3. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1 MANGO

3.1.1 ASPECTOS GENERALES

El mango, *Mangifera indica L.,* es miembro de la familia de las Anacardiace, la cual incluye aproximadamente a 600 miembros. Se tiene la creencia de que es la fruta cultivada más antigua del mundo, y su origen se encuentra en el subcontinente Índico, donde se sabe es conocido desde hace al menos 4 000 años. En el siglo XVI los portugueses introdujeron el mango en África del Sur y Brasil, y hoy en día el mango crece libremente en todas las regiones tropicales del mundo, incluido México (Hooper, 1990).

La fruta, tiene una forma entre oval y redonda en una parte, generalmente tiene una forma ligeramente parecida a la de un riñón, tiene una semilla alargada, y su tamaño puede variar desde ser similar al de un ciruelo o al de un melón. Hay frutos demasiado grandes que pueden llegar a pesar hasta 2 kg. Los mangos crecen en árboles de hoja perenne muy similares a los de las castañas y los cuales crecen en estado salvaje donde llegan a alcanzar alturas de hasta 30 metros. Debido a esto y para conveniencia de los productores, se realizan injertos para que los árboles sean enanos. Los mangos son una fruta muy popular que es consumida en su mayoría en estado fresco. Pero debido a las dificultades que presenta para su transporte, el fruto destinado para su trasportación tiene que ser escogido en su estado verde todavía. Como consecuencia un mango que es llevado a lugares como el norte de Europa, presenta una gran carencia en lo que se refiere al delicado aroma y dulzura que presenta un mango maduro recién cortado de un árbol (Hooper, 1990).

3.1.2 COMPOSICIÓN DEL MANGO

Como se menciona anteriormente, el mango varía considerablemente en su tamaño, forma, color y sabor. El exocarpio o cáscara consiste en tres capas. La capa exterior es muy delgada, con una cutícula cerosa debajo que también es delgada, a través de la cual hay una película altamente pigmentada; debajo esta la capa más interna la cual es fibrosa y firme. El mesocarpio provee la carne jugosa comestible. El endocarpio se desarrolla dentro de una cubierta pegajosa, vellosa y resistente, que cubre a la semilla y es conocida como cáscara. La cáscara con la semilla incluida es llamada piedra. Las fibras salen de la cáscara hacia el mesocarpio (Swi-Bea y Tzuu-tar, 1993).

3.1.3 CONTENIDO NUTRICIONAL

Un solo mango, aporta toda la vitamina C requerida por una persona al día, casi la mitad de los requerimientos de vitaminas A y E, así como una buena cantidad de fibra. Contiene importantes cantidades de minerales, como hierro y potasio (Stafford, 1983). La Tabla 1. muestra el contenido de nutrientes de un mango en promedio por 100 g.

3.1.4 ESTADO ACTUAL DEL MANGO EN MÉXICO

México ocupa el tercer lugar como productor de mango, se encuentra después de la India y China, es también, uno de sus mayores exportadores. Estados Unidos es el país que absorbe el mayor volumen de exportación. Cabe señalar que nuestro país es líder mundial en exportación de mango. Cifras de 2002 señalan que la producción de esta fruta fue de un millón 652 mil 385 toneladas, de las cuales 194 mil 542 se vendieron en el mercado internacional (SAGARPA 2003).

Tabla 1. Composición nutricional del mango por 100 g (Stafford, 1983)

Componente	Composición
Agua	87.7%
Calorías	66 cal
Proteína	0.7 g
Grasa	0.4 g
Carbohidratos totales	16.8 g
Fibra	0.9 g
Ceniza	0.4 g
Calcio	10 mg
Fósforo	13 mg
Hierro	0.4 mg
Sodio	7 mg
Potasio	189 mg
Vitamina A	4 800 UI
Tiamina	0.05 mg
Riboflavina	0.05 mg
Niacina	1.1 mg
Acido Ascórbico	35 mg

Los principales estados productores son, entre otros, Nayarit, Sinaloa, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Veracruz y Chiapas. Estados Unidos es el principal cliente, le siguen Canadá y Japón. A nivel mundial, alrededor del 75 por ciento de las importaciones que hace Estados Unidos de mango corresponden a fruta enviada desde México (SAGARPA 2003).

