

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



**EFFECTO DE TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL ULTRASONIDO (40 kHz) EN
LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, RECuento DE
BACTERIAS AEROBIAS MESÓFILAS Y ACEPTABILIDAD GENERAL DE
LA PULPA DE MANGO (*Mangifera indica* L.) VARIEDAD EDWARD**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

AUTORA:

VANESSA CAROLINA PERDOMO DEL AGUILA

TRUJILLO, PERÚ

2017

La siguiente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:

Ing. Dr. Carlos Eduardo Lescano Anadón
PRESIDENTE

Ing. Ms. Luis Francisco Márquez Villacorta
SECRETARIO

Ing. Ms. Carla Consuelo Pretell Vázquez
VOCAL

Ing. Dr. Freddy Romel Pérez Azahuanche
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios padre, por ser el guía espiritual y por brindarme la fortaleza de afrontar el cada día las vicisitudes que se me presentan.

A mis ángeles en el cielo, Esequias, Margarita, Pintito, Roxana, Juan José y Antonio, que a mitad de mi carrera partieron de este mundo, y desde donde estén gozan con mis triunfos y me dan fuerza en cada uno de mis tropiezos.

A mi esposo Rafael Enrique, este trabajo está dedicado a ti, por ser mi compañero de batalla, por entenderme, motivarme y apoyarme incondicionalmente en el logro de mis metas. Te amo.

A mi preciosa hija Camila, algún día leerás esto, quiero que sepas que este trabajo es también tuyo, eres mi mayor motivación y alegría, eres mi todo. Espero ser un buen ejemplo para ti.

A mi MADRE, Susana del Águila, por no perder la Fe y por dedicarme cada día un pedacito de sus oraciones y sus buenos deseos.

A mi PADRE, José Perdomo, por su amor, comprensión, y por enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr objetivos.

A MIS HERMANOS/AS: Con amor fraternal, por el cariño la paciencia y el amor que tuvieron conmigo durante este esfuerzo.

AGRADECIMIENTO

Mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, al Ing. Dr. Freddy Romel Pérez Azahuanche, por la orientación, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido.

A los miembros del jurado por sus valiosas observaciones y sugerencias para mejora de este trabajo: Ing. Dr. Carlos Eduardo Lescano Anadón, Ms. Luis Francisco Márquez Villacorta e Ms. Carla Consuelo Pretell Vázquez.

Al Ing. José Soriano Colchado, por el apoyo en la elaboración de la pulpa de mango en la Planta Piloto de Alimentarias.

A todos los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias por sus enseñanzas y aportes en mi formación profesional.

A todas las personas y amigos que de alguna u otra forma se involucraron apoyándome en el desarrollo de la tesis.

A mi esposo Rafael Enrique: Por tu apoyo, comprensión y amor que me permite sentir poder lograr lo que me proponga. Gracias por escucharme y por tus consejos. Gracias por ser parte de mi vida; eres lo mejor que me ha pasado.

A mi hija Camila Luana, por esa pequeña chispa de alegría que ilumina mi vida, y por todos los momentos que no estuve cerca de ti. Te quiero mucho.
A mis Suegros, Narda y Anibal quien me ha ayudado a poder llegar a este momento tan especial, por sus consejos y apoyo brindado para poder culminar este proceso académico.

A mis demás familiares por creer en mí y por todo el cariño que siempre me han brindado.

A la familia Núñez Flores, especialmente por todo el cariño que me brindaron, por su apoyo incondicional durante todos estos años, muchísimas gracias por hacerme sentir como parte de su familia los quiero mucho.

A mi cuñado, Cristhian Gonzales, que su entusiasmo y su dedicación para salir adelante en la vida en compañía de sus familias, sea la base primordial para ustedes.

INDICE GENERAL

CARÁTULA	I
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
INDICE GENERAL	VI
INDICE DE CUADROS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	4
2.1. Ultrasonido.....	4
2.1.1. Definición.....	4
2.1.2. Fuentes de ultrasonido	5
2.1.3. Parámetros de ultrasonido.....	7
2.1.4. Cavitación.....	8
2.1.5. Efecto microbiológico.....	10
2.1.6. Aplicaciones en la industria de alimentos	10
2.1.7. Principios y aplicaciones del ultrasonido de baja frecuencia	11
2.1.8. Principios y aplicaciones del ultrasonido de alta frecuencia	15
2.2. Mango.....	20
2.2.1. Generalidades	20
2.2.2. Variedades de mango.....	21
2.2.3. Producción de mango.....	22
2.2.4. Composición y valor nutricional	23
2.3. Pulpa de frutas.....	24
2.3.1. Fundamento teórico.....	24
2.3.2. Obtención de pulpa de frutas.....	25
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. Lugar de ejecución.....	28
3.2. Materiales y equipos	28

3.2.1. Materia prima.....	28
3.2.2. Equipos de laboratorio.....	28
3.2.3. Instrumentos de laboratorio	29
3.3. Métodos	29
3.3.1. Esquema experimental.....	29
3.3.2. Método experimental	31
3.3.3. Métodos de análisis.....	34
3.3.4. Método estadístico	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1 Color	39
4.2 Sólidos solubles	45
4.3 pH	48
4.4 Consistencia	51
4.5 Recuento de bacterias aerobias mesófilas	54
4.6 Aceptabilidad general.....	58
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES.....	61
BIBLIOGRAFÍA.....	62
ANEXOS.....	68

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutricional del mango var. Edward	23
Cuadro 2. Prueba de Levene modificada para los valores L^* , a^* y b^* en pulpa de mango	42
Cuadro 3. Análisis de varianza de los valores L^* , a^* y b^* en pulpa de mango	42
Cuadro 4. Prueba de Duncan para el color L^* en pulpa de mango	43
Cuadro 5. Prueba de Duncan para el color a^* en pulpa de mango	44
Cuadro 6. Prueba de Duncan para el color b^* en pulpa de mango	44
Cuadro 7. Prueba de Levene modificada para el contenido de sólidos solubles en pulpa de mango	46
Cuadro 8. Análisis de varianza para contenido de sólidos solubles en pulpa de mango	47
Cuadro 9. Prueba de Duncan para los sólidos solubles en pulpa de mango	48
Cuadro 10. Prueba de Levene modificada para los valores de pH en pulpa de mango	50
Cuadro 11. Análisis de varianza para los valores de pH en pulpa de mango	50
Cuadro 12. Prueba de Duncan para los valores de pH en pulpa de mango	51
Cuadro 13. Prueba de Levene modificada para los valores de consistencia en pulpa de mango	53
Cuadro 14. Análisis de varianza para los valores de consistencia en pulpa de mango	53
Cuadro 15. Prueba de Duncan para consistencia en pulpa de mango	54
Cuadro 16. Prueba de Levene modificada para el recuento de bacterias aerobias mesófilas en pulpa de mango	56
Cuadro 17. Análisis de varianza para el recuento de bacterias aerobias mesófilas en pulpa de mango	57
Cuadro 18. Prueba de Duncan para el recuento de bacterias aeróbicas mesófilas en pulpa de mango	58
Cuadro 19. Prueba de Friedman para aceptabilidad general en pulpa de mango ...	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Comportamiento de las burbujas durante la cavitación	9
Figura 2.	Esquema experimental para la investigación sobre el efecto de exposición al ultrasonido en las propiedades de la pulpa de mango.	30
Figura 3.	Diagrama de flujo para la obtención de pulpa de mango.	31
Figura 4.	Diagrama de flujo para el tratamiento con ultrasonido de la pulpa de mango	33
Figura 5.	Ficha de aceptabilidad general	37
Figura 6.	Valores de L* en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz	39
Figura 7.	Valores de a* en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz	40
Figura 8.	Valores de b* en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz	40
Figura 9.	Valores de sólidos solubles en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz	45
Figura 10.	Valores de pH en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz	48
Figura 11.	Valores de consistencia en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz	51
Figura 12.	Recuento de bacterias aeróbicas mesófilas en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz	55
Figura 13.	Aceptabilidad general en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz	58

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el efecto del tiempo (0, 15, 30, 45 y 60 minutos) de exposición con ultrasonido a una frecuencia de 40 KHz, sobre el color, sólidos solubles, pH, consistencia, recuento de bacterias aerobias mesófilas y aceptabilidad general, en pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Edward. Los resultados obtenidos, mostraron que el tiempo de exposición al tratamiento con ondas de ultrasonido tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$) sobre las características estudiadas. La prueba de Duncan indicó que el tiempo de exposición al ultrasonido de 45min permitió obtener el mejor color (L^* , a^* y b^*), sólidos solubles (18.11%), pH (3.34), consistencia (5.11cm/30s) y recuento de aerobias mesófilas (1.69 ufc/g) en la pulpa de mango variedad Edward. El tiempo de exposición al ultrasonido de 15 min presentó la mayor aceptabilidad general, con un rango promedio de 3.23, sin evidencia suficiente para determinar diferencia significativa entre los tratamientos.

ABSTRACT

The effect of 40 kHz ultrasound exposure time (0, 15, 30, 45 and 60 minutes) on the color, soluble solids, pH, consistency and aerobic mesophilic bacteria count in mango pulp (*Mangifera indica* L.) Edward variety was studied. The results obtained, showed that the exposure time to treatment with ultrasound waves had a significant effect ($p < 0.05$) on the characteristics studied. Duncan test indicated that exposure to 45 min ultrasound time allowed to get the best color (L^* , a^* and b^*), soluble solids (18.11%), pH (3.34), consistency (5.11 cm/30s) and enumeration of aerobic mesophilic (1.69 cfu/g) in variety Edward mango pulp. The time of 15 min ultrasound exposure present greater general acceptability, with an average range of 3.23, without sufficient evidence to determine significant differences between treatments.

I. INTRODUCCION

El procesamiento de alimentos se encuentra en constante evolución en respuesta a los retos y necesidades que la sociedad actual plantea. Los cambios en los gustos de los consumidores, así como, la necesidad de producir alimentos inocuos y de alta calidad, son los principales elementos responsables de la evolución de los procesos alimenticios establecidos o del desarrollo de nuevos procesos. En este sentido, la introducción de nuevas tecnologías resulta vital para reducir el tiempo de procesamiento de los alimentos o el mejoramiento de las condiciones de operación de dichos materiales (Ulloa y otros, 2013).

Por siglos, la aplicación de tratamientos térmicos ha sido la tecnología más comúnmente utilizada para la estabilización de alimentos debido a su alta capacidad de destrucción de microorganismos e inactivación de enzimas. Sin embargo, se sabe que el calor puede no solamente perjudicar muchas de las propiedades organolépticas del alimento sino también, reducir los contenidos y/o la biodisponibilidad de algunos nutrientes (Porrás y otros, 2011).

Esta búsqueda ha permitido que tratamientos físicos como el ultrasonido, entre muchos otros (pulsos eléctricos, irradiaciones, microondas, luz blanca), se conviertan en alternativas muy promisorias para el procesamiento de alimentos por cuanto permiten realizar operaciones de estabilización sin incrementar drásticamente la temperatura del sistema y por lo tanto preservan mucho mejor las características sensoriales del producto (González, 2005).

El ultrasonido es una tecnología emergente en la ciencia y tecnología de los alimentos. Se aplica en las áreas de análisis de alimentos, procesamiento y control de calidad. El ultrasonido de baja potencia o alta

frecuencia es una de las técnicas no invasivas, baratas y sencillas que pueden ser utilizados para la estimación de la composición de los alimentos (pescado, huevos, lácteos, etc), control de propiedades fisicoquímicas y estructurales (emulsiones, productos lácteos y jugos), detección de contaminantes metálicos (alimentos enlatados, productos lácteos, etc.). El control de la composición y las propiedades físico-químicas de los alimentos durante el procesamiento y el almacenamiento es importante para la producción de productos alimenticios con alto rendimiento, calidad y estabilidad (Awad y otros, 2012).

El ultrasonido ha atraído un interés considerable en ciencia y la tecnología de los alimentos, dado que este provee efectos en la preservación y en los procesos industriales. Puede ser aplicado como una de las tecnologías avanzadas para desarrollar procesos pausados pero definidos que involucran la calidad y seguridad de alimentos transformados y ofrece el potencial para mejorar los procesos existentes, así como, para el desarrollo de opciones en el campo de la tecnología alimentaria (Earle, 2007).

