbito, para el caso específico de la fruta producida e importada por los Estados Unidos, la FDA reportó una alta prevalencia de muestras positivas no violatorias (80.3%) ver **Figura 1,** contra 37% de sus importaciones (FDA, 2013). Las muestras con cantidades violatorias de plaguicidas permanecen por abajo del 10%.

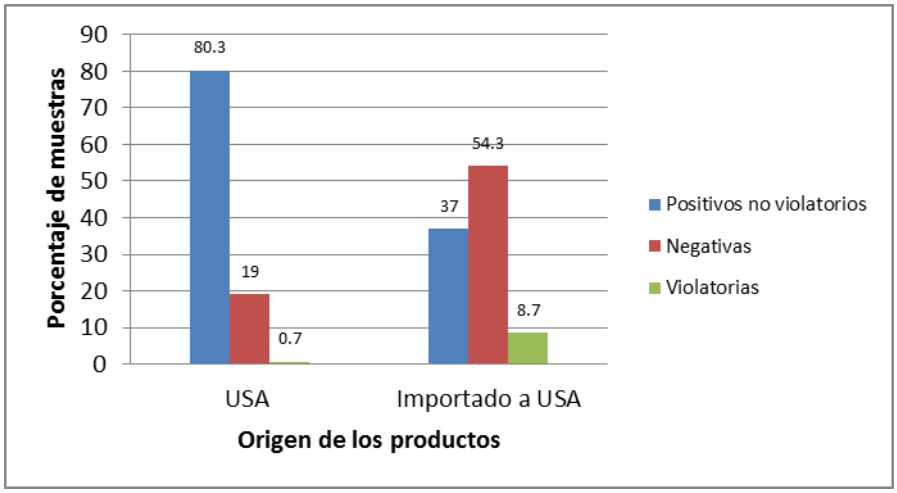



**Figura 1.** Prevalencia de aparición de residuos de plaguicidas en frutas, en la producción interna de USA y las importaciones a dicho país.

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) reportó los resultados del análisis de plaguicidas realizado en el 2014 para 8542 muestras de frutas y hortalizas, siendo el 23 % de ellas de importación, donde solo el 0.36 % presentaron resultados por arriba de niveles de tolerancia establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés). Este documento confirma una vez más que los residuos de plaguicidas no son un problema de seguridad alimentaria de los Estados Unidos, con niveles de residuos de plaguicidas suficientemente bajos como para no suponen ningún riesgo para la salud, incluso para los bebés y los niños.

Analizando en particular los resultados de plaguicidas para frutos, La **Tabla 3** muestra algunos residuos de plaguicidas cuantificados en mango en años previos dentro del mismo programa, teniendo como origen productos importados cultivados convencionalmente.

**Tabla 3.** Residuos de plaguicidas encontrados en mango. Programa de datos de la USDA (PDP, 2005, 2008, 2012).

| Pesticida | Frecuencia | Toxicidad* | Concentración (µg/100 g) | Tipo de cultivo/origen |
|---|---|---|---|---|
| Thiabendazole | 15.9% | 1,2 | 5.6 – 28.0 | Convencional/importado |
| Azoxystrobin | 3.4% | | 0.8 – 110 | Convencional/importado |
| Carbendazim (MBC) | 3.1% | 1, 3, 6 | 0.05 – 3.1<br>0.3 – 3.9 | Convencional/importado<br>Orgánico/importado |
| Omethoate | 0.9% | 4,6 | 0.02 -2.4 | Convencional/importado |
| Chlorpropham | 0.6% | 3 | 0.04 -6.4 | Convencional/importado |
| Endosulfan sulfate | 0.6% | | 0.003 – 3.5 | Convencional/importado |
| Dimethoate | 0.6% | 1,2,3,4,6 | 0.05 – 13.0 | Convencional/importado |
| Imidacloprid | 0.3% | 3 | 0.4 – 1.8 | Convencional/domestico |
| Endosulfan I | 0.3% | 6 | 0.002 – 2.5 | Convencional/importado |
| Chlorpyrifos | 0.3% | 3,4 6 | 0.002 – 2.5 | Convencional/importado |
| Malathion | 0.3% | 1, 3,4,6 | 0.004 -1.3 | Convencional/importado |

*Nota:*Toxicidad para humanos*: 1 Conocido o probable cancerígeno; 2 Toxicidad reproductiva o del desarrollo; 4 Neurotóxico; 6 Sospechoso disruptor hormonal *Toxicidad ambiental*: 3 Tóxico para abejas

La base de datos de plaguicidas europeos ha establecido para algunos de estas sustancias los siguientes niveles (**Tabla 4**) en base al anexo regulaciones permitidas para estos compuestos en mango. Estas especificaciones están siendo continuamente revisadas en función de los resultados de estudios de toxicidad y el desarrollo de métodos analíticos más sensibles.

**Tabla 4**. Niveles máximos de residuos establecidos para algunos plaguicidas en mango por la Comisión Europea.

| Plaguicida | Legislación | Fecha de aplicación | Nivel máximo de residuo (mg/kg) |
|---|---|---|---|
| Azoxystrobin | Reg. (EU) 2015/1040 | 01/07/2015 | 0.7 |
| Carbendazim and benomyl (sum of benomyl and carbendazim expressed as carbendazim) (R) | Reg. (EU) No 559/2011 | 11/06/2011 | 0.5 |
| Dimethoate (sum of dimethoate and omethoate expressed as dimethoate) | Reg. (EC) No 1097/2009 | 17/11/2009 | 0.02* |
| Endosulfan (sum of alpha- and beta-isomers and endosulfan-sulphate expresses as endosulfan) (F) | Reg. (EU) No 310/2011 | 01/04/2011 | 0.05* |
| Thiabendazole (R) | Reg. (EC) No 149/2008 | 01/03/2008 | 5 |

(*) Indica el mas bajo nivel de la determinación analítica

Fuente:http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=pesticide.residue.CurrentMRL&language=EN

### *6.1.3.- Control en el huerto*

Las frutas son consideradas alimentos con alta probabilidad de transmitir patógenos debido a que la mayoría de los casos no reciben ningún tratamiento letal para los microorganismos y además son consumidas crudas. Por este motivo las acciones deben estar enfocadas en la prevención de la contaminación por encima de la reducción de patógenos, esto debido a que por su topografía los procesos de descontaminación se dificultan.

Se han publicado diferentes documentos que contienen recomendaciones para reducir el riesgo de contaminación con peligros biológicos en la huerta y el empaque, como: “Código de prácticas de higiene para las frutas y hortalizas frescas” (Codex alimentarius, 2003), que aborda las buenas prácticas agrícolas (BPA) y las buenas prácticas de fabricación (BPF) que ayudarán a controlar los peligros microbianos, químicos y físicos asociados con todas

las etapas de la producción de frutas y hortalizas frescas, desde la producción primaria hasta el envasado. También está disponible la "Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh Fruits and Vegetables" (FDA, 1998) que incluye las Buenas Prácticas agrícolas" (GAP, por sus siglas en inglés) cuya implementación previene la contaminación durante la producción, cosecha, lavado, selección, empaque y transporte de frutas.

El programa básico de BPA pretende minimizar algunas fuentes (**Figura 2**) o riesgos de contaminación del producto, independientemente de si operan bajo una producción convencional normalizada, producción orgánica o producción amigable (ecológica) y de manera general contempla las siguientes áreas:

1. Uso e inocuidad del agua
2. Evaluación de los terrenos
3. Aplicación de mejoradores de suelo
4. Estado general de salud y hábitos de higiene personal de los empleados
5. Instalaciones sanitarias y de lavado de manos
6. Saneamiento en el campo
7. Protección del producto cosechado
8. Etiquetado, uso y almacenamiento de productos químicos
9. Trazabilidad y codificación de producto
10. Capacitación en inocuidad de los alimentos

Las actividades se documentan en Procedimientos estandarizados de operación (POE) que detallan todos los pasos y actividades de un proceso o procedimiento individual. Éstos deben de ser llevados a cabo sin ninguna desviación o modificación para garantizar el final deseado.

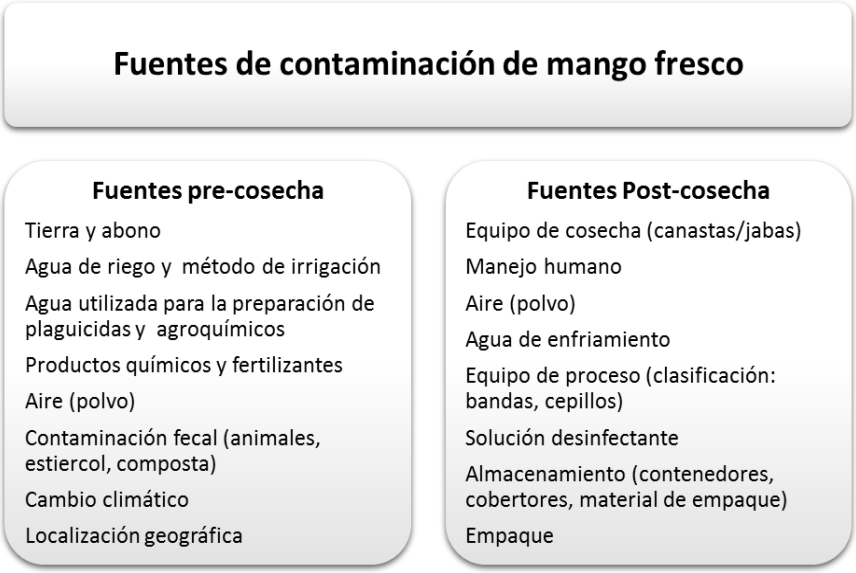



**Figura. 2** Fuentes de contaminación de mango fresco pre y post cosecha

### *6.1.4.- Control en empacadoras*

Para dar cumplimiento a las exigencias de inocuidad alimentaria en el empaque es necesaria la aplicación de Buenas Prácticas de Manejo, las cuales han sido publicadas por SAGARPA a través de SENASICA.

La empacadora deberá estar ubicada en un sitio que no represente riesgos de contaminación biológica o química y su diseño debe facilitar el flujo de trabajo y las operaciones de limpieza, procurando que esté cerrada con malla para controlar el ingreso de plagas y polvo. La distancia entre los huertos y empacadora es importante porque en esta etapa se produce el mayor número de daños mecánicos al fruto, ocasionados por el movimiento cuando se usan caminos accidentados.

Una vez que ingresa el mango a la empacadora se realiza un muestreo fitosanitario para descartar la infestación de larvas de mosca de la fruta. Posteriormente se realiza un lavado-desinfección, regularmente con agua conteniendo cloro. En esta etapa es importante cuidar el cambio del agua tratada para evitar una contaminación cruzada y posteriormente se realiza una selección basada en parámetros de calidad como color, calibre o tamaño, daños físicos.

En la **Figura 3** se describe el proceso del mango fresco, el tratamiento hidrotérmico es una etapa importante que se aplica para eliminar larvas de la mosca de la fruta en el producto que se destina a mercados que tienen restricción y se instituyó cuando se prohibió el uso del dibromuro de etileno. La USDA tiene aprobado el tratamiento con agua caliente a 46.1°C durante 90 min y este puede tener algunas variantes dependiendo de la forma de cómo se aplique. Los tratamientos mal aplicados pueden provocar alteraciones en la calidad de los frutos.

Posteriormente se realiza un enfriamiento (10 a 30 min) que permita el descenso rápido de la temperatura. El recambio de esta agua tratada con desinfectante es importante para evitar la contaminación cruzada. La fruta se seca, empaca y refrigera en cuarto frío hasta su embarque.

**Figura. 3** Diagrama de flujo del manejo de mango fresco post-cosecha

## 6.2.- INOCUIDAD EN MANGO PROCESADO

### *6.2.1.- Estrategias para identificación de peligros*

Para el abordaje de los peligros en inocuidad asociados a mango procesado se deben incluir tanto fuentes de riesgo generales para frutos frescos ya que son la materia prima, como peligros propios del proceso de transformación de la fruta. Tomando el proceso de deshidratación de fruta, los peligros que se deben analizar y detectar son los derivados de las modificaciones de humedad, pH, actividad de agua (Aw) y empleo de sal o azúcar sobre el mango.

La fruta deshidratada se encuentra clasificada como un alimento de humedad intermedia. Para lograr la estabilidad del alimento, se reduce el contenido de humedad mediante la incorporación de solutos, humectantes como el sorbitol, glicerol y agentes fungistáticos. Los agentes humectantes evitan la apariencia de resequedad del alimento.

La remoción de agua restringe en gran medida la actividad microbiana, en consecuencia la preserva del deterioro y alarga la vida de anaquel, sin necesidad de refrigeración. Estos alimentos tienen la característica de poseer una Aw entre 0.60-0.84, la **Tabla 5** resume la sobrevivencia de grupos microbianos en función de la Aw. Las frutas deshidratadas pueden contener una humedad que oscila entre 18 a 25%, sin embargo la estabilidad microbiana del alimento desecado puede ser desafiada por la humedad relativa del ambiente imperante, incluyendo el empaque que envuelve al producto. Cuando la humedad relativa excede el 70%, el agua se deposita sobre la superficie del fruto, entonces se podría iniciar la multiplicación de microorganismos xerotolerantes, algunas coliformes resistentes como la *Salmonella sp*, hongos y levaduras. La velocidad de crecimiento dependerá de factores adicionales a la humedad, como son temperatura y pH (Fernández E, 2008).

Una desecación mal controlada, lenta e insuficiente podría generar las condiciones para la supervivencia y multiplicación de hongos como *Aspergillus, Penicillium*, *Wallemia*, *Eurotium* y *Chrysosporium*. También pueden crecer bacterias como el *C. botulinum* (Hocking AD, 1987).

La importancia del crecimiento de mohos o levaduras en la superficie del fruto tiene relevancia debido a la probabilidad latente de generación de micotoxinas tales como aflatoxinas, zearalenona, fumonicina y otratoxina. Diferentes reportes dan cuenta de la

elevada frecuencia de estos compuestos y de la importancia de controlar dicho peligro en la producción de frutos secos (FAO, 2003).

**Tabla 5**. Sobrevivencia de microorganismos en función a la actividad de agua y a la concentración de NaCl (Fernandez, 2008; Hocking AD. 1987).

| Actividad de Agua ($A_w$) | NaCl (%) | Microorganismos | |
|---|---|---|---|
| | | Patógenos | Deterioradores |
| 0.98 | < 3.5 | Todos los patógenos conocidos que causan brotes de origen alimentario | Microorganismos que causan deterioro en alimentos. Bacilos Gram negativos. |
| 0.98-0.93 | 3.5-10 | *Bacillus cereus*<br>*Clostridium botulinum*<br>*Salmonella spp.*<br>*Clostridium perfringens*<br>*Vibrio parahaemolyticus* | *Lactobacilliaceae,*<br>*Enterobacteriaceae,*<br>*Bacilliaceae,*<br>*Micrococcaceae*, moulds |
| 0.93-0.85 | 10- 17 | *Staphylococcus* | Cocos, levaduras y hongos |
| 0.85-0.60 | > 17 | Hongos micotoxicos, hongos xerofilicos (micotoxinas requieren $A_w$ superior a 0.80) | Bacterias halotolerantes, hongos y levaduras. |

### *6.2.2.- Análisis de peligros*

A partir de las características del alimento procesado, de las estadísticas epidemiológicas de enfermedades de transmisión alimentaria y de los códigos procedentes de foros académicos, se desarrolla la **Tabla 6** de análisis peligros químicos, físicos y biológicos y se asignan valores de severidad y probabilidad de ocurrencia. Con esto se evalúa y pondera la significancia de cada peligro en función de la etapa del proceso. El DIAGRAMA DE FLUJO de la **Figura 4** muestra el desarrollo paso a paso del procesamiento del fruto, elementos indispensables para el análisis de peligros mostrado en la **Tabla 6**.

En la **Tabla 6** los peligros son calificados de acuerdo a 2 categorías y serán monitoreados y controlados a través de diferentes estrategias:

1. Peligros No Significativos: Hepatitis A, presencia de bacterias coliformes, residuos de plaguicidas. Este grupo de peligros deberán controlarse mediante la apropiada implementación y seguimiento de los programas prerrequisitos (PPR).
2. Peligros Significativos: *Salmonella spp.* al inicio del proceso con la presencia de materia prima y durante aquellas etapas donde hay lavado o manipulación de fruta. Además, otro peligro es la presencia de micotoxinas durante el almacenamiento.

Los peligros *no significativos* que son detectados para el proceso de mango deshidratado se encuentran asociados a la materia prima, a la calidad del agua empleada durante el procesamiento y a las prácticas de manipulación del fruto. Los PPR son la clave para su control y contención y los PPR mínimos requeridos son:

1. Buenas Prácticas Agrícolas: Este es en el caso de que el productor primario y secundario sea el mismo o se encuentren estrechamente vinculados.
2. Procedimiento de Aprobación de Proveedores: este programa tiene la responsabilidad de seleccionar los parámetros cruciales que permitan seleccionar fruta sin riesgos al mejor precio. Deben impedir que lotes de productos con cargas elevadas de microorganismos y patógenos lleguen a la línea de producción.
3. Programa de Calidad de Agua: este programa se encarga del monitoreo y garantía de que el agua antes, durante y después del proceso de producción es potable.

| PELIGROS PARA MANGO DESHIDRATADO | | FUENTE DEL PELIGRO | SEVERIDAD | PROBABILIDAD DE OCURRENCIA | PROGRAMA PRERREQUISITO PARA SU CONTROL | ¿ES SIGNIFICATIVO EL PELIGRO? |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Biológico** | *Salmonella sp.* Durante la etapa 1 y 5 | Materia prima contaminada. Agua de proceso contaminada Malas prácticas de proceso. | Enfermedad Seria | Común | Aprobación de proveedores Buenas prácticas agrícolas | SIGNIFICATIVO |
| **Biológico** | Hepatitis A Durante la etapa 1 | Materia prima contaminada. Agua de proceso contaminada. Mezcla con fruta contaminada (fresa). | Enfermedad seria | No se espera que ocurra | Aprobación de proveedores Buenas prácticas agrícolas | NO SIGNIFICATIVO |
| **Biológico** | Coliformes fecales durante la etapa 3 y 4 | Materia prima contaminada. Agua de proceso contaminada. Deficientes procedimientos de sanitización | Enfermedad seria | Podría ocurrir | Aprobación de proveedores Buenas prácticas agrícolas | SIGNIFICATIVO |
| **Químico** | Residuos de Plaguicidas durante la etapa 1 | Materia prima contaminada. | Recall o paro en frontera | Podría ocurrir | Buenas prácticas agrícolas | NO SIGNIFICATIVO |
| **Químico** | Micotoxinas durante la etapa 7 | Malas prácticas de proceso. Elevada temperatura y humedad en almacén. Empaque deficiente. | Recall o paro en frontera | Se sabe que ocurre | POES Control de proceso Procedimiento de almacenes | SIGNIFICATIVO |

**Tabla 6**. Análisis de peligros en base al flujo de trabajo para el proceso de deshidratación de mango.

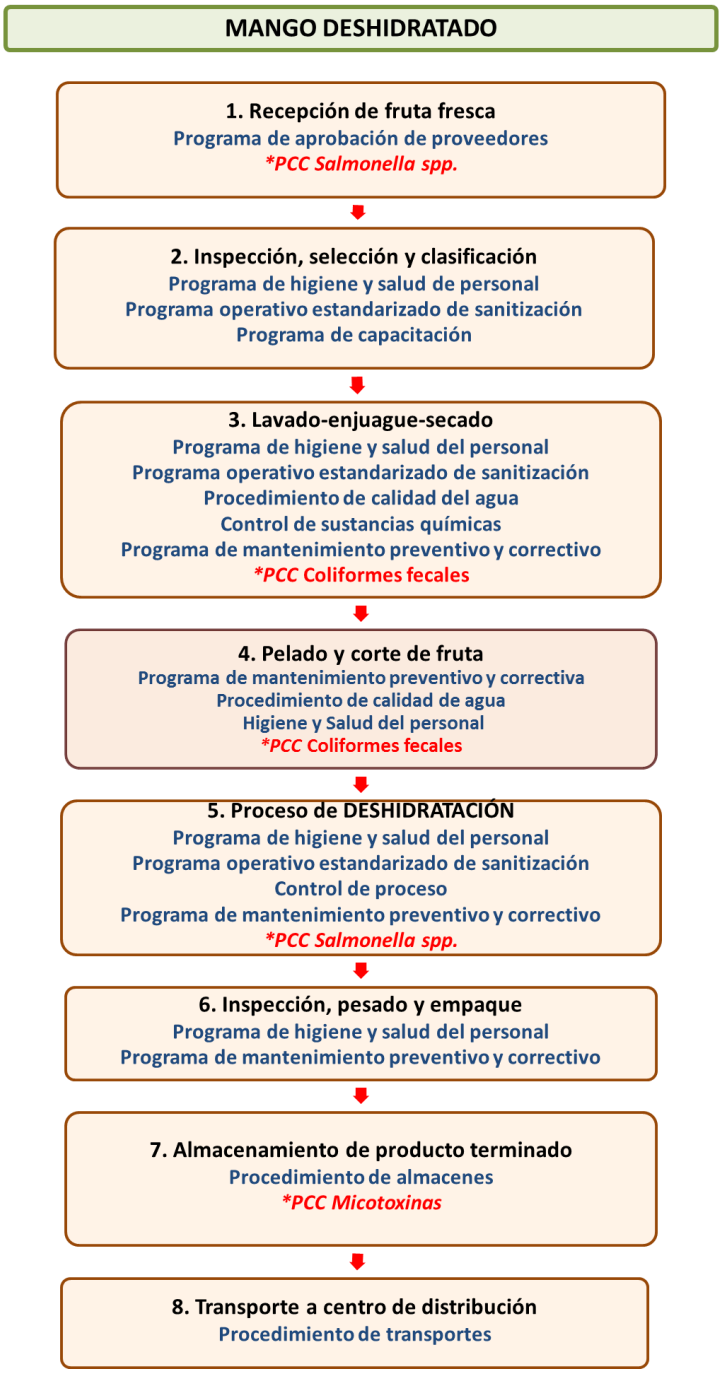



**Figura 4.** Diagrama de flujo para el proceso de deshidratación de mango. Programas prerrequisito necesarias en cada etapa en letra azul. Puntos Críticos de Control en rojo.

4. Programa de Higiene y Salud del Personal: este programa establece los lineamientos para que el personal que manipula los alimentos cuente con los protocolos básicos que permitan el manejo higiénico de los alimentos y eviten la contaminación microbiana transportada por personal.
5. Programa Operativo Estandarizado de Sanitización: este programa incluye POES preoperativos y POES operativos. Los preoperativos se refieren a todas las acciones de limpieza sobre la línea de producción que deben realizarse previo al inicio del turno. Los operativos son las acciones encaminadas a garantizar la limpieza y buenas prácticas de manipulación de alimentos durante el turno de trabajo y sobre la línea de producción.
6. Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo: Es un cronograma con responsabilidades, fechas y actividades que faciliten un ágil mantenimiento de equipo e instalaciones. El fin es evitar paros repentinos y contaminaciones por materiales procedentes del equipo o de las instalaciones.
7. Procedimiento para Manejo y Control de Sustancias Químicas: Este procedimiento estipula los protocolos de manejo, preparación y almacenamiento de todas las sustancias químicas en la empresa. En particular se pone énfasis en las sustancias que fungen como sanitizantes y limpiadores, para evitar que queden residuos en la línea de producción o en las aguas de lavado de fruta.
8. Control de Proceso: Habitualmente son momentos donde se realizan mediciones durante la línea de producción, para verificar que se mantiene la integridad del sistema de inocuidad.

En referencia a los peligros ***significativos*** para el procesamiento de mango, durante la primera etapa de recepción de la fruta fresca y durante el proceso de deshidratación se encontró a *Salmonella spp*. como peligro potencial. Dicha categorización se definió en base a la severidad de los reportes internacionales de brotes y decomisos de fruta (CDC 2008, 2011, 2012, 2014; CFIA. 2012, 2014; Eurosurveillance, 2013).

Los microorganismos coliformes fecales también aparecen como peligro ***significativo,*** aunque la severidad de la enfermedad dependerá mucho de las cepas de *E. coli* econtradas. Recientemente se ha informado sobre la aparición de patógenos “emergentes” tal como las cepas non-O157 Shiga toxin-producing *E. coli* (no-STEC), también denominadas Big Six y que incluyen las cepas O26, O45, O103, O111, O121 y O145. Ciertas etapas del proceso tales como el lavado, la manipulación y corte de fruta son las más susceptibles. La presencia de coliformes se encuentra asociada a prácticas higiénicas deficientes del personal, falta de limpieza general en las instalaciones y equipo, así como agua que no cubre los con que se lava la fruta y los equipos (Fernandez, 2008; CODEX,1969). En este caso se aplican Límites Críticos para su control como se ilustra en la **Tabla 7.**

**Tabla 7.** Resumen HACCP con límites críticos para los puntos críticos de control PCC del proceso de deshidratación de mango.

| FASE DEL PROCESO | PCC | LIMITE CRÍTICO DEL PCC | VIGILANCIA | ACCIÓN CORRECTIVA | REGISTROS |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Recepción de fruta fresca | ***Salmonella spp.*** | **Ausencia de *Salmonella* en 25 g** | **Solicitud de certificado a proveedor** | **Rechazo de lote de fruta en caso de positivo a *Salmonella spp.*** | **Certificado de proveedor** |
| 3. Lavado-enjuague-secado | **Coliformes fecales** | **< 5% de fruta con restos de tierra al final de la etapa** | **Verificación al final de la etapa, de frutos libres de tierra** | **Reproceso de etapa 3 si los restos de tierra superan el límite** | **Registros generales de supervisión** |
| 4. Pelado y corte de fruta | **Coliformes fecales** | **Utilización de guantes de operarios en contacto con fruta** | **Vigilancia de uso de guantes** | **Sanción a operarios** | **Registros de uso de guantes** |
| 6. Proceso de deshidratación | ***Salmonella spp.*** | **Ausencia de Organismos coliformes fecales (OCF) en agua e ingredientes de contacto con fruto** | **Análisis de OCF en producto terminado** | **Si se encuentran OCF, se analizará *Salmonella spp*. en 25 g. En caso positivo se destruirá el lote.** | **Resultados de análisis de OCF y *Salmonella spp.*** |
| 7. | **Micotoxinas** | **Temperatura** | **Verificación** | **Si la** | **Cartas de** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Almacenamiento | | **almacén <20º C y <1% aparición de moho en producto.** | **por supervisor de temperatura, una vez por turno** | **temperatura aumenta por 3 horas continuas, verificación de moho en todos los empaques de producto** | **temperatura y registro de verificación diarios de aparición de moho** |

El proceso de deshidratación se realiza en fruta mediante la adición de solutos (generalmente azúcar), seguida de una etapa de exposición al calor suave (20-40º C) y adición de glicerol para la humectación. Durante el proceso se presenta un daño celular progresivo y muerte microbiana, pero en ningún caso se alcanza la condición de esterilidad. La fuente de microorganismos que llegan a esta etapa del proceso provienen de la materia prima utilizada, de la calidad del agua, de los instrumentos de corte y del personal. Frutos de mala calidad pueden haber sido contaminados internamente por bacterias y hongos desde la precosecha a través de insectos. Es así como se delinean los riesgos biológicos señalados en la **Tabla 7** (Fernández, 2008).

Durante la etapa de Almacenamiento de producto terminado se ha reportado que la presencia de hongos y el potencial peligro de presencia de micotoxinas (CODEX 1969; FAO, 2003; Hocking AD. 1987). En microáreas específicas dentro de los empaques es posible la elevación de la humedad relativa, favoreciendo la proliferación de microorganismos, especialmente hongos. El control de la humedad y la temperatura de almacenamiento y transporte serán las claves para el control del peligro (**Tabla 7**).

## 6.3.- CONCLUSIONES

En la actualidad la globalización y el comercio internacional están influyendo para que los temas de calidad e inocuidad sean un factor determinante para la competitividad y la permanencia de las empresas a largo plazo. Esto ha ocasionado que se incrementen las exigencias de la autoridades y de los mismos mercados para que se cumplan los requisitos

de inocuidad alimentaria, siendo más fuerte para quienes están en el mercado internacional y quienes sean proveedores de empresas trasnacionales y líderes en el mercado. La participación del mango en brotes de enfermedades asociados a su consumo ha estado limitada a brotes de Salmonelosis, las cuales pueden ser controladas aplicando cabalmente los sistemas de inocuidad convencionales.