Pero debido a la poca estabilidad del mango durante su manejo y trasporte mucha de esta producción se pierde, es por ello que se necesitan proyectos que permitan industrializar el importante volumen de mango que actualmente se pierde, tratando de generar ideas propias y diseños ingeniosos para lograr éxito en este tema, aproximadamente se pierde un 50% de la producción total del mango (SAGARPA 2004).

3.1.5 NÉCTAR DE MANGO

Existe una diferencia importante entre un jugo y un néctar de fruta, se espera que el jugo sea el resultado de exprimir la fruta o la pulpa de la fruta y que no contenga otros ingredientes, incluida el agua (Paltrineri, 1997).

El néctar de mango puede ser hecho ya sea directamente del fruto fresco o del puré de mango, el cual ha sido enlatado a la manera convencional, asépticamente empacado, o pasterizado y almacenado en congelación. Sus principales ingredientes son: agua, azúcar y ácido cítrico. El típico néctar de mango es aquel que contiene:

- 20 a 30 % de puré
- 12° a 18° Brix
- pH aproximado de 3.5
- acidez titulable de 0.20 a 0.30%

El contenido de pulpa por kilogramo de néctar o la relación entre pulpa y agua de un néctar, es parte del desarrollo de la fórmula propia de la empresa (Paltrineri, 1997). La Carboxymethylcelulosa (CMC) o alguna otra goma pueden ser agregadas para evitar el efecto "nube" en el néctar y estabilizarlo (Swi-Bea y Tzuu-tar, 1993).

En general, la estabilidad durante el almacenamiento del néctar de mango es aceptable. Las mayores deterioraciones ocurridas durante el almacenamiento son las pérdidas de carotenoides y la corrosión de la lata, si es que fue enlatado el néctar. Además, las pérdidas de ácido ascórbico también son evidentes, debido al rompimiento de la estructura celular de la fruta y a la incorporación de aire en el proceso de pulpeado, aunque no es algo que sea de gravedad si se compara con las pérdidas de este compuesto en otros jugos (Swi-Bea y Tzuu-tar, 1993).

3.2 MÉTODOS DE CONTROL MICROBIOLÓGICO

3.2.1 INTRODUCCIÓN

El tratamiento térmico, con sus efectos destructivos en las enzimas y los microorganismos, comparado con otros métodos de conservación, tiene la ventaja de asegurar la seguridad del alimento y alargar su vida de anaquel. Sin embargo hay efectos del tratamiento térmico que pueden resultar negativos para el alimento y pueden afectar sus propiedades funcionales (López-Malo y Palou, 2005). Para evitar estos efectos indeseables por el tratamiento térmico, se han hecho muchas alternativas para la conservación de alimentos y su sanidad. Estas alternativas involucran:

- La optimización de los tratamientos térmicos acortando la isoterma de calentamiento en fases tardías: calentamiento dieléctrico y óhmico y microondas.
- Una combinación de factores severos: tecnología combinada y procesos combinados.
- Procedimientos diseñados como un solo proceso o una combinación de procesos usando métodos de inactivación no térmicos.

Los efectos letales de la mayoría de los métodos físicos de inactivación no térmicos se han conocido desde cierto tiempo, pero su potencial usado en tecnologías de conservación de alimentos ha sido evaluado solamente en los últimos años. El día de hoy, altas presiones hidrostáticas, pulsos eléctricos, ultrasonido y luz ultravioleta son tecnologías de conservación de alimentos no térmicas muy promisorias (López-Malo y Palou, 2005).