Presenta ventaja sobre los procesos tradicionales, al reducir tiempos de proceso y mantener atributos de calidad. Además de ser una tecnología limpia y con potencial de aplicación en procesos como secado, congelado, descongelado, extracción, entre otros (Robles y Ochoa, 2012).

La pulpa de mango presenta un alto índice de crecimiento en su consumo en el mercado internacional, sobre todo en Japón y Estados Unidos. También, ocupa la segunda posición de pulpas exportadas del Perú después de la palta, razón por la cual métodos alternativos para su conservación se convierten en un tema de gran interés (Agrodataperu, 2015).

El problema planteado para esta investigación fue:

¿Cuál será el efecto del tiempo de exposición (15, 30, 45 y 60 min) al ultrasonido con una frecuencia de 40 kHz sobre el color, sólidos solubles, pH, consistencia, recuento de bacterias aerobias mesófilas y aceptabilidad general en pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Edward?

Los objetivos propuestos para esta investigación son los siguientes:

- Evaluar el efecto del tiempo de exposición al ultrasonido a 40 kHz sobre el color, sólidos solubles, pH, consistencia, recuento de bacterias aerobias mesófilas y aceptabilidad general de la pulpa de mango variedad Edward.
- Determinar el tiempo de exposición al ultrasonido a 40 kHz adecuado para obtener el mejor color, sólidos solubles, pH, consistencia, un menor recuento de bacterias aerobias mesófilas y mayor aceptabilidad de la pulpa de mango variedad Edward.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. Ultrasonido

2.1.1. Definición

El ultrasonido se define como ondas acústicas inaudibles de una frecuencia superior a 20 kHz. Para la conservación de los alimentos, son más eficaces las ondas ultrasónicas de baja frecuencia (18-100 kHz; $\lambda=145$ mm) y alta intensidad (10-1000 W/cm²) (Herrero y Romero, 2006).

La utilización de ultrasonidos en sistemas de emulsificación y homogenización, así como, en la limpieza de distintos equipos es más conocida y extendida. Ondas ultrasónicas de baja energía (100 kHz – 1 MHz) se utilizan para evaluar las características y la calidad de diversos productos. En este campo se encuentra el diseño de equipos para determinar el tiempo óptimo de curado de quesos y estandarizar las características del producto comercializado, así como sistemas para evaluar el contenido graso, in vivo o post-mortem, de estructuras musculares y la composición y textura de productos concretos (Llull y otros 2002).

Según Porras y otros (2011) de acuerdo a los intervalos de frecuencia de sonido utilizados en el ultrasonido se divide básicamente en:

- Ultrasonido de diagnóstico o de alta frecuencia (2 - 10 MHz).
- Ultrasonido de poder o de baja frecuencia (20 - 100 kHz).

El ultrasonido de diagnóstico o de alta frecuencia se efectúa cuando un pulso de sonido es liberado a través de un medio y la detección de un “eco” de este sonido regresa después de reflejar en la superficie de un objeto sólido, el límite de una fase o de otra interfaz. El ultrasonido de diagnóstico puede ser utilizado para proveer información sobre las propiedades fisicoquímicas, como la estructura, composición, estado físico y velocidad de flujo (Porras y otros, 2011).

El ultrasonido de poder o de baja frecuencia provoca el fenómeno de cavitación, por lo que se estudia en la industria de alimentos ya que por dicho fenómeno puede alterar las propiedades tanto físicas como químicas de los alimentos, en la cristalización de grasas y azúcares, inhibición de enzimas, alteraciones de reacciones químicas, oxidaciones, congelación y ablandamiento de carne entre otros. Otro efecto importante es que causa daños en la pared celular con lo que se inhiben y se destruyen microorganismos, pudiéndose generar una nueva tecnología de conservación de alimentos (Porras y otros, 2011).

2.1.2. Fuentes de ultrasonido

Según Porras y otros (2011) el ultrasonido es generado por una corriente eléctrica que es transformada a energía de sonido por medio de diferentes tipos de transductores; existen tres tipos de transductores ultrasónicos principales:

- **Transductores conducidos por líquido.** Son aquellos en los que un líquido es forzado a atravesar por una lámina muy delgada causando que la lámina vibre. Para cada momento de vibración la cara principal de la lámina produce una presión de

onda mientras que la cara posterior genera cavitación en el líquido. Esta generación continua de presión y cavitación del líquido da una fuente de energía muy grande, con lo que se generan ondas de sonido.

- **Transductores de magneto rígida.** Son dispositivos electromecánicos que utilizan materiales ferromagnéticos, es decir, materiales que cambian de tamaño como respuesta a la presencia de un campo magnético. Sin embargo, tienen dos grandes desventajas: que el intervalo de frecuencia está restringido para debajo de 100 kHz y que los sistemas son el 60% eficiente eléctricamente.
- **Transductores piezoeléctricos.** Son los transductores más utilizados para la generación de ultrasonido, utilizan cerámicas que contienen materiales piezoeléctricos como el titanato de bario o metaniobato de plomo. Los transductores cerámicos son muy quebradizos, por lo que se sujetan entre bloques metálicos. Esto sirve para proteger el delicado material cristalino, así como, para prevenir que se sobrecaliente. Estos transductores son más del 95% eficiente eléctricamente y pueden operar en todo el intervalo ultrasónico.

La tecnología ultrasónica actual proviene del aprovechamiento de dos propiedades que poseen ciertos materiales: la piezoelectricidad y la magnetoestricción. Un generador de ultrasonidos piezoeléctrico se basa en la generación de oscilaciones eléctricas, de una frecuencia determinada, que un material con propiedades piezoeléctricas transforma en oscilaciones mecánicas (transductor). Otro método para producir vibraciones ultrasónicas es mediante el uso de transductores magnetostrictivos. El funcionamiento de estos

dispositivos se basa en las deformaciones mecánicas que experimentan ciertos materiales al someterlos a un intenso campo magnético (Orozco, 2012).

2.1.3. Parámetros de ultrasonido

Según Gómez y López (2009) hay tres parámetros ampliamente utilizados en experimentos con ultrasonido y que están relacionados con las propiedades físicas de alimentos como la composición, la estructura y el estado físico, estos son:

- **Velocidad de onda (c).** Es la velocidad con la que viaja una onda de ultrasonido a través de un material.
- **Coeficiente de atenuación.** Es la medida de la disminución en la amplitud de una onda de ultrasonido al viajar por un medio y va a depender de la naturaleza del fluido, de la temperatura del medio y de la frecuencia de la onda.
- **Impedancia acústica.** Es la relación entre la porción de la onda reflejada y la porción de onda transmitida cuando la onda incide en la interfaz de dos materiales diferentes.

La velocidad de onda (c) puede ser calculada por dos formas:

$$C = \lambda * f$$

$$C = \frac{d}{t}$$

Donde:

λ : longitud de onda

f : frecuencia del ultrasonido

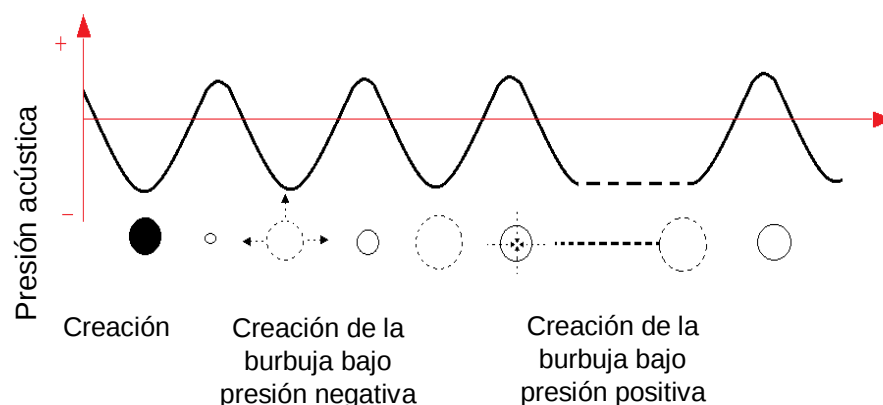
d : distancia

t : tiempo para que una onda viaje una distancia (c) conocida

2.1.4. Cavitación

La cavitación se produce en aquellas regiones de un líquido que se encuentran sometidas a presiones de alta amplitud que alternan rápidamente. Las microburbujas que alcanzan un tamaño crítico implosionan o colapsan violentamente para volver al tamaño original. La implosión supone liberación de toda la energía acumulada, ocasionando incrementos de temperatura instantáneos y focales, que se disipan sin que supongan una elevación de temperatura sustancial en la temperatura del líquido tratado. La energía liberada, así como, el choque mecánico asociadas al fenómeno de implosión afectan la estructura de los materiales situados en el microentorno (Ulloa y otros, 2013).

El ultrasonido puede definirse como las ondas acústicas inaudibles de una frecuencia generalmente superior a los 20 kHz. Cuando el ultrasonido pasa a través de un medio líquido, la interacción entre las ondas del ultrasonido, el líquido y el gas disuelto conduce a un fenómeno de excitación conocido como cavitación acústica (Figura 1), caracterizado por la generación y evolución de microburbujas en el medio líquido (Ulloa y otros, 2013).



Fuente: Ulloa y otros (2013)

Figura 1. Comportamiento de las burbujas durante la cavitación

Según Ulloa y otros (2013) de acuerdo a como es producida la cavitación existen 4 tipos:

- **Cavitación hidrodinámica.** Producida por las variaciones de presión en el flujo del líquido debidas a la geometría del sistema.
- **Cavitación acústica.** Debida a la propagación de longitudes de onda producidas por las variaciones de presión en un líquido.
- **Cavitación óptica.** Producida por fotones de luz de alta intensidad que atraviesan a un líquido.
- **Cavitación de partícula.** Producida por cualquier tipo de partícula elemental.

Los factores que afectan la cavitación son: las propiedades físicas del solvente, la temperatura, frecuencia de irradiación, presencia de gases disueltos, limpieza del sistema de reacción, frecuencia del ultrasonido, presión hidrostática, tensión superficial y potencia de irradiación (Parada y otros, 2012).

2.1.5. Efecto microbiológico

Las especies de microorganismos que producen esporas los hace más resistentes a tratamientos con calor y el mismo efecto se observa con el ultrasonido. El daño microbiológico al aplicar diferentes amplitudes de onda de ultrasonido va a depender de factores críticos como el tiempo de contacto con el microorganismo, el tipo de microorganismo, la cantidad y composición de alimento, y la temperatura durante el tratamiento (Ulloa y otros, 2013).

Diferentes tipos de microorganismos pueden ser más susceptibles al tratamiento con ultrasonido que otros. En general se ha visto que las células largas o más grandes son más sensibles al ultrasonido. Con el incremento en el área de superficie, las células de mayor tamaño son más bombardeadas por la presión producida por la cavitación, haciéndolas más vulnerables al tratamiento (Gómez y López, 2009).

2.1.6. Aplicaciones en la industria de alimentos

De manera general, la aplicación de la energía de ultrasonido en el campo de los alimentos podría resumirse en dos grandes áreas: a) análisis y control de calidad, y b) procesamiento, conservación e inocuidad. Sin embargo, las aplicaciones del ultrasonido en alimentos, dependen del rango de frecuencia del mismo, la que a su vez genera ultrasonido de alta o baja potencia (Ulloa y otros, 2013).

La aplicación del ultrasonido de alta densidad o también conocido como de poder o de baja frecuencia, ha demostrado ser una tecnología emergente viable para el tratamiento de alimentos, promoviendo la homogenización y la emulsificación de sus ingredientes, la conservación al inactivar enzimas responsables del

deterioro fisicoquímico, el mejoramiento de la calidad sensorial y prolongar la vida útil de los productos al inhibir el crecimiento microbiano (Gómez y López, 2009).