## 6.4.- BIBLIOGRAFÍA

CDC. 2008. Centers for Disease Control and Prevention. Multistate Outbreak of *Salmonella* Typhimurium Infections Linked to Tomatoes. Consultado 18 de octubre de 2016. http://www.cdc.gov/salmonella/2006/tomatoes-11-2006.html

CDC. 2011. Centers for Disease Control and Prevention. Multistate Outbreak of Human *Salmonella* Agona Infections Linked to Whole, Fresh Imported Papayas. Consultado 18 de octubre de 2016. http://www.cdc.gov/salmonella/2011/papayas-8-29-2011.html

CDC. 2011. Centers for Disease Control and Prevention. Multistate Outbreak of Salmonella Panama Infections Linked to Cantaloupe. Consultado 18 de octubre de 2016. http://www.cdc.gov/salmonella/2011/cantaloupes-6-23-2011.html

CDC. 2012. Centers for Disease Control and Prevention. Multistate Outbreak of *Salmonella* Braenderup Infections Associated with Mangoes. Consultado 18 de octubre de 2016. http://www.cdc.gov/salmonella/braenderup-08-12/index.html

CDC. 2012. Centers for Disease Control and Prevention. Multistate Outbreak of Salmonella Typhimurium and Salmonella Newport Infections Linked to Cantaloupe. Consultado 18 de octubre de 2016. http://www.cdc.gov/salmonella/typhimurium-cantaloupe-08-12/index.html

CDC. 2016. Centers for Disease Control and Prevention. Multistate outbreak of hepatitis A linked to frozen strawberries. Consultado 18 de octubre de 2016. http://www.cdc.gov/hepatitis/outbreaks/2016/hav-strawberries.htm

CFIA. 2012. Canadian Food Inspection Agency. Health Hazard Alert - Certain CATANIA brand mangoes may contain *Salmonella* Braenderup bacteria. Consultado 19 de

octubre de 2016. http://www.inspection.gc.ca/about-the-cfia/newsroom/food-recall-warnings/complete-listing/2012-08-31/eng/1355956869869/1355956869900

CFIA. 2012. Canadian Food Inspection Agency. Health Hazard Alert - Certain Aljuice brand Fruit Beverages may contain harmful glass fragments. Consultado 19 de octubre de 2016. http://www.inspection.gc.ca/about-the-cfia/newsroom/food-recall-warnings/complete-listing/2012-03-16b/eng/1357586659253/1357586659284

CFIA. 2014. Canadian Food Inspection Agency. Food Safety Warning - Helados La Tapatia brand Frozen Novelties may be unsafe due to Listeria. Consultado 19 de octubre de 2016. http://www.inspection.gc.ca/about-the-cfia/newsroom/food-recall-warnings/complete-listing/2014-03-20/eng/1395377652773/1395377672498

CODEX. 1969. Codex Alimentarius. International Food Standards. CAC/RCP 3-1969. Código de Prácticas de Higiene para las Frutas Desecadas.

CODEX. 1981. Codex Alimentarius. International Food Standards. CODEX STAN 67-1981. Norma del Codex para las Uvas Pasas.

CODEX, 2003. Codex Alimentarius. International Food Standards. CAC/RCP 53 – 2003. “Código de prácticas de higiene para las frutas y hortalizas frescas”

CSPI, 2014. Center for Science in the Public Interest. Outbreak Alert! 2014 “A review of foodborne illness in America from 2002-2011”

Eurosurveillance, 2013. Joint analysis by the Nordic countries of a hepatitis A outbreak, October 2012 to June 2013: frozen strawberries suspected. Euro Surveill. 2013;18(27):pii=20520. Recuperado de: http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=20520 consultado 18 de octubre de 2016.

FAO. Centro de capacitación y referencia FAO/OIEA para el control de alimentos y plaguicidas. 2003. Manual sobre la aplicación del sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (APPCC) en la prevención y control de las micotoxinas. Roma. http://www.fao.org/documents/en/?page=2

Fernández E. 2008. Preservación de alimentos. En: Microbiología e inocuidad de los alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. México. pp. 728-730.

FDA. 2012. U.S. Food & Drug Administration. Splendid Products Voluntarily Recalls Daniella Brand Mangoes Because Of Possible Health Risk. Consultado 19 de octubre de 2016. http://www.fda.gov/Safety/Recalls/ucm317463.htm

FDA. 2013. U.S. Food & Drug Administration. Pesticide Monitoring Program Fiscal Year 2013 Pesticide http://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaninants/Pesticides/default.htm Consultado 19 de octubre de 2016.

FDA. 2014. U.S. Food & Drug Administration. Pacific Organic Produce Announce Voluntary Recall of Mangos Due to Possible Health Risk. Consultado 19 de octubre de 2016. http://www.fda.gov/Safety/Recalls/ucm396074.htm

Hocking AD. 1987. Moulds and yeasts associated with food of reduced wáter activity: Ecological interactions. En: Seow CC Editor. Food preservation by moisture control. Elsevier Applied Science. London. Pp 57-63.

PHAC. 2012. Public Health Agency of Canada. Outbreak of *Salmonella* illness related to mangoes. Consultado 19 de octubre de 2016. http://www.phac-aspc.gc.ca/fs-sa/phn-asp/osm-esm-eng.php

SAGARPA, 2012. Senasica, Dirección General de inocuidad agroalimentaria, acuícola y pesquera. “Requisitos técnicos para reducir los riesgos de contaminación microbiológica durante la producción primaria de mango: unidad de producción”. Agosto de 2012

Sane J., E. MacDonald, L. Vold, C. Gossner, E. Severi on behalf of the International Outbreak Investigation Team. 2013. Multistate foodborne hepatitis A outbreak among European tourists returning from Egypt– need for reinforced vaccination recommendations, November 2012 to April 2013. Euro Surveill. 2015;20(4):pii=21018. Recuperado de: http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=21018 consultado 18 de octubre de 2016.

USDA, 1998. U.S. Department of Health and Human Services. Food and Drug Administration. Center for Food Safety and Applied Nutrition. 1998. “Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh Fruits and Vegetables”

Disponible: http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/ucm064574.htm

USDA, 2014. United Stated Department of Agriculture. Pesticide Data Program (PDP) Annual Summary. Calendar year 2014: Pesticide Residues on Fresh and Processed Fruit and Vegetables, Grains, Meats, Milk, and Drinking Water. Disponible: https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/2014%20PDP%20Annual%20Summary.pdf

# 7.- GESTIÓN AMBIENTAL DE PLANTAS PROCESADORAS DE MANGO

Edgardo Villegas García*1,
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco 1
Unidad de Tecnología Ambiental, Av. Normalistas 800, Colinas de la Normal, Guadalajara, Jal. * evillegas@ciatej.mx

En el presente capítulo se describe de forma general los trámites en materia ambiental que debe de realizar cualquier planta procesadora de mango tanto para su implementación como para su operación, particularizando para el estado de Jalisco.

## 7.1.IMPACTO AMBIENTAL PARA LA INSTALACION Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE MANGO.

Edgardo Villegas García*1,

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco 1 Unidad de Tecnología Ambiental, Av. Normalistas 800, Colinas de la Normal, Guadalajara, Jal. * evillegas@ciatej.mx

### 7.1.1. LEGISLACION AMBIENTAL

- El marco legal de los Estudios de Impacto Ambiental para la instalación y operación de plantas procesadoras de mango esta dado:

A nivel Federal por la Ley General del Equilibrio Ecológico y La Protección al Ambiente en su Sección V, Artículo 28, así como en su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

A nivel Estatal (Jalisco) por la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en su Sección Sexta, Artículos del 26 al 32, así como en su Reglamento en materia de Impacto Ambiental, Explotación de Bancos de Material Geológico, Yacimientos Pétreos y Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera por Fuentes Fijas en el Estado de Jalisco.

A nivel Municipal por los Reglamentos Municipales de Ecología.

- Las Dependencias que están involucradas en la regulación de los estudios de Impacto Ambiental son:

La Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), por parte del Gobierno Federal.

La Secretaria de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (SEMADES) y la Procuraduría Estatal de Protección al Ambiente (PROEPA), por parte del Gobierno del Estado de Jalisco.

Las Direcciones o Departamentos Municipales de Ecología, por parte del Gobierno Municipal.

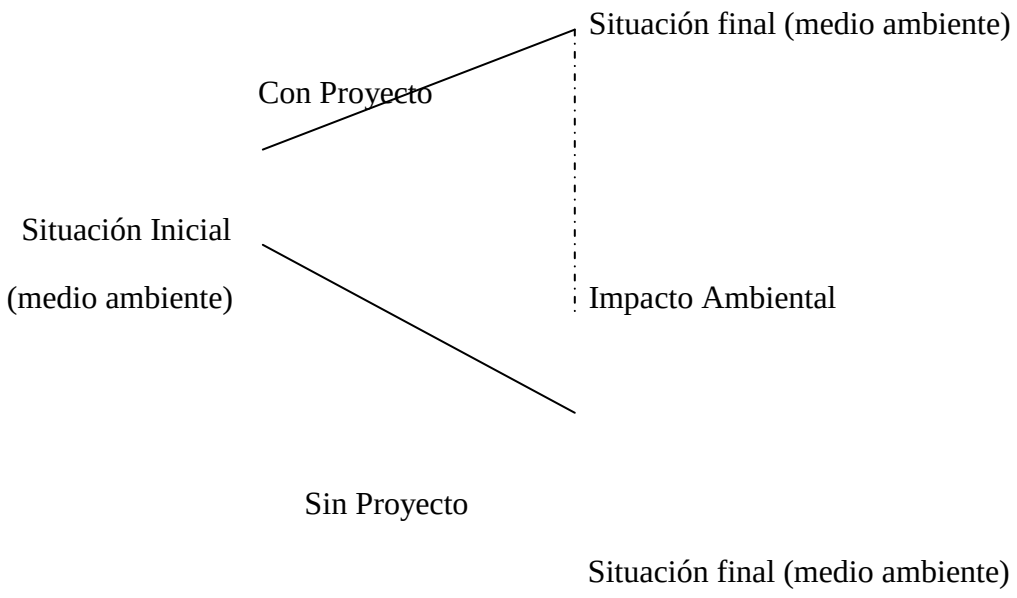
Nota: Hasta finales del año 1996 la Industria de Bebidas y Alimentos estaba regulada en cuestiones Ambientales por el Gobierno Federal, en Diciembre de 1996 se reforma la Ley General del Equilibrio Ecológico y La Protección al Ambiente, pasando la atribución sobre la regulación Ambiental de la Industria de Bebidas y Alimentos a los Estados, así mismo en Diciembre de 1999 se reforma la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y La Protección al Ambiente del Estado de Jalisco, pasando la atribución sobre la regulación Ambiental de la

Industria de Bebidas y Alimentos a los Municipios, pero mediante un artículo transitorio se señala que mientras los gobiernos municipales adecuan sus ordenamientos legales, el gobierno del estado evaluará los estudios de impacto ambiental, de aquellas obras que les compete a los municipios.

### 7.1.2. IMPACTO AMBIENTAL

- Introducción.

El Impacto Ambiental derivado de la Instalación y Operación de una Planta Procesadora de Mango se refiere a la alteración del medio ambiente al realizar dicho proyecto, respecto a la situación que se produciría en el ambiente si no se ejecutara.



Es importante mencionar que un estudio de impacto ambiental, no es un conjunto de formulas cuya simple aplicación, garantice un resultado, la naturaleza compleja de los problemas del medio ambiente obliga a que cada estudio de impacto ambiental sea diferente para cada Planta Procesadora de Mango, por lo que se tienen que combinar las metodologías y técnicas de identificación y análisis de impactos, aplicables para cada proyecto.

El estudio de Impacto Ambiental para la instalación y operación de una planta procesadora de mango, se refiere al estudio técnico, objetivo e inteligible para todo mundo, de carácter interdisciplinario, que se realiza como parte del proceso de toma de decisiones sobre el proyecto, para predecir los impactos ambientales que puedan derivarse de la ejecución del mismo.

El estudio de Impacto Ambiental debe efectuarse en la etapa de planeación del proyecto, ya que ofrece la posibilidad de predecir posibles Impactos Ambientales a presentarse en las subsiguientes etapas, como lo son la preparación del sitio, construcción y operación de la planta; al realizar el estudio en dicha etapa se tiene la ventaja de disponer de elementos para seleccionar la mejor alternativa a implementar, así como las medidas preventivas y de mitigación, que realizadas con oportunidad, permiten controlar o minimizar los Impactos y conservar el equilibrio ecológico de la zona seleccionada para la instalación de la planta.

- Estudio de Impacto Ambiental

De forma general los estudios de Impacto Ambiental para la Instalación y Operación de una Planta Procesadora de Mango constan de los siguientes apartados, sin

embargo para cada caso en particular la autoridad estatal o municipal emite la guía específica correspondiente:

**Datos Generales**

En este apartado se señalan los datos del promotor del proyecto de Instalación y Operación de la Planta, así como del consultor responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, como lo son:

- Nombre completo de la persona o empresa promotora del proyecto
- Domicilio y Teléfono para recibir notificaciones
- Registro federal de contribuyentes
- Actividad principal de la empresa
- Nombre completo de la persona o empresa consultora, responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental
- Domicilio y teléfono del consultor
- Numero de Cedula Profesional del Consultor
- Nombre y profesión de los participantes en la elaboración del Estudio.

**Descripción de la obra proyectada**

En este capitulo se realiza la descripción detallada de cada una de las actividades que se realizarán en cada etapa del proyecto de instalación y operación de la planta procesadora de mango, conteniendo los siguientes puntos y apartados:

- Nombre del proyecto

Instalación y Operación de una Planta Procesadora de Mango

- Naturaleza del proyecto.

Explicar en forma general en que consiste el proyecto de instalación y operación de la planta, especificando el volumen de producción, la capacidad proyectada y la inversión requerida.

- Objetivos y justificación del proyecto.

Se deben dejar en claro las causas que motivaron la instalación de la planta y los beneficios económicos, sociales y de otro tipo que esta contempla.

- Programa de trabajo.

En este punto se anexa la calendarización de cada actividad a realizar por etapa del proyecto de instalación de la planta, indicando la fecha de inicio y conclusión.

- Políticas de crecimiento a futuro.

## 7.- IMPACTO AMBIENTAL PARA LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE MANGO

Explicar en forma general las estrategias a seguir por la empresa, indicando ampliaciones futuras que se tengan contempladas y que pretendan desarrollarse en la planta.

- Etapa de selección del sitio.

En este apartado se describe información general referente a las características del lugar en donde se pretende instalar la planta, así como de los alrededores de la zona; realizando una justificación del porque se eligió el sitio y si se evaluaron otros lugares alternativos.

- Ubicación física del proyecto.

Se describe la ubicación física del sitio en donde se pretende instalar la planta, indicando las coordenadas geográficas en las que se sitúa, además de anexar un plano de localización del predio.

- Superficies

Señalar cual es la superficie requerida para el proyecto y cual es la superficie total del terreno en donde se proyecta la instalación de la Planta (hectáreas y metros cuadrados).

- Uso actual del suelo en el predio y colindancias.

Mencionar el tipo de actividad que se desarrolla actualmente en el terreno en donde se pretende instalar la planta, así como de las principales actividades que se desarrollan tanto en los predios colindantes como en la zona de influencia en un radio de 500 m.

- Vinculación con las Normas y Regulaciones de Usos de Suelo.

Se describe de acuerdo a la legislación y normatividad aplicable, los usos de suelo permitidos en la zona y específicamente en el terreno en donde se pretende asentar la planta, vinculándolos con la actividad proyectada para determinar su compatibilidad. Anexándose documento oficial de Vocacionamiento de Uso de Suelo.

- Situación legal del predio.

Señalar la situación legal que guarda el terreno en donde se pretende instalar la planta, si es propiedad privada, ejidal, si esta concesionado, expropiación, otros. Se deben anexar comprobantes (escrituras, título de propiedad, etc.).

- Vías de acceso

Se describe las diferentes vías de acceso al terreno en donde se proyecta la instalación de la planta, señalando las características físicas y de transito de cada una de ellas, además de distancias de aeropuertos y puertos marítimos más cercanos.

**Etapa de preparación del sitio y construcción.**

En este apartado se desarrollara información relacionada con las actividades de preparación del sitio previas a la construcción de la planta, así como las actividades relacionadas con la construcción misma. Se deben anexar los planos gráficos del proyecto y el sistema constructivo, así como la memoria técnica; conteniendo los siguientes subapartados:

- Preparación del terreno.

Indicar las obras y actividades necesarias en la preparación del terreno (desmontes, nivelaciones, relleno, desempiedre, desecación de lagunas, etc.), señalando los volúmenes de tierra a remover tanto para rellenos como en cortes.

- Recursos que serán alterados y área que será afectada.

Descripción de los recursos naturales del área que se verán afectados con las actividades de preparación del sitio y construcción, así como la localización del área que se afectará directa o indirectamente con las acciones de esta etapa.

- Equipo y Materiales a utilizar.

Se señala el tipo de maquinaria que se utilizará durante la etapa de preparación del sitio y construcción, indicando cantidad y tiempo de empleo, así como los materiales a emplear, indicando igualmente cantidad y volúmenes.

- Obras y servicios de apoyo.

Indicar las obras provisionales y los servicios necesarios para la etapa de construcción (caminos de acceso, puentes provisionales, campamentos, otros).

- Personal empleado.

Listado del numero de trabajadores que serán empleados, su actividad a desarrollar y su tiempo de ocupación.

- Requerimientos de energía, combustible y agua.

En cuanto a electricidad indicar origen, fuente de suministro, potencia y voltaje; referente al combustible se indica la cantidad que será almacenada y forma de almacenamiento; en cuanto al agua especificar si se trata de agua cruda o potable, indicando el origen, volumen requerido y forma de almacenamiento.

- Residuos generados.

Se indica el tipo de residuo que se generará durante la etapa de preparación del sitio y la construcción, señalando los volúmenes, el manejo y destino final de los mismos.

**<u>Etapa de operación y mantenimiento</u>.**

En este apartado se describen todas aquellas actividades necesarias para la operación de la planta y aquellas de mantenimiento necesarias para el buen funcionamiento de la misma; conteniendo los siguientes subapartados:

- Programa de operación.

Descripción detallada de cada uno de los procesos, así como de su ingeniería básica y balance de energía. Además de anexar el diagrama de flujo.

- Recursos naturales del área que serán aprovechados.

Se señala si para la operación de la planta se aprovechara algún recurso natural, como agua de pozo, entre otros, indicando tipo, cantidad y procedencia

- Materias primas e insumos por fase de proceso.

Se indica el tipo y cantidad de las materias primas u otros insumos que son necesarios para el proceso. Considerando las sustancias que sean utilizadas para el mantenimiento de la maquinaria. Señalando las formas y características de almacenamiento.

- Subproducto por fase de proceso.

Indicar tipo y volumen aproximado de cada uno de los subproductos que se obtendrán. Señalando su manejo, forma y característica de almacenamiento.

- Productos finales.

Indicar tipo y cantidad estimada de cada producto final. Señalando la forma y característica de su almacenamiento.

- Requerimientos de energía, combustible y agua.

En cuanto a electricidad indicar origen, fuente de suministro, potencia y voltaje; referente al combustible se indica tipo, origen, consumo por unidad de tiempo y forma de almacenamiento; en cuanto al agua especificar si se trata de agua cruda o potable, indicando fuente de suministro, volumen necesario y forma de almacenamiento.

- Residuos generados.

Se indica el tipo de residuo que se generará durante la operación de la planta y su mantenimiento, señalando los volúmenes, el manejo y disposición final de los mismos, así como su factibilidad de reciclaje, haciendo una descripción amplia, específicamente en las aguas residuales (aspectos físicos, químicos y microbiológicos), emisiones a la atmósfera (humos, gases, partículas) y niveles de ruido (en decibeles y su duración).

- Medidas de seguridad.

Se debe señalar si se elaborará un manual de seguridad en el que se establezcan las medidas y condiciones de uso de todos los equipos, además de mencionar lo referente a equipos contra incendios (extintores, hidrantes, aspersores, etc.), y otras medidas preventivas en todas las áreas de la planta, como rutas de evacuación y señalamientos de seguridad.

**Aspectos Generales del Medio Natural y Socioeconómico.**

En este capitulo se debe de describir las características que presentan al momento de la realización del estudio de impacto ambiental cada uno de los componentes ambientales que integran el ecosistema en el que se pretende desarrollar el proyecto de instalación y operación de la planta procesadora de mango, la descripción se realiza en dos apartados (Medio Natural y Medio Social, cultural y económico). Para la descripción de toda la información de estos apartados se debe de considerar como el área de estudio la cuenca hidrológica a la que pertenece el terreno.

**Medio Natural.**

Este apartado se refiere a aquellos componentes medio ambientales que corresponden al ámbito natural de la zona del proyecto, tanto físico como biológico, empleando como herramientas de apoyo diversas metodologías existentes para la obtención de la información requerida. Conteniendo los siguientes subapartados:

- Climatología.

En este punto se describe de forma general las características climatológicas de la zona en donde se proyecta instalar la planta, referenciando la fuente de obtención de los

datos. Los datos a describir corresponden a Tipo de Clima, Temperatura, Precipitación Pluvial, Calidad del aire e intemperismos severos.

- Geología y geomorfología.

Se realiza una síntesis en la que se describen en términos generales, la características geomorfológicas más importantes de área de influencia al proyecto, con una descripción breve de las características del relieve, indicando si se afectaran topoformas, haciendo inferencia de la susceptibilidad de la zona a riesgos naturales como sismicidad, deslizamientos, derrumbes, otros movimientos de tierra o roca, posible actividad volcánica, etc.

- Edafología

Este punto abarca los aspectos de tipos de suelos presentes en el área en donde se pretende instalar la planta y zonas aledañas (esta descripción se realiza en base a la clasificación de la FAO/UNESCO en 1963 y modificada por la CETENAL en 1970); además de describir la composición físico, química y Biológica del suelo del terreno, para lo cual se realiza un estudio de Mecánica de Suelos y Análisis del Suelo. Todo lo descrito debe de referenciarse a la fuente de obtención de los datos, además de anexar copia de los resultados de análisis del suelo y del estudio de mecánica de suelos.

- Hidrología

Se realiza la determinación y delimitación de la cuenca a la que pertenece el predio; además se identifican los principales ríos o arroyos cercanos al área de estudio, señalando si son permanentes ó intermitentes, indicando si reciben algún tipo de residuo. También se identifican los embalses y cuerpos de agua ubicados dentro de la cuenca (lagos, presas, etc.), realizando una descripción de sus características, indicando su localización y distancia al predio en donde se instalara la planta; así mismo se describe el drenaje subterráneo del

área, indicando profundidad, dirección y usos principales. Al igual que en los componentes ambientales anteriores se debe de referenciar la fuente y la metodología aplicada para la obtención de información.

- Vegetación.

Se describe de forma especifica el tipo de Vegetación que se encuentra en la zona de influencia del terreno en estudio (utilizando para su descripción la clasificación de Miranda y Hernández X. 1963),además de realizar un listado con nombre común y nombre científico de la comunidad vegetal que se encuentra en el interior del predio, aplicando para ello las herramientas de muestreo, colecta e identificación taxonómica más adecuadas para cada sitio en donde se pretenda instalar la planta (cuadrantes, transectos, conteos directos, etc.), mencionando las especies de interés social y si existe vegetación endémica, amenazada o en peligro de extinción.

- Fauna

Realizar un listado de la fauna característica de la zona, separando las especies reportadas para el área a través de análisis bibliográficos y las observadas durantes los recorridos realizados en el terreno y su área de influencia, dichos recorridos se deben de llevar acabo en diferentes horas del día (madrugada, mañana, medio día, tarde y noche), los listados se deben de realizar empleando los nombres comunes y nombres científicos de las especies, para la identificación de la fauna observada se podrán emplear tanto métodos directos (captura) como indirectos (madrigueras, huellas, excretas, etc.) siempre describiendo la metodología empleada y las claves de identificación taxonómicas empleadas. También se debe de señalar las especies de interés comercial, cinegético o aquellas que se encuentran dentro de algún estatus de conservación (amenazadas, raras, sujetas a protección especial o en peligro de extinción).

**Medio social, cultural y económico.**

Este apartado se refiere a aquellos componentes medioambientales que corresponden al ámbito social, cultural y económico de la zona del proyecto, empleando como herramientas de apoyo diversas metodologías y datos estadísticos existentes para la obtención de la información requerida. Conteniendo los siguientes subapartados:

- Población

Descripción de datos sobre la población de la zona aledaña al terreno ó la más próxima al sitio del proyecto, algunos de estos datos son: población total, población económicamente activa, grupos étnicos, salario mínimo vigente, nivel de ingresos per - capita.

- Servicios.

Se indica si el sitio seleccionado para la instalación de la planta y sus alrededores cuentan con los siguientes servicios e indicar sus características y su distancia al predio: telégrafo, teléfono, correo, vías de acceso y medios de transporte (aéreo, marítimo, terrestre), así como de los servicios públicos básicos de energía eléctrica, agua potable, drenaje sanitario, sistema de manejo y disposición de residuos sólidos. Por otra parte se debe de señalar también lo referente a centros educativos, centros de salud, zonas de recreo y sitios culturales.

- Actividades.

Se indica el tipo de actividad predominante en el área seleccionada y sus alrededores referente a la agricultura (riego o temporal); ganadería (intensiva o extensiva); pesca; industriales (extractiva, manufacturera y de servicios).

- Economía.

Señalar y describir a cual de las siguientes categorías pertenece el área en que se desarrollará el proyecto: economía de autoconsumo y/o economía de mercado

- Cambios sociales, culturales y económicos.

Se especifica y se describe si la obra o actividad creará: demanda de mano de obra, cambios demográficos (migración aumento de la población), aislamiento de núcleos poblacionales, modificación en los patrones culturales de la zona, demanda de servicios, como medios de comunicación, medios de transporte, servicios públicos, zonas de recreo, centros educativos, centros de salud o vivienda.

**Identificación de Impactos Ambientales**

En este apartado se realiza la identificación y evaluación de los impactos ambientales que se pudieran llegar a presentar con la implementación y operación de la planta procesadora de mango, para llevar acabo esta identificación existen diversas técnicas y/o metodologías como lo son: las Listas de Verificación, la Sobreposición Cartográfica, Redes Causa-Efecto y las Matrices, entre otras más.

En cada Estudio de Impacto Ambiental, para cada planta procesadora de mango se debe de determinar la técnica (s) y/o metodología (s) que se utilizarán para la identificación de los impactos ambientales, considerando para ello, las características ambientales del sitio

en donde se proyecta instalar la planta y la profundidad de información que se requiere obtener.

Generalmente para la mayoría de las plantas procesadoras de mango la metodología que más comúnmente se emplea para la identificación de los impactos ambientales es la de matrices, empleando una matriz combinada, en las que se identifican los impactos y donde a la vez se evalúan y ponderan a los mismos. La metodología consiste en poner en filas los componentes ambientales del sitio del proyecto que pudieran verse afectados con la implementación de la planta y en columnas las etapas y actividades que generaran el impacto, así como las características dadas a los impactos, que ayudan a su ponderación y evaluación, realizando un cruzamiento para obtener su identificación en relación etapa-actividad y el componente ambiental afectado (ver la Figura 1).

Posterior a la identificación y evaluación de los impactos ambientales potenciales se realiza una descripción de los mismos, llevándola acabo de acuerdo al componente ambiental que se vería afectado y considerando las características que le fueron otorgadas en la matriz de evaluación. A continuación se realiza una breve descripción de los principales impactos ambientales que frecuentemente se identifican en la instalación y operación de plantas procesadoras de mango:

Descripción de impactos ambientales

Etapa de Preparación del Sitio y Construcción.

Aire.- Los impactos que se generan durante estas etapas del proyecto se refiere a los efectos provocados por la emisión de polvos y partículas a la atmósfera, debido a la remoción de la capa superficial de suelo (despalme), además de la implementación del terraplén para la base de la nave industrial; así como a la generación de humos y ruidos por empleo de la maquinaria y equipo, lo que afectará su calidad ambiental.

Se considera como un impacto adverso, directo, temporal, localizado, reversible, con una probabilidad de ocurrencia alta y que contará con medida de mitigación.

Suelo.- Al ser removido de su estado natural con la actividad de desmonte, despalme y compactación, el suelo quedara expuesto a los elementos climáticos, lo que aumenta la probabilidad de manifestación de procesos erosivos tanto eólicos como hídricos.

El impacto se manifestara de forma adversa, temporal, indirecta, localizado, reversible, con medida de mitigación y mediana probabilidad de ocurrencia.

Agua.- Con la implementación de la nave industrial se puede ver afectado el agua del subsuelo ó en su caso superficial, al contaminarla con materiales de construcción y/o combustibles.

El impacto se manifestara de forma adversa, temporal, indirecta, extensivo, reversible, con medida de mitigación y baja probabilidad de ocurrencia.

Flora.- La cobertura vegetal del predio se eliminará con las actividades de desmonte y despalme que se realizan en estas etapas.

Se considera que dicha afectación tendrá un impacto adverso, directo, de influencia local y temporal, reversible, con alta probabilidad de ocurrencia y contará con medida de mitigación.

Fauna.- Con el desmonte y despalme, así como por el uso de maquinaria y el transito de camiones para realizar estas actividades, se provoca la eliminación temporal del hábitat y el ahuyento de la fauna del lugar provocando su desplazamiento.

Por consecuencia se provocara un Impacto adverso, moderado, indirecto, de carácter temporal e influencia local, reversible, con una alta probabilidad de ocurrencia.

Social, cultural y económico.- Con las actividades requeridas para la realización de esta etapa se generarán empleos directos por la operación de la maquinaria y equipo, así como para la construcción de la nave industrial, también se generarán empleos indirectos con la adquisición de los materiales requeridos para la construcción y para la realización del terraplén.