3.3 LUZ ULTRAVIOLETA

3.3.1 INTRODUCCIÓN

Las tecnologías para el procesado y conservación de los alimentos deben mantener las características del alimento como si aún se encontrara fresco, mientras proveen de una aceptable y conveniente vida de anaquel, así mismo ofrecen seguridad microbiológica y valor nutricional. Los procesos no térmicos que han sido aplicados para la conservación de alimentos sin el efecto colateral de los tratamientos térmicos han sido intensamente estudiados y evaluados. Uno de esos procedimientos es la irradiación al alimento con luz ultravioleta de onda corta (UVC). La luz ultravioleta de onda corta ha sido reportada como un método efectivo para la inactivación de bacterias que contaminan el agua y superficies de varios materiales. La tecnología ultravioleta (UV) ha sido conocida desde hace 60 años, pero los equipos comerciales eran principalmente manufacturados para industrias farmacéuticas e industria de acuacultura, las cuales no toleraban la desinfección química (López-Malo y Palou, 2005).

En los últimos 20 años tanto la industria de alimentos y bebidas como los productores de equipo UV se han echado el ojo el uno al otro como un buen campo de oportunidad. Los efectos letales de la UVC y su efectividad en la desinfección son ya bien conocidos, sin embargo en el campo de los alimentos esto apenas está siendo investigado. El tratamiento para jugos de frutas y vegetales con UVC ha reducido drásticamente la cuenta de microorganismos. Análisis estadísticos demostraron ningún efecto significativo de la UVC en el color de los jugos de frutas y vegetales y en general de su estabilidad comparada con los jugos en estado fresco. El proceso de ultravioleta de onda corta aplicado a jugos de frutas y vegetales sensibles al calor es una alternativa interesante de conservación, ya que genera una reducción microbiana importante sin ningún cambio significativo en la calidad sensorial del producto, además de proveer una aceptable vida de anaquel (López-Malo y Palou, 2005).

3.3.2 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

El control microbiológico dirigido a destruir microorganismos patógenos es llamado desinfección. Usualmente se refiere a la destrucción de patógenos vegetativos, que no es lo mismo que la esterilización comercial, y es diseñada para inactivar esporas de bacterias patógenas. La desinfección puede hacer uso de radiación ultravioleta, la cual es reconocida por su efectividad como germicida. La radiación no ionizada tiene una longitud de onda mayor que la radiación ionizada, usualmente mayor de 1 nm. El mejor ejemplo de radiación no ionizada es la luz UV. Radiación es definida como la emisión y propagación de energía a través de un espacio o un material. Desde 1999 la Administración de Alimentos y Medicinas de los Estados Unidos de Norteamérica (FDA) ha considerado los tratamientos UVC como una alternativa para eliminar bacterias patógenas de jugos de frutas, mientras se retienen buenos niveles de vitaminas (López-Malo y Palou, 2005).

3.3.3 TECNOLOGÍA ULTRAVIOLETA

La luz es una radiación electromagnética (energía radiante) que viaja a través de longitudes de onda. Esta energía viaja a través de un camino lineal y en varias direcciones de su fuente emitida, que usualmente es una lámpara.

Irradiación UVC es llamada UV germicida, ya que la mayoría de los microorganismos absorben la luz ultravioleta a una longitud de onda de 254 nm, lo cual es suficiente para causar un cambio físico en los electrones y un rompimiento de los puentes en el acido desoxirribonucleico (ADN), previniendo su vida y reproducción (López-Malo y Palou, 2005).

3.3.4 CURVA DE INACTIVACIÓN

La forma de la curva de inactivación microbiológica es sigmoidea. La meseta inicial está unida a una fase de depresión del microorganismo en respuesta a la exposición de los UV. Después de la meseta inicial, la máxima depresión ha sido sobrepasada; entonces, la mínima adición de exposición de UV será letal para los microorganismos y el número de

supervivientes rápidamente caerá. El final de la curva tiene una fase de tizón junto con una resistencia de los microorganismos y componentes experimentales al UV, pueden ser sólidos suspendidos que puedan bloquear la radiación UV (Sastry *et al*., 2000)