2.1.7. Principios y aplicaciones del ultrasonido de baja frecuencia

Según Robles y Ochoa (2012) el sonido se propaga a través de los materiales alimenticios como ondas mecánicas que causan compresiones y descompresiones alternantes. Esas ondas ultrasónicas tienen longitudes de onda, velocidad, frecuencia, presión y periodos característicos. La interacción de las ondas del sonido con la materia altera la velocidad y atenuación de las ondas del sonido, vía mecanismos de absorción o dispersión. La velocidad del sonido es el producto de la frecuencia y longitud de onda, por lo tanto el sonido de alta frecuencia tiene longitudes de onda corta, mientras que las ondas de baja frecuencia tienen longitud de onda larga. La velocidad del ultrasonido (US) está determinada por la densidad (ρ) y la elasticidad (E) del medio de acuerdo a la ecuación de Newton-Laplace:

$$US = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Esta ecuación implica que la velocidad del ultrasonido de un material sólido es más grande que el de su forma líquida (por ejemplo chocolate sólido y fundido). Para el análisis de materiales alimenticios, la velocidad del sonido es muy sensitiva a la organización molecular e interacciones intramoleculares, lo cual hace a las mediciones de la velocidad del ultrasonido idóneas para determinar la composición, estructura, estado físico, así como, en diversos procesos moleculares (tales como transición de fase y

cinéticas de cristalización en grasas a granel, emulsiones y nanopartículas lipídicas sólidas) y para la detección de cuerpos extraños en alimentos procesados y envasados (Gómez y López, 2009).

La impedancia acústica es el producto de la densidad y la velocidad del sonido que pasa a través de las fronteras de los diferentes materiales, lo cual afecta el coeficiente de reflexión. Los materiales con diferentes densidades tendrán diferentes impedancias acústicas, lo cual provoca reflexiones de las fronteras o límites entre dos materiales con diferente impedancia acústica. A continuación se señala las principales aplicaciones del ultrasonido de baja energía en distintos materiales alimenticios (Ulloa y otros, 2013).

A. Carne y productos cárnicos. En la industria de la carne, el ultrasonido de baja energía se ha utilizado como una tecnología rápida, reproducible y confiable, particularmente para la estimación de la acumulación de grasa, músculo y composición corporal, porcentaje de grasa intramuscular y características de la canal. Este tipo de ultrasonido también se ha utilizado ampliamente en tiempo real para la estimación de la composición química corporal y del canal de corderos en crecimiento (Ulloa y otros, 2013).

B. Frutas y vegetales. Las principales aplicaciones del ultrasonido en este tipo de alimentos están relacionadas con el control de calidad de frutas y vegetales frescos, tanto a nivel precosecha como postcosecha, debido a que varios cambios fisicoquímicos y fisiológicos (firmeza, harinosidad, porcentaje de peso seco, contenido de aceite, sólidos solubles totales y acidez) que suceden durante el crecimiento y maduración, así como, en el

curso del periodo de cosecha, almacenamiento y vida de anaquel, están vinculados con mediciones del ultrasonido, lo que permite la evaluación indirecta del tiempo de cosecha, periodo de almacenamiento o vida de anaquel. Como la amplitud de las ondas del sonido transmitido a través de la piel de los frutos se incrementa cuando el color cambia de verde a amarillo, se ha encontrado una buena correlación entre la madurez y la atenuación acústica, por lo que también el ultrasonido puede aplicarse para valorar el estado de madurez con base en dicha propiedad. Las mediciones de la velocidad del ultrasonido también se utilizan para determinar el contenido de diferentes especies de azúcares en bebidas y jugos de frutas (Awad y otros, 2012).

C. Productos de cereales. También se ha demostrado que el ultrasonido tiene grandes aplicaciones en el control de calidad de los procesos de producción de alimentos derivados de los cereales, especialmente durante la elaboración de productos de panificación, dada su correlación (velocidad de atenuación) con las propiedades reológicas de los productos intermedios y finales. Dentro de las aplicaciones particulares del ultrasonido en este campo se encuentran registradas las siguientes: evaluación de la calidad de la masa de productos de panificación en procesos en línea, caracterización de la fase de fermentación en productos de panificación, monitoreo en los cambio en la consistencia de la masa de harina de trigo inducida por las proteínas y gelificación del almidón, evaluación de las propiedades texturales de los productos de panificación, evaluación de las propiedades estructurales y mecánicas (densidad, porosidad superficial, fuerza mecánica) de productos porosos, evaluación de propiedades físicas (densidad,

viscosidad, reología, volumen, simetría, índice de volumen, altura) de productos como panqueques, donas, bizcochos y pasteles (Ulloa y otros, 2013).

D. Productos grasos y emulsiones. El ultrasonido de baja intensidad es una técnica analítica poderosa para la caracterización de aceites y grasas comestibles y para la evaluación de propiedades físicas y químicas tales como las temperaturas de cristalización y fusión, contenido de grasa sólida, dureza, contenido de aceite y composición del aceite. Otra de las principales aplicaciones del ultrasonido de baja intensidad es el monitoreo de la cristalización de emulsiones, lo cual es importante para la calidad de muchos productos en forma de emulsiones alimenticias tales como la mantequilla, margarina, crema batida y helados (Robles y Ochoa, 2012).

La cristalización y fusión de la fase grasa en una emulsión están acompañadas de cambios en su estructura interna, propiedades morfológicas y empaquetamiento molecular. Con base en la diferencia en la velocidad del sonido a través de los sólidos y líquidos, las mediciones de velocidad de sonido se han utilizado exitosamente para monitorear la transición de fase y cristalización de varias formulaciones de emulsiones aceite-agua. Otra aplicación de la medición de la velocidad del ultrasonido es para evaluación de la estabilidad de la emulsión y para el estudio de la cinética de cristalización (Ulloa y otros, 2013).

E. La miel. Es un endulzante natural popular con alto valor nutricional y medicinal. La miel también se usa como aditivo alimenticio funcional y como conservador debido a sus

actividades antioxidantes y antimicrobianas. El valor funcional de la miel es altamente dependiente de las concentraciones de sus componentes que incluyen carbohidratos, aminoácidos, minerales, sustancias aromáticas, ceras y granos de polen. Sin embargo, la miel puede ser fácilmente adulterada añadiéndole sacarosa, glucosa, almidón, gelatina, agua y otras sustancias. Para asegurar la calidad y detectar fraudes, se utilizan una gran variedad de técnicas analíticas para determinar la composición de la miel, a los cuales se ha sumado la medición de la velocidad del ultrasonido, lo que ha resultado efectivo para detectar productos de miel adulterados o para asegurar la autenticidad de productos naturales de miel (Ulloa y otros, 2013).

2.1.8. Principios y aplicaciones del ultrasonido de alta frecuencia

La propagación del ultrasonido a través de materiales biológicos induce compresiones y descompresiones (rarefacciones) de las partículas del medio, lo cual genera una gran cantidad de energía. El ultrasonido de alta energía tiene efectos mecánicos, químicos y/o bioquímicos, mismos que se utilizan para modificar las propiedades fisicoquímicas y mejorar la calidad de varios sistemas alimenticios durante su procesamiento. Algunas de los efectos mecánicos del ultrasonido de alta frecuencia son la extracción de sabores, desgasificación, destrucción de espumas, mejoramiento de la cristalización y modificación del polimorfismo. Por otra parte, los efectos químicos y bioquímicos son herramientas efectivas para la esterilización de equipos, prevención de contaminación de superficies de procesamiento de alimentos por microorganismos patógenos o biopelículas bacterianas (Robles y Ochoa, 2012).

A continuación se presentan algunas de las aplicaciones del ultrasonido de alta energía en el campo de la ciencia y tecnología de alimentos:

A. Sonocristalización. La cristalización es un proceso considerablemente importante en muchas industrias como la del chocolate, mantequilla, margarina, crema batida y helados. Para obtener productos alimenticios con atributos sensoriales específicos (por ejemplo textura, dureza, suavidad, sensación en la boca), se deberá controlar la cristalización de grasa mediante temperatura, velocidad de enfriamiento y aplicación de cortes o ultrasonido. La energía de ultrasonido en el rango de 20 o más kHz se considera una herramienta efectiva para promover la cristalización de líquidos y fusiones de sólidos que se utilizan para la fraccionación de grasas para separar estearinas y oleínas de mezclas de triglicéridos. La sonocristalización es una tecnología importante para la producción a gran escala con muchas aplicaciones en alimentos, siendo también importante por su costo-beneficio, facilidad de operar, modificar o controlar (Ulloa y otros, 2013).

B. Emulsificación. La formación de micro corrientes cercanas a la interface agua aceite generadas por la aplicación de ultrasonido de alta intensidad facilita la emulsificación. Comparada con la agitación mecánica, el uso de ultrasonido requiere de menos cantidades de surfactantes y produce gotitas más pequeñas y estables. En emulsiones aceite en agua preparadas con ultrasonido de alta energía, se obtiene un grado bajo de floculación de las gotas, lo cual incrementa la estabilidad de la cremosidad de la emulsión. Mediante el uso de las proporciones correctas de los componentes de la emulsión y la energía de

ultrasonido, es posible preparar nanoemulsiones comestibles transparentes con gotas muy pequeñas (40 nm). Los sistemas de emulsificación ultrasónicos son de bajo costo de operación, así como, fáciles de operar e integrar a líneas industriales existentes, para mejorar la calidad de productos emulsificado como en la homogenización de la leche previo a la elaboración de queso con la finalidad de aumentar su rendimiento, al igual que la termosonicación para simultáneamente pasteurizar leche y desintegrar grandes glóbulos de grasa de la misma (Ulloa y otros, 2013).

C. Eliminación de espumas. Las espumas son sistemas coloidales termodinámicamente inestables en los cuales un gas está estabilizado como una fase separada dispersa en una matriz líquida. La eliminación de espumas es un proceso de remoción de burbujas y aire de líquidos. En la industria de alimentos, es importante eliminar aire y oxígeno de leches y bebidas para prevenir el deterioro y oxidación, lo cual mejora la frescura, calidad y extiende la vida de anaquel de los productos. También es importante evitar la formación de espumas para maximizar la producción y evitar problemas en el control de procesos y operación de los equipos. El ultrasonido de alta frecuencia se ha considerado como un procedimiento efectivo para remover espumas y oxígeno disuelto con muy bajo costo de energía en leche (Robles y Ochoa, 2012).

D. Proteínas alimenticias. La aplicación de ultrasonido de alta energía afecta las propiedades funcionales de proteínas del suero de leche, las cuales son altamente utilizadas como ingredientes de muchos productos alimenticios para diferentes propiedades funcionales, incluyendo la emulsificación, gelación,

espumado y capacidad de retención de sabor y grasa. De igual manera, el ultrasonido de alta energía tiene aplicaciones potenciales en el tratamiento de aislados y concentrados proteicos de soya para experimentar cambio en su conductividad, incrementar su solubilidad y área superficial específica, lo que permite influir en la textura e incrementar los valores de actividad emulsificante. Se estima que el tratamiento de ultrasonido en productos de soya y cremas implica un menor gasto de energía y tiempo más corto comparado con la tecnología actualmente utilizada para esos mismos propósitos (Ulloa y otros, 2013).

E. Enzimas en alimentos. La inactivación enzimática es un proceso importante para mejorar la estabilidad, vida de anaquel y estabilidad de muchos productos alimenticios. La energía del ultrasonido se usa para incrementar o inactivar las actividades enzimáticas dependiendo de la intensidad del ultrasonido. El ultrasonido combinado con baja presión y calor incrementa la velocidad de inactivación de enzimas en tomates, soya, rábanos y naranjas. Otra de las aplicaciones de la energía de ultrasonido es la intensificación de la producción de glucosa a partir de granos de sorgo, mejorando el rendimiento de un 10 al 25% dependiendo del tiempo de sonicación e intensidad. También se ha reportado la aceleración de la hidrólisis enzimática de la paja de arroz después del pretratamiento de ultrasonido (Ulloa y otros, 2013).