Se evalúa como un impacto benéfico, directo e indirecto de carácter temporal e influencia local, con una alta probabilidad de ocurrencia.

Etapa de operación y mantenimiento

Aire.- Durante la etapa de operación de la planta se generarán emisiones a la atmósfera producto del empleo de calderas para generación de vapor.

El impacto generado por estas acciones se considera como adverso, moderado, directo, de carácter temporal y permanente, con influencia local, con alta probabilidad de ocurrencia y que contará con medida de mitigación.

Agua.- Se podría requerir la perforación de un pozo profundo para la extracción de agua para el proceso, además de existir las descargas de aguas residuales sanitarias y de proceso, pudiéndose contaminar el agua subterránea y/o superficial.

Considerándose como impacto adverso, directo e indirecto, extensivo y reversible con una mediana probabilidad de ocurrencia, con medida de mitigación.

Suelo.- puede verse contaminado el suelo del terreno al verterse sobre este algún residuo del proceso como combustibles, grasas y aceites.

El impacto se manifestará de forma adversa, temporal, indirecta, localizado, reversible, con medida de mitigación y baja probabilidad de ocurrencia.

Social, cultural y económico.- Con las actividades de esta etapa se generarán empleos de forma directa e indirecta: directos por la operación de la planta e indirectos por la adquisición de materia prima e insumos necesarios para el proceso.

Se evaluó como impacto benéfico directo e indirecto, de carácter permanente y extensivo, con alta probabilidad de ocurrencia.

**Medidas de mitigación**

Este apartado se refiere a la descripción detallada de aquellas actividades, procesos o acciones que los promotores del proyecto tendrán que implementar para evitar, mitigar o compensar el efecto negativo que pudiera provocar la instalación y operación de la planta. La descripción se realiza tomando en cuenta el componente ambiental que se beneficiará con la medida, considerando los tiempos de aplicación de cada una de las medidas.

Dada la importancia de este apartado en los estudios de Impacto Ambiental para la implementación de las plantas procesadoras de mango, en este capitulo del libro más delante se analiza independiente lo concerniente a las medidas de mitigación.

**Conclusiones**

Se realiza una síntesis de los puntos más importantes que se obtuvieron con la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, señalando y justificando la viabilidad ambiental o "No" del proyecto de instalación y operación de la planta.

**Bibliografía**

Se enlistan cada una de los apoyos bibliográficos que se utilizaron para el desarrollo del Estudio de Impacto Ambiental, señalando titulo, autor (es), editorial, edición, fecha y lugar de impresión, así como el número de las páginas consultadas.

### 7.1.3. MEDIDAS DE MITIGACION

Generalmente a todas las medidas que se establecen en los Estudios de Impacto Ambiental se les denomina Medidas de Mitigación, sin embargo estas se pueden llamar de acuerdo a la función que se busca al establecerla, por lo que se cuenta con medidas de Prevención, con las cuales se busca el evitar que se presente el impacto; las medidas de Mitigación, las cuales buscan que el impacto presentado sea reducido en su efecto al mínimo, medidas Correctivas, buscando el corregir el daño causado por el impacto en el mismo lugar y al componente ambiental afectado, y las medidas de Compensación, con las que se busca retribuir el daño causado por el impacto ambiental, pudiendo ser en otro lugar y en beneficio para otro componente ambiental; además se cuenta también con la medidas de Seguridad, que van encaminadas a la protección de la población humana, tanto laboral de la planta, como la del área de influencia inmediata al sitio.

Las medidas de mitigación que se proponen en un Estudio de Impacto Ambiental deben de definir en que lugar y momento se aplicara la medida, cual será el componente ambiental que resultara beneficiado con su aplicación, además deben de ser medidas prácticas de realizar y viables económicamente; también se debe de establecer un mecanismo de evaluación y seguimiento de las medidas propuestas.

A continuación se realiza una descripción general de algunas medidas que se han sugerido en Estudios de Impacto Ambiental realizados para plantas procesadoras de mango:

Etapa de preparación del sitio y construcción

Aire.- Durante el periodo de estiaje, se mantendrá húmedo el terreno que se removerá, para disminuir la emisión de polvos, además a los camiones transportistas del material que se empleara para el terraplén se les exigirá cubran el material con lonas durante su traslado.

Se proyecta además, dar un mantenimiento periódico a la maquinaria utilizada para disminuir la emisión de gases y se utilizaran silenciadores en los escapes de la misma para disminuir la generación de ruido.

Suelo.- Se realizará el desmonte y despalme de forma paulatina de acuerdo con el avance de la obra constructiva para disminuir la posibilidad de erosión del suelo.

Además el combustible que se requiere para la operación de la maquinaría y equipo, se almacenara en un solo sitio el cual tendrá las medidas de seguridad necesarias, como lo son un piso impermeable (cemento), rodeado con diques de contención para derrames, con las cuales se evitara la contaminación del suelo, subsuelo y manto freático del lugar.

Agua.- Solo se realizará el desmonte y despalme sin realizar excavación del suelo para evitar descubrir el manto freático, por el contrario se estructurará un terraplén con material de banco para aumentar la altura de la plataforma en donde se instalara la nave industrial.

Flora. Solo se eliminará la cubierta vegetal de la superficie que se requerirá para el establecimiento de la nave industrial.

Por otra parte se establecerán áreas verdes y jardines, en diversos sitios de la planta industrial, utilizando para su implementación el material de despalme que se retire en la etapa de preparación del sitio.

Social, cultural y económico.- En la implementación de la planta se establecerá un sistema contra incendios que cumpla con los lineamientos de protección civil, (equipado con extintores, hidrantes, paros automáticos de energía eléctrica, alarmas de detección de humos, etc.)

Etapa de operación y mantenimiento

Aire.- La chimenea de la caldera contará con filtro anticontaminante en su salida, filtrando las emisiones para mantenerlas dentro de norma, realizando mediciones semestrales de acuerdo a la normatividad ambiental.

Suelo.- La nave industrial estará cementada por completo en su piso, sobre todo en el área de producción, a través de cemento pulido y pintura epóxica, además de establecer contenedores metálicos de forma estratégica en toda la planta para evitar sea vertido en ningún punto material que pueda contaminar el suelo.

Agua.- Se tramitará ante la CNA la autorización para la perforación y extracción de agua para proceso y servicios, además se establecerá un sistema de tratamiento de aguas residuales tanto de proceso como sanitarias, para el reúso del agua tratada, en el riego de áreas verdes y jardines de la planta industrial y/o en las plantaciones de mango propiedad de la misma empresa.

Flora.- Se tendrá un mantenimiento periódico, para la conservación de las áreas verdes y jardines de la planta industrial.

Social, cultural y económico.- Se tendrá un programa de capacitación continua del personal que labore en la planta, en temas de seguridad, como lo son: combate de incendios, primeros auxilios, etc.

## 7.2.LICENCIA DE OPERACIÓN O FUNCIONAMIENTO Y LICENCIA AMBIENTAL ÚNICA EN MATERIA ATMOSFÉRICA PARA LA OPERACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE MANGO.

### i. MARCO LEGAL

A Nivel Estatal la Operación de la Planta Procesadora de Mango esta regida por la SEMADET (Jalisco) y se tramita mediante la Licencia Ambiental Única en materia atmosférica (LAU-JAL), dicho trámite se fundamenta en el Artículo 44 del Reglamento en materia de Impacto Ambiental, Explotación de Bancos de Material Geológico, Yacimientos Pétreos y Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera por Fuentes Fijas en el Estado de Jalisco.

Por otra parte para la Operación de la Planta Procesadora de Mango a Nivel Municipal se debe de tramitar una licencia de operación y de acuerdo al municipio es el tipo de información que se debe de presentar.

### ii. GESTION

Licencia Ambiental Única en materia atmosférica es un trámite que debe de realizar cualquier planta Procesadora de Mango ya que genera emisiones a la atmósfera por el empleo de calderas y lo debe de realizar una vez que este instalada y que entre en operación, aproximadamente entre los tres primeros meses de su funcionamiento, el tramite se debe de presentar ante autoridad Estatal (SEMADET en Jalisco).

La Licencia Ambiental Única en materia atmosférica es un trámite único y que se tiene que refrendar solo por cambio de Giro ó de localización de la Planta y se actualizará cuando exista aumento en la producción, por ampliación de la Planta ó Cambio de Razón Social.

La licencia de operación es un trámite único que se refrenda anualmente y se realiza en las oficinas de padrón y licencias del Municipio correspondiente.

### iii. ESTRUCTURA

La Licencia Ambiental Única en materia atmosférica (Estado de Jalisco) de forma general y de acuerdo al formato emitido por la SEMADET contemplan los siguientes apartados:

**Datos de Registro**

En este apartado se señalan los datos del solicitante de la Licencia Ambiental Única y datos generales de la empresa, como lo son:

- Nombre y Razón Social del Establecimiento
- Nombre y firma del Representante legal
- Numero de Licencia Municipal o Autorización de Uso del Suelo
- Actividad
- Registro federal de contribuyentes
- CURP del representante legal
- Domicilio del establecimiento
- Ubicación Geográfica
- Fecha de inicio de Operaciones
- Personal ocupado
- Turnos de trabajo

**Sección I Información Técnica General**

En esta sección se señalan los antecedentes de Impacto Ambiental y en su caso de Riesgo; además se concentra toda aquella información relacionada con el proceso, insumos, productos y subproductos, así como el consumo energético del establecimiento. Incluye diagrama de operación y funcionamiento.

**Sección II Contaminación Atmosférica**

En esta sección se concentra toda aquella información relacionada con la descripción detallada del proceso, indicando los puntos generadores de contaminantes a la atmósfera, aunque tengan equipo de control.

Además de todos los anexos solicitados en el formato.

## 7.3.CEDULA DE OPERACIÓN ANUAL

La cédula de operación anual (COA-JAL), el esquema de seguimiento de la Licencia Ambiental Única en materia atmosférica (LAU-JAL); la COA es el informe anual que debe presentar un establecimiento que cuenta con registro de generador de residuos de manejo especial y/o licencia ambiental única en materia atmosférica. En la COA se informa de la generación y manejo dado a los residuos de manejo especial, así como la cantidad y concentración de contaminantes emitidos a la atmósfera.

### i. MARCO LEGAL

La Cedula de Operación Anual para una Planta Procesadora de Mango a Nivel Estatal está regida por la SEMADET (Jalisco) y se tramita mediante la Cedula de Operación Anual (COA-JAL), dicho trámite se fundamenta en la Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco en su artículo 42 fracción vi; así como en el artículo 47 del Reglamento en materia de Impacto Ambiental, Explotación de Bancos de Material Geológico, Yacimientos Pétreos y Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera por Fuentes Fijas en el Estado de Jalisco.

### ii. GESTION

La Cedula de Operación Anual es un trámite que debe de realizar cualquier planta Procesadora de Mango que cuente con la Licencia Ambiental Única en materia atmosférica (LAU-JAL) y/o que genera residuos de manejo especial para lo cual lo debe de haber obtenido su registro, se debe de realizar una vez que esté en operación y se realiza el reporte de las actividades del año anterior, el trámite se debe de presentar ante autoridad Estatal (SEMADET en Jalisco). La Cedula de Operación Anual es un trámite que se tiene que refrendar cada año.

### iii. ESTRUCTURA

La Cedula de Operación Anual (Estado de Jalisco) de forma general y de acuerdo al formato emitido por la SEMADET contemplan los siguientes apartados:

**Datos de Registro**

En este apartado se señalan los datos del solicitante de la Cedula de Operación Anual y datos generales de la empresa, como lo son:

- Nombre y Razón Social del Establecimiento
- Nombre y firma del Representante legal
- Pago de Derechos
- Número de Licencia Ambiental Única
- Número de Registro de Generador de Residuos de Manejo Especial

- Actividad
- Registro federal de contribuyentes
- CURP del representante legal
- Domicilio del establecimiento
- Ubicación Geográfica
- Fecha de inicio de Operaciones
- Personal ocupado
- Turnos de trabajo

**Sección I Información Técnica General**

En esta sección se señala toda aquella información relacionada con el proceso, insumos, productos y subproductos, así como el consumo energético del establecimiento, combustibles utilizados. Incluye diagrama de operación y funcionamiento.

**Sección II Contaminación Atmosférica**

En esta sección se concentra toda aquella información relacionada con la emisión de contaminantes atmosféricos, indicando los puntos generadores, contaminantes por punto de emisión, chimeneas o ductos de descarga, aunque tengan equipo de control.

**Sección III Generación y Manejo Integral de Residuos**

En esta sección se concentra toda aquella información relacionada con la generación y manejo de residuos de manejo especial.

Además de todos los anexos solicitados en el formato.

## 7.4.REGISTRO COMO GRAN GENERADOR DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL

### i. MARCO LEGAL

El registro como gran generador de residuos de manejo especial para una Planta Procesadora de Mango a Nivel Estatal está regida por la SEMADET (Jalisco) y se tramita mediante una solicitud de registro, dicho trámite se fundamenta en la Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco en su artículo 42 fracción i.

### ii. GESTION

El registro como gran generador de residuos de manejo especial es un trámite que debe de realizar cualquier planta Procesadora de Mango que genera residuos de manejo especial, se realiza una vez que esté en operación y es un trámite único, que solo se refrenda cuando existe modificación en cuanto a los volúmenes de generación de residuos de manejo especial, se presenta ante autoridad Estatal (SEMADET en Jalisco).

### iii. ESTRUCTURA

El registro como gran generador de residuos de manejo (Estado de Jalisco) de forma general y de acuerdo al formato emitido por la SEMADET contemplan los siguientes apartados:

**Datos de Registro**

En este apartado se señalan los datos del solicitante de la Cedula de Operación Anual y datos generales de la empresa, como lo son:

- Nombre y Razón Social del Establecimiento
- Nombre y firma del Representante legal
- Número de Licencia Municipal o Autorización de Uso del Suelo
- Actividad
- Registro federal de contribuyentes
- CURP del representante legal
- Domicilio del establecimiento
- Ubicación Geográfica
- Fecha de inicio de Operaciones
- Personal ocupado
- Turnos de trabajo

**Sección I Información Técnica General**

En esta sección se señala toda aquella información relacionada con el proceso, insumos, productos y subproductos.

**Sección II Generación y Manejo Integral de Residuos**

En esta sección se concentra toda aquella información relacionada con la generación y manejo de residuos de manejo especial.

Además de todos los anexos solicitados en el formato.

## 7.5.REGISTRO DE DESCARGAS DE AGUA RESIDUAL

### i. MARCO LEGAL

El registro de descargas de agua residual para una Planta Procesadora de Mango a Nivel Federal está regido por la Comisión Nacional del Agua "CONAGUA" y se tramita mediante una solicitud de registro, dicho trámite se fundamenta en los artículos 24,35 y 89 de la Ley de Aguas Nacionales y el 35 de su reglamento, así como en el Artículo Primero del acuerdo por el que se modifica el formato del trámite CONAGUA-01-001 Permiso de descarga de aguas residuales y datos generales del solicitante que aplica la Comisión Nacional del Agua.

A nivel Estatal (Jalisco) en la Zona Metropolitana de Guadalajara "ZMG" está regida por la Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado "SIAPA" y por los departamentos de agua potable y alcantarillado del resto de los municipios del estado y se tramita mediante una solicitud de registro, dicho trámite se fundamenta en la a Ley del Agua para el Estado de Jalisco y sus Municipios y en el convenio de asociación intermunicipal para la prestación de los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado,

tratamiento y disposición final de las aguas residuales, a través del organismo público descentralizado intermunicipal denominado “sistema intermunicipal para los servicios de agua potable y alcantarillado, y en la ley orgánica y reglamento de policía y buen gobierno de los municipios, respectivamente.

### ii. GESTION

El registro de descarga de agua residual es un trámite que debe de realizar cualquier planta Procesadora de Mango que genera aguas residual ya sea sanitaria y/o de proceso; se presenta ante diversas autoridades de acuerdo al cuerpo receptor de la descarga:

- Cuerpos de agua (Ríos, Lagos, Lagunas, etc.) ante la autoridad Federal “CONAGUA” o la autoridad Estatal Comisión Estatal del Agua “CEA” en Jalisco, cuando exista un convenio previo con la CONAGUA.

- Alcantarillado Municipal ante la autoridad Estatal “SIAPA” en la ZMG o Departamentos de Agua potable y alcantarillado en el resto de los municipios de Jalisco.

Ante el CONAGUA, es un trámite único, se refrenda cada año, que solo se actualiza cuando:

- Exista variación significativa en el volumen de agua de la descarga de agua residual al cuerpo de agua.
- Por incrementos significativos en el número de empleados y/o en el volumen de producción.

Ante el SIAPA, es un trámite único y tiene una vigencia de 5 año, que solo se actualiza cuando:

- Exista variación significativa en el volumen de agua de abastecimiento y/o de la descarga de agua residual al sistema de alcantarillado.
- Por incrementos significativos en el número de empleados y/o en el volumen de producción.
- Por implementación o modificaciones en los dispositivos o sistema de tratamiento y reúso de aguas residuales.
- Por modificaciones en las líneas de descargas al sistema de alcantarillado
- Por cambio de domicilio, deberá tramitarse un nuevo registro

### iii. ESTRUCTURA

- El registro de descargas de aguas residuales (en la ZMG del Estado de Jalisco) de forma general y de acuerdo al formato emitido por el SIAPA contemplan los siguientes apartados:

**Datos Generales**

En este apartado se señalan los datos del solicitante de la descarga y datos generales de la empresa, como lo son:

- Nombre y Razón Social del Establecimiento
- Nombre y firma del Representante legal
- Número de Licencia Municipal

- Actividad Productiva
- Registro federal de contribuyentes
- Domicilio del establecimiento
- Nombre o razón social del consultor y número telefónico

**Información Técnica General**

En esta sección se señala toda aquella información relacionada con el proceso, productos y subproductos, insumos directos e indirectos, entre otros.

**Características del agua original, usos, descargas, pretratamiento y/o Tratamiento**

En esta sección se concentra toda aquella información relacionada con el agua de abastecimiento y el tratamiento de la misma para su uso (volúmenes de abastecimiento, tipos de tratamiento, etc.); así como de las características del agua residual y drenaje o alcantarillado interno de la instalación (volúmenes de descarga, caracterización del agua residual, etc.).

Además de todos los anexos solicitados en el formato.

- El registro de descargas de aguas residuales a nivel Federal de forma general y de acuerdo al formato emitido por la CONAGUA contemplan los siguientes apartados:

**Datos Generales**

En este apartado se señalan los datos del solicitante de la descarga y datos generales de la empresa, como lo son:

- Nombre y Razón Social del Establecimiento
- Nombre y firma del Representante legal
- Actividad Productiva
- Registro federal de contribuyentes
- Domicilio del establecimiento
- Etc.

**Tipo de Descarga**

En esta sección se señala toda aquella información relacionada con el agua de abastecimiento y del agua residual como:

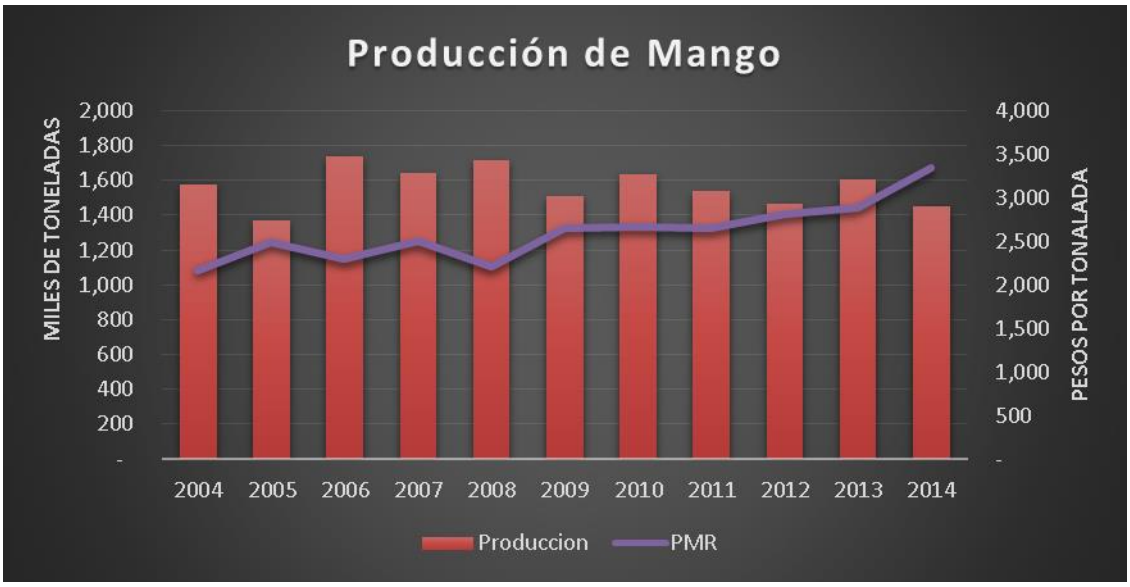
- Uso del agua que la genera
- Fuente de abastecimiento y título de la concesión
- Características de la descarga
- Cuerpo de agua receptor
- Información general y ubicación del sitio donde se realiza la descarga
- Dispositivos de tratamiento
- Proyectos de obras de descarga

Además de todos los anexos solicitados en el formato.

## 7.6. ANEXOS

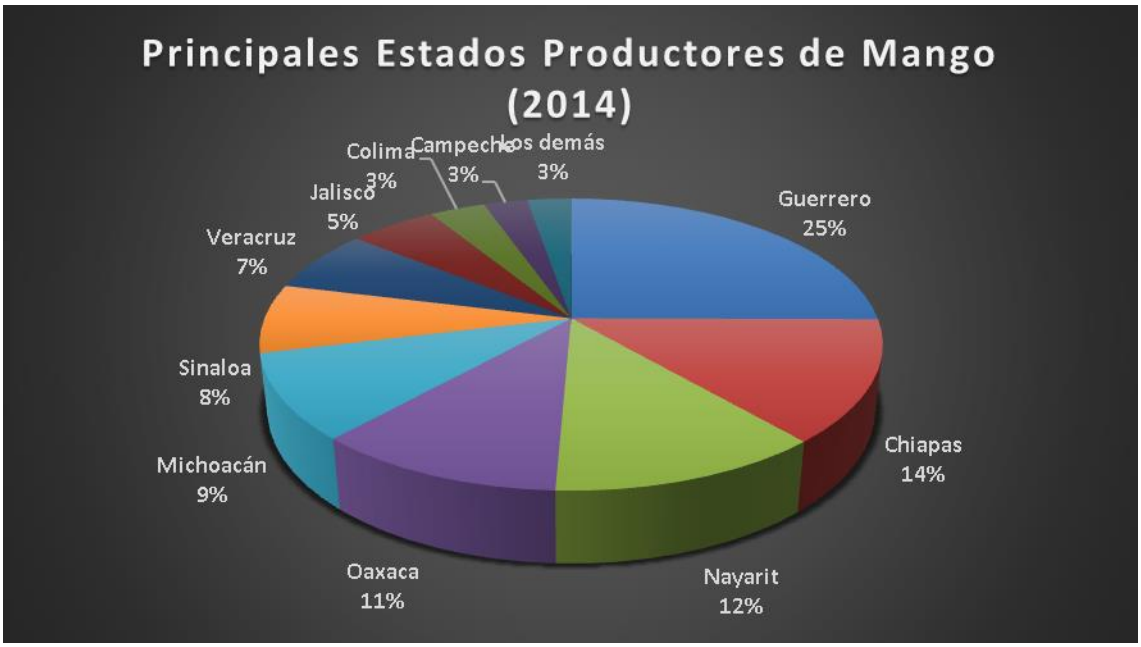
# 8.- COMERCIALIZACIÓN

## 8.1 PRODUCCIÓN DE MANGO EN MÉXICO DE 2004-2014



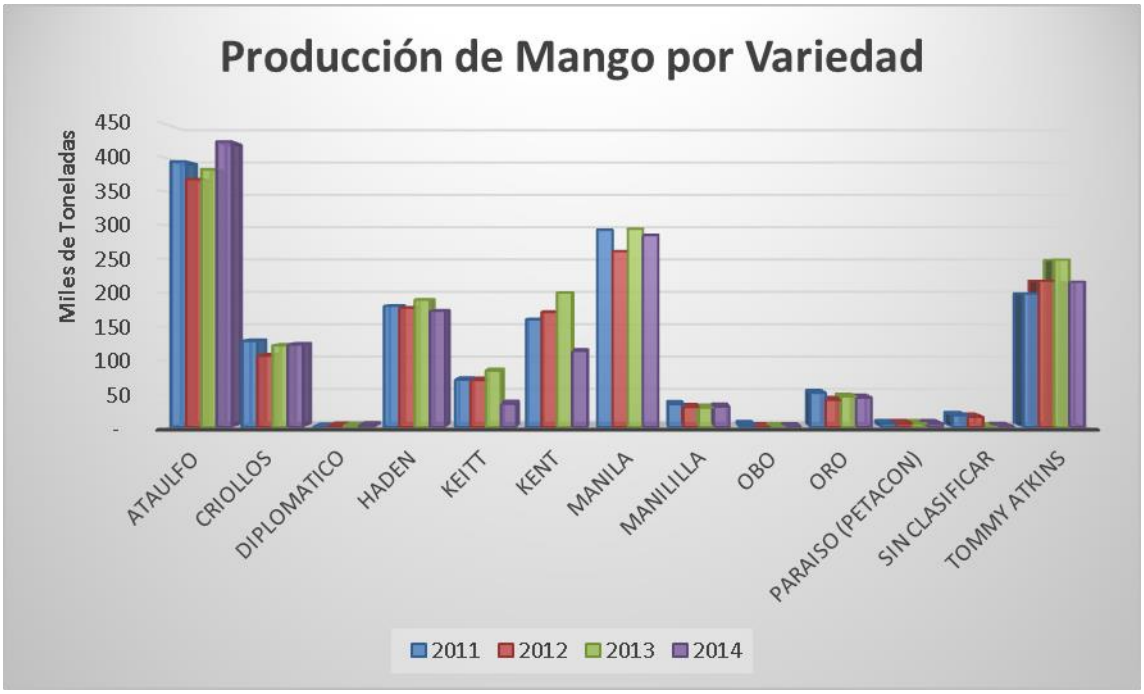

Fuente: Datos del Sistema Integral de información Agroalimentaria y Pesquera, SIACON

### 8.1.1.- Principales estados mexicanos productores de mango en 2014

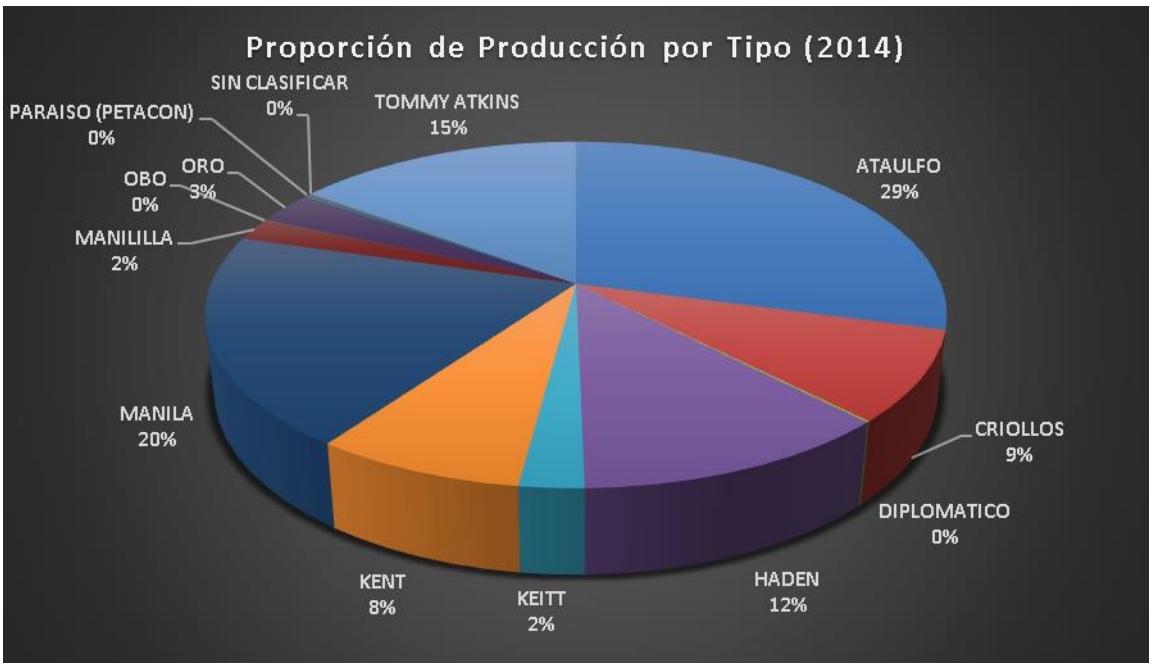



Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema Integral de información Agroalimentaria y Pesquera, SIACON