3.3.5 TRATAMIENTO ULTRAVIOLETA EN JUGOS DE FRUTAS

La acción letal de la luz ultravioleta en los microorganismos ha sido bien documentada. La aplicación práctica de la tecnología UV ha sido controversial debido al tipo y la intensidad de la radiación, los métodos y el efecto letal estimado, entre otros factores. Un estudio del poder germicida demostró que la luz UV un 30% a 83% de levaduras y un 33% a 72% de mohos fueron matados en jugo de manzana a través de varias capas que variaban de 2 a 25 nm en espesor. Los niveles de energía incidente de 253.7 nm inhibieron el 90% de *Bacillus megatherium* a 1,100 mWs/cm^2 y 90% de *Sarcina lutea* a 19,800 mWs/cm^2. Hubo un 90% de reducción en la cuenta de microorganismos del jugo de manzana. Acoplado con una efectiva refrigeración, la tecnología UV podría tener un significado comercial (Rahman, 2007).

3.3.6 EQUIPO PARA EL PROCESAMIENTO DE LUZ ULTRAVIOLETA PARA ALIMENTOS LÍQUIDOS

La manera más sencilla de construir un sistema de luz Ultravioleta de onda corta para el tratamiento de alimentos líquidos es usando un sistema de tubos concéntricos con una lámpara Ultravioleta de onda corta, contenedores para los líquidos, tubería de plástico o tubería sanitaria, sistemas de refrigeración, y bombas (Guerrero-Beltrán y Barbosa Cánovas, 2007). Una lámpara ultravioleta rodeada por una chaqueta o manga hecha de cuarzo, (Shama, 1999), como en un sistema de intercambio de calor, puede ser situada dentro de un sistema concéntrico. El líquido fluirá a través de la parte anular. La lámpara Ultravioleta de onda corta situada en el centro del sistema proveerá la cantidad de dosis de luz requerida para la desinfección. Por lo tanto, la chaqueta requiere de tubos

conectores en el final del sistema para usarse como sistema de circulación. El líquido que pasa a través del sistema puede ser re circulado o tratado continuamente a través de la parte anular para alcanzar el efecto germicida requerido. Además, más de un sistema de tubos concéntricos puede ser conectado en un arreglo en serie para incrementar el efecto germicida en el alimento líquido sin ser re circulado. Un sistema de refrigeración en el interior o exterior del sistema concéntrico puede ser puesto para enfriar el alimento líquido antes o después del tratamiento con luz Ultravioleta. Usando bombas para aplicar la dosis requerida se puede controlar la velocidad de fluido del líquido (Guerrero-Beltrán y Barbosa Cánovas, 2007). Se requiere un dispositivo de agitación antes y después del tratamiento para asegurar un apropiado mezclado de los microorganismos en el sistema y así obtener una muestra representativa para evaluar los microorganismos restantes después del proceso (Sastry *et al*., 2000)

3.3.7 ÚLTIMAS APLICACIONES DE LUZ ULTRAVIOLETA

La aplicación más común de la luz Ultravioleta de onda corta es para la desinfección de aire, superficies y agua (Bintsis et al., 2000). La desinfección con luz Ultravioleta es también un reciente proceso para la sanitización en negocios comerciales (hoteles, resorts, restaurantes), instituciones (hospitales, escuelas, casas de ancianos, laboratorios, criaderos de peces) e industrias (empacadoras de alimentos, fabricas de cerveza, embotelladoras, cosméticos, etc.) Guerrero-Beltrán y Barbosa Cánovas, 2007).

3.3.8 DEFECTOS DE CALIDAD DEL TRATAMIENTO ULTRAVIOLETA

La radiación ultravioleta puede causar defectos tales como la oxidación de las grasas y cambios en el sabor, si es que no es usada adecuadamente. Estudios sugieren que los cítricos son los más inestables al tratamiento UV (Rahman, 2007).