F. Inactivación microbiana. La pasteurización y esterilización térmica son dos de las técnicas usadas para la inactivación de productos alimenticios. Sin embargo, la efectividad de dichos métodos requiere de largos tiempos de exposición a

tratamientos de altas temperaturas, lo cual conduce al deterioro de las propiedades funcionales, características sensoriales y valor nutritivo de los alimentos. En particular, el uso del ultrasonido de alta energía ha mostrado varias ventajas comparada con la pasteurización térmica, tales como la minimización de las pérdidas de sabor en jugos de frutas, así como, una más grande homogeneidad y significantes ahorros de energía, sin embargo, para mejorar la inactivación microbiana en alimentos líquidos, el ultrasonido debe combinarse con otros tratamiento como presión, calor, o el uso de antimicrobianos (Porras y otros, 2010).

G. Congelación de alimentos. En ese sentido el ultrasonido de alta frecuencia resulta de interés en el procesamiento y conservación de alimentos debido a su capacidad de controlar/modificar la nucleación y el crecimiento de cristales. Además, el ultrasonido de alta energía es químicamente no invasivo y no presenta problemas legislativos para su uso. El efecto más importante del ultrasonido de alta energía en la congelación de alimentos es debido a la cavitación acústica, la cual no solamente promueve la nucleación del hielo por micro burbujas, sino también mejora la transferencia de masa debido a la agitación violenta creada por las microcorrientes acústicas (Ulloa y otros, 2013).

H. Deshidratación de alimentos. El ultrasonido de alta energía, también mejora los fenómenos de transferencia de masa y calor en el proceso de secado. La deshidratación acústica se basa en la cavitación acústica y también en los efectos de compresiones y expansiones inducidas por las ondas del sonido que pasan a través del medio alimenticio, lo cual genera altas fuerzas y

mantiene la humedad dentro de los capilares del material, con lo que la humedad resulta más fácil de eliminar. Las aplicaciones del ultrasonido en la deshidratación se han realizado principalmente en vegetales, así como, pre-tratamiento previo al secado con aire en frutas como el plátano, piña, papaya, melón y zapote. En general, la aplicación del ultrasonido incrementa la difusividad efectiva del agua en la fruta, con lo cual se reduce el tiempo de secado lo cual también aplica a la deshidratación osmótica por la formación de microcanales en la fruta lo que contribuye a la reducción del tiempo de secado (Ulloa y otros, 2013).

2.2. Mango

2.2.1. Generalidades

El mango (*Mangifera indica* L.) es una fruta de la zona intertropical de pulpa carnosa y de sabor dulce, puede o no ser fibrosa. Es una fruta de color verde en un principio y amarillo o anaranjado cuando está madura, de sabor medianamente ácido cuando no ha madurado completamente. El mango prefiere clima cálido y seco, que a nivel nacional se encuentra desde la zona costera del oriente, centro y occidente del país hasta zonas de media altura (800 msnm) con una temperatura de 26 a 32 °C y una precipitación promedio de 1000 a 1500 mm. También el sabor es muy diferente entre una variedad y otra (Galán, 2009).

El fruto es carnoso con un hueso en su interior (semilla) al que están adheridas muchas fibras. Entre los índices de madurez está el color de la cáscara, color de la pulpa, el contenido de sólidos solubles

totales y algunos cambios anatómicos (Costa y otros, 2001; Ramírez y otros, 2010).

La medida de las características morfológicas de las principales variedades comerciales de mango son: un peso varía desde 150 g hasta 2 kg. Su forma es variable, pero generalmente es ovoide oblonga, notoriamente aplanada, redondeada, de 4 - 25 cm de largo y 1.5 - 10 cm de grosor. Su composición promedio es; 56.39% de pulpa, 21.51% cáscara y 22.09% semilla. La pulpa es de consistencia firme, color amarillo o anaranjado, jugosa, sabor dulce; la cáscara es firme y puede estar entre verde, amarillo y diferentes tonalidades rosa, rojo y violeta. (Anacafe, 2004; Pap y otros, 2004).

2.2.2. Variedades de mango

Dentro de las variedades producidas en el Perú, según Agrobanco (2007), son:

- **Kent.** Esta variedad pesa aproximadamente 500 a 800 g, posee un color amarillo anaranjado adquiriendo en la madurez una cascara rojiza, es de forma ovalada orbicular, de agradable sabor, jugoso de poca fibrosidad y muy dulce, siendo estas las razones de su demanda para la exportación.
- **Haden.** Pesa aproximadamente de 380 a 700 g, adquiriendo en la madurez un color rojo – amarillo también con cascara rojiza. Posee forma ovalada, de pulpa firme y de color y sabor agradable (variedad de media estación).
- **Tommy Atkins.** Pesa aproximadamente 600 g, posee una forma oblonga, oval, resistente a daños mecánicos y con mayor

período de conservación pero no posee las mejores características en cuanto a sabor y aroma (variedad tardía).

- **Edward.** Pesa aproximadamente 520 a 600 g, posee una forma oblonga oval. Cascara lisa de grosor mediano, amarillo intenso con abundante tonalidades rojizo purpura. Pulpa gruesa, textura firme, representa el 71 % del peso del fruto, amarillo con tendencia anaranjada, cascara fibra, sabor muy dulce y aroma moderado (variedad de estación) (Soto y otros, 2004).

2.2.3. Producción de mango

La producción nacional de mango se concentra en los valles costeros de la zona norte, siendo Piura el departamento con mayor producción y superficie cultivada, concentrando alrededor del 68% del total nacional, cultivándose en los valles de San Lorenzo, Chulucanas, Tambo Grande, y Sullana. La producción del valle de San Lorenzo, se orienta principalmente a la exportación destacándose las variedades de Kent y Haden. La producción peruana de mangos de exportación alcanzó las 140 000 t en la campaña 2013 - 2014, que representa un incremento del 40%, en comparación con la campaña anterior (2012-2013) que fue 105 000 t (Costa y otros, 2001; Agrobanco, 2007; Andina, 2014).

El volumen exportado de mangos en el 2013 se incrementó en 20.4%, el mango como fruta fresca registró la mayor demanda externa, entre las cuales se ubican las variedades de mango (*Mangífera indica* L.) y mangostanes, en el primer trimestre 2014, ambos en conjunto representaron el 97.4% del volumen total exportado y con una variación porcentual de 28.9% respecto al año 2013 (INEI, 2014).

2.2.4. Composición y valor nutricional

El mango es una fruta popular y consumida principalmente en estado fresco ya que es considerada como una de las frutas tropicales más deliciosas, además de presentar una importante fuente nutritiva por su contenido de vitaminas y minerales (García, 2010).

El grado de madurez del fruto, determinado por sus características de color, tamaño, forma, textura, sabor (sólidos solubles totales y acidez) y aroma, se deben tomar en cuenta para el tipo de producto que se pretende elaborar. La semilla de mango abarca del 9 al 27% aproximadamente del peso total de la fruta. El color de la cáscara y la pulpa varía con la madurez y el cultivo. Su contenido de carotenoides aumenta durante su madurez; es buena fuente de provitamina A (Pap y otros, 2004). En el Cuadro 1, se muestra el contenido nutricional en 100g mango (porción comestible).

Cuadro 1. Composición nutricional del mango var. Edward

Componente	Contenido (g/100 g)
Agua	83.5
Proteína	0.8
Grasa	0.4
Carbohidratos	15
Fibra	1.6
Azúcares	13.7
Energía (kJ)	251.04

Fuente: Wall y otros (2014)

2.3. Pulpa de frutas

2.3.1. Fundamento teórico

Pulpa es la parte comestible de las frutas o el producto obtenido de la separación de las partes comestibles carnosas de éstas, mediante los procesos tecnológicos adecuados. La pulpa se diferencia del jugo solamente en su consistencia: las pulpas son más espesas, se desecha la cáscara, la semilla y el bagazo, los jugos son más fluidos o líquidos (Ballesteros y Ruiz, 2013).

Las frutas que han alcanzado un grado de maduración avanzado, sin llegar al deterioro, se caracterizan por poseer un aroma, color y sabor característico y una textura firme, con ligero inicio de ablandamiento, lo cual permite obtener una pulpa de alta calidad. La pulpa es atractiva para los consumidores por los nutrimentos, colores, aromas y sabores agradables que contienen y se caracterizan por poseer una amplia gama de compuestos químicos y presentan variaciones en su composición y estructura (García, 2014).

Las operaciones para obtener pulpas de frutas se pueden dividir en tres fases de operación: de adecuación, de separación y de conservación (García, 2014).

Las operaciones realizadas a partir de la llegada de la fruta a la planta de procesamiento hasta antes de ser abiertas, para separar las partes no comestibles corresponden a la fase de adecuación, en esta debemos tener en cuenta la clasificación de las frutas, que consiste en diferenciar y agrupar las frutas de acuerdo con sus características de calidad y tamaño. El término calidad involucra una

serie de factores de gran importancia para la aceptación y valorización del producto en el mercado. Durante las operaciones de clasificación se realiza un tratamiento contra hongos para algunas frutas, y otras requieren de una lustrada o limpieza (García, 2014).

2.3.2. Obtención de pulpa de frutas

Según García (2014), se describen los aspectos más importantes de cada una de las operaciones de separación de las frutas, en su proceso de producción de pulpas.

- **Pelado.** La operación de pelado permite separar la cáscara del resto de la fruta. Las técnicas de pelado de frutas más utilizadas son:

Pelado manual. Se efectúa con ayuda de cuchillos de acero inoxidable, esta técnica permite un pelado sin usar calor, con equipo carato y poco agua.

Escaldado con agua caliente o vapor. Se realiza en recipientes de acero inoxidable y mediante algún sistema se calienta el agua o se inyecta el vapor que se pone en contacto directo con la cáscara de la fruta. Se ha usado en pelado de mango y tomate.

Escaldado con soda caliente. Se sumerge la fruta en una solución de soda caliente durante un determinado tiempo y luego se enjuaga para retirar la cascara y la soda cáustica remanente de la fruta. La soda disuelve las paredes de las células de la cáscara.

- **Escaldado de la fruta.** Tratamiento térmico corto que se puede aplicar a las frutas con el fin de ablandar los tejidos y aumentar los rendimientos durante la obtención de pulpas; además disminuye la contaminación superficial de las frutas que puede afectar las características de color, sabor, aroma y apariencia de las pulpas durante la congelación y descongelación. El escaldado puede cambiar el sabor y aroma normal a crudo de las pulpas por un sabor a cocido. La consistencia también cambia según la cantidad de almidones presentes en la pulpa.
- **Despulpado.** Operación de separación en la que entra al equipo la fruta entera (mora, fresa, guayaba), en trozos (papaya, mango, piña), o masa pulpa y semilla separada de la cáscara (guanábana, lulo, maracuyá) para separar la pulpa de las partes no comestibles. Debe realizarse lo más pronto posible, después que la fruta ha llegado a la planta y ha recibido las operaciones de adecuación.

Las despulpadoras, por lo general, son horizontales, de diferentes capacidades; están fabricados de acero inoxidable, para el despulpado se utilizan paletas de acero inoxidable, cepillos de nailon y bandas de caucho. Las paletas metálicas se emplean para separar semillas de alta dureza (semillas de guayaba y mora). Los cepillos de nailon se utilizan para separar semillas, como las de maracuyá y curuba, cuyo color negro afectaría la apariencia de la pulpa.

- **Refinado.** Consiste en hacer pasar la pulpa ya obtenida por una malla fina, con el fin de obtener una pulpa menos fibrosa.

- **Desaireado.** Permite extraer el aire atrapado en la pulpa durante las operaciones previas. El método más frecuente para extraer el aire es mediante vacío.
- **Envasado.** Corresponde a la fase de conservación y consiste en verter la pulpa obtenida de manera uniforme, en cantidades precisas y preestablecidas, bien sea en peso o volumen, en recipientes adecuados por sus características y compatibilidad con las pulpas. La operación puede ser manual o automática. El llenado automático permite un mayor rendimiento y menos costos por el ahorro de mano de obra.
- **Pasteurización.** La pasteurización se realiza a 92°C por un tiempo aproximado de 2 minutos y con ella se busca: inhibir las reacciones enzimáticas causantes de sabores y olores desagradables, impedir la gelificación y detener el crecimiento de ciertos microorganismos peligrosos.
- **Almacenamiento.** El almacenamiento de las pulpas de frutas se suele hacer por congelación a -18° ó -20°C. Es un sistema de preservación con gran acogida en la industria debido a las características de alta calidad nutricional y sensorial (aroma, sabor, apariencia, color) de las pulpas obtenidas después de un periodo de seis meses o más.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales y análisis se realizaron en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materia prima

Mango (*Mangifera indica* L.) variedad Edward procedente del Mercado La Hermelinda de Trujillo, departamento La Libertad.