### 8.1.2.- Variedades de mango

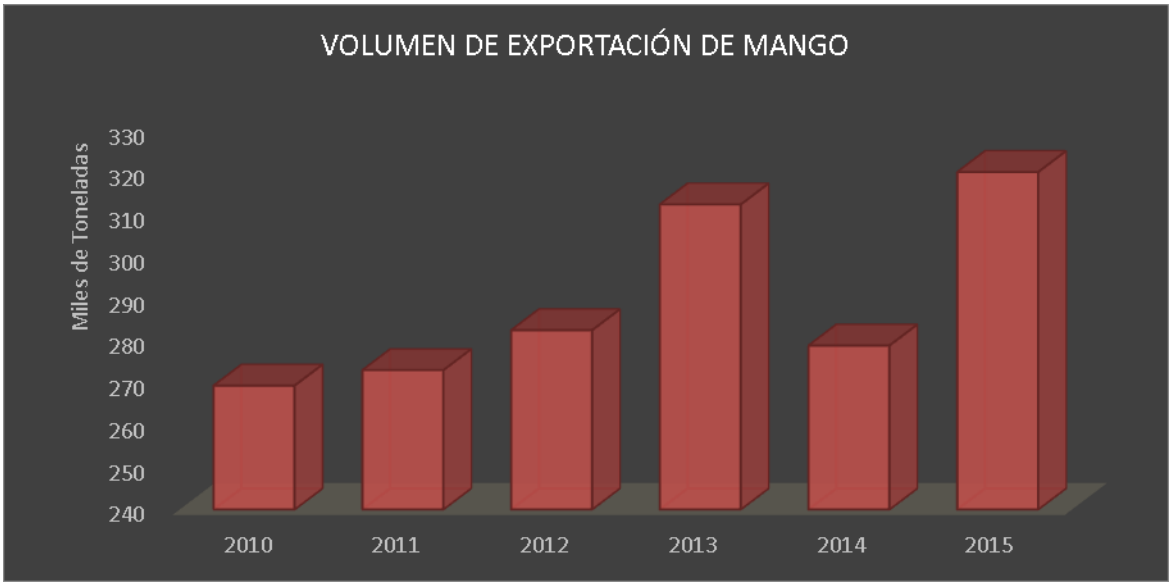



Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema Integral de información Agroalimentaria y Pesquera, SIACON

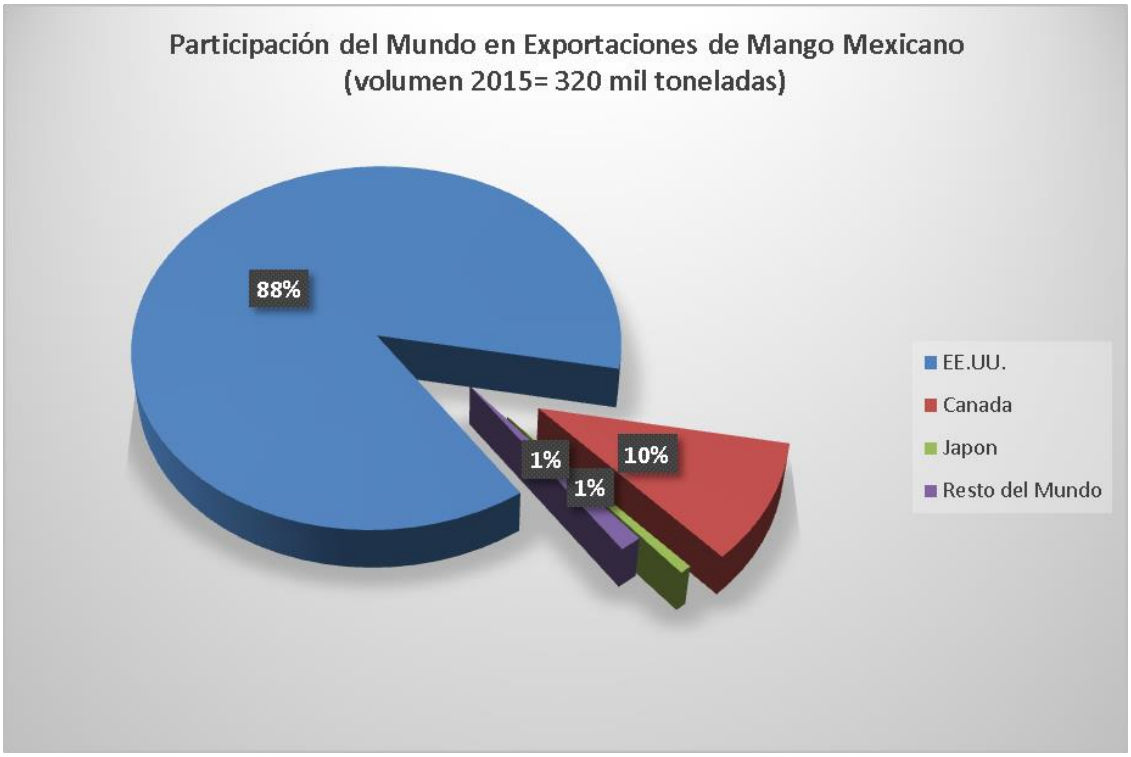



Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema Integral de información Agroalimentaria y Pesquera, SIACON

## 8.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS MERCADOS DE EXPORTACIÓN




Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Comercial Via Internet, SIAVI

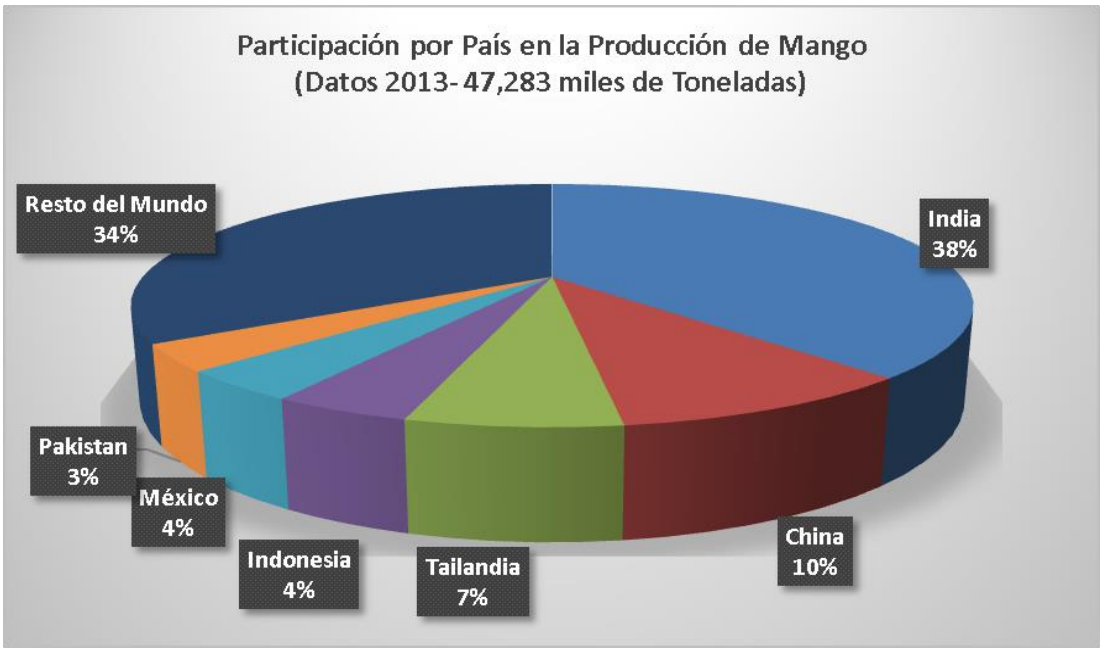



Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema Integral de información Agroalimentaria y Pesquera, SIACON

### 8.2.1. Producción de mango en el entorno internacional

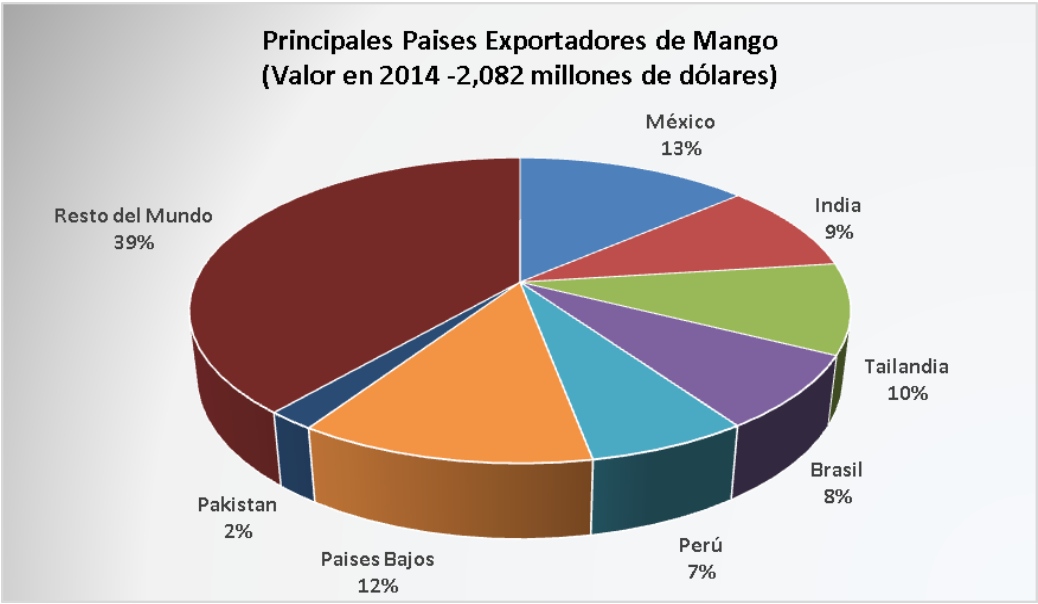
| País | Volumen de Producción de Mango por Año (Toneladas) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **2010** | **2011** | **2012** | **2013** |
| India | 15,026,700 | 15,188,000 | 16,196,000 | 18,002,000 |
| China | 4,135,293 | 4,519,380 | 4,567,247 | 4,620,000 |
| Tailandia | 2,550,595 | 2,793,640 | 2,985,530 | 3,141,950 |
| Indonesia | 1,287,287 | 2,131,139 | 2,376,339 | 2,058,607 |
| México | 1,632,649 | 1,827,314 | 1,760,588 | 1,901,871 |
| Paquistán | 1,845,528 | 1,888,449 | 1,680,388 | 1,658,562 |
| Brasil | 1,189,651 | 1,249,453 | 1,175,735 | 1,163,000 |
| Bangladesh | 1,047,849 | 889,176 | 945,059 | 950,000 |
| Nigeria | 850,000 | 850,000 | 860,000 | 850,000 |
| Filipinas | 843,508 | 800,551 | 783,225 | 831,026 |
| Resto del Mundo | 10,865,690 | 11,641,718 | 11,676,026 | 12,106,753 |
| **Total** | **41,274,750** | **43,778,820** | **45,006,137** | **47,283,769** |

Fuente: Elaboración propia con datos de Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)



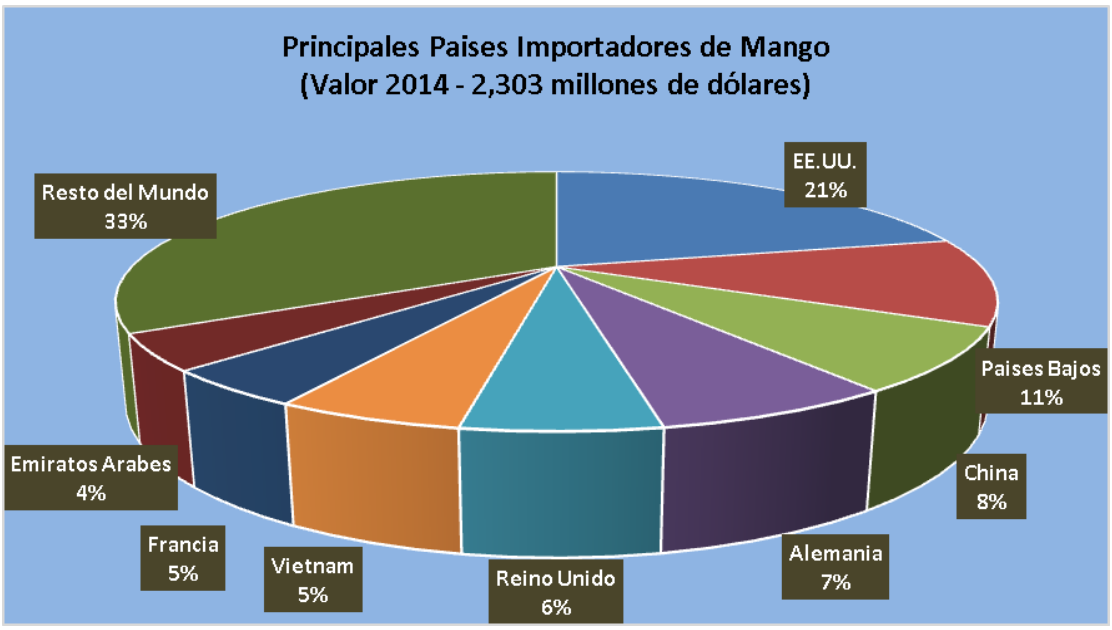

Fuente: Elaboración propia con datos de Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

### 8.2.2. Países exportadores de Mango



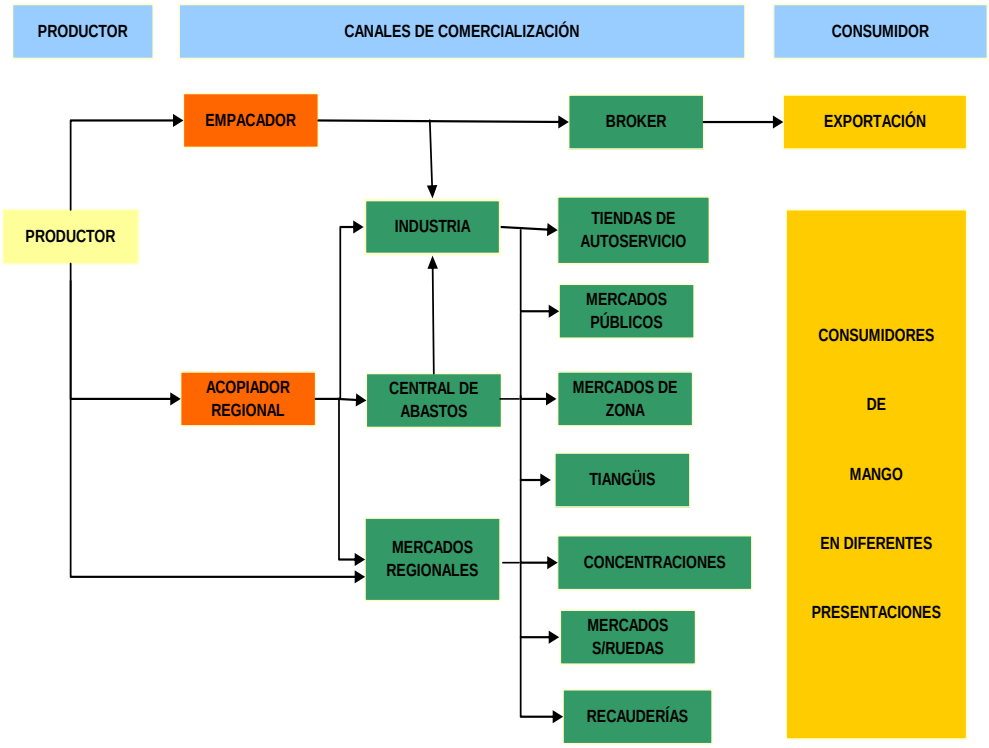

Fuente: Elaboración propia con datos de comercio de las Naciones Unidas (UN Trade)

### 8.2.3. Países importadores de mango



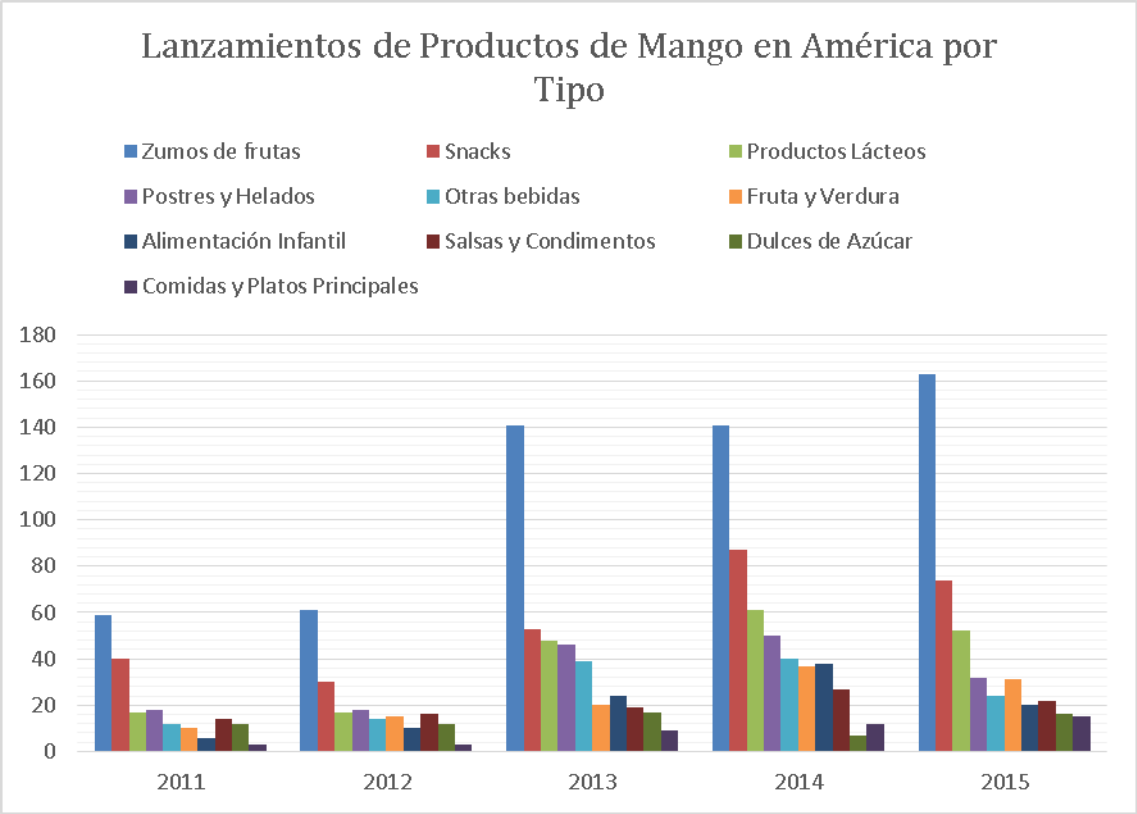

Fuente: Elaboración propia con datos de comercio de las Naciones Unidas (UN Trade)

## 8.3. CANALES DE DISTRIBUCIÓN DE MANGO




Fuente: Información del Sistema Integral de información Agroalimentaria y Pesquera, SIACON

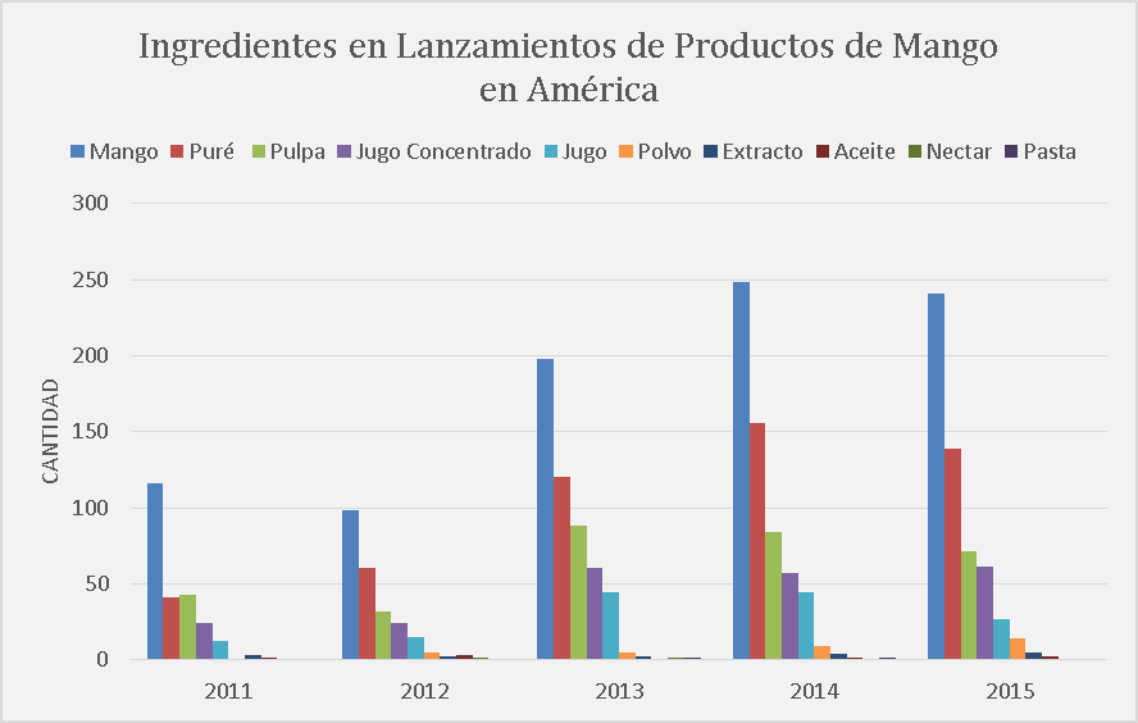
## 8.4. PRODUCTOS A BASE DE MANGO Y SU PERSPECTIVA DE CRECIMIENTO




Fuente: Elaboración propia con datos de Mintel

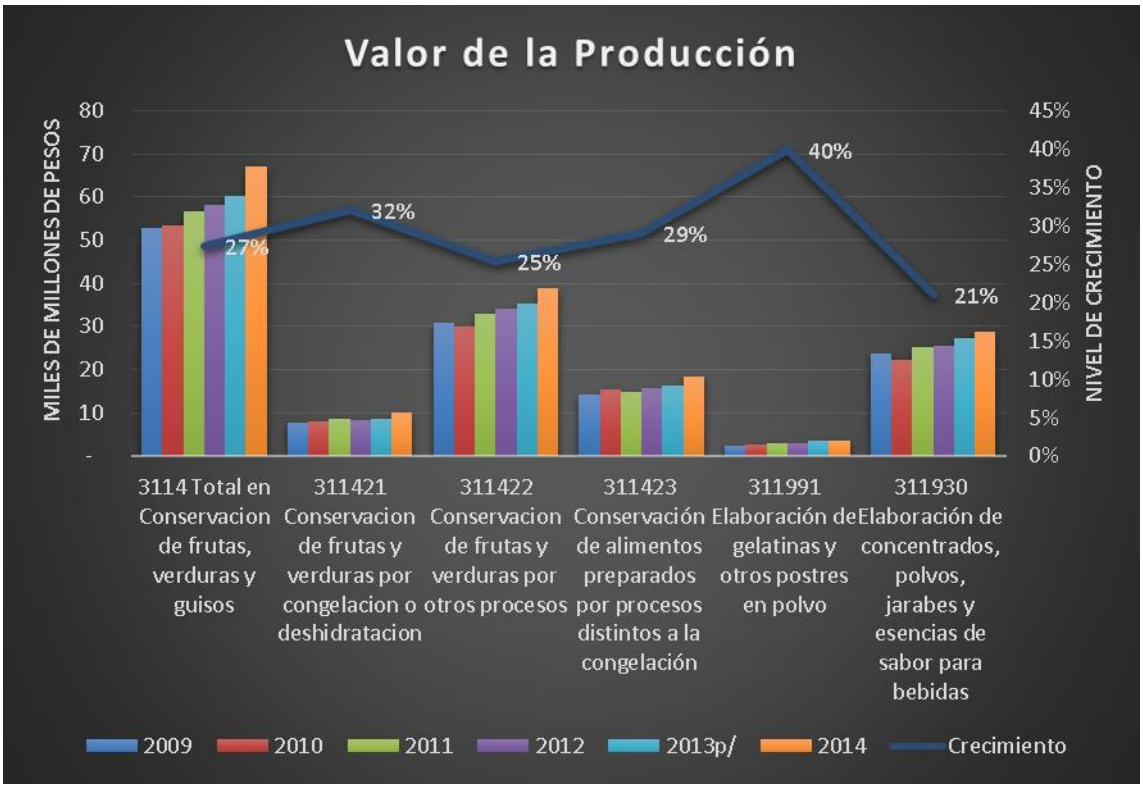
Dentro de la conservación del mango se encuentra el mango en almíbar, la mermelada, el ate

### 8.4.1. Ingredientes utilizados en productos de mango




Fuente: Elaboración propia con datos de Mintel

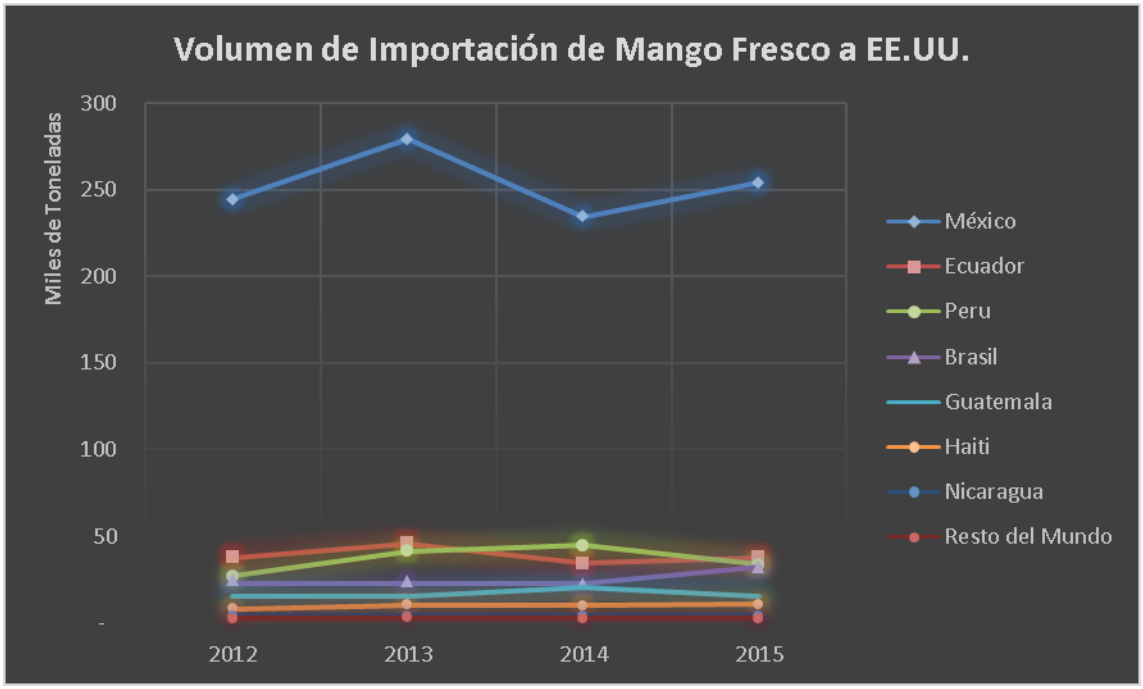
### 8.4.2.- Crecimiento de las conservas en México




Fuente: Elaboración propia con datos de comercio del INEGI

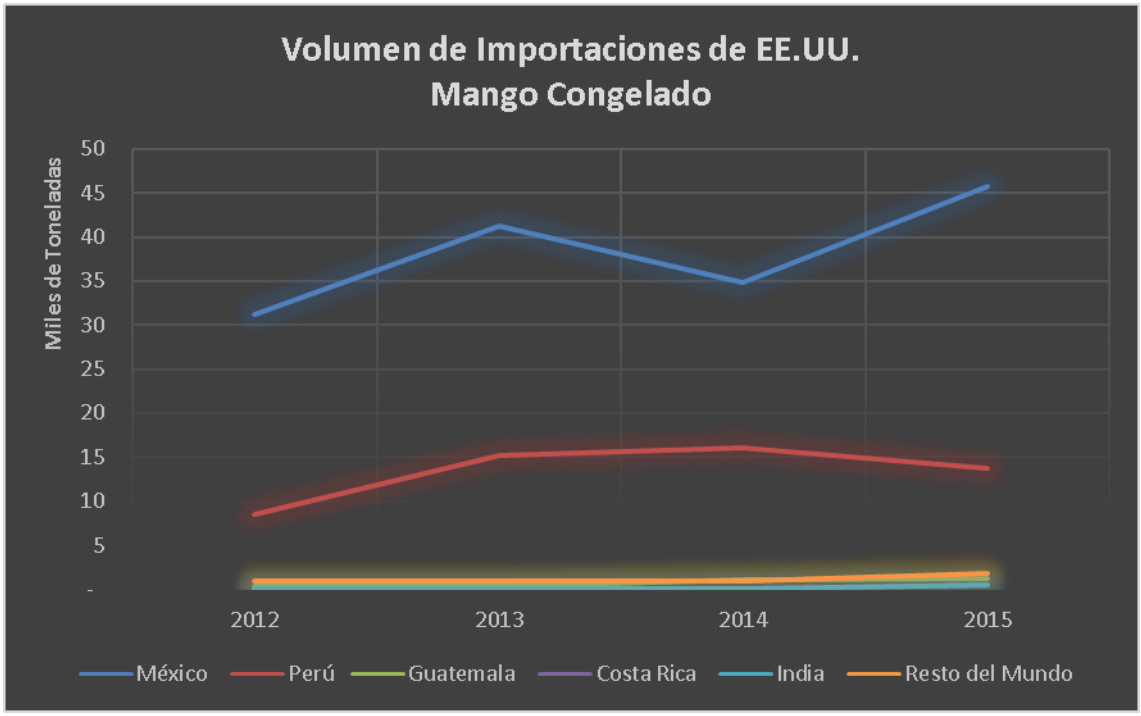
## 8.5. IMPORTACIONES DE MANGO A ESTADOS UNIDOS

### 8.5.1. Importaciones de mango fresco



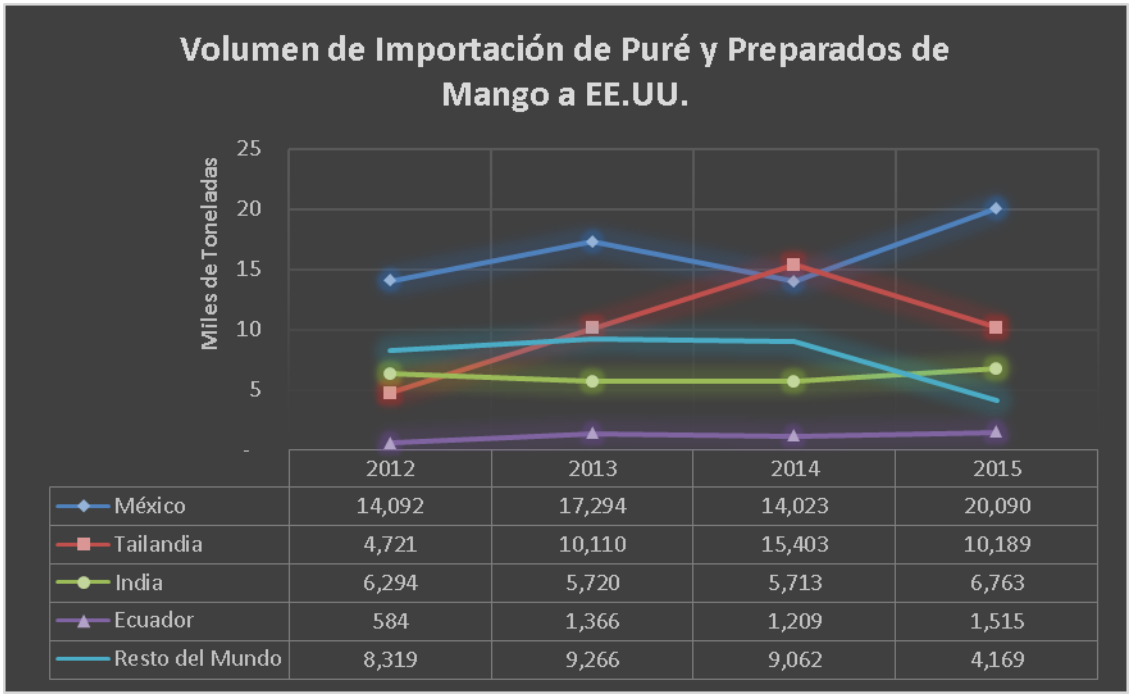

Fuente: Elaboración propia con datos de United States International Trade Commission

### 8.5.2. Importaciones de Estados Unidos de Mango congelado (08.11.90.52.00). Incluye producto preparado en forma aséptica.