3.4 TRATAMIENTO CON ULTRASONIDO

3.4.1 INTRODUCCIÓN

Los mayores reportes de información acerca de ultrasonido se han obtenido en los últimos 50 años y abarcan deferentes metodologías, por lo tanto compararlos entre si resulta un tanto difícil y hacer comparaciones entre los datos obtenidos (Condón, *et al.* 2005). El efecto que las ondas de ultrasonido de alto poder tienen en las propiedades físicas, biofísicas y microbiológicas de los alimentos ha atraído el interés de muchos en los últimos años. Esto es porque el ultrasonido puede producir varios efectos dependiendo de la combinación de las características de las ondas de ultrasonido y las características del producto utilizado para caracterizarlo sin ser destructivo o producir alguna transformación física (Torley y Bhandari, 2007).

3.4.2 ONDAS DE SONIDO

Las ondas de ultrasonido tienen un comportamiento similar a las ondas de sonido, pero su frecuencia es mucho más alta para la percepción del oído humano. La trasmisión de sonido ocurre a la par con movimientos periódicos y ordenados de las moléculas del medio, con el paso de energía de movimiento a las moléculas adyacentes sin que haya transferencia de materia. Típicamente, el rango de frecuencia percibida por lo humanos es de 20 Hz a 20 kHz, mientras que la frecuencia del ultrasonido abarca de los 20 a los $1.2x10^{10}$ kHz (la frecuencia más alta que puede ser transmitida por sólidos o líquidos). Las ondas de ultrasonido tienen las propiedades de una onda suave, como su reflexión, interferencia, absorción y dispersión, y pueden ser propagadas a través de sólidos, líquidos y gases (Torley y Bhandari, 2007).

3.4.3 CAVITACIÓN

La física del ultrasonido es compleja y muchos de sus aspectos siguen sin estar claros. Ultrasonido está definido como ondas de sonido con frecuencias por encima de lo que un humano puede escuchar. El sonido se propaga a través de diferentes materiales en diferentes formas. Cuando una onda de sonido se propaga en un medio líquido como una onda longitudinal, crea una alternancia entre un ciclo de compresión y expansión. Cuando la presión negativa en el líquido, creada por el ciclo de expansión, es lo suficientemente baja para superar las fuerzas intermoleculares (esfuerzo extensible), se forman pequeñas burbujas. Durante el siguiente ciclo de expansión/compresión, las burbujas de gas se expanden y se contraen. La formación y evolución de estas burbujas es conocida como cavitación (Torley y Bhandari, 2007).

3.4.4 INACTIVACIÓN MICROBIANA POR ULTRASONIDO

En general es admitido que la mayoría de las células son más sensibles al ultrasonido, y que las bacterias en forma de barra alargada son más susceptibles que las que tienen forma redonda.

El estudio del mecanismo de acción de las ondas de ultrasonido es muy importante, ya que puede resultar en nuevos diseños para procesos de conservación de alimentos, especialmente con procesos combinados. El efecto letal de ultrasonido de bajo poder es pequeño y se conoce que la cavitación producida por el ultrasonido de alto poder es el responsable del efecto letal en los microorganismos. Cuando las burbujas se forman en un campo ultrasonido, son generadas altas temperaturas y presiones en un punto de colisión. Por lo tanto, calor, ondas de shock de presión, o ambas, pueden ser las responsables del efecto letal del ultrasonido. Los choques provocados por la formación de las burbujas interrumpen componentes estructurales y funcionales celulares hasta el punto de lisis (muerte) de la célula (Torley y Bhandari, 2007).

La resistencia de las bacterias a las ondas de ultrasonido cambia fuertemente todo el tiempo, a comparación de la resistencia que las bacterias tienen al tratamiento térmico.

Sin embargo existen ventajas del ultrasonido sobre el tratamiento térmico como la pasterización, donde la seguridad microbiológica se logra por tratamientos térmicos que dependen en su mayoría de cada especie de microorganismos que contaminan el producto, en cambio en el caso del ultrasonido se obtiene un aseguramiento similar de la estabilidad microbiológica sin que afecte la especie o comportamiento de cada microorganismo (Torley y Bhandari, 2007).