3.2.2. Equipos de laboratorio

- Balanza analítica. Marca METTLER TOLEDO. Capacidad 0 - 210 g. sensibilidad aprox. 0.0001 mg.
- Refractómetro de mano. Marca Atago. Rango de 60 – 90% de sólidos solubles.
- Termómetro digital. Marca Multidigital, rango de 50 a 200 °C, precisión ± 0.01 °C.
- Ultrasonido multifrecuencia. Marca BRANSON 5800. Capacidad 7 L.
- Pulpeadora. Marca METAL MECANICA AGROINDUSTRIAL. Velocidad 1100 rpm.
- pH-metro. Marca METTLER TOLEDO. Rango de 0-14, sensibilidad aprox. 0.01.

- Colorímetro Konica Minolta. Modelo CR-400.
- Consistómetro Bostwick. Marca Senco. Rango de 0 a 24 cm, con graduación de 0.5 cm.

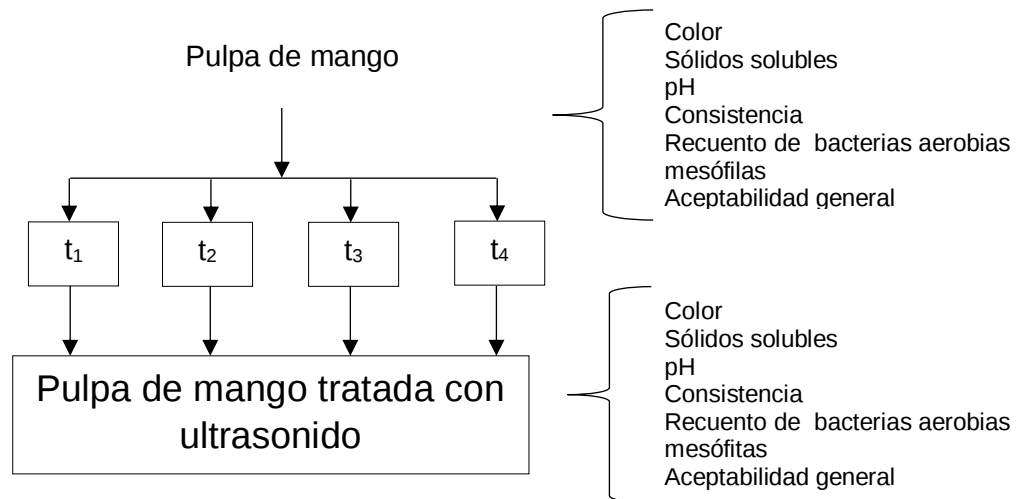
3.2.3. Instrumentos de laboratorio

- Frascos de vidrio de 250 mL.
- Placas Petri. Marca DURAN GROUP. Rango 15 x 100 mm.
- Materiales plásticos diversos.

3.3. Métodos

3.3.1. Esquema experimental

El esquema experimental de la investigación se presenta en la Figura 2; la variable independiente es el tiempo de exposición con ultrasonido a 40 kHz y como variables dependientes: el color, sólidos solubles, pH, consistencia, recuento de bacterias aerobias mesófilas y aceptabilidad general.



Leyenda:

t_1 : 15 min de exposición a ultrasonido 40 kHz.

t_2 : 30 min de exposición a ultrasonido 40 kHz.

t_3 : 45 min de exposición a ultrasonido 40 kHz.

t_4 : 60 min de exposición a ultrasonido 40 kHz.

Figura 2. Esquema experimental para la investigación sobre el efecto de exposición al ultrasonido en las propiedades de la pulpa de mango.

3.3.2. Método experimental

En la Figura 3, se observa el flujo de proceso seguido para la obtención de pulpa de mango.

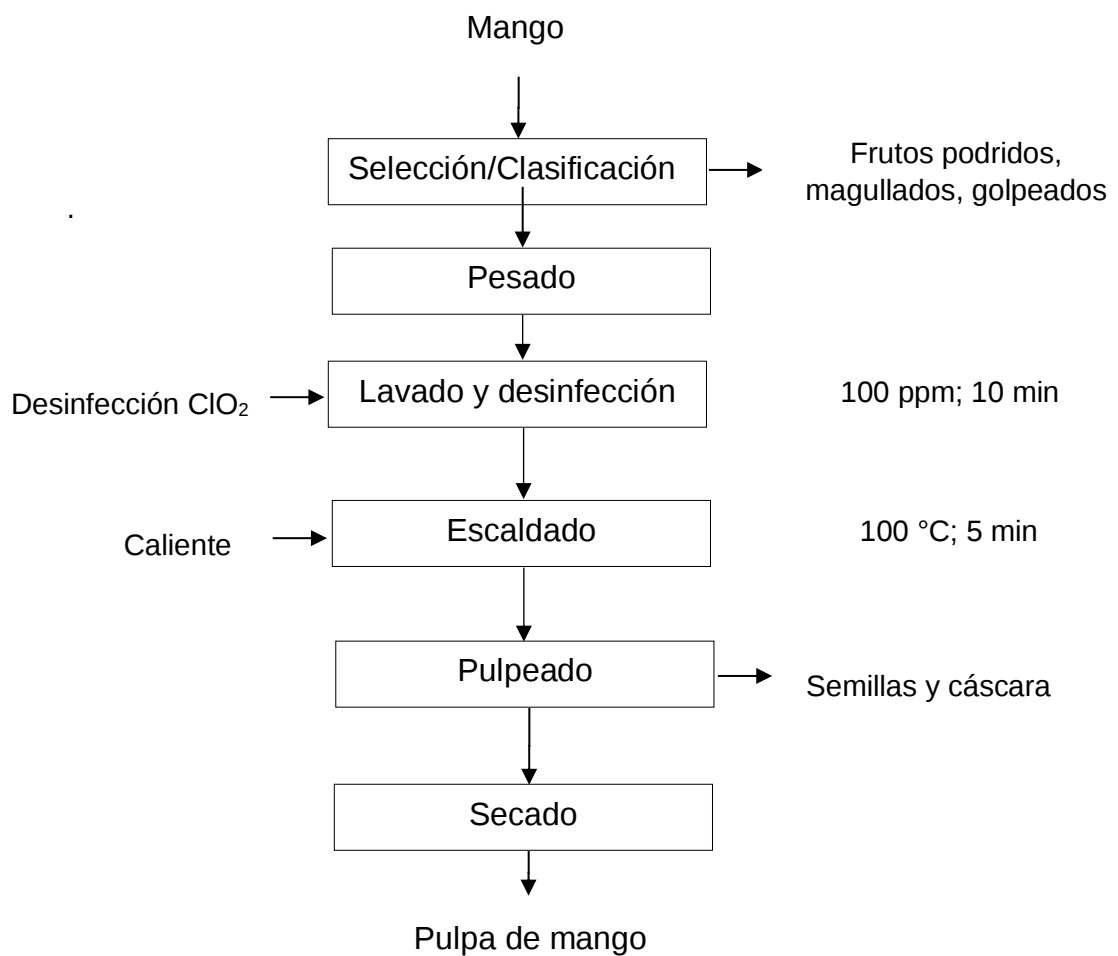


Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de pulpa de mango.

La descripción del diagrama de flujo se presenta a continuación:

- **Selección y clasificación.** Se seleccionaron los mangos que tengan aspectos de frescura, que no muestran daño físico (golpes, magulladuras, etc.), que estén prácticamente exentos de cualquier olor extraño (Chien y otros, 2007). Luego fueron clasificados de acuerdo a la NTP 011.010 “MANGO (Ver Anexo N° 1). Mango fresco. Requisitos” (INDECOPI, 2002) con el calibre 8 que indica pesos entre (450 – 550 g); así mismo, firmes al tacto y con un contenido de sólidos solubles entre 15 – 18 °Brix.
- **Pesado.** Se pesó el fruto que ingresa al proceso para determinar el rendimiento que pueda obtenerse en pulpa.
- **Lavado y desinfección.** Con agua potable para eliminar las impurezas superficiales del mango y luego con una inmersión en dióxido de cloro 100 ppm durante 10 min para reducir la carga microbiana inicial.
- **Escaldado.** Los mangos se llevaron a una olla con agua a 100 °C durante 15 min, luego se enfrió a temperatura ambiente para evitar el pardeamiento de la pulpa por oxidación y lograr un ablandamiento necesario para el pulpeado.
- **Pulpeado.** Se procedió a colocar en la pulpeadora para separar la pulpa, la cáscara y la semilla del mango, utilizando una malla Mesh con $\Phi < 0.5$ mm, a una velocidad de 1100 rpm.

La Figura 4, muestra el procedimiento para el tratamiento con ultrasonido de la pulpa de mango.

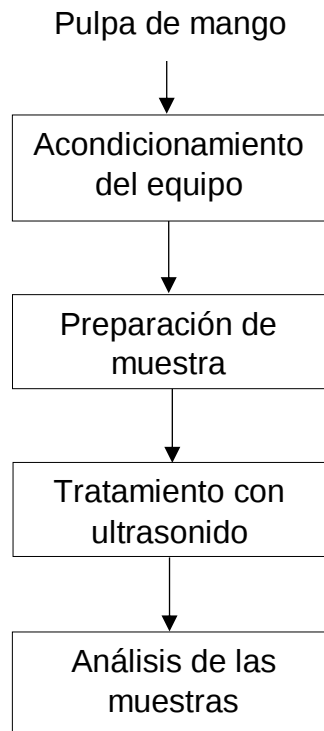


Figura 4. Diagrama de flujo para el tratamiento con ultrasonido de la pulpa de mango

La descripción del diagrama de flujo se presenta a continuación:

Acondicionamiento del equipo. El recipiente del equipo fue llenado con agua destilada hasta la línea de referencia. Luego se reguló el tiempo de exposición.

Preparación de muestras. Se pesó dos muestras de 240 g en frascos de 250 mL y se taparon herméticamente.

Tratamiento con ultrasonido. Las dos muestras se colocaron dentro del baño, sobre la rejilla de acero, se cuidó que el nivel del

agua esté sobre el nivel de la pulpa de mango. Luego se aplicó el tratamiento con ultrasonido a una frecuencia de 40 kHz; 100% de potencia transmitida al medio durante 15 min. Una vez concluido el tiempo, se apagó el equipo y se retiraron las muestras. El proceso se repitió para 30, 45 y 60 min.

Análisis de las muestras. Las dos muestras tratadas con ultrasonido, se almacenaron 5 °C hasta la realización de los análisis. Una se usó para los análisis de color, sólidos solubles, pH, consistencia, aceptabilidad general y la otra para el recuento de bacterias mesófilas.

3.3.3. Métodos de análisis

A. Color

Se utilizó el sistema colorímetro CIELAB, usando Konica Minolta, modelo CR-400/410. El equipo se calentó por 10 min, se pesó 5 g de pulpa de mango en una celda de vidrio y posteriormente se cubrió la muestra con una luna de reloj. Colocamos el cabezal y determinamos los valores de color expresado en términos de luminosidad L^* ($L^*=0$ para negro y $L^*=100$ para blanco), cromaticidad a^* (verde [-] a rojo [+]), y b^* (azul [-] a amarillo [+]) (Chiumarelli y otros, 2010; Plotto y otros, 2010).

B. Sólidos solubles

Se determinó con un refractrómetro de mano (calibrado con agua destilada). Colocamos una gota de pulpa de mango homogenizado en el lente del refractrómetro, se observó en un lugar visible la lectura y se reportó los resultados en °Brix (A.O.A.C., 19997).

C. pH

Se pesó 30 mL de pulpa de mango, y haciendo uso del pH-metro por el método indicado por AOAC (1995) se obtuvieron los resultados.