Fuente: Elaboración propia con datos de United States International Trade Commission

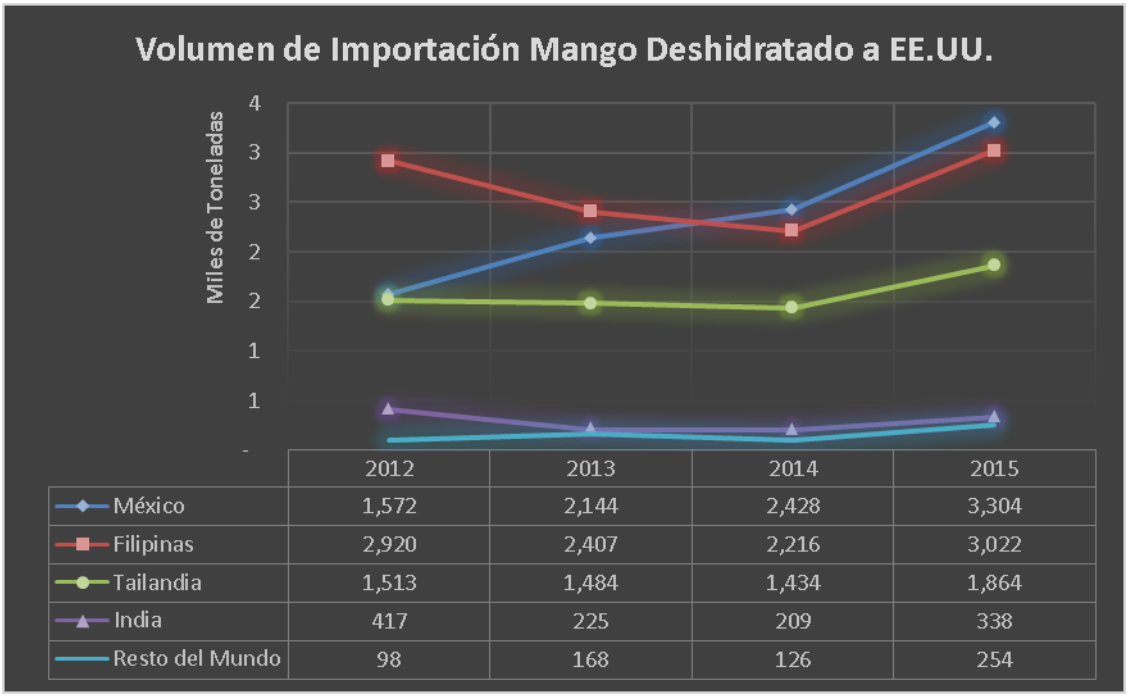
### 8.5.3. Mango en pasta, puré y preparados (20.07.99.50.20 y 20.08.99.40.00)




| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|---|---|---|---|
| México | 14,092 | 17,294 | 14,023 | 20,090 |
| Tailandia | 4,721 | 10,110 | 15,403 | 10,189 |
| India | 6,294 | 5,720 | 5,713 | 6,763 |
| Ecuador | 584 | 1,366 | 1,209 | 1,515 |
| Resto del Mundo | 8,319 | 9,266 | 9,062 | 4,169 |

Fuente: Elaboración propia con datos de United States International Trade Commission

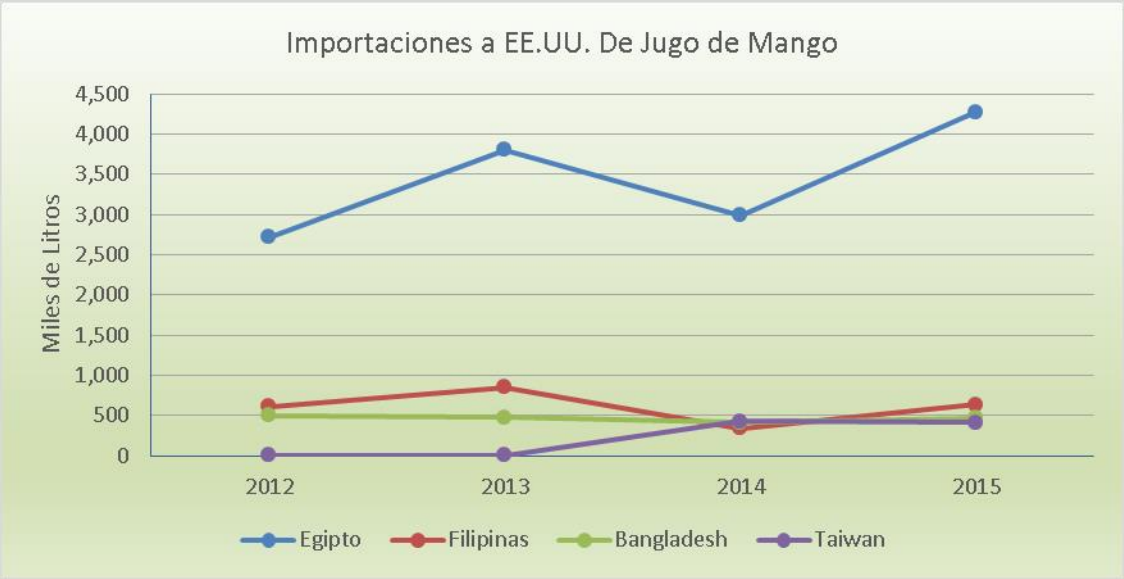
### 8.5.4. Mango deshidratado: 08.04.50.80.10.




| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|---|---|---|---|
| México | 1,572 | 2,144 | 2,428 | 3,304 |
| Filipinas | 2,920 | 2,407 | 2,216 | 3,022 |
| Tailandia | 1,513 | 1,484 | 1,434 | 1,864 |
| India | 417 | 225 | 209 | 338 |
| Resto del Mundo | 98 | 168 | 126 | 254 |

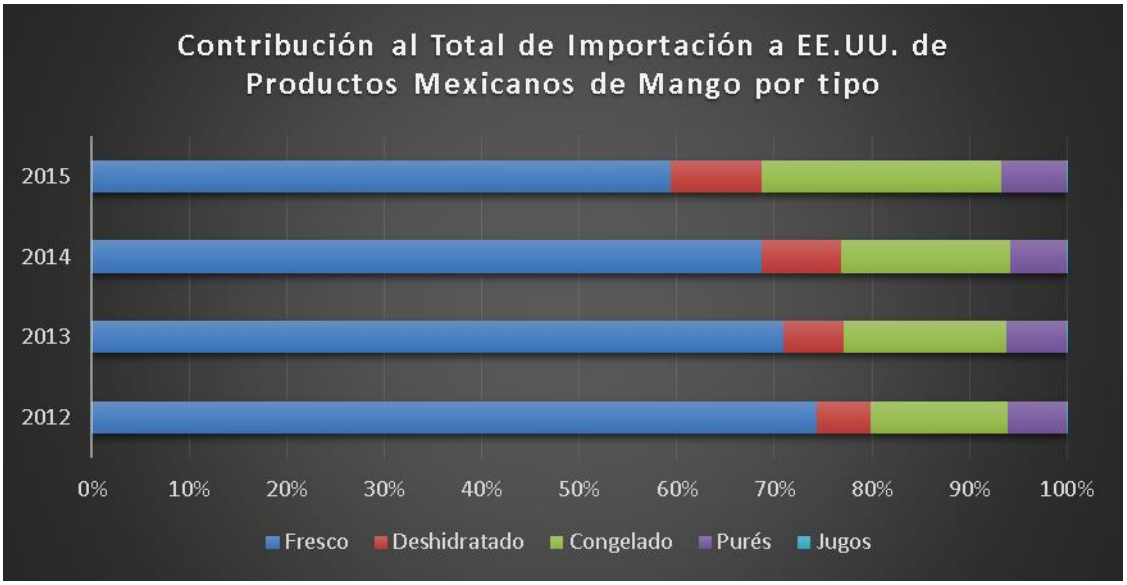
Fuente: Elaboración propia con datos de United States International Trade Commission

### 8.5.5. Jugo de Mango



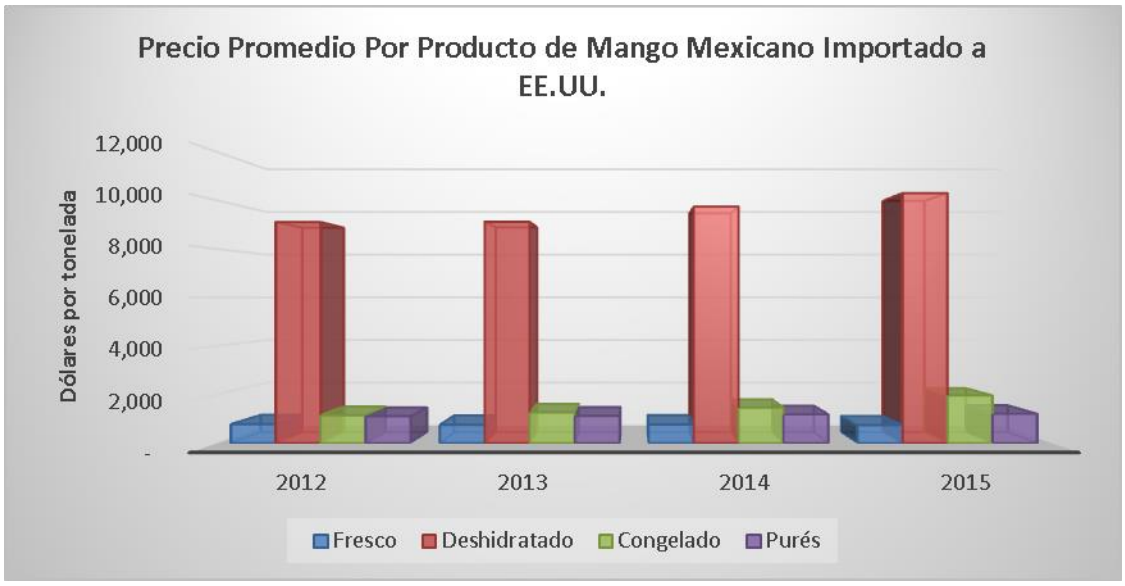

Fuente: Elaboración propia con datos de United States International Trade Commission

### 8.5.6. Importaciones de productos a base de mango en Estados Unidos de origen mexicano




Fuente: Elaboración propia con datos de United States International Trade Commission

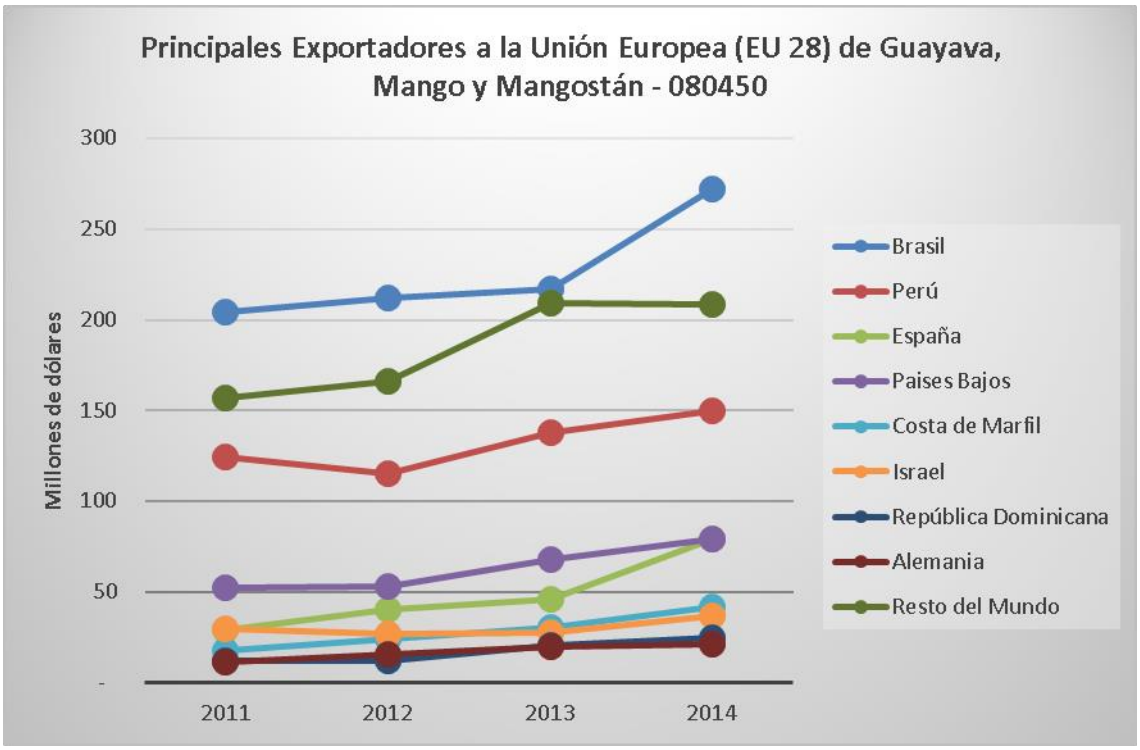
### 8.5.7. Precios de importación pagados en Estados Unidos a productos de origen mexicano




Fuente: Elaboración propia con datos de United States International Trade Commission

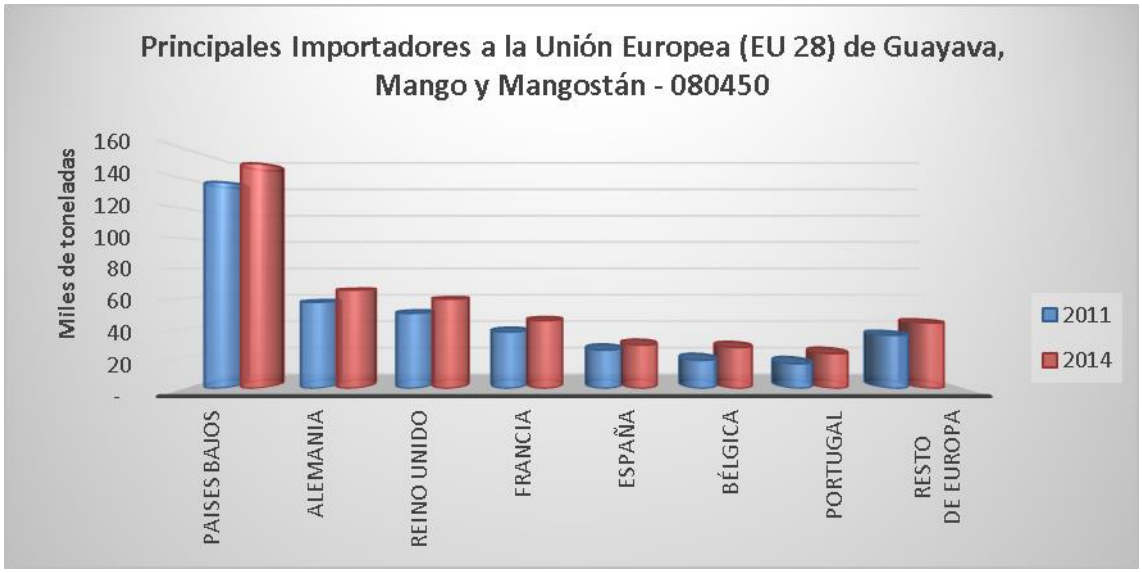
## 8.6. MERCADO DE LA UNIÓN EUROPEA PARA PRODUCTOS DE MANGO

### 8.6.1. Importaciones de la Unión Europea de Guayava, Mango y Mangostán



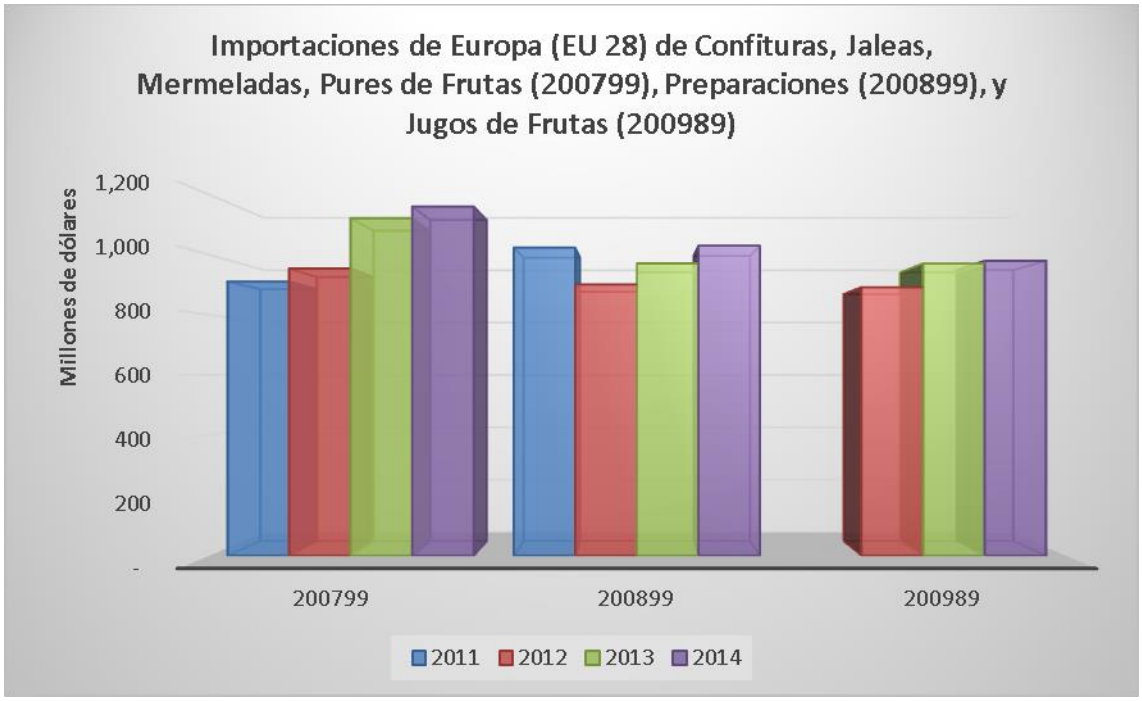

- 080450

Fuente: Elaboración propia con datos de Eurostat




Fuente: Elaboración propia con datos de International Trade Center

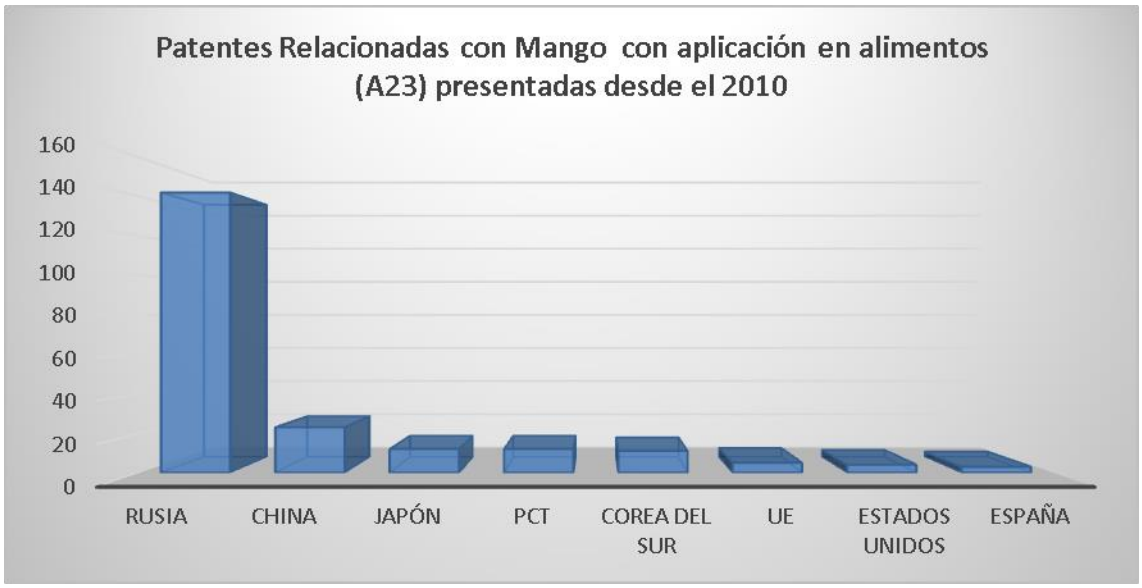
### 8.6.2. Importaciones a Europa de productos procesados afines al mango




Fuente: Elaboración propia con datos de International Trade Center

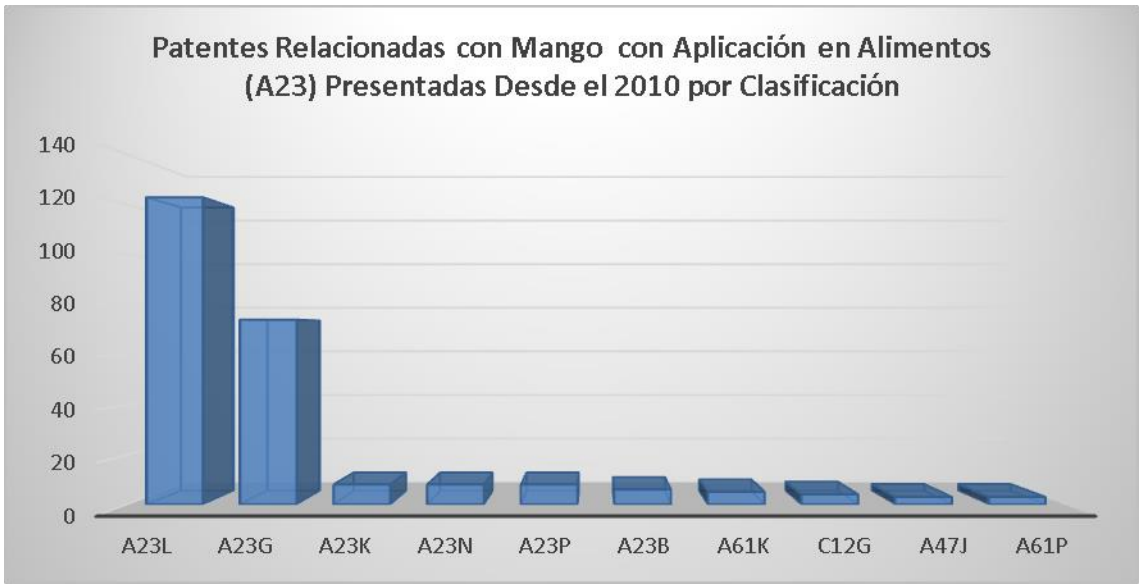
## 8.7. NUEVOS PRODUCTOS A BASE DE MANGO

Dentro de la base de datos de WIPO se encontraron las siguientes patentes relacionadas con alimentos con fecha de aplicación desde el 2010 donde se involucra al mango en su aplicación. En ellas Rusia tiene el mayor número de aplicaciones ya que están dentro de una misma familia y 138 de ellas pertenecen al ruso Kvasenkov Oleg Ivanovich y se refieren al método para producir helado a partir de distintas frutas.




.

Fuente: Elaboración propia con datos de World Intellectual Property Organization (WIPO)




Fuente: Elaboración propia con datos de World Intellectual Property Organization (WIPO)

Clasificaciones

| | |
|---|---|
| A23L | ALIMENTOS, PRODUCTOS ALIMENTICIOS, O BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS; SU PREPARACIÓN O TRATAMIENTO; CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS O PRODUCTOS ALIMENTICIOS, EN GENERAL |
| A23G | CACAO; PRODUCTOS DE CACAO; SUSTITUTOS PARA CACAO O PRODUCTOS DE CACAO; CONFITERÍA; CHICLE; HELADO; PREPARACIÓN |
| A23K | LOS ALIMENTOS PARA ANIMALES ESPECIALMENTE ADAPTADOS PARA LOS ANIMALES; MÉTODOS ADAPTADOS ESPECIALMENTE PARA SU PRODUCCIÓN |
| A23N | MÁQUINAS O APARATOS PARA EL TRATAMIENTO DE FRUTAS, |

| | |
|---|---|
| | VERDURAS, O BULBOS DE FLORES A GRANEL; PELADO DE VERDURAS O FRUTAS A GRANEL; APARATO PARA PREPARAR ALIMENTOS PARA ANIMALES |
| A23P | CONFORMACIÓN O TRATAMIENTO DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS |
| A23B | CONSERVACIÓN; MADURACIÓN QUÍMICA DE FRUTAS O VERDURAS; CONSERVADOS, MADURADOS O PRODUCTOS ENLATADOS |
| A61K | PREPARACIÓN PARA PROPÓSITOS MÉDICO, DENTAL, O DE ASEO |
| C12G | VINO; OTRAS BEBIDAS ALCOHÓLICAS; PREPARACIÓN |
| A47J | EQUIPO DE COCINA; MOLINILLOS DE CAFÉ; MOLINILLOS DE ESPECIAS; APARATO PARA PREPARAR BEBIDAS |
| A61P | ACTIVIDAD TERAPÉUTICA ESPECÍFICA DE COMPUESTOS QUÍMICOS O PREPARACIÓNES MEDICINALES |

Algunas de las patentes encontradas tanto en WIPO como ESPACENET se refieren a lo siguiente

- Métodos para procesar jugo de mango
- Proceso para producir harina de mango
- Medicamentos a partir de semilla de mango
- Preparación de pectinas y composiciones polifenólicas a partir de cáscara de mango
- Compuestos saborizantes de mango
- Compuestos alimenticios y tabletas de mango en polvo
- Preparación de bebidas no alcohólicas
- Preparación de helado
- Salsa de chile con mango para alimentos del mar

## 8.- COMERCIALIZACIÓN

- Método para glasear mango
- Postre de mango
- Método para producir ensalada de mango preservada
- Salsa de tomate con mango
- Composiciones para dulces de mezcla de frutas
- Queso de mango
- Leche en polvo con sabor a mango
- Mermelada de mango

Las siguientes son las principales empresas que actualmente está desarrollando y protegido productos a base de mango como ingrediente o fruta, y junto se encuentra el número de productos lanzados en los último cinco años

- Loblaws (Canadá) (35)
- Aldi (EE.UU.) (29)
- Lassonde (Canadá) (21)
- Sun-Rype Products (Canadá) (20)
- Nurture (EE.UU.) (17)
- Target (EE.UU.) (17)
- Bolthouse Juice Products (EE.UU.) (15)
- Comercializadora Eloro (México) (14)
- Jugos del Valle (México) (14)
- Trader Joe's (EE.UU.) (14)
- Campbell Soup (EE.UU.) (13)
- Lucerne Foods (EE.UU.) (13)
- Naked Juice (EE.UU.) (12)
- Meijer (EE.UU.) (11)
- Safeway (EE.UU.) (11)
- Cia. Brasileira de Distribuição - GPA (Brasil) (10)

- Metro Brands (Canadá) (10)
- Walgreen (EE.UU.) (10)
- Welch's (EE.UU.) (10)
- Williams-Sonoma (EE.UU.) (10)

### **8.7.1.** Macrotendencias para nuevos productos ahora y en el futuro

Las características en las que se fija el consumidor son la preocupación por la salud y el bienestar, la conveniencia, la preferencia por productos orgánicos

**Salud y Bienestar**

Los cambios en los patrones de alimentación y la popularidad de la comida chatarra, han provocado un aumento constante de consumidores obesos. Cuyo número es más común entre la población de ingresos medios-bajos en cualquier grupo de edad, incluyendo los jóvenes. Esto ha generado políticas en donde se gobierno e iniciativa privada colaboren para generar campañas que aumente el consumo de frutas y verduras.