3.5 EFECTOS COMBINADOS

3.5.1 INTRODUCCIÓN

La estabilidad y seguridad microbiológica de la mayoría de los alimentos ya sea tradicionales o nuevos, está basada en la combinación de varios factores de conservación llamados de “obstáculos”, en los cuales los microorganismos presentes en el alimento no son capaces de superar. La combinación de efectos es de fundamental importancia en la conservación de los alimentos. En los países industrializados, la tecnología de tratamientos combinados ha sido muy recurrida debido al interés de productos alimenticios mínimamente procesados, en donde los países desarrollados han creado tecnologías donde la combinación de tratamientos es un parámetro importante para la estabilización de productos almacenados sin refrigeración (Leistner, 2007a). Estas tecnologías están atrayendo considerable interés en los últimos años, ya que evitan la aplicación de un solo factor de conservación en forma severa con la consiguiente mejora en la calidad organoléptica y nutricional del alimento. Por otra parte, permiten la formulación de productos “mínimamente procesados” de características similares a las del producto fresco, más “sanos” con menos aditivos y listos para preparar y servir, satisfaciendo las demandas actuales del consumidor (Alzamora, 1997). La aplicación de estos tratamientos avanza a lo largo del mundo rápidamente. Se conoce con varios nombres: tecnología de obstáculos, métodos combinados, procesos combinados, conservación combinada, o técnicas combinadas (Leistner, 2007a).

El concepto de “combinación de factores” además de conducir al desarrollo de tecnologías innovativas de conservación, ha originado en la última década una aproximación diferente de los métodos tradicionales. Así, se está hablando de una “nueva generación” de productos refrigerados, que incorporan en su formulación, en adición a la refrigeración, múltiples barreras o obstáculos (acidificación, actividad de agua reducida, conservadores, cambios en el envase y su atmosfera, etc.) para inhibir o minimizar la reproducción microbiana; o de una “nueva generación” de productos tratados térmicamente, donde se utilizan factores coadyuvantes para reducir la letalidad del proceso (Alzamora, 1997).

3.5.2 PRESERVACIÓN POR FACTORES COMBINADOS

La estabilidad del medio interno (composición y volumen de los fluidos) es de importancia primordial para la supervivencia y el funcionamiento de los microorganismos. Esta estabilidad u homeostasis se mantiene a través de una serie de mecanismos de retroalimentación que, en respuesta a cambios relativamente pequeños en variables fisiológicas importantes, ponen en movimiento una serie de eventos para restaurar a la variable alterada a su nivel normal (Alzamora, 1997).

El método de factores combinados, no aplica un solo factor en forma severa, sino que supera los mecanismos homeostáticos pasivos o activos de los microorganismos mediante una combinación de factores que actúan aditiva o sinergísticamente, cada uno de ellos utilizado en dosis leves Es decir, si se considera la aplicación de ellos en forma individual, no producirían ni la muerte ni la inhibición del crecimiento microbiano (Alzamora, 1997).

El efecto simultáneo de diferentes factores de conservación podría ser un aditivo para una sinergia uniforme. Además, la estabilidad microbiana y la seguridad de muchos alimentos están basadas en los efectos combinados (Leistner, 2007b).

La combinación racional y creativa de factores, ya sea utilizando factores antimicrobianos tradicionales, “nuevos” factores físicos que no involucran tratamiento térmico o sistemas antimicrobianos naturales, pueden dar lugar no sólo a la optimización de tecnologías tradicionales sino al desarrollo de tecnologías de conservación que signifiquen una

verdadera innovación en la industria alimentaria, obteniéndose nuevos productos de alta calidad. El empleo de varios factores simultáneos y el conocimiento de su modo de acción puede tener un papel promisorio e importante en la seguridad alimentaria de muchos productos actuales, formulados con menos aditivos, menos sal, menos carbohidratos y con tratamientos térmicos menos severos y requiriendo en muchos casos refrigeración para su estabilidad (Alzamora, 1997).