D. Consistencia

Se utilizó el consistómetro Bostwick, en el cual se observó la distancia de recorrido de las muestras (60 g) debido a su propio peso, luego de transcurrido 30 s a 40 °C (Ramírez, 2006).

E. Recuento de bacterias aerobias mesófilas

Se realizaron los análisis en la pulpa de mango sometida a diferentes tiempos de exposición con ultrasonido. Se obtuvo 1 mL de muestra de cada tratamiento y se diluyó en 9 mL de agua destilada estéril. El método utilizado fue la siembra por incorporación. Se tomó 1 mL de muestra diluida y se agregó 15 mL de agar nutritivo a las placas estériles. Se sembró la última dilución por duplicado y se incubaron las placas invertidas a 37 °C durante 24 h, para luego realizar los recuentos (Mandigan y otros, 2003).

F. Aceptabilidad general

La pulpa de mango se sometió a análisis sensorial para evaluar la aceptabilidad general. Se trabajó con 30 panelistas no entrenados, y representantes del público objetivo. Se sirvieron 5 g de pulpa en vasitos. La categoría de la escala hedónica, utilizada en la ficha de evaluación sensorial fueron de 7 puntos, donde 7: Me gusta mucho,

6: Me gusta moderadamente, 5: Me gusta levemente, 4: No me gusta ni me disgusta, 3: Me disgusta levemente, 2: Me disgusta moderadamente y 1: Me disgusta mucho. En la Figura 5 se muestra la hoja de calificación que se empleó para evaluar la aceptabilidad general de la pulpa de mango usando una escala hedónica estructura de 7 puntos (Moskowitz y otros, 2004).

Se trabajó con 30 panelistas no entrenados, y representantes del público objetivo. Se sirvieron 5 g. de pulpa en vasitos. Con la escala hedónica, utilizada en la ficha de evaluación sensorial fue de 7 puntos, donde 7: me gusta mucho, 6: me gusta moderadamente, 5: me gusta levemente, 4: no me gusta ni me disgusta, 3: me disgusta levemente poco, 2: me disgusta moderadamente y 1: me disgusta mucho (Moskowitz y otros, 2004).

En la Figura 5 se muestra la hoja de calificación que se empleó para evaluar la aceptabilidad general de la pulpa de mango usando una escala hedónica estructura de 7 puntos (Moskowitz y otros, 2004).

CARTILLA DE ACEPTABILIDAD GENERAL					
Nombre.....					fecha...../...../.....
Producto: Pulpa de mango (<i>Mangifera indica</i> L.)					
Introducción: Califique la muestra de la pulpa de mango, según su apreciación marcando con un (x) en el casillero correspondiente de acuerdo al nivel de agrado o desagrado.					
ESCALA	306	570	356	260	Control
Me gusta mucho	_____	_____	_____	_____	_____
Me gusta moderadamente	_____	_____	_____	_____	_____
Me gusta levemente	_____	_____	_____	_____	_____
No me gusta ni me disgusta	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta levemente	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta moderadamente	_____	_____	_____	_____	_____
Me disgusta mucho	_____	_____	_____	_____	_____
Comentario_____					

Fuente: Moskowitz y otros (2004)

Figura 5. Ficha de aceptabilidad general

3.3.4. Método estadístico

El método estadístico correspondió a un diseño completamente aleatorizado con arreglo unifactorial con 4 niveles y una repetición en cada nivel. Para el contenido de color, sólidos solubles, pH, consistencia y recuento de bacterias aerobias mesófilas, se empleó la prueba de Levene modificada para determinar la homogeneidad de varianzas, seguido a un análisis de varianza, y a continuación, al existir diferencia significativa ($p < 0.05$) se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan la cual comparó los resultados mediante la formación de subconjuntos y se determinó de esta manera el mejor tratamiento.

Para la aceptabilidad general se empleó las pruebas no paramétricas de Friedman y Wilcoxon (datos relacionados).

Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95%. Los datos se procesaron con el paquete estadístico SPSS versión 22 (Statistical Package for the Social Sciences) para las figuras se usó el software estadístico Minitab versión 16.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Color

En la Figura 6 se presenta los valores de luminosidad (L^*) en pulpa de mango con exposición a ultrasonido, se puede observar que los valores fluctuaron ligeramente entre 40.19 y 41.42; sin mostrar una tendencia definida. El mejor valor se aprecia en el tratamiento de 45 min de exposición con 41.42. (Ver Anexo 2).

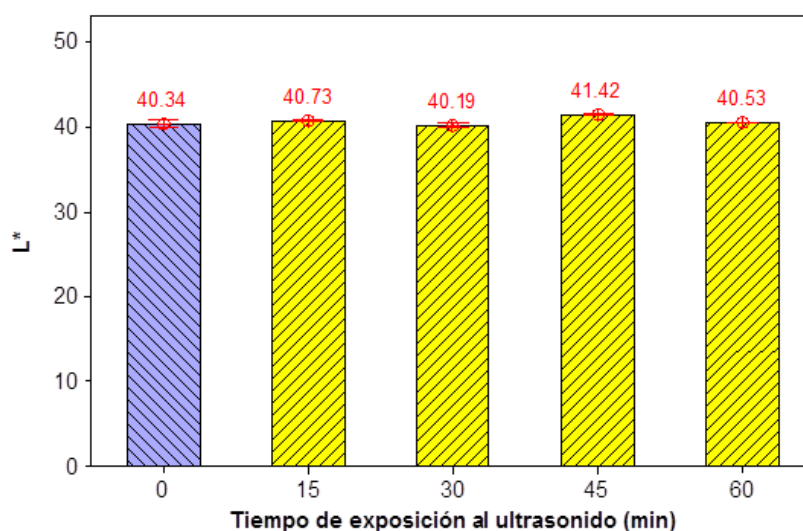


Figura 6. Valores de L^* en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz

En la Figura 7 se presenta los valores de a^* en pulpa de mango con exposición a ultrasonido, donde se puede observar valores positivos para los demás tratamientos con tiempo de exposición a partir de los 15 min, los cuales fluctuaron entre 0.37 a 0.53 sin mostrar una tendencia definida. El mejor valor se aprecia en el tratamiento de 45 min de exposición con 0.53 (Ver Anexo 2).

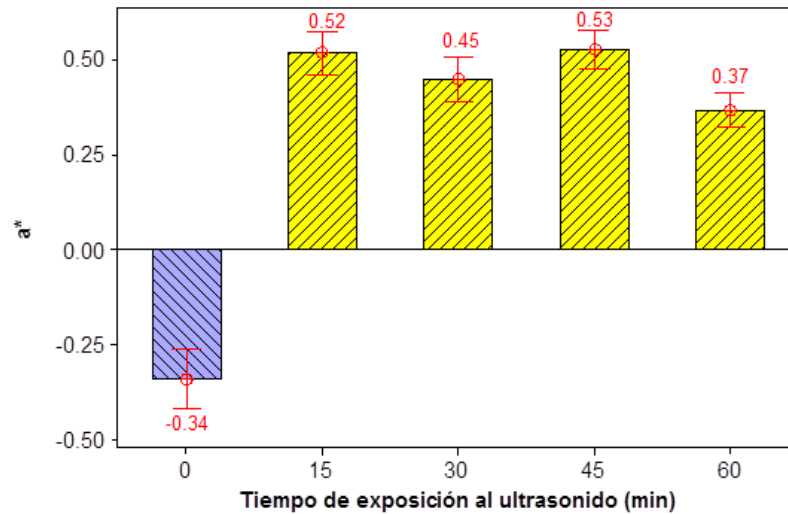


Figura 7. Valores de a^* en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz

En la Figura 8 se presenta los valores de b^* en pulpa de mango con exposición a ultrasonido, se puede observar que los valores fluctuaron entre 10.40 y 14.17; sin mostrar una tendencia definida. El mayor valor se aprecia en el tratamiento de 45 min de exposición con 14.17. (Ver Anexo 2).

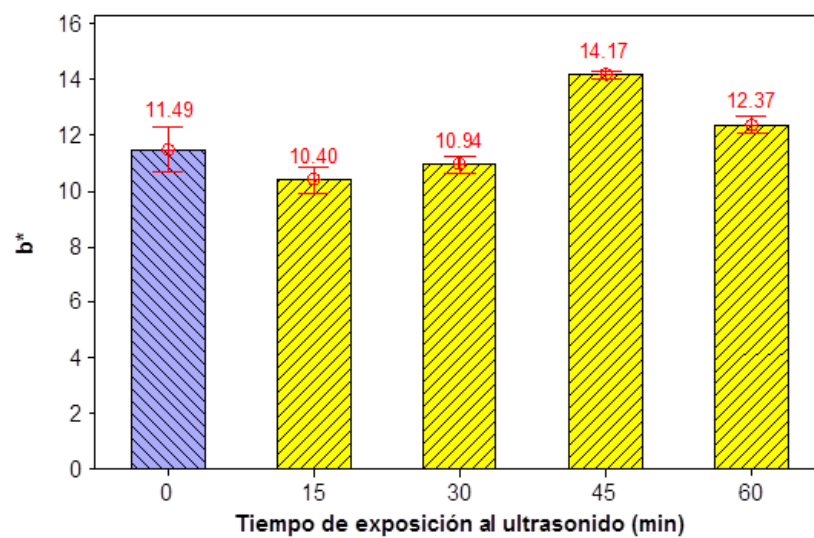


Figura 8. Valores de b^* en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz

El color que exhiben las frutas se atribuye a la presencia de pigmentos como carotenoides, antocianinas y clorofilas, entre otros, los cuales les confieren las tonalidades amarillas, anaranjadas, rojizas, violetas o verdes características (González, 2010).

El eje L^* indica la claridad y brillo en una escala de cero (negro) a cien (blanco). El eje a^* mide el espectro de luz visible comprendido del color verde al rojo, mientras que el eje b^* mide el espectro de luz visible comprendido del azul al amarillo (Hunter $L^* a^* b^*$ Application notes, 2009).

Pocos estudios han abordado el efecto de la aplicación de ultrasonido en el color de los alimentos. Los resultados obtenidos por varios investigadores no proporcionaron ninguna tendencia específica (Rodríguez y Narciso, 2012).

Gómez-López y otros (2010) evaluaron el efecto de tratamientos de ultrasonido a frecuencia de 20 kHz y tres amplitudes de onda por 2, 4, 6, 8 y 10 min en jugo de naranja con calcio añadido. Ellos reportaron ligeros cambios en el color de jugo naranja, los jugos se volvieron un poco más claros, más verde y más amarillo.

Comportamiento similar presento nuestra investigación en el cual a un tiempo de 45 min se mostró características de mayor valor de L^* a b^* , lo que indica una pulpa de una fruta madura que presenta mayor claridad con respecto a las demás.

En el Cuadro 2 se presenta la prueba de Levene modificada para los valores L^* , a^* y b^* en pulpa de mango, con exposición al ultrasonido a 40 KHz, donde existió homogeneidad de varianza ($p > 0.05$), lo cual valida la aplicación del análisis de varianza.

Cuadro 2. Prueba de Levene modificada para los valores L*, a* y b* en pulpa de mango

Variable	Estadístico de Levene	p
L*	1.390	0.286
a*	0.910	0.482
b*	2.960	0.055

En el Cuadro 3 se presenta el análisis de varianza para los valores L*, a* y b* en pulpa de mango. El análisis muestra que la variable independiente: tiempo de aplicación del ultrasonido, tuvo un efecto significativo a un nivel de confianza del 95% sobre las características del color.

Cuadro 3. Análisis de varianza de los valores L*, a* y b* en pulpa de mango

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
L*	Tiempo	3.690	4	0.922	3.411	0.036
	Error	4.056	15	0.270		
	Total	7.746	19			
a*	Tiempo	2.148	4	0.537	39.665	0.000
	Error	0.203	15	0.014		
	Total	2.351	19			
b*	Tiempo	34.779	4	8.695	10.042	0.000
	Error	12.987	15	0.866		
	Total	47.766	19			

Zou y Jiang (2016) evaluaron el efecto del tratamiento de ultrasonido a 40 kHz en jugo de zanahoria (0, 20, 40 y 60 minutos). El color fue significativamente influenciado ($p < 0.05$) por el ultrasonido.