En los supermercados el tamaño de los espacios “frescos” ha aumentado para satisfacer la creciente demanda de los grupos de altos ingresos para ofrecer una mayor variedad de alimentos frescos, incluyendo frutas. El hábito de comer regularmente fruta se estimula, sobre todo en personas de mediana edad y mayores que se preocupan por su salud y bienestar.

**Conveniencia**

Muchos consumidores, en especial en países donde el mango no crece, con frecuencia no pueden reconocer un mango maduro de uno verde. Por esta razón los distribuidores ofrecen mangos listos para comer que han sido madurados artificialmente. O se ofrecen mangos que

han madurado en su país de origen y se envían por vía aérea al destino. Las variedades Kent y Keitt son adecuadas para este mercado en crecimiento. Dado que en ocasiones al consumidor le resulta complicado pelar el mango, se ofrecen opciones de mango troceado de tamaño equivalente a un bocado.

En los países desarrollados son cada vez más el número de establecimientos comerciales, incluyendo máquinas expendedoras, que ofrecen diferentes tipos de ensaladas de frutas preenvasados con mango rodajas como una alternativa de almuerzo para llevar. Estas son opciones de precio premium dirigidas a los consumidores de nivel alto que están dispuestos a pagar alternativas convenientes, saludables y atractivas.

**Orgánico**

El interés en la fruta orgánica continúa creciendo en los principales mercados. En la Unión Europea, la fruta orgánica representó el 2,5 -3% de las ventas totales de frutas en 2012, y en Estados Unidos creció un 11% en 2014, hasta alcanzar los 39 mil millones de dólares. Un número creciente de personas considera que el sabor ha disminuido en la mayoría de las frutas producidas en masa. La publicidad de varios escándalos alimentarios ha provocado una mayor preocupación por la seguridad alimentaria y un creciente interés en los alimentos elaborados de acuerdo con las buenas prácticas agrícolas. Cada vez hay mayor disponibilidad de mangos orgánicos y los precios se vuelven accesibles a un mayor número de consumidores. Por otro lado, los requisitos para la fruta orgánica certificada se han vuelto más estrictos.

## 8.8. OPORTUNIDADES DE TRATADOS COMERCIALES

El hecho de tener un acuerdo de libre comercio con Estados Unidos y Canadá permite condiciones muy favorables para la exportación de productos agroalimentarios desde México. Además, la cercanía reduce el costo de distribución y mejora las condiciones para productos perecederos de corta vida de anaquel. Con esto, se incrementan las condiciones para lograr un aumento en la inversión extranjera, en equipamiento para producción y el aumento en la tecnología.

Aunque en el caso del tratado con la Unión Europea, existente desde el año 2000, los aranceles para las exportaciones de fruta fueron eliminados desde el 2008.

El acuerdo de la Alianza del Pacifico, cuyas negociaciones terminaron en 2016, permitiría el acceso de productos, el mango entre otros, mediante la reducción de las tasas arancelarias, a países como Australia, Nueva Zelanda, Colombia, Perú, Brunei, Japón y Vietnam. Las tasas actuales están sobre el 16% y llegarían hasta 0 en 2028 para el mango fresco, mientras que en otras versiones la reducción, como cocido, congelado o conservas llegaría a 0 a partir del 2020. Esto permitiría mejores condiciones de exportación a países como Vietnam, que es uno de los principales importadores a nivel mundial.

Aunque no se tiene un acuerdo comercial con China, que por el tamaño de su población resulta un mercado atractivo para México, en 2014 se logró un memorándum de entendimiento a través del Instituto Nacional del Emprendedor para la promoción de los sectores de alimentos, productos agrícolas y bebidas, y el desarrollo de PYMES. ( Secretaria de Economia, 2016).

## 8.9. BARRERAS NO ARANCELARIAS

Las barreras no arancelarias involucran aquellas condiciones dentro de las políticas y procedimientos regulatorios propios de cada país o región que limitan las importación de los diferentes productos. En este sentido la Organización de Comercio Internacional define que las reglas para el cumplimiento de las licencias de importación deben ser claras y transparentes para todos, y que deben ser otorgadas en un máximo de 60 días. (World Trade Organization, 2016).

Estas situaciones pueden incluir términos de valuación de las mercancías, reglas de origen, inspecciones previas al embarque, y otras más. Desde prácticas proteccionistas, como la implementación de cuotas, para impedir la entrada de un producto que pueda dañar la economía de productores locales; condiciones de asistencia, como subsidios; o condiciones en materia de salud y seguridad alimentaria, como restricciones fitosanitarias, reglamentación de etiquetado, o medidas de protección al medio ambiente.

Las restricciones en materia fitosanitaria por parte de los países desarrollados, principales clientes de productos hortofrutícolas mexicanos, han ido en aumento. En el 2015, la Unión Europea levantó una prohibición de 7 meses al mango de India por la aparición de mosca de la fruta en algunos embarques (Espiner, 2015). Para la Unión Europea, tan solo en mango, existe una lista de los límites de residuos máximos para 472 plaguicidas (European Commission, 2016).

Algunos procedimientos para la autorización de importación de productos frescos incluyen no solo la inspección de los huertos, o el tratamiento del fruto a condiciones de lavado y aplicación de fungicidas específicos (Ministry of Agriculture, 2004), sino también la trazabilidad de todos los insumos que intervienen en la producción.

Adicionalmente, para alimentos procesados, se incluyen una lista de contaminantes para productos derivados de frutas, como el jugo, que incluyen metales pesados, toxinas derivadas de hongos, residuos de plastificantes en empaques, material transgénico, y otros.

## 8.10. CONCLUSIONES

Es claro que el mango, al igual que otras frutas tropicales, se va haciendo popular en los mercados donde este tipo de frutos no se cultivan. Los motivadores de compra pueden ser variados, desde las características de un sabor con el cual estén poco familiarizados y que les sea atractivo, hasta los beneficios para la salud que les pueda ofrecer, sin dejar de considerar los colores, olores y texturas involucradas.

La ventaja que tiene México sobre los países asiáticos es su cercanía con Estados Unidos y sus acuerdos comerciales, sin embargo, no tiene hegemonía en la producción de mango. En el fruto de exportación predomina un mínimo de procesamiento, lo cual le da un bajo valor agregado y lo expone a condiciones de competencia donde el precio es la condicionante de los compradores al convertirse en un commodity por la oferta abundante. De ahí que en Europa las importaciones procedan principalmente de Asia.

Por otro lado China e India han estado creando una fuerte infraestructura para convertir sus materias primas en ingredientes para diferentes industrias, de manera muy específica, la de alimentos procesados. El tener grandes volúmenes de materia prima disponible les permite abaratar costos y ofertar toda clase de alternativas a precios bajos. Lo cual hace difícil poder competir en igualdad de circunstancias.

Las desventajas en términos de comercialización y cadena de distribución del mango fresco contra el procesado es la vida de anaquel. Esto presenta una desventaja ante el consumidor que está exigiendo productos cada vez más naturales, con un procesamiento mínimo y la

menor cantidad de conservadores. El reto está en ofrecerle un producto más duradero que pueda apreciar por su “naturalidad”, y la oferta de un beneficio hacia la salud, sin perder las características sensoriales que hacen al mango tan atractivo al paladar.

## 8.11. BIBLIOGRAFÍA

Secretaria de Economia. (16 de 11 de 2016). *Sistema de Información de Tratados Comerciales Internacionales (SICAIT).* Obtenido de http://www.economia-snci.gob.mx/sicait/5.0/

Espiner, T. (20 de 01 de 2015). Ban on Indian mango imports to EU to be lifted. *BBC*.

European Commission. (02 de 11 de 2016). *EU Pesticides database.* Obtenido de http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN

Ministry of Agriculture. (Enero de 2004). NSPM 10. *Guidelines for Export Inspection & Certification of Fresh Mango (Mangifera indica) Fruits to P. R. China*. Faridabad, Haryana, India.

Pinheiro-Araújo, J. L., & Lopez-Garcia, J. L. (2012). A Study of the Mango Market in the European Market. *Revista Econômica do Nordeste, 43*(2), 289-308.

World Trade Organization. (2 de 11 de 2016). *Non-tariff barriers: red tape, etc*. Obtenido de https://www.wto.org/english/thewto_e/whatis_e/tif_e/agrm9_e.htm

# 9.- TECNOLOGÍAS EMERGENTES PARA LA CONSERVACIÓN DE JUGO, NÉCTAR Y PULPA DE MANGO.

Angela Suárez-Jacobo.
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. –Unidad Noreste Vía de innovación 404, PIIT, Autopista Monterrey-Aeropuerto Km.10 Apodaca, Nuevo León, 66629, México asuarez@ciatej.mx

Mango (*Mangifera indica L.*) es una rica fuente de carotenoides, con un alto contenido de ácido ascórbico y compuestos fenólicos, por lo que se refiere a menudo como "rey de las frutas" en el Oriente (Ahmed et al. 2005). Varios estudios han reportado varios compuestos polifenólicos en el mango, incluyendo el ácido elágico, ácido gálico, quercetina, catequina, epicatequina, ácido clorogénico, mangiferina, y kaempferol (Berardini et al. 2004; Masibo and He 2008). Algunos de estos compuestos bioactivos son buenos antioxidantes que se han relacionado con la prevención de las enfermedades cardiovasculares y el cáncer (Block et al. 1992; Liu 2003) por lo que es una fuente dietética sustancial.

Los nuevos hábitos de consumo llevan al consumidor a ser más exigente con la calidad de los productos que compra, planteándose adquirir productos libre de aditivos, con una alta calidad nutritiva y sensorial, sanos; generando en los últimos 15 años un interés creciente en el desarrollo de nuevos productos con valor agregado y ha provocado que se realicen considerables esfuerzos de investigación para el desarrollo de nuevos procesos requeridos para la conservación de alimentos, para consumo del mercado nacional y/o incluso de exportación.

La aplicación de procesamientos alternativos a los métodos convencionales está ganando una amplia aceptación en su mayor parte para satisfacer la demanda de los consumidores de alimentos más seguros y con mejor calidad sensorial. El empleo de tratamientos térmicos, ha sido hasta el momento la tecnología mayormente utilizada para inactivar microorganismos y enzimas que causan deterioro en un alimento prolongando así su vida útil, sin embargo actualmente se encuentran ya tecnología maduras o en desarrollo donde el empleo de altas temperaturas no es el principal elemento utilizado para asegurar la estabilidad de los alimentos, de este modo, presentan una ventaja frente a los tratamientos

térmicos que generan un impacto negativo en la calidad sensorial y nutritiva de los productos. Algunos estudios sobre los productos tratadas térmicamente tales como fresa, naranja y sandía reportaron una pérdida significativa de la calidad nutricional y la degradación de compuestos bioactivos tales como el ácido ascórbico (Rawson et al. 2011).

Algunas de éstas tecnologías se denominan no térmicas ya que no demeritan las características propias de los alimentos, el producto no sufre un proceso de transformación severo y, a su vez, son innocuos y que poseen una larga vida útil (López-Alonso, R., Antolín-Giraldo 2004). Entre estas tecnologías se encuentran: el uso de la alta presión hidrostática, los campos eléctricos pulsantes (Hallman, G. J., Howard 1997; Agcam et al. 2014), los pulsos luminosos (Charles et al. 2013; Lopes et al. 2016) , microondas (Varith et al. 2007) las radiaciones ionizantes, y más recientemente, la ultra-alta presión de homogeneización (UHPH) (Diels and Michiels 2006; Suarez-Jacobo et al. 2011).

## 9.1.- TRATAMIENTOS NO TÉRMICOS EN JUGO Y NÉCTAR DE MANGO

Los jugos de frutas y vegetales son bebidas populares que son consumidas por personas de todas las edades por sus características nutricionales y sensoriales. Existe una extensa literatura científica sobre los efectos beneficiosos que el consumo de jugos de fruta ofrece a la salud humana, por el contenido de compuestos bioactivos ya que poseen una posible capacidad protectora de la salud en forma de capacidad antioxidante. En particular, el consumo de jugo de mango ha sido asociado a la prevención de enfermedades cardiovasculares y cáncer (Liu 2003) debido quizá a sus los fitoquímicos que contiene y exhiben actividad antioxidante. Es por ello que la aplicación de tecnologías emergentes, representaría una perspectiva interesante para obtener jugo o néctar de mango seguro microbiológicamente, que preserve sus características de calidad (nutricional, fisicoquímica y organoléptica), su actividad antioxidante y contribuya a su extensión de la vida útil.

Los ultrasonidos es una tecnología potencial para alcanzar la reducción de 5D para microorganismos patógenos en jugos de frutas solicitada por la FDA (Food and Drug Administration) (Salleh-Mack and Roberts 2007), y con un efecto mínimo en la

degradación de los parámetros de calidad. Durante el proceso de ultrasonido de alta potencia (frecuencias bajas de 20-100 kHz), se produce el fenómeno de cavitación (formación y colapso de las burbujas) ocasionando una elevación de la presión y de la temperatura localizadas que transmiten energía que alterara las propiedades fisicoquímicas de los productos. En el jugo de mango Chokanan, esta tecnología ha sido utilizada con el objetivo de evaluar su impacto en los parámetros de calidad como sus características fisicoquímicas, color, índice de oscurecimiento, contenido de carotenoides, ácido ascórbico, actividad antioxidante e inactivación microbiana (Santhirasegaram et al. 2013). Comparado con el tratamiento térmico, el jugo de mango Chokanan tratado por ultrasonido, reservó mejor sus parámetros de calidad y se obtuvo una reducción significativa de la carga microbiana. Con los tratamientos de 15 y 30 minutos, se obtuvieron mejoras en el contenido de carotenoides, compuestos fenólicos y actividad antioxidante en comparación con el jugo fresco.

Por otro lado, en diferentes estudios se ha observado que los tratamientos con luz ultravioleta UV-C (190-280 nm) ofrecen nuevas alternativas para el control de patógenos. Estudios recientes demuestran que el uso de irradiación ultravioleta en frutas y vegetales frescos, reduce la incidencia de patógenos y la carga microbiana y prolonga la vida post-cosecha, sin afectar la calidad del producto (Erkan et al. 2001; Mercier et al. 2001; Rivera-Pastrana et al. 2007). El uso de longitudes de onda apropiadas y exposición del producto por tiempos determinados, puede producir una respuesta de estrés en microorganismos, la cual puede inducir un aumento en la tolerancia contra diferentes patógenos (Nigro et al. 1998). Varios estudios han utilizado el tratamiento de luz UV en jugos de frutas reportando cambios mínimos en los atributos nutricionales y de calidad, obteniendo una inactivación microbiana significativa (Bhat et al. 2011; Zhang et al. 2011; Pala and Toklucu 2013).

De esta forma, el jugo de mango Chokanan, fue tratado también con radiación UV-C (durante 15, 30 y 60 min a 25 ° C) y en un método combinado con ultrasonidos (para 15, 30 y 60 min a 25ºC, frecuencia de 40 kHz) y UV-C (Santhirasegaram et al. 2015). Los resultados mostraron una mejor retención de los compuestos fenólicos en el jugo no tratado térmicamente, tanto por UV-C solo y en combinación con ultrasonidos, en comparación al jugo fresco y el tratado térmicamente, así como en la evaluación sensorial, el jugo no

tratado térmicamente fue más preferido que el jugo tratado térmicamente.

Los campos eléctricos pulsantes (PEF por su acrónimo en inglés) han sido utilizados para la conservación de jugo de mango, parece ser una buena alternativa para inactivar microorganismos patógenos en tratamientos de alimentos líquidos especialmente en bebidas de vegetales y lácteos. De acuerdo a (Rivas et al. 2016), evaluó el efecto combinado de los PEF y stevia (edulcorante libre de calorías) en la superviviencia de *L. monocytogenes* en jugo de frutas (incluyendo el mango) y leche de avena, alcanzando los 5D fe reducción debido al posible efecto sinérgico del tratamiento y el edulcorante.

El gran interés en la tecnología de alta presión se debe a su capacidad de preservar la frescura de los alimentos y la retención de compuestos bioactivos además de lograr la reducción microbiana necesaria para obtener un producto seguro. La alta presión afecta sólo enlaces no covalentes; por lo tanto, las moléculas responsables del color, aroma, sabor y valor nutricional no se verán afectados por ella, por lo tanto, se conservan los atributos de los alimentos (Mújica-Paz et al. 2011). Actualmente, algunos frutos o jugos vegetales tratados por alta presión hidrostática, son disponibles comercialmente a nivel mundial, por ejemplo el jugo de mandarina, uva, manzana, naranja, zanahoria, brócoli y mezcla de estas (Xu et al. 2015; Liu et al. 2016; Zhang et al. 2016; Aganovic et al. 2017; Yi et al. 2017).

Se ha estudiado el procesamiento del jugo de mango por alta presión a 250-550 MPa con 0-60 min de tiempo de mantenimiento a temperatura ambiente (Hiremath 2005), donde se evaluó la inactivación microbiana utilizando tres microorganismos de deterioro común (*Leuconostoc Mesenteroides, Zygosaccharomyces bailii* y *Pichia membranaefaciens* y dos microorganismos patógenos, *Escherichia coli 0157: H7 y Listeria monocytogenes* Scott A,) cuyos conteos iniciales fueron de $10^6$ a $10^8$ UFC / mL.

De esta forma, la alta presión tuvo un efecto pronunciado sobre la destrucción de microorganismos indicadores de calidad en comparación con la de microorganismos patógenos en el jugo de mango tratado. *Z. bailii* fue el microorganismo de deterioro menos resistente y *L. mesenteroides* fue el más resistente a la presión. En el estudio con patógenos, se encontró que *E. coli* 0157: H7 fue más sensible a la presión comparado con el

de L. *monocytogenes*. A la más alta presión evaluada (400 MPa) se observó una reducción de 1,6 log de ciclo y 0,12 log ciclo para *E. coli* 0157: H7 y *L. monocytogenes*, respectivamente (Hiremath 2005).

El néctar de mango, también ha sido sujeto al procesamiento por alta presión hidrotática, donde se evaluó la inactivación de *Eschericha coli*, mesofilos y PME a diferentes presiones (0, 275, 345 y 414 MPa) y diferentes tiempos de (1, 2 y 4 min) (Bermúdez-Aguirre et al. 2011). *E.* coli fue inactivada a 414 MPA y 1 min, los mesófilos fueron inactivados a presiones de 275 a 414 MPa, y la PME no fue inactivada completamente a las presiones evaluadas.

Otro producto interesante, son los jugos tipo “smoothies”, introducidos con la finalidad de dar valor agregado a las frutas o vegetales. Se han utilizado las variedades Haden, Ataulfo y Manila con pulpas mezcladas para la elaboración de un smoothie que fue tratado por calentamiento óhmico (72 ° C/15 s) y altas presiones hidrostáticas (450 MPA/15 s, 500 MPA/90 s, 600 MPA/180), como resultado de los tratamientos, no hubo diferencias de color entre las muestras tratadas. El ácido ascórbico, una de sus componentes nutricionales más importantes, presentó una degradación gradual en las muestras tratadas por alta presión a través del tiempo, sin embargo las muestras tratadas por calentamiento óhmico no mostraron una tendencia clara de su contenido durante el almacenamiento (50 días a 4 °C) (Sánchez Rangel 2014).

La homogeneización a alta presión (HPH, por su acrónimo en inglés) es una tecnología no térmica novedosa, particularmente adecuado para la producción continua de alimentos líquidos que limitan el daño térmico y promueven la "frescura". Recientemente, la tecnología de homogeneización a alta presión, ha sido utilizada como método de conservación de jugos de fruta, por ejemplo en jugo de manzana (Donsì et al. 2009; Suárez-Jacobo et al. 2009; Suárez-Jacobo et al. 2010; Suárez-Jacobo et al. 2012), jugo de plátano (Calligaris et al. 2012), jugo de naranja (Tahiri et al. 2006; Velázquez-Estrada et al. 2012) con resultados prometedores. La aplicación de pasos o ciclo por el equipo de homogeneización, ha sido otra condición necesaria para reducir la carga microbiana en jugo de naranja, zanahoria, y jugos de albaricoque (Maresca et al. 2011). Los resultados obtenidos han mostrado que la homogeneización a alta presión tiene la ventaja de reducir notablemente la carga microbiana a niveles equivalentes a la pasteurización térmica.

Se han investigado los efectos de la homogeneización a alta presión (HPH) sobre la inactivación microbiana y los atributos de calidad del jugo de mango, así como sus cambios durante el almacenamiento. Guan y col. (2016), utilizando niveles de presión entre 40 y 190 MPa, temperaturas de entrada de 20 a 60 ° C y el número de pasos de 1 a 5. En este estudio, se alcanzó una inactivación completa de mohos y levaduras a 190 MPa (60°C) a 1 y 3 pasos. Durante el almacenamiento de 60 días, el tratamiento HPH también proporcionó una mejor preservación del color, de los componentes bioactivos y la capacidad antioxidante del jugo de mango que el tratado térmicamente.

El estudio realizado por Tribst y col. (2009), incluyó la homogeneización a alta presión (300 a 100 MPa) combinada con un choque térmico (80 ° C durante 5 a 20 min, antes o después de la HPH) para inactivar *Aspergillus niger* en el néctar de mango. Por debajo de los 150 MPa, no se alcanzó inactivación del microorganismo, sin embargo presiones de 200 y 300 MPa dio lugar a 2 y más de 6 log reducciones, respectivamente. En este estudio fue posible obtener la misma reducción decimal, en los tratamientos a 300 MPa (> 6.24 ciclos log) y con la presión de 200 MPa combinada con choque térmico, resultando en un efecto aditivo. Más tarde en 2011, el mismo autor, evaluó el impacto de la homogeneización a alta presión (HPH) con choque térmico sobre indicadores de calidad como vitamina C y color del néctar de mango. El néctar procesado a 200 MPa seguido de un choque térmico (61,5 ° C / 20 min), no se incrementó el contenido de Vitamina C, sin embargo se obtuvo resultados positivos en el color del néctar (Tribst et al. 2011).

## 9.2.- TRATAMIENTOS NO TÉRMICOS EN TROZOS, PULPA O PURÉ DE MANGO

Unos pocos estudios se han centrado en el procesamiento de rebanadas de mango o pulpa o puré de mango, solo algunos de ellos presentan información de los cambios en los parámetros calidad después de procesamientos emergentes y durante su almacenamiento. A continuación se detallan algunos de ellos.

### 9.2.1.- Tratamiento por luz pulsada

La luz pulsada (PL) es un proceso de post-cosecha emergente desarrollado inicialmente como la tecnología de esterilización no térmica para mantener la seguridad de los productos vegetales libre de cualquier riesgo para la salud (Aguiló-Aguayo et al. 2013). Se trata de un proceso donde, la energía eléctrica acumulada en un condensador de alta potencia se libera durante un gas inerte (por ejemplo, xenón) generar pulsos intermitentes e intensos de luz, que duran microsegundos (Keklik et al. 2012)

El tratamiento de trozos de mango 'Kent' con luz pulsada resulto en la preservación de los componentes fitoquímicos; sin embargo, se presentó un incremento en el oscurecimiento del producto asociado a la actividad de polifenoloxidasa (Charles et al. 2013). Por otro lado, el tratamiento con luz pulsada (0.6 J $cm^{-2}$ /2 pulsos) fue aplicada como tratamiento post-cosecha en la pulpa y cáscara del mango 'Tommy Atkins', en ambos, no hubo cambios de color ni en firmeza después del tratamiento. Además, este tratamiento afectó positivamente a los fitoquímicos como mangiferina, vitamina C y carotenoides, así como su potencial antioxidante (Lopes et al. 2016).

Salinas-Roca y col. (2016), además, evaluó el impacto de los tratamientos de luz pulsada (PL 0.4 J $cm^{-2}$ /20 pulsos), recubrimiento de alginato (2%) y la inmersión con ácido málico (2%) en mango 'Tommy Atkins' como un método combinado. En este estudio, los tratamientos de luz pulsado/ácido málico y el método combinado (3 tratamientos) redujeron la carga microbiana de *L. innocua* en 4,5 y 3,9 log, respectivamente; concluyendo que se obtiene un efecto aditivo de los tratamientos cuando éstos se combinan.

### 9.2.2.- Alta presión en puré y pulpa de mango.

La pulpa de mango ha sido muy utilizada para la elaboración de helados, bebidas, y otra gama de productos, tradicionalmente se han utilizado tratamientos térmicos para su conservación para extender su disponibilidad en el mercado. Actualmente, se están buscando alternativas para su tratamiento y conservación que preserve sus características organolépticas.

En el procesamiento de frutas o vegetales, además de obtener una adecuada reducción de la carga microbiana, es necesario alcanzar la inactivación enzimática, especialmente de la

polifenol oxidasa (PFO) y la pectin metil esterasa (PME), la cual produce oscurecimiento no deseado en frutas y vegetales. En el caso del puré de mango, Guerrero-Beltrán y col. (2005), evaluó el efecto de la alta presión hidrostática del puré de mango con agentes anti-oscurecimiento (ácido ascórbico y cisteína) almacenado a bajas temperaturas (3 °C), encontrando una inhibición de la enzima cuando se aplicaba el tratamiento en combinación con los agentes y especialmente el uso de ácido ascórbico retuvo el color del puré después de 48 días de almacenamiento. Concluyen además, que a mayor tiempo de tratamiento aplicado, mayor es la inhibición de la enzima y que una combinación de presión de 586 MPa, 20 min de tratamiento y la adición de ácido ascórbico puede ser una alternativa potencial para mejorar la estabilidad del color del puré de mango durante el almacenamiento pues reduce la velocidad de oscurecimiento del producto (Guerrero-Beltrán et al. 2006).

En otro estudio, Ahmed y col. (2005), por ejemplo, evaluó el proceso de alta presión hidrostática para la conservación de pulpa de mango y sus efectos en las propiedades reológicas y color del puré, con el fin de entender el impacto de la tecnología en este producto, encontrando que el puré tratado por APH, mostraba un comportamiento reológico más complejo que el procesado térmicamente. Los cambios de color fueron influenciados por el aumento de presión más que por el tiempo de tratamiento y fue un atributo de calidad que no cambió por el proceso de APH.

La inactivación de levaduras, específicamente *Saccharomyces cerevisiae*, también fue evaluada en puré de mango estandarizado a pH 3.5 (ácido ascórbico añadido a 500 ppm) tratado por alta presión a 207, 345, 483 y 552 MPa (Guerrero-Beltrán et al. 2006). A menor presión se obtuvieron recuentos de levaduras (207 y 345/2 s) mientras que a presiones arriba de 345 MPa (1 min) no se observó crecimiento microbiano.

Del análisis de estas tecnologías emergentes, es importante mencionar, que en estos tratamientos emergentes, es imprescindible asegurar la calidad microbiológica de los productos que se quieran obtener del mango, pues se observa que entre más complejo sea la composición del alimento o producto a tratar, es más difícil lograr la inactivación microbiana necesaria para alcanzar la comercialización de dichos productos, esto debido a los efectos de protección e interacción de otros componentes presentes tales como proteínas, carbohidratos, azúcares, fibra, entre otros. De acuerdo a los impactos de dichas

tecnologías en la calidad nutricional y sensorial, éstos parecen afectar mínimamente las propiedades en el mango.