En el Cuadro 4, 5 y 6 se muestran los resultados de la Prueba de Duncan aplicada a los valores L^* , a^* y b^* en pulpa de mango, donde se puede indicar que existió diferencia significativa entre los tratamientos, denotados por la formación de subconjuntos.

El Cuadro 4 se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de L^* en la pulpa de mango, con tiempos de exposición al ultrasonido a 40kHz, donde, en el subconjunto 2 se encuentra los tratamientos 15 y 45 min de exposición con 40.73 y 41.42, respectivamente pudiendo considerarse como los mejores por ser los más elevados.

Cuadro 4. Prueba de Duncan para el color L^* en pulpa de mango

Tiempo de exposición al ultrasonido (min)	Subconjunto	
	1	2
30	40.19	
0	40.34	
60	40.53	
15	40.73	40.73
45		41.42

El Cuadro 5 se observa que los tratamientos con tiempos: 15, 30, 45 y 60 min pertenecen a un mismo subconjunto, lo que indica que no existió diferencia significativa entre ellos. El menor valor a^*

corresponde al tratamiento de 45 min de exposición a ultrasonido con un valor de 0.53.

Cuadro 5. Prueba de Duncan para el color a^* en pulpa de mango

Tiempo de exposición al ultrasonido (min)	Subconjunto	
	1	2
0	-0.34	
60		0.37
30		0.45
15		0.52
45		0.53

El Cuadro 6 se observa la prueba de Duncan aplicada a los valores de a^* en la pulpa de mango, con tiempo de exposición al ultrasonido a 40 kHz, donde, en el subconjunto 3 se encuentran el tratamiento de 45 min de exposición con 14.17 respectivamente pudiendo considerar como el mejor por ser el más elevado.

Cuadro 6. Prueba de Duncan para el color b^* en pulpa de mango

Tiempo de exposición al ultrasonido (min)	Subconjunto		
	1	2	3
15	10.40		
30	10.94	10.94	
0	11.49	11.49	
60		12.37	
45			14.17

4.2 Sólidos solubles

En la Figura 9 se presenta el contenido de sólidos solubles en pulpa de mango con exposición al ultrasonido, donde se puede observar que los valores fluctuaron entre 17.51 y 18.50. Se mostró una disminución de los sólidos solubles hasta los 30 min, y posteriormente un aumento de los valores. El mayor valor se aprecia en el tratamiento de 60 min de exposición con 18.50 (Ver Anexo 2).

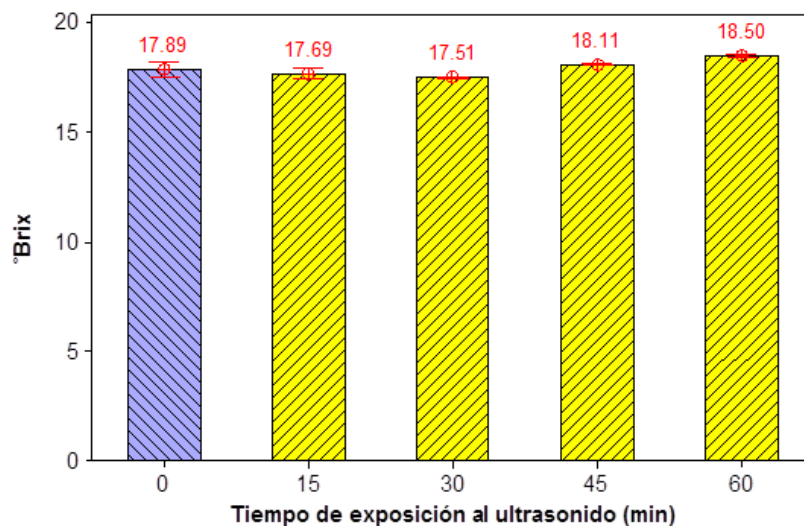


Figura 9. Valores de sólidos solubles en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz

Rodríguez y otros (2015) determinaron el efecto del tiempo de exposición al ultrasonido a 40 kHz (15, 30, 45 y 60 min) sobre el contenido de sólidos solubles en pulpa de chirimoya. La tendencia fue a aumentar conforme aumentó el tiempo de exposición al ultrasonido.

Rosero y Sarmiento (2006) determinaron el efecto del tiempo de exposición al ultrasonido (0, 15, 30, 45 y 60 min) sobre el contenido de sólidos solubles en la pulpa de mango. Los valores aumentaron con el incremento del tiempo de exposición.

El ultrasonido puede ser aplicado con el fin de interrumpir las partículas de pulpa y para afectar la distribución del tamaño de partícula. Un tamaño de partícula más pequeño resulta en menor velocidad de sedimentación que conduce a una reducción de la sedimentación y mejora la estabilidad de almacenamiento. Además esta desintegración de las partículas puede llevar a un aumento de la liberación de componentes de sabor, pigmentos de color y componentes celulares tales como compuestos de azúcar o de aroma volátil en el jugo. El resultado es una mejora en la intensidad del color, la dulzura y la impresión de aroma (Hielscher, 2016).

El incremento en el contenido de sólidos solubles puede ser debido a la micro-evaporación del agua, la cual es generada en el sistema por efecto de la cavitación. La cavitación producida por las ondas de ultrasonido, causan una disociación de las moléculas de agua en iones hidrógeno (H^+) y grupos hidróxilo (OH^-) (Porrás y otros, 2011).

En el Cuadro 7 se presenta la prueba de Levene modificada aplicada al contenido de sólidos solubles en pulpa de mango, donde se puede observar que existió homogeneidad de varianza ($p > 0.05$), lo cual valida la aplicación del análisis de varianza.

Cuadro 7. Prueba de Levene modificada para el contenido de sólidos solubles en pulpa de mango

Variable	Estadístico de Levene	P
Sólidos solubles	1.820	0.177

En el Cuadro 8 se presenta el análisis de varianza para el contenido de sólidos solubles en pulpa de mango. El análisis muestra que la variable independiente: tiempo de aplicación del ultrasonido, tuvo un

efecto significativo a un nivel de confianza del 95% sobre el contenido de sólidos solubles.

Cuadro 8. Análisis de varianza para contenido de sólidos solubles en pulpa de mango

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P
°Brix	Tiempo	2.370	4	0.593	4.258	0.017
	Error	2.088	15	0.139		
	Total	4.458	19			

Zou y Jiang (2016) evaluaron el efecto del tratamiento de ultrasonido en jugo de zanahoria (0, 20, 40 y 60 minutos). Los resultados mostraron que el tratamiento ultrasonido causó cambios significativos ($p < 0.05$) en los sólidos solubles totales y azúcares totales entre muestras no tratadas y muestras tratadas.

En el Cuadro 9 se muestran los resultados de la Prueba de Duncan aplicada al contenido de sólidos solubles en pulpa de mango, con tiempos de exposición al ultrasonido a 40 kHz, donde, en el subconjunto 1, lo que indica que no existió diferencia significativa entre ellos. El mayor contenido de sólidos solubles corresponde al tratamiento de 45 min de exposición a ultrasonido con un valor de 18.11.

Cuadro 9. Prueba de Duncan para los sólidos solubles en pulpa de mango

Tiempo de exposición al ultrasonido (min)	Subconjunto	
	1	2
30	17.51	
15	17.69	
0	17.89	
45	18.11	18.11
60		18.50

4.3 pH

En la Figura 10, se presenta los valores de pH en pulpa de mango con exposición al ultrasonido. Donde se observan que los valores fluctuaron ligeramente entre 4.34 a 4.49, sin mostrar una tendencia definida. El mayor valor se aprecia en el tratamiento de 30 min de exposición con 4.49 (Ver Anexo 2).

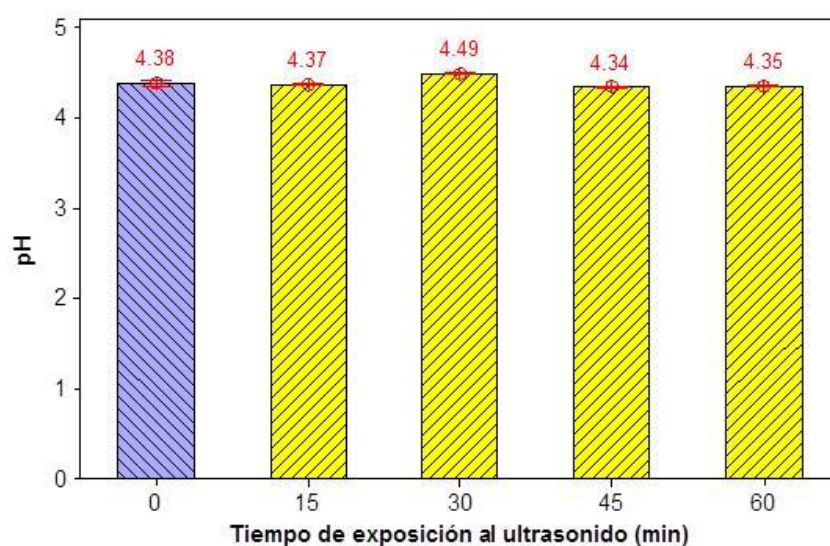


Figura 10. Valores de pH en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz

Zou y Jiang (2016) evaluaron el efecto del tratamiento de ultrasonido en jugo de zanahoria (0, 20, 40 y 60 minutos). Los resultados mostraron una ligera disminución del pH en los 20 minutos, para posteriormente ir aumentando en los minutos siguientes.

Rodríguez y otros (2015) determinaron el efecto del tiempo de exposición al ultrasonido (15, 30, 45 y 60 min) a 40 kHz sobre el pH en pulpa de chirimoya. Los resultados mostraron que el pH aumento con el tiempo de 15 y 30 min de exposición al ultrasonido, pero disminuyó a 45 y 60 min. Estos resultados fueron similares a los presentados en nuestra investigación, presentando el mismo comportamiento.

La sonólisis produce disociación de la molécula de agua en grupos OH^- y H^+ , liberando iones hidrogeniones al medio lo cual hace que disminuya el pH, evidenciando los efectos del ultrasonido en soluciones químicas acuosas con la posterior formación de radicales hidroxilo y átomos de hidrógeno. Este hecho podría tener estrecha relación con los resultados obtenidos en la pulpa de mango, al comprobarse la liberación de iones hidrogeniones al medio (Kharizov y Ortiz, 2005).

El pH, además de ser una medida de intensidad del sabor ácido de un producto, es muy importante en el control del desarrollo de poblaciones de microorganismos y en la actividad de sistemas enzimáticos (Medina y Pagano 2003).

En el Cuadro 10 se presenta la prueba de Levene modificada aplicada para los valores de pH en pulpa de mango, donde se puede observar que existió homogeneidad de varianza ($p > 0.05$), lo cual valida la aplicación del análisis de varianza.

Cuadro 10. Prueba de Levene modificada para los valores de pH en pulpa de mango

Variable	Estadístico de Levene	P
pH	1.480	0.257

En el Cuadro 11 se presenta el análisis de varianza para los valores de pH en pulpa de mango. El análisis muestra que la variable independiente: tiempo de aplicación del ultrasonido, tuvo un efecto significativo a un nivel de confianza del 95% sobre el pH.

Cuadro 11. Análisis de varianza para los valores de pH en pulpa de mango

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
pH	Tiempo	0.060	4	0.015	11.598	0.000
	Error	0.019	15	0.001		
	Total	0.079	19			

Rodríguez y otros (2015) evaluaron el efecto del tratamiento de ultrasonido en pulpa de chirimoya (0, 15, 30, 45 y 60 minutos). El análisis de varianza demostró efecto significativo ($p < 0.05$) del tiempo de exposición al ultrasonido sobre el pH de la pulpa de chirimoya.

En el Cuadro 12 se muestran los resultados de la Prueba de Duncan aplicada a los valores de pH en pulpa de mango, donde se puede indicar que existió diferencia significativa entre los tratamientos, denotados por la formación de subconjunto 1. El menor valor corresponde al tratamiento de 45 min de exposición a ultrasonido con un valor de 4.34.