## 9.3.- BIBLIOGRAFÍA

Aganovic K, Smetana S, Grauwet T, et al (2017) Pilot scale thermal and alternative pasteurization of tomato and watermelon juice: An energy comparison and life cycle assessment. J Clean Prod 141:514–525. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.09.015

Agcam E, Akyıldız A, Evrendilek GA (2014) Effects of PEF and heat pasteurization on PME activity in orange juice with regard to a new inactivation kinetic model. Food Chem 165:70–76. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.05.097

Aguiló-Aguayo I, Charles F, Renard CMGC, et al (2013) Pulsed light effects on surface decontamination, physical qualities and nutritional composition of tomato fruit. Postharvest Biol Technol 86:29–36. doi: 10.1016/j.postharvbio.2013.06.011

Ahmed J, Ramaswamy HS, Hiremath N (2005) The effect of high pressure treatment on rheological characteristics and colour of mango pulp. Int J Food Sci Technol 40:885–895. doi: 10.1111/j.1365-2621.2005.01026.x

Berardini N, Carle R, Schieber A (2004) Characterization of gallotannins and benzophenone derivatives from mango (*Mangifera indica* L. cv. “Tommy Atkins”) peels, pulp and kernels by high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. Rapid Commun Mass Spectrom 18:2208–2216. doi: 10.1002/rcm.1611

Bermúdez-Aguirre D, Guerrero-Beltrán JÁ, Barbosa-Cánovas G V, Welti-Chanes J (2011) Study of the inactivation of *Escherichia coli* and pectin methylesterase in mango nectar under selected high hydrostatic pressure treatments. Food Sci Technol Int 17:541–7. doi: 10.1177/1082013211399681

Bhat R, Ameran SB, Voon HC, et al (2011) Quality attributes of starfruit (*Averrhoa carambola L.*) juice treated with ultraviolet radiation. Food Chem 127:641–644. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.01.042

Block G, Patterson B, Subar A (1992) Fruit, vegetables, and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence. Nutr Cancer 18:1–29.

Calligaris S, Foschia M, Bartolomeoli I, et al (2012) Study on the applicability of high-pressure homogenization for the production of banana juices. LWT - Food Sci Technol 45:117–121. doi: 10.1016/j.lwt.2011.07.026

Charles F, Vidal V, Olive F, et al (2013) Pulsed light treatment as new method to maintain physical and nutritional quality of fresh-cut mangoes. Innov Food Sci Emerg Technol 18:190–195. doi: 10.1016/j.ifset.2013.02.004

Diels AMJ, Michiels CW (2006) High-pressure homogenization as a non-thermal technique for the inactivation of microorganisms. Crit Rev Microbiol 32:201.

Donsì F, Esposito L, Lenza E, et al (2009) Production of shelf-stable annurca apple juice with pulp by high pressure homogenization. Int J Food Eng 5:Article 12.

Erkan M, Wang CY, Krizek DT (2001) UV-C irradiation reduces microbial populations and deterioration in *Cucurbita pepo* fruit tissue. Environ Exp Bot 45:1–9.

Guan Y, Zhou L, Bi J, et al (2016) Change of microbial and quality attributes of mango juice treated by high pressure homogenization combined with moderate inlet temperatures during storage. doi: 10.1016/j.ifset.2016.07.009

Guerrero-Beltran JA (2005) High Hydrostatic Pressure Processing of Mango Puree Containing Antibrowning Agents. Food Sci Technol Int 11:261–267. doi: 10.1177/1082013205056401

Guerrero-Beltrán JÁ, Barbosa-Cánovas G V., Moraga-Ballesteros G, et al (2006) Effect of pH and ascorbic acid on high hydrostatic pressure-processed mango puree. J Food Process Preserv 30:582–596. doi: 10.1111/j.1745-4549.2006.00090.x

Hallman, G. J., Howard Q (1997) Inhibition of fruit fly (Diptera: Tephritidae) development by Pulsed Electric Field. Florida Entomol 80:239–248.

Hiremath ND (2005) Studies on high pressure processing and preservation of mango juice : pressure destruction kinetics, process verification and quality changes during storage.

Keklik NM, Krishnamurthy K, Demirci A (2012) 12 – Microbial decontamination of food by ultraviolet (UV) and pulsed UV light. In: Microbial Decontamination in the Food

Industry. pp 344–369

Liu F, Zhang X, Zhao L, et al (2016) Potential of high-pressure processing and high-temperature/short-time thermal processing on microbial, physicochemical and sensory assurance of clear cucumber juice. Innov Food Sci Emerg Technol 34:51–58. doi: 10.1016/j.ifset.2015.12.030

Liu RH (2003) Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. Am J Clin Nutr 78:517S--520S.

Lopes MMA, Silva EO, Canuto KM, et al (2016) Low fluence pulsed light enhanced phytochemical content and antioxidant potential of "Tommy Atkins" mango peel and pulp. Innov Food Sci Emerg Technol 33:216–224. doi: 10.1016/j.ifset.2015.12.019

López-Alonso, R., Antolín-Giraldo G (2004) Envasado y conservación de alimentos. Últimas tendencias. Alimentación Equipos y Tecnología. 187:4552.

Maresca P, Donsì F, Ferrari G (2011) Application of a multi-pass high-pressure homogenization treatment for the pasteurization of fruit juices. J Food Eng 104:364–372. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2010.12.030

Masibo M, He Q (2008) Major Mango Polyphenols and Their Potential Significance to Human Health. Compr Rev Food Sci Food Saf 7:309–319. doi: 10.1111/j.1541-4337.2008.00047.x

Mercier J, Baka M, Reddy B, et al (2001) Shortwave Ultraviolet Irradiation for Control of Decay Caused by *Botrytis cinerea* in Bell Pepper: Induced Resistance and Germicidal Effects.

Mújica-Paz H, Valdez-Fragoso A, Samson C, et al (2011) High-Pressure Processing Technologies for the Pasteurization and Sterilization of Foods. Food Bioprocess Technol 4:969–985. doi: 10.1007/s11947-011-0543-5

Nigro F, Ippolito A, Lima G (1998) Use of UV-C light to reduce Botrytis storage rot of table grapes. Postharvest Biol Technol 13:171–181. doi: 10.1016/S0925-5214(98)00009-X

Pala çiğdem U, Toklucu AK (2013) Microbial, physicochemical and sensory properties of UV-C processed orange juice and its microbial stability during refrigerated storage.

LWT - Food Sci Technol 50:426–431. doi: 10.1016/j.lwt.2012.09.001

Rawson A, Patras A, Tiwari BK, et al (2011) Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances. Food Res Int 44:1875–1887. doi: 10.1016/j.foodres.2011.02.053

Rivas A, Sansano S, Pérez MCP, et al (2016) Antimicrobial Effect of *Stevia Rebaudiana* Bertoni against *Listeria Monocytogenes* in a Beverage Processed by Pulsed Electric Fields (PEFs): Combined Effectiveness. In: Jarm T, Kramar P (eds) 1st World Congress on Electroporation and Pulsed Electric Fields in Biology, Medicine and Food {&} Environmental Technologies: Portoro{ž}, Slovenia, September 6 --10, 2015. Springer Singapore, Singapore, pp 43–46

Rivera-Pastrana DM, Gardea Béjar AA, Martínez-Téllez MA, et al (2007) EFECTOS BIOQUÍMICOS POSTCOSECHA DE LA IRRADIACIÓN UV-C EN FRUTAS Y HORTALIZAS POSTHARVEST BIOCHEMICAL EFFECTS OF UV-C IRRADIATION ON FRUIT AND VEGETABLES. Artículo Revisión Rev Fitotec Mex 30:361–372.

Salinas-Roca B, Soliva-Fortuny R, Welti-Chanes J, Martín-Belloso O (2016) Combined effect of pulsed light, edible coating and malic acid dipping to improve fresh-cut mango safety and quality. Food Control 66:190–197. doi: 10.1016/j.foodcont.2016.02.005

Salleh-Mack SZ, Roberts JS (2007) Ultrasound pasteurization: The effects of temperature, soluble solids, organic acids and pH on the inactivation of *Escherichia coli* ATCC 25922. Ultrason Sonochem 14:323–329. doi: 10.1016/j.ultsonch.2006.07.004

Sánchez Rangel AC (2014) Desarrollo y aplicación de tecnologías para la conservación de las propiedades fisicoquímicas de una bebida de mango tipo smoothie. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

Santhirasegaram V, Razali Z, George DS, Somasundram C (2015) Effects of Thermal and Non-thermal Processing on Phenolic Compounds, Antioxidant Activity and Sensory Attributes of Chokanan Mango (*Mangifera indica L.*) Juice. Food Bioprocess Technol 8:2256–2267. doi: 10.1007/s11947-015-1576-y

Santhirasegaram V, Razali Z, Somasundram C (2013) Effects of thermal treatment and sonication on quality attributes of Chokanan mango (*Mangifera indica L.*) juice. Ultrason Sonochem 20:1276–1282. doi: 10.1016/j.ultsonch.2013.02.005

Suárez-Jacobo Á, Gervilla R, Guamis B, et al (2009) Microbial inactivation by ultra high-pressure homogenisation on fresh apple juice. High Press Res 29:46.

Suárez-Jacobo Á, Gervilla R, Guamis B, et al (2010) Effect of UHPH on indigenous microbiota of apple juice: A preliminary study of microbial shelf-life. Int J Food Microbiol 136:261–267. doi: DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2009.11.011

Suarez-Jacobo A, Ruefer CE, Gervilla R, et al (2011) Influence of ultra-high pressure homogenisation on antioxidant capacity, polyphenol and vitamin content of clear apple juice. Food Chem. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.12.152

Suárez-Jacobo Á, Saldo J, Rüfer CE, et al (2012) Aseptically packaged UHPH-treated apple juice: Safety and quality parameters during storage. J Food Eng 109:291–300. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2011.09.007

Tahiri I, Makhlouf J, Paquin P, Fliss I (2006) Inactivation of food spoilage bacteria and *Escherichia coli* O157:H7 in phosphate buffer and orange juice using dynamic high pressure. Food Res Int 39:98–105. doi: DOI: 10.1016/j.foodres.2005.06.005

Tribst AA, Franchi MA, Cristianini M, de Massaguer PR (2009) Inactivation of *Aspergillus niger* in mango nectar by high-pressure homogenization combined with heat shock. J Food Sci 74:M509--14. doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01370.x

Tribst AAL, Franchi MA, de Massaguer PR, Cristianini M (2011) Quality of Mango Nectar Processed by High-Pressure Homogenization with Optimized Heat Treatment. J Food Sci 76:M106--M110. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.02006.x

Varith J, Sirikajornjaru W, Kiatsiriroat T (2007) Microwave-vapor heat disinfestation on oriental fruit fly eggs in mangoes. J Food Process Preserv 31:253–269. doi: 10.1111/j.1745-4549.2007.00116.x

Velázquez-Estrada RM, Hernández-Herrero MM, Guamis-López B, Roig-Sagués AX (2012) Impact of ultra high pressure homogenization on pectin methylesterase activity and microbial characteristics of orange juice: A comparative study against

conventional heat pasteurization. Innov Food Sci Emerg Technol 13:100–106. doi: 10.1016/j.ifset.2011.09.001

Xu Z, Lin T, Wang Y, Liao X (2015) Quality assurance in pepper and orange juice blend treated by high pressure processing and high temperature short time. Innov Food Sci Emerg Technol 31:28–36. doi: 10.1016/j.ifset.2015.08.001

Yi J, Kebede BT, Hai Dang DN, et al (2017) Quality change during high pressure processing and thermal processing of cloudy apple juice. LWT - Food Sci Technol 75:85–92. doi: 10.1016/j.lwt.2016.08.041

Zhang C, Trierweiler B, Li W, et al (2011) Comparison of thermal, ultraviolet-c, and high pressure treatments on quality parameters of watermelon juice. Food Chem 126:254–260. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.11.013

Zhang Y, Liu X, Wang Y, et al (2016) Quality comparison of carrot juices processed by high-pressure processing and high-temperature short-time processing. Innov Food Sci Emerg Technol 33:135–144. doi: 10.1016/j.ifset.2015.10.012

# 10.- OTROS PROCESOS ALTERNOS PARA AGREGAR VALOR AL MANGO: EXTRACCIÓN SUPERCRÍTICA

Jorge Alberto Garcia Fajardo

CIATEJ-Unidad Noreste. Vía de la Innovación 404. Autopista Mty-Aeropuerto Km.10, Parque PIIT. C.P.66629. Apodaca, Nuevo León. México. jgarcia@ciatej.mx

## 10.1. INTRODUCCIÓN

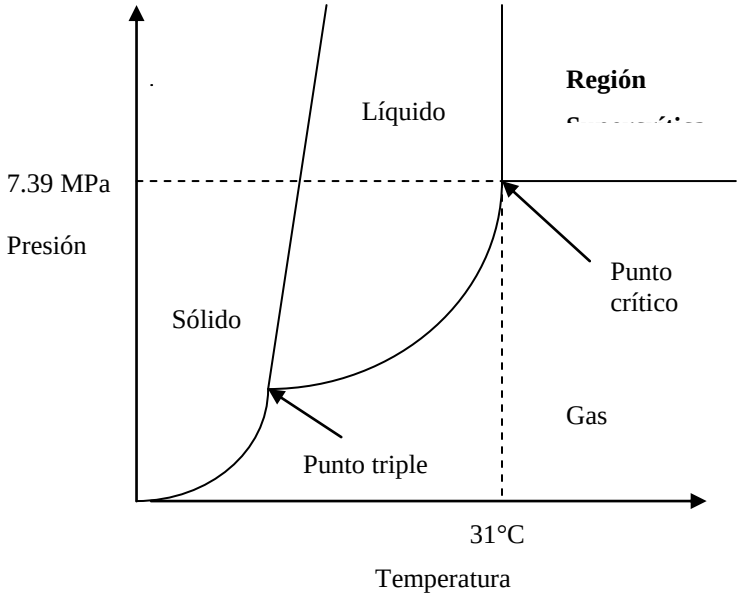
Un fluido en estado supercrítico es una sustancia a una temperatura y presión superiores a su punto crítico. A esas temperaturas y presiones, los fluidos críticos tienen las mismas propiedades de un líquido y de un gas, y por encima de este límite es imposible licuar una sustancia simple con un aumento de la presión (Eisenbach, 1984). Estas características hacen que los fluidos supercríticos sean eficientes como solventes para la transferencia de materia (Jarén-Galán, Nienaber, & Schwartz, 1999). Sin embargo, la lista de dichos compuestos es relativamente limitada: dióxido de carbono, etileno, etano, óxido nitroso, propano y alcanos superiores hasta el hexano, metanol, acetona, tolueno y agua.

La primera aplicación en gran escala del $CO_2$ supercrítico fue en la obtención de extracto de lupulina a partir de los frutos de la planta de lúpulo. Esto fue el punto de partida de muchos estudios sobre el uso de $CO_2$ supercrítico en la extracción de compuestos importantes de origen natural en la industria de alimentos, cosmetológica y farmacéutica; debido a que no contamina el producto, es no flamable, no corrosivo, económico y fácil de conseguir, temperatura crítica baja, lo que implica ahorro de energía (Hubert, 1992; Leunissen, Davidson, & Kakuda, 1996; Lopez-Avila, Young, & Teplitsky, 1995) y es muy fácil alcanzar el punto supercrítico; tal es el caso de la descafeinización de los granos del café (Dziezak,

1986), extracción de carotenoides (Jarén-Galán et al., 1999), antioxidantes (Ibáñez et al., 1999), saborizantes y aromas (Sovová, Jez, Bártlová, & St'astová, 1995). Además, se han reportado extracciones de aceites en semillas de hinojo (Reverchon, Daghero, Marrone, Mattea, & Poletto, 1999), de algodón, girasol, canola, olivo, trigo, avena, maíz, frijol de soja, jojoba, salvado de arroz y cacahuate.

## 10.2 FUNCIONAMIENTO

El estado supercrítico de un fluido se refiere a las condiciones bajo las cuales el fluido (gas) puede ser comprimido a una densidad que está próxima al estado líquido, por ejemplo, densidades del orden de 0.47 g/cm$^3$ (Leunissen et al., 1996) pero mantiene sus características de gas como la alta difusividad. Por lo que, regulando las condiciones de presión y temperatura puede lograrse una elevada selectividad en el comportamiento del fluido en estado supercrítico. Para el $CO_2$, el punto crítico (Figura 1) está a la temperatura de 31°C y presión de 73 atm (7.39



MPa), teniendo una densidad de 0.468 g/cm$^3$ (Hoyer, 1985; Rizvi, Benado, Zollweg, & Daniels, 1986).

Figura 1. Diagrama del $CO_2$ en estado supercrítico.

Bajo estas condiciones de extracción, el fluido posee propiedades de transporte, difusividad y viscosidad, parecidas a las de los gases, y una densidad parecida a los líquidos.

Cuando el fluido supercrítico y la materia prima están en contacto, los componentes que son solubles en el solvente supercrítico son extraídos a ciertas condiciones de presión y temperatura que pueden ser ajustadas para separar selectivamente los componentes. Estos se separan ya sea como gotas líquidas o como partículas sólidas (Hoyer, 1985) dependiendo, en cierta forma, de las condiciones en la etapa de separación. Finalmente el solvente es separado del extractor a las condiciones en las cuales pierde su poder solvente, es decir, por debajo de su punto crítico, y pudiendo ser reciclado y ajustado a las condiciones de extracción.

## 10.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

La extracción con fluidos supercríticos es una tecnología reciente que ofrece varias ventajas sobre los métodos tradicionales, como las siguientes:

- El extracto es virtualmente libre de solvente residual.
- No hay degradación de compuestos termolábiles debido al uso de temperaturas moderadas.
- Las sustancias naturales pueden ser separadas sin pérdida de aroma.
- Las características de disolución del solvente pueden ser variadas por alteraciones en presión y temperatura.

- El $CO_2$ no es tóxico, y es usado en las industrias de alimentos y farmacéuticas sin contaminar el producto.
- Reduciendo la densidad del solvente en un proceso continuo, el extracto puede ser fraccionado en numerosos componentes.
- Recuperación simple del solvente y reciclado.
- No hay problemas de contaminación ambiental.

Pequeños cambios en los parámetros de presión y temperatura afectan significativamente las propiedades de disolvente del $CO_2$ y hacen que el sistema sea aplicable para un gran número de compuestos. Por consiguiente, dado que los fluidos supercríticos exhiben velocidades de extracción rápidas, tienen bajos calores de adsorción, y son menos caros que los solventes convencionales, el proceso de extracción supercrítica es muy eficiente y económico (Dziezak, 1986).

## 10.4 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

En biotecnología, la extracción con dióxido de carbono a temperatura ambiente es obviamente una gran ventaja si las proteínas presentes en una materia prima van a ser recuperadas, ya que el calor empleado con los solventes orgánicos influye en la desnaturalización de esas proteínas (Stahl, Schuetz, & Mangold, 1980). Actualmente se pueden encontrar una gran cantidad y variedad de productos alimentarios producidos por la tecnología supercrítica. Algunos de estos productos son (Brunner, 2005): té y café descafeinado, aromas del zumo de naranja, cerveza con extracto de lúpulo, tabaco sin nicotina, extractos picantes, encapsulados de oleorresinas, etc.

Es importante conocer que el poder disolvente de un fluido supercrítico se puede

modificar mediante simples cambios en la presión y temperatura. Esto permite que las condiciones de extracción puedan ser optimizadas para cada componente que se desee extraer.

## 10.5 APLICACIONES EN EL MANGO

Para la determinación del tiempo de extracción de oleorresina de semilla de mango mediante $CO_2$ supercrítico, se realizó una prueba preliminar utilizando un sistema piloto de extracción con fluidos en estado supercrítico (Newport Scientifique, Inc., Modelo 46-19345, U.S.A. El recipiente de extracción del sistema puede operar hasta 48.3 MPa (7000 psi) a 100 °C, construido en acero inoxidable con un volumen interior de 0.845 litros. El recipiente de separación, también construido en acero inoxidable, está diseñado para operar hasta 41.4 MPa (6000 psi) a 100 °C, y tiene un volumen interior de 0.5 litros.

Inicialmente se utilizó una condición de extracción de 27.58 MPa y 60°C y se obtuvieron los resultados descritos en la Tabla 1. A partir de las 8 horas de extracción hay un cambio apreciable de la pendiente, que se vuelve a repetir a las 10 horas de extracción. Por lo que se determinó que el tiempo de extracción para el método de $CO_2$ en condiciones supercríticas fuera de 10 h (Jimenez Rios, 2000).

Tabla 1. Rendimientos de oleorresina de la almendra de mango criollo en una prueba preliminar para determinar el tiempo de extracción con el método de $CO_2$ supercrítico

| **Tiempo** (h) | **$CO_2$ gastado** (Kg) | **Flujo $CO_2$** (l) | **Rendimiento** (% Base seca) | **Rendimiento acumulado** (% base seca) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.7 | 301.50 | 0.99 | 0.99 |
| 2 | 0.5 | 241.25 | 0.85 | 1.84 |
| 3 | 0.5 | 215.75 | 0.81 | 2.65 |
| 4 | 0.6 | 221.20 | 0.59 | 3.24 |
| 5 | 0.5 | 230.00 | 0.52 | 3.76 |
| 6 | 0.6 | 261.10 | 0.41 | 4.16 |
| 7 | 0.6 | 254.90 | 0.37 | 4.53 |
| 8 | 0.6 | 254.70 | 0.22 | 4.75 |
| 9 | 0.4 | 262.30 | 0.22 | 4.97 |
| **10** | **0.6** | **272.72** | **0.15** | **5.12** |
| 11 | 0.6 | 272.05 | 0.15 | 5.27 |
| 12 | 0.6 | 256.65 | 0.07 | 5.34 |

Para determinar las condiciones óptimas de presión y temperatura en la extracción con $CO_2$ supercrítico en las almendras de mango criollo verde, se empleó un diseño rotable de composición central. En la Tabla 2 se muestran los rendimientos del extracto obtenido cada hora, durante las diez horas de extracción.

Tabla 2. Porcentaje del extracto obtenido a partir del mango criollo utilizando $CO_2$ supercrítico monitoreado en diez horas de extracción

| **Presión (MPa)** | **Temperatura (°C)** | **Rendimiento (% Base seca)** | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1 h** | **2 h** | **3 h** | **4 h** | **5 h** | **6 h** | **7 h** | **8 h** | **9 h** | **10 h** |
| 27.58 | 60 | 0.94 | 1.43 | 1.59 | 1.83 | 2.12 | 2.28 | 2.40 | 2.53 | 2.61 | 2.73 |
| 41.36 | 80 | 0.81 | 0.96 | 1.39 | 1.73 | 2.00 | 2.24 | 2.39 | 2.58 | 2.74 | 2.89 |
| 13.79 | 80 | 0.06 | 0.10 | 0.12 | 0.13 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 |
| 27.58 | 60 | 0.96 | 1.54 | 1.89 | 2.16 | 2.39 | 2.58 | 2.74 | 2.85 | 2.97 | 3.04 |
| 27.58 | 32 | 0.50 | 1.00 | 1.39 | 1.58 | 1.73 | 1.85 | 1.97 | 2.04 | 2.16 | 2.24 |
| 41.36 | 40 | 0.27 | 0.73 | 1.27 | 1.70 | 2.12 | 2.24 | 2.27 | 2.35 | 2.39 | 2.42 |
| 27.58 | 60 | 1.19 | 2.04 | 2.31 | 2.62 | 2.77 | 2.89 | 3.01 | 3.12 | 3.24 | 3.28 |
| 27.58 | 88 | 0.50 | 0.77 | 1.16 | 1.62 | 1.89 | 2.08 | 2.27 | 2.38 | 2.51 | 2.58 |
| 13.79 | 40 | 0.08 | 0.15 | 0.23 | 0.35 | 0.46 | 0.58 | 0.73 | 0.85 | 1.12 | 1.46 |
| 8.08 | 60 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 |
| 47.07 | 60 | 1.04 | 1.08 | 1.16 | 1.31 | 1.46 | 1.66 | 1.89 | 2.16 | 2.39 | 2.70 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $R^2$ | 0.89 | 0.91 | 0.92 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.96 |
| $R^2$ajustado | 0.79 | 0.82 | 0.84 | 0.84 | 0.86 | 0.88 | 0.90 | 0.91 | 0.92 | 0.93 |

El modelo estadístico empleado para analizar los datos experimentales resultó:

$$\mathbf{Y=\beta o + \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_{12} AB + \beta_{11} A^2 + \beta_{22} B^2}$$

Dónde: Y es el rendimiento de extracción

A es la presión

B es la temperatura

$\beta o$, $\beta_1$, $\beta_2$, $\beta_3$, $\beta_4$, $\beta_5$ son constantes

Según el Análisis de varianza para esos rendimientos acumulando la muestra cada hora, durante diez horas, se encontró que la proporción de la variabilidad del rendimiento en los extractos, explicada por el modelo cuadrático, en términos del coeficiente de determinación, $R^2$, se aprecia que se incrementó conforme aumentó el tiempo de extracción cada hora. De acuerdo con el análisis de varianza para el diseño estadístico de la extracción

a 10 horas por $CO_2$ supercrítico reveló que todos los efectos son significativos al 95% de confianza excepto el efecto inicial de la temperatura, no así sus efectos cuadráticos e interacciones. El $R^2$ para el modelo es de 0.965, esto significa que el modelo cuadrático explica satisfactoriamente bien la variación del rendimiento.

El modelo ajustado resultó el siguiente:

$$Y = -\ 2.5664 + 0.2187\ \mathbf{A} - 0.0570\ \mathbf{B} + 0.0016\ \mathbf{AB} - 0.0045\ \mathbf{A^2} - 0.0009\ \mathbf{B^2}$$

En la Figura 2 se muestra la superficie de respuesta para el modelo ajustado, con la variedad de mango criollo verde, durante 10 horas de extracción con $CO_2$ supercrítico. Cada superficie tridimensional proporciona una adecuada representación geométrica y provee información muy útil acerca del comportamiento del sistema en la región experimental.

En la Figura 3, se aprecia la correspondiente gráfica de contorno. En esta figura se observa que la zona de mayores rendimientos se da en el área localizada entre 30 a 41 MPa de presión y 56 a 78°C de temperatura, se alcanzan rendimientos del orden de 3.2%. La determinación matemática del punto estacionario de la superficie de respuesta es 36 MPa y 64°C para el equipo de extracción con $CO_2$ en condiciones supercríticas.

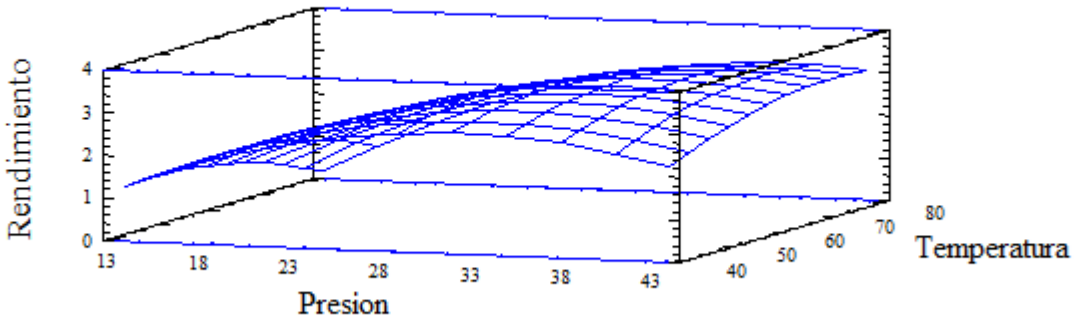



Figura 2. Superficie de respuesta del rendimiento de extracción de la almendra de mango criollo con $CO_2$ supercrítico en función de la presión y de la temperatura.

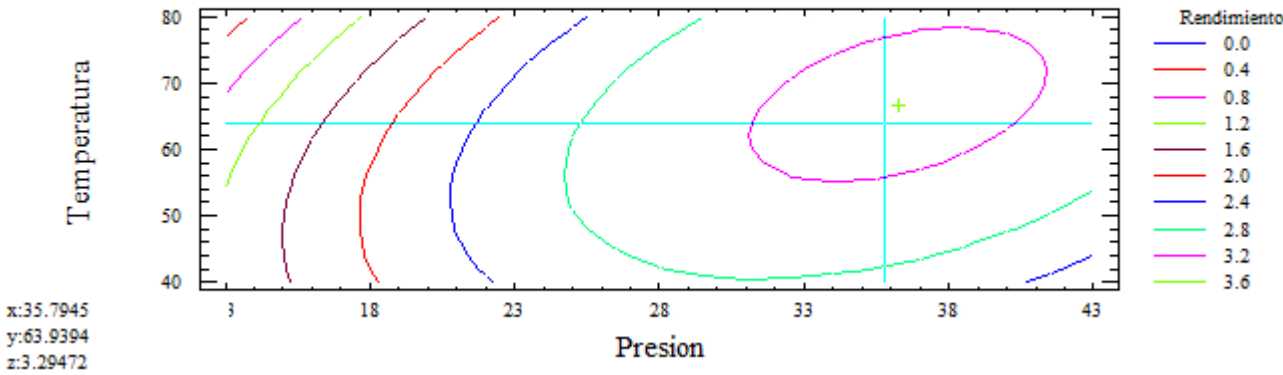



Figura 3. Gráfica de contorno de la superficie de respuesta del rendimiento de extracción del mango criollo (óptimo en 36MPa y 64°C).

Un factor importante a considerar en el proceso de extracción con $CO_2$ supercrítico son las características organolépticas del producto. A la temperatura de 60°C y 27.58 MPa, se obtuvieron mejores extractos debido a que eran productos de consistencia cremosa, con alto nivel de aromas a frutas, de color amarillo claro y sin ningún residuo del solvente. Mientras que en las condiciones de menor presión en el diseño estadístico, tenían consistencia más acuosa y ausencia de color en el extracto (Jimenez Rios, 2000).

Las almendras de las variedades de mango criollo, Manila, Tommy Atkins y Kent, en estado de madurez maduro, se estudiaron en el punto central del diseño experimental, dado que fue donde hubo réplicas, además de que presentó el máximo rendimiento según Ramos (1999). En la Tabla 3 se muestran estos resultados, observando que la variedad Tommy Atkins presenta el mayor rendimiento y la variedad criolla el menor.

Tabla 3. Rendimientos de extracción para las diferentes variedades de almendra de mango, en el punto central (presión 27.58 MPa, temperatura de 60ºC) del diseño experimental por el método de $CO_2$ en condiciones supercríticas

| **Método de extracción** | **Rendimiento (% base seca)** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Criollo** | **Manila** | **Tommy Atkins** | **Kent** |
| $CO_2$ a 27.58 MPa y 60ºC | 5.12 | 6.94 | 7.13 | 6.40 |

Dada la semejanza entre las características analíticas de la grasa de almendra de mango con la de manteca de cacao (Baliga & Shitole, 1981; Rukmini & Vijayaraghavan, 1984; Tiscornia, Paganuzzi, & Leoni, 1979), los ácidos grasos de interés en este estudio fueron: ácido palmítico, esteárico, oleico, linoleico y araquídico. Por tanto, la comparación

cualitativa se hará respecto al total de ácidos grasos presentes en las muestras analizadas tratando de poner en evidencia la relevancia de los métodos y los solventes estudiados.

Al analizar el extracto de $CO_2$ supercrítico con respecto a cinco ácidos grasos de referencia (palmítico, esteárico, oleico, linoleico y araquídico) se obtuvo que a la condición con mayor porcentaje fue a 27.58 MPa y 60°C. La condición con menor porcentaje de ácidos grasos fue a 41.36 MPa y 80°C (punto máximo en el diseño experimental). Con esto se confirma que la afinidad del $CO_2$ por los ácidos grasos disminuye al aumentar la presión a presiones más altas que 41.36 MPa (Ramos Godinez, 1999).

Tanto los rendimientos obtenidos como la composición de los extractos dependen del solvente, la presión y la temperatura empleada durante la extracción (Stahl et al., 1980). Se ha reportado que a presiones de 30 MPa y 60°C se obtienen los aceites vegetales (Nguyen, Anstee, & Evans, 1998) dato que coincide con el porcentaje mayor de ácidos grasos con las condiciones de 27.58 MPa, 60°C. También se ha reportado, aunque en extractos de salvado de arroz (García et al., 1996), que a presiones de 28 MPa y temperaturas entre 40 y 70°C son extraídas ceras y ácidos grasos de cadenas largas de átomos de carbono.

En la actualidad se están desarrollando métodos que utilizan tan solo extracción supercrítica para una extracción total de componentes, a presiones tan altas como 100 MPa, y posterior fraccionamiento con más etapas de separación que operan a condiciones más bajas de presión de manera sucesiva.

## 10.6.- BIBLIOGRAFÍA

Baliga, B. P., & Shitole, A. D. (1981). Cocoa butter substitutes from mango fat. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, *58*(2), 110–114. https://doi.org/10.1007/BF02672193

Brunner, G. (2005). Supercritical fluids: technology and application to food processing. *Journal of Food Engineering*, *67*(1), 21–33. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.060

Dziezak, J. D. (1986). Innovative separation process finding its way into the food industry.

*Food Technology*, 66–69.

Eisenbach, W. (1984). Supercritical Fluid Extraction: A Film Demonstration (Invited Lecture). *Berichte Der Bunsengesellschaft Für Physikalische Chemie*, *88*(9), 882–887. https://doi.org/10.1002/bbpc.19840880922

García, A., Lucas, A., Rincón, J., Alvarez, A., Gracia, I., & García, M. A. (1996). Supercritical carbon dioxide extraction of fatty and waxy material from rice bran. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, *73*(9), 1127–1131.

Hoyer, G. G. (1985). Extraction with supercritical fluids: why, how, and so what. *Chemtech*, *15*(7), 440–448.

Hubert, R. (1992). *Epices et aromates*. Paris ;Apria: Tec & Doc-Lavoisier.

Ibáñez, E., Aranzazu, O., Murga, G. de, López-Sebastián, S., Tabera, J., & Reglero, G. (1999). Supercritical Fluid Extraction and Fractionation of Different Preprocessed Rosemary Plants. https://doi.org/10.1021/JF980982F

Jarén-Galán, M., Nienaber, U., & Schwartz, S. J. (1999). Paprika (Capsicum annuum) Oleoresin Extraction with Supercritical Carbon Dioxide. *J. Agric. Food Chem.*, *47*(9), 3558–3564. https://doi.org/10.1021/JF9900985

Jimenez Rios, M. G. (2000). *Estudio de la extraccion de un producto natural a partir de la almendra de mango por diferentes tecnicas extractivas*. Universidad de Guadalajara.

Leunissen, M., Davidson, V. J., & Kakuda, Y. (1996). Analysis of Volatile Flavor Components in Roasted Peanuts Using Supercritical Fluid Extraction and Gas Chromatography−Mass Spectrometry. *J. Agric. Food Chem*, *44*(9), 2694–2699. https://doi.org/10.1021/JF9602129

Lopez-Avila, V., Young, R., & Teplitsky, N. (1995). Microwave-Assisted Extraction as an Alternatiuve to Soxhlet, Sonication, and Supercritical Fluid Extraction. *Journal of AOAC International*, *79*(1), 142–156. Retrieved from http://www.cem.de/documents/pdf/RE/RE027.PDF

Nguyen, U., Anstee, M., & Evans, D. A. (1998). Extraction and Fractionation of Spices Using Supercritical Fluid Carbon Dioxide. In *5th International Symposium on Supercritical Fluids*. Nice, Francia: Norac Technologies Inc., Edmonton Research Park, Canada.

Ramos Godinez, M. . (1999). *Estudio comparativo de la Obtención de oleorresina de semilla de aguacate (c.v. Hass) por diferentes técnicas extractivas*. Universidad de Guadalajara.

Reverchon, E., Daghero, J., Marrone, C., Mattea, M., & Poletto, M. (1999). Supercritical fractional extraction of fennel seed oil and essential oil: Experiments and Mathematical Modeling. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, *38*(8), 3069–3075. https://doi.org/10.1021/ie990015+

Rizvi, S. S. H., Benado, A. L., Zollweg, J. A., & Daniels, J. . (1986). Supercritical fluid extraction: fundamental principles and modeling methods. *Food Technology*, (6), 55–65.

Rukmini, C., & Vijayaraghavan, M. (1984). Nutritional and toxicological evaluation of mango kernel oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *61*(4), 789–792. https://doi.org/10.1007/BF02672138

Sovová, H., Jez, J., Bártlová, M., & St'astová, J. (1995). Supercritical carbon dioxide extraction of black pepper. *The Journal of Supercritical Fluids*, *8*(4), 295–301. https://doi.org/10.1016/0896-8446(95)90004-7

Stahl, E., Schuetz, E., & Mangold, H. K. (1980). Extraction of seed oils with liquid and supercritical carbon dioxide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *28*(6), 1153–1157. https://doi.org/10.1021/jf60232a023

Tiscornia, E., Paganuzzi, V., & Leoni, E. (1979). sostanza grassa del seme di mango (Mangifera indica L.): caratteristiche analitiche e possibilita di impiego nell'industria dolciaria. 1. Composizione in acidi grassi e struttura gliceridica. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, *LVI*(9), 332–338.

# 11.- NUEVOS PRODUCTOS A PARTIR DE RESIDUOS DE MANGO

[1]Guadalupe María Guatemala Morales*, [1]Ofelia Fernández Flores, [1]Francisco Javier Pérez Martínez, [2]Esther Alicia Medina Rendon, [1]Luis Virgen Navarro, [1]Jorge Alberto García Fajardo y [2]Enrique Arriola Guevara.

* gguatemala@ciatej.mx

## 11.1.- INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos genera grandes cantidades de residuos que se destinan a vertederos o rellenos sanitarios. Sin embargo, éstos podrían ser aprovechados de diversas maneras lo que traería beneficios económicos. Es por ello que surge la pregunta de cómo poder aprovechar estos residuos de tal manera que se generen productos con alto valor agregado. Una respuesta sería el desarrollo de nuevos alimentos con propiedades funcionales, aunque éstas requerirán de un enfoque multidisciplinario donde surjan sinergias. Estas disciplinas de tratamientos y procesamiento estarán íntimamente relacionadas con el estudio de sus efectos en las propiedades sensoriales y tecno-funcionales de los mismos. No obstante, para la elección adecuada de alguna de estas tecnologías se deben realizar antes evaluaciones tecnológicas, comerciales y de riesgos (Milena Yepes *y col.* 2008).

## 11.2.- RESIDUOS DE MANGO

La producción de mango en México se encuentra en cerca de 2 millones de toneladas anuales. Actualmente se industrializa el 16% de la producción total del mango (alrededor de 314,000 ton anuales) generando aproximadamente un 50% de residuos. De acuerdo a Larrauri *y col.* (1996) de la producción total del mango, entre el 35-60% del peso total del fruto se desperdicia. Los residuos que se obtienen principalmente son cáscara (15%), semilla (18- 20%) y fibra pulposa (8-10%) (Comité técnico regional, 2007; Ajila *y col.*, 2010).

1 Tecnología Alimentaría, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C., (CIATEJ). Unidad Central en Guadalajara, Jalisco, México.

[2] Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI), Departamento de

Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara, México.

**Cáscara de mango:**

Recientemente, las cáscaras de mango han atraído considerable atención debido a su alto contenido de fítoquímicos, polifenoles, carotenoides, enzimas, vitamina E y vitamina C, que tienen propiedades funcionales y antioxidantes predominantes, además de ser una fuente de fibra dietética, celulosa, hemicelulosa, lípidos, proteínas, enzimas y pectina. Presentan en promedio 4.8% de proteína cruda, 29% de fibra dietética soluble y 27% de fibra dietética insoluble (Sumaya-Martínez *y col.* 2012; Pradeep *y col.*, 2014).

Se han encontrado reportes sobre el uso de cáscaras para la producción de biogás (Mahadevaswamy y Venkataraman, 1990 y Madhukara *y col.*,. 1993), como fuente de compuestos bioactivos como polifenoles, carotenoides, vitaminas y fibra dietaria (Larrauri *y col.*, 1997; Ajila *y col.*, 2007). Así mismo para la extracción de grasa vegetal de la semilla del mango (Fundación Produce Sinaloa, 2010) y posibles usos en procesos de elaboración de jugos, como intensificador de color y aumentar el rendimiento del proceso en la producción de harinas (Trejo- Márquez, 2010; Buenrostro-Figueroa, *y col.* 2010; Santos-Villalobos, *y col.* 2011)

**Almendra de mango:**

La almendra del mango también llamada semilla, la podemos encontrar en el interior del hueso del mango. En la Tabla 1 se detalla la composición. Contienen la mayoría de los aminoácidos esenciales, destacándose los altos valores de leucina (6.9-9 g/100g de almendra de la semilla del mango), valina (3.7-5.8 g/100g de almendra de la semilla del mango) y lisina (4.3-5.4 g/100g de almendra de la semilla del mango) (Chaparro Acuña *y col.*, 2015; Jahurul *y col.*, 2015).

El aceite de la semilla de mango es una prometedora fuente de aceite comestible y ha atraído la atención debido a su perfil de ácidos grasos y triglicéridos, similar a la de la manteca de cacao. Por lo tanto, la legislación ha permitido recientemente el uso de aceite de semilla de mango como un sustituto de la manteca de cacao. Adicionalmente, la semilla de mango se puede utilizar también como fuente de antioxidantes naturales, principalmente compuestos fenólicos y fosfolípidos (Puravankara, Boghra, y Sharma, 2000), siendo los compuestos fenólicos principalmente ácidos gálico, elágico, y galatos.

## 11.- NUEVOS PRODUCTOS A PARTIR DE RESIDUOS DE MANGO

**Tabla 1.** Composición de la almendra de la semilla de mango

| Análisis | Valores obtenidos | Chansgo, 2008 | Nzikou *y col.*, 2010 | Basilio-Heredia, 2009 | López-Hernández, 2013 |
|---|---|---|---|---|---|
| Humedad | 44.85 | 40.5 | 45.2 | 10.72 | - |
| Proteína cruda | 6.39 | 1.43 | 6.36 | 8.10 | 10.06 |
| Grasa cruda | 10.70 | 4.92 | 13.0 | 6.53 | 14.80 |
| Fibra cruda | 2.38 | 3.96 | 2.02 | 3.37 | 2.40 |
| Cenizas | 2.46 | 0.83 | 3.2 | 2.26 | 2.62 |
| Carbohidratos totales | 33 | 48.19 | 32.24 | 69 | 70.12 |

Fuente: Chaparro-Acuña *y col.* (2015)

## 11.3.- NUEVOS PRODUCTOS

### 11.3.1.1. Harinas y usos

Por harina de mango se entiende el producto que se obtiene al pelar, rebanar, secar, moler y tamizar el fruto. Se produce con el propósito de obtener polvos ricos en fibra dietética. La Tabla 2 detalla la composición de estas harinas.

La harina de mango ha sido probada en la elaboración de pan y galletas. En las galletas experimentales, la proporción usada fue 25:75 harina de trigo: harina de mango; para el pan, las proporciones fueron 60:40. Ambas formulaciones tuvieron niveles incrementados de fibra dietética respecto al testigo (harina de trigo 100%). Las galletas con harina de mango tuvieron 17.4% de fibra soluble dietética, mientras que el testigo tuvo 13.3%. El pan con harina de mango presentó 16.6% de fibra soluble dietética en contraste con el 14.2% del pan testigo (100% trigo) (Vergara-Valencia *y col.*, 2007). Actualmente, se utiliza como ingrediente funcional en muchos productos alimenticios, tales como fideos, pan, bizcochos, galletas y otros productos de panadería (Jahurul *y col.*, 2015).

En un estudio realizado por Noor, Lee y Bhat (2011), se elaboró harina de cáscara de mango; se obtuvieron valores de fibra dietética total de 59.44%. Además, con dichas harinas se elaboraron pasteles, observándose que estos productos presentaron mejor índice glucémico, menor contenido de grasa y mayor contenido de fibra. Lo cual indica que el uso de estas harinas como ingrediente de los productos de panificación es apropiado para

mejorar el valor nutricional de éstos (Torres-González, *y col.* 2014).

La harina de semilla de mango puede utilizarse sola o mezclada con harina de trigo para elaborar repostería, como alimento animal (semilla deshidratada con menos de un 10% de humedad que se puede utilizar como forraje debido a la proporción balanceada de aminoácidos). Puede también ser utilizado en la elaboración de jabones y cosméticos o medicamentos (a la semilla pulverizada de algunas variedades se le atribuyen propiedades medicinales contra el asma y la diarrea. Ya se usa en la elaboración de medicamentos en algunos países) (**Comité técnico regional, 2007).**

**Tabla 2.** Composición química de la harina del mango

| **Análisis** | Jibaja Espinoza, (2014) | Moreno-Álvarez, (1999) |
|---|---|---|
| Variedad de mango | Tommy Atkins | Bocado |
| Parte del mango | Cáscara de mango | Almendra de mango |
| Humedad (%) | 16.88 | 7.92 |
| Proteína cruda (%) | 5.44 | 6.90 |
| Grasa cruda (%) | 1.99 | 9.61 |
| Fibra cruda (%) | 11.20 | 3.12 |
| Cenizas (%) | 2.84 | 1.72 |
| Carbohidratos totales (%) | 78.53 | 58.19 |

#### 11.3.1.2. Manteca de hueso de mango y usos

Se estima que los desechos de pepita de mango pueden producir hasta 123,000 ton de grasa comestible de buena calidad con propiedades funcionales superiores, así como características de estabilidad oxidativa. El perfil de ácidos grasos, la composición de triglicéridos y las características de la mezcla que compone a esta grasa, sugieren que pueden ser utilizadas en lugar del aceite de palma (Kittiphoom & Sutasinee, 2013). Cantidad de ácidos grasos libres y color son consideradas como los parámetros más importantes para el estudio de la calidad de aceites crudos. El color de la manteca de pepita de mango es amarillo pálido, debido probablemente al bajo contenido de carotenoides según Mostafa (2013) por lo que no requiere de un proceso de blanqueo en contraste con el aceite de palma que requiere de una refinación, blanqueo y deodorización anterior a su utilización (Mostafa, 2013).

La almendra del mango representa cerca del 20% del total de la fruta y el 75% del

hueso (Abdalla, Darwish, Ayad, & El-Hamahmy, 2007). Por su parte, el aceite de la almendra se puede definir como la fracción oleosa que ha sido extraída del hueso de mango. Esta parte de la fruta produce entre el 12 y el 15% de aceite comestible. Jafari *y col.* (2014) encontraron que el hueso de mango es una fuente potencial de una amplia gama de compuestos bioactivos y antioxidantes. Para tales compuestos se ha probado la existencia de efectos cardio y hepato protectores, así como anticarcinogénico y antiedad (Mohdaly, Smetanska, Ramadan, Sarhan, & Mahmoud, 2011). En la industria alimenticia, el aceite de almendra de mango se ha utilizado para la preservación de aceites y grasas. Además, se ha encontrado que la estabilidad oxidativa del aceite de semilla de girasol aumenta con la adición del aceite de almendra de mango (Abdalla *y col.*, 2007; Jafari *y col.*, 2014).

**Características físicas**

El aceite de almendra de mango tiene un punto de fusión de 30°C, un índice de yodo de 55, entre 42 y 44% de insaturaciones y entre 52 y 56% de ácidos grasos insaturados (Fahimdanesh & Bahrami, 2013). El principal componente de este aceite es el ácido oleico con cerca del 45% en peso seguido del esteárico (Soong, Barlow, & Perera, 2014). El aceite extraído por soxhlet empleando hexano mostró un contenido de 10.2% de aceite con 55% de grasas saturadas y 45% de grasas insaturadas (Jafari *y col.*, 2014). En contraste, Kittiphoom y Sutasinee (2013) extrajeron aceite de la semilla de mango con un rendimiento de 6.69 a 8.04%, valores de acidez, índice de yodo, de peróxido y valores de saponificación de 27.55, 59, 0.26 y 206, respectivamente.

Como la cáscara de mango, la semilla también es descartada durante el procesamiento industrial del mango. Dependiendo de las variedades, la almendra representa entre 45-85% de la semilla y aproximadamente 20% del total de la fruta (Julio A. Solís-Fuentes & Durán-de-Bazúa, 2011). La almendra contiene entre 7.1-15% de grasa cruda en base seca (Jahurul *y col.*, 2014). Esta grasa ha tenido particular interés por parte de científicos debido a sus propiedades físicas y químicas, las cuales son similares a aquellas como la manteca de cacao, illipe, manteca de karité, kokum y sus mezclas (Jahurul *y col.*, 2014). La manteca de hueso de mango es una fuente prometedora, segura y natural de grasas comestible debido a que no contiene ningún ácido graso trans (Julio A. Solís-Fuentes & Durán-de-Bazúa, 2011). Varios investigadores han extraído y fraccionado grasas de mango usando solventes para

posteriormente evaluar su calidad (Dorta, González, Lobo, Sánchez-Moreno, & de Ancos, 2014). Recientemente, Jahurul *y col.* (2014) extrajeron grasa de mango a partir de algunas variedades usando $CO_2$ supercrítico. También se han estudiado las propiedades fisicoquímicas de las grasas así extraídas (Tabla 3 de Jahurul, 2015).

**Composición de los ácidos grasos**

La grasa de la pepita es rica en ácido palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1) y linoléico (C18:2). Los ácidos estéaricos y oleicos son dominantes en los ácidos grasos. Además de estos, también están presentes el ácido araquidónico, behenic, lignocerico y linoleico. La proporción de ácidos grasos varía considerablemente con las variedades de mango. La Tabla 3 muestra la composición principal de los principales ácidos grasos.

## 11.4.- CONCLUSIONES

Frente a lo expuesto, CIATEJ se ha planteado el reto de incorporar ingredientes con alto contenido nutricional proveniente de residuos agroindustriales como es el caso de la cáscara y almendra de mango, buscando enmascarar los sabores desagradables si los hubiera, y producir alimentos nutritivos con aceptación por el consumidor. Alimentos de fácil consumo con alto valor nutrimental, orientados a remplazar las preferencias del consumidor por alimentos chatarra que contribuyen al sobrepeso y la obesidad con alimentos ricos en antioxidantes agradables al paladar y que brinden beneficios a la salud.

**Tabla 3.** Composición de ácidos grasos en diversas variedades de mango.

| Variedad | Origen | % de grasa | Ácidos grasos | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $C_{16:0}$ | $C_{18:0}$ | $C_{18:1}$ | $C_{18:2}$ | $C_{20:0}$ |
| 6 variedades (Jahurul *y col.*, 2014) | Malasia | 10.65 | 8.94 | 40.21 | 42.15 | 5.27 | 2.10 |
| Mezcla (Abdalla *y col.*, 2007) | Egipto | 12.3 | 5.8 | 38.3 | 46.1 | 8.2 | --- |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variedad Manila (J. A. Solís-Fuentes & Durán-De-Bazúa, 2004) | México | 11.3 | 9.29 | 39.07 | 40.81 | 6.06 | 2.48 |
| Variedad Kaew (Sonwai, Kaphueakngam, & Flood, 2012) | Tailandia | 7.28 | 5.4 | 46.6 | 41.1 | 3.8 | 1.7 |
| 4 variedades (Muchiri, Mahungu, & Gituanja, 2012) | Kenia | 9.45 | 7.72 | 28.51 | 52.48 | 8.57 | 1.13 |

## 11.4. BIBLIOGRAFÍA


Buenrostro Figueroa Jose Juan, de la Garza Toledo Heliodoro, Ibarra Junquera Vrani, Aguilar Cristobal Noe. 2010. Aprovechamiento de las cascaras de mango como soporte para la producción de polisacaridasas. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila.* Volumen 2, No. 3

Chaparro Acuña S.P., Lara Sandoval A. E., Sandoval Amador A., Sosa Suarique S.J., Martínez Zambrano J. J., Gil González, J.H. 2015. Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (*Mangifera indica* L.). Revista Ciencia en Desarrollo, Vol. 6 No. 1, pp. 67-75

Comité técnico regional. Noviembre 2007. Caracterización agrocadena de mango, 2007. Ministerio de agricultura y ganadería, (mipro) región pacifico central agrocadena de mango

de los Santos-Villalobos Sergio, de-Folter Stefan, Délano-Frier John Paul, Gómez-Lim Miguel Ángel, Guzmán-Ortiz Doralinda Asunción, Sánchez-García Prometeo y Peña-Cabriales Juan José. 2011. Puntos críticos en el manejo integral de mango: floración, antracnosis y residuos industriales. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol. 2 Núm. 2, 2011 p. 221-234

Jahurul, M.H.A., Zaidul, I.S.M., Ghafoor Kashif, Fahad Y. Al-Juhaimi, Kar-Lin Nyam, Norulaini, N.A.N., Sahena, F., Mohd Omar A.K.. 2015. Mango (Mangifera indica L.) by-products and their valuable components: A review. Food Chemistry 183: 173–180.

Jibaja Espinoza, Luis Mingue. 2014. Determinación de la capacidad antioxidante y análisis composicional de harina de cascara de mango, mangifera indica, variedad “criollo”. Cientifi-k 2(1).

Milena Yepes Sandra, Montoya Naranjo Lina Johana, Orozco Sánchez Fernado. 2008. Valorización de residuos agroindustriales – frutas – en medellín y el sur del valle del aburrá, colombia Rev.Fac.Nal.Agr.Medellìn 61(1):4422-4431.

Moreno Álvarez, Mario José. 1999. Evaluación fisicoquímica de una harina Integral proveniente de semillas de mango (Mangifera indica L. Var. Bocado).

Noor, A., Lee, W. y Bhat, R., 2011. Nutritional and sensory quality evaluation of sponge cake prepared by incorporation of high dietary fiber containing mango (Mangifera indica Var. Chokanan) pulp and peel flours. International journal of Food Sciences

and Nutrition, 62 (6), 559-567.

Sumaya-Martínez, Ma. Teresa., Sánchez Herrera Leticia Mónica, García Gerardo Torres, García Paredes, Diego. 2012. Red de valor del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. Revista mexicana de agronegocios. 16 (30): 8326-833.

Pradeep Puligundla, Vijaya Sarathi Reddy Obulam, Sang Eun Oh., Chulkyoon Mok. 2014. Biotechnological Potentialities and Valorization of Mango Peel Waste: A Review. Sains Malaysiana 43(12): 1901–1906.

Torres-González, M.P., Jiménez-Munguía M.T., Bárcenas-Pozos M.E. 2014. Harinas de frutas y/o leguminosas y su combinación con harina de trigo. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 8 - 1 (2014): 94 - 102

Puravankara, Boghra, & Sharma, 2000

Abdalla, A. E. M., Darwish, S. M., Ayad, E. H. E., & El-Hamahmy, R. M. (2007). Egyptian mango by-product 1. Compositional quality of mango seed kernel. *Food Chemistry*, *103*(4), 1134–1140. http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.017

Dorta, E., González, M., Lobo, M. G., Sánchez-Moreno, C., & de Ancos, B. (2014). Screening of phenolic compounds in by-product extracts from mangoes (Mangifera indica L.) by HPLC-ESI-QTOF-MS and multivariate analysis for use as a food ingredient. *Food Research International*, *57*, 51–60. http://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.012

Fahimdanesh, M., & Bahrami, M. E. (2013). Evaluation of Physicochemical Properties of Iranian Mango Seed Kernel Oil. In *2nd International Conference on Nutrition and Food Sciences* (Vol. 53, pp. 44–49). Singapore: IACSIT Press. http://doi.org/10.7763/IPCBEE

Jafari, J., Gharachorloo, M., & Hemmaci, A. (2014). The Stabilizing Effect of Three Varieties of Crude Mango Seed Kernel Oil on Tallow. *Journal of Food Biosciences and Technology*, *4*(1), 31–36.

Jahurul, M. H. A., Zaidul, I. S. M., Norulaini, N. A. N., Sahena, F., Abedin, M. Z., Ghafoor, K., & Mohd Omar, A. K. (2014). Characterization of crystallization and melting profiles of blends of mango seed fat and palm oil mid-fraction as cocoa butter replacers using differential scanning calorimetry and pulse nuclear magnetic resonance. *Food Research International*, *55*, 103–109. http://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.10.050

Kittiphoom, S., & Sutasinee, S. (2013). Mango seed kernel oil and its physicochemical properties. *International Food Research Journal*, *20*(3), 1145–1149.

Mohdaly, A. A. A., Smetanska, I., Ramadan, M. F., Sarhan, M. A., & Mahmoud, A. (2011). Antioxidant potential of sesame (Sesamum indicum) cake extract in stabilization of sunflower and soybean oils. *Industrial Crops and Products*, *34*(1), 952–959. http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.02.018

Mostafa, U. E.-S. (2013). Phenolic Compounds and antioxidant potential of mango peels and kernels (Mangifera indica L.) on the frying oil stability, lipid profile and activity of some antioxidant serum enzymes in rats. *Journal of American Science*, *9*(11), 371–378.

Muchiri, D. R., Mahungu, S. M., & Gituanja, S. N. (2012). Studies on mango (Mangifera indica, L.) kernel fat of some Kenyan varieties in Meru. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, *89*(9), 1567–1575. http://doi.org/10.1007/s11746-

012-2054-6
Solís-Fuentes, J. A., & Durán-De-Bazúa, M. C. (2004). Mango seed uses: Thermal behaviour of mango seed almond fat and its mixtures with cocoa butter. *Bioresource Technology*, *92*(1), 71–78.
Solís-Fuentes, J. A., & Durán-de-Bazúa, M. del C. (2011). Mango (Mangifera indica L.) Seed and Its Fats. In *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention* (pp. 741–748).
Sonwai, S., Kaphueakngam, P., & Flood, A. (2012). Blending of mango kernel fat and palm oil mid-fraction to obtain cocoa butter equivalent. *Journal of Food Science and Technology*, *51*(10), 2357–2369.
Soong, Y. Y., Barlow, P. J., & Perera, C. O. (2014). A Cocktail of Phytonutrients: identification of Polyphenols, Phytosterol and tocopherols from mango seed kernel. In *IFT Annual meeting* (pp. 12–16). Las Vegas.