Cuadro 12. Prueba de Duncan para los valores de pH en pulpa de mango

Tiempo de exposición al ultrasonido (min)	Subconjunto	
	1	2
45	4.34	
60	4.35	
15	4.37	
0	4.38	
30		4.49

4.4 Consistencia

En la Figura 11, se presenta los valores de consistencia en pulpa de mango con exposición al ultrasonido. Donde se observa que al aumentar el tiempo de exposición aumentó la consistencia ya que el recorrido fue disminuyendo durante los 30 segundos de evaluación. (Ver Anexo 2).

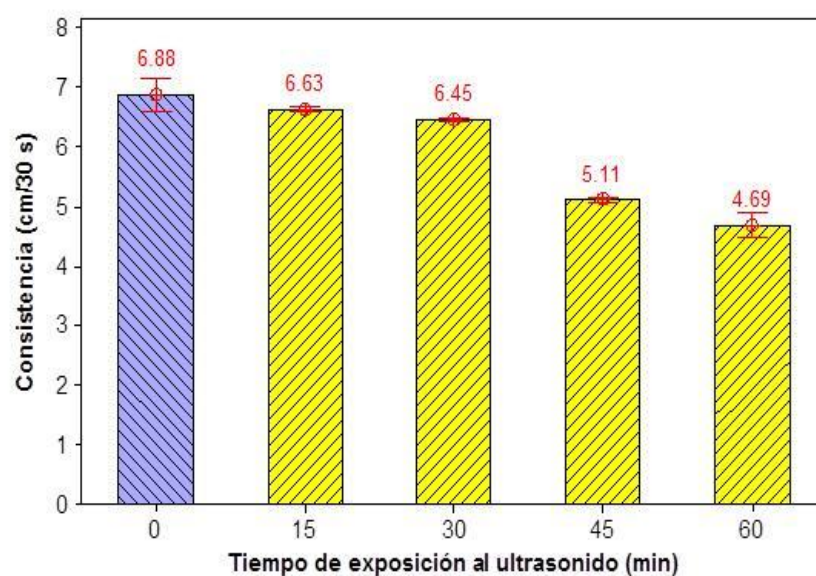


Figura 11. Valores de consistencia en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz

Las técnicas de ultrasonido no han tenido mayor aplicación en el campo de las pulpas de frutas, por lo que se quiere mostrar con la pulpa de mango cómo esta tecnología varía las propiedades reológicas (cohesión, viscosidad) pudiendo obtener un mejor producto y de mayor calidad (Rosero y Sarmiento, 2006).

Rosero y Sarmiento (2006) determinaron el efecto del tiempo de exposición al ultrasonido (0, 15, 30, 45 y 60 min) sobre la viscosidad en pulpa de mango. Los resultados mostraron que los tratamientos con ultrasonido tienen efecto sobre la viscosidad de las partículas de la pulpa de mango, aumentándola a medida que pasa el tiempo de tratamiento. Esto es debido al efecto de la cavitación de las burbujas de agua y a la absorción de energía libre.

Cuando un fluido es sometido a tratamientos de ultrasonido se generan cambios estructurales que varían directamente la viscosidad, aumentándola para fluidos independientes del tiempo y disminuyéndolas para los dependientes del tiempo, ya que al tratarse con ultrasonido se reduce el contenido de moléculas de agua (Knorr y otros, 2004).

Zou y Jiang (2016) evaluaron el efecto del tratamiento de ultrasonido en jugo de zanahoria (0, 20, 40 y 60 minutos). Los estudios mostraron que la viscosidad del jugo aumentó en función del tiempo de exposición al ultrasonido. Este fenómeno puede atribuirse a que el tratamiento de ultrasonido causa más moléculas, en particular compuestos de azúcares, que impregna las membranas celulares e incrementa la concentración en el sistema coloidal. La viscosidad se correlaciona con la concentración de azúcar y por lo tanto la liberación de compuestos de azúcar hace el jugo más viscoso.

La reología de las pulpas y jugos tiene una gran importancia en la industria del procesamiento de frutas, incluyendo aplicaciones tecnológicas, sensoriales y de ingeniería, como por ejemplo, proyectos de bombas, tubería, intercambiadores de calor y tanques de mezclado (Torralles y otros, 2006).

En el Cuadro 13 se presenta la prueba de Levene modificada aplicada para los valores de consistencia en pulpa de mango, donde se puede observar que existió homogeneidad de varianza ($p > 0.05$), lo cual valida la aplicación del análisis de varianza.

Cuadro 13. Prueba de Levene modificada para los valores de consistencia en pulpa de mango

Variable	Estadístico de Levene	ρ
Consistencia (cm/30 s)	2.94	0.056

En el Cuadro 14 se presenta el análisis de varianza para los valores de consistencia en pulpa de mango. El análisis muestra que la variable independiente: tiempo de aplicación del ultrasonido, tuvo un efecto significativo a un nivel de confianza del 95% sobre la consistencia.

Cuadro 14. Análisis de varianza para los valores de consistencia en pulpa de mango

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	ρ
Consistencia (cm/30 s)	Tiempo	15.460	4	3.865	38.574	0.000
	Error	1.503	15	0.100		
	Total	16.963	19			

En el Cuadro 15 se muestran los resultados de la Prueba de Duncan aplicada a los valores de consistencia en pulpa de mango, con tiempos de exposición al ultrasonido a 40kHz, donde, en el subconjunto 1, se puede indicar que existió diferencia significativa entre los tratamientos. El mayor valor corresponde al tratamiento de 45 min de exposición a ultrasonido con un valor de 5.11 cm/30s.

Cuadro 15. Prueba de Duncan para consistencia en pulpa de mango

Tiempo de exposición al ultrasonido (min)	Subconjunto	
	1	2
60	4.69	
45	5.11	
30		6.45
15		6.63
0		6.88

4.5 Recuento de bacterias aerobias mesófilas

En la Figura 12, se presenta los valores del recuento de bacterias aerobias mesófilas en pulpa de mango con exposición al ultrasonido. Donde se observa una mayor inactivación de microorganismos con el aumento de tiempo de exposición (Ver Anexo 2).

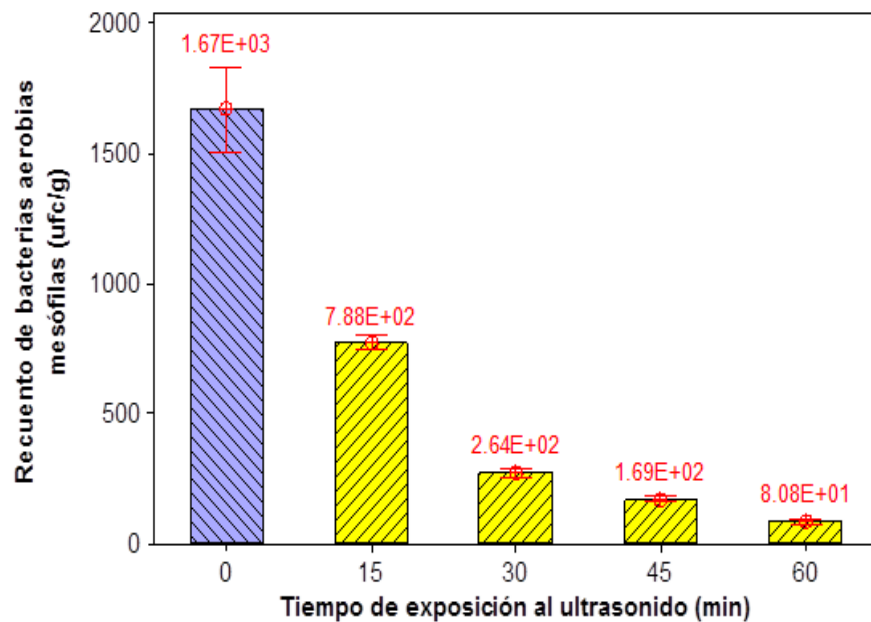


Figura 12. Recuento de bacterias aeróbicas mesófilas en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz

Rodríguez y otros (2015) evaluaron el efecto del tratamiento de ultrasonido en pulpa de chirimoya (0, 15, 30, 45 y 60 minutos). Ellos determinaron una disminución del recuento de mesófilos aerobios durante el tiempo de exposición al ultrasonido, siendo a los 45 min de exposición todos los microorganismos eliminados.

Porras y otros (2011) evaluaron el efecto de la frecuencia (25 kHz y 40 kHz) y el tiempo de exposición de las ondas de ultrasonido sobre las características microbiológicas (mesófilos aerobios) en pulpa de mango. Los resultados mostraron una disminución de la carga de microorganismos mesófilos aerobios al aumentar el tiempo de exposición. Existe una inactivación muy rápida que ocurre durante los primeros 15 min de tratamiento, seguida por una inflexión que termina en una velocidad de reducción muy lenta con lo cual se podría contemplar la posibilidad que existe una población de microorganismos resistentes y otra población lábil al tratamiento con

ultrasonido. El mismo comportamiento y/o tendencia tuvo nuestra investigación.

Los mecanismos de inactivación microbiana del ultrasonido es simplemente por los fenómenos de cavitación que causan cambios en la presión. La extremadamente rápida creación y colapso de burbujas formadas por las ondas ultrasónicas crea el efecto antimicrobiano. Durante el proceso de cavitación, cambios en la presión y temperatura causan la ruptura de las paredes celulares, la interrupción y adelgazamiento de las membranas celulares, y el daño al ADN a través de la producción de radicales libres (Sahin y Soysal, 2013) También, se ha demostrado que la tasa de mortalidad es altamente dependiente de la frecuencia de ultrasonido, amplitud de la onda y el volumen de suspensión bacteriana (Rodríguez y otros, 2015).

En el Cuadro 16 se presenta la prueba de Levene modificada aplicada al recuento de bacterias aerobias mesófilas en pulpa de mango, donde se puede observar que existió homogeneidad de varianza ($p > 0.05$), lo cual valida la aplicación del análisis de varianza.

Cuadro 16. Prueba de Levene modificada para el recuento de bacterias aerobias mesófilas en pulpa de mango

Variable	Estadístico de Levene	p
Log ₁₀ (Bacterias aerobias mesófilas)	0.83	0.529

En el Cuadro 17 se presenta el análisis de varianza aplicada al recuento de bacterias aerobias mesófilas en pulpa de mango. El análisis muestra que la variable independiente: tiempo de aplicación del ultrasonido, tuvo un efecto significativo a un nivel de confianza del 95% sobre el recuento microbiano

Cuadro 17. Análisis de varianza para el recuento de bacterias aerobias mesófilas en pulpa de mango

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Recuento de bacterias aerobias mesófilas	Tiempo	4.382	4	1.096	234.649	0.00
	Error	0.070	15	0.005		
	Total	4.453	19			

Zou y Jiang (2016) evaluaron el efecto del tratamiento de ultrasonido en jugo de zanahoria (0, 20, 40 y 60 minutos). Los resultados mostraron que el tratamiento ultrasonido causó reducciones significativas ($p < 0.05$) en el recuento total de placa de todas las muestras sometidas a ultrasonidos a 20, 40 y 60 min en comparación con la no tratada.

En el Cuadro 18 se muestran los resultados de la Prueba de Duncan aplicada al recuento de bacterias aerobias mesófilas en pulpa de mango, donde se puede indicar que existió diferencia significativa entre todos los tratamientos, denotados por la formación de diferentes subconjuntos. El menor valor corresponde al tratamiento a 45 min con $1.69E+01$.

Cuadro 18. Prueba de Duncan para el recuento de bacterias aeróbicas mesófilas en pulpa de mango

Tiempo de exposición al ultrasonido (min)	Subconjunto				
	1	2	3	4	5
60	8.08E+01				
45	1.69E+02				
30	2.67E+02				
15	7.68E+02				
0	1.67E+03				

4.6 Aceptabilidad general

En la Figura 13, se presenta las calificaciones de aceptabilidad general en pulpa de mango con exposición al ultrasonido. Donde se observa que al aumentar el tiempo de exposición, disminuye el rango promedio de aceptabilidad general. Los resultados experimentales se encuentran en el Anexo 3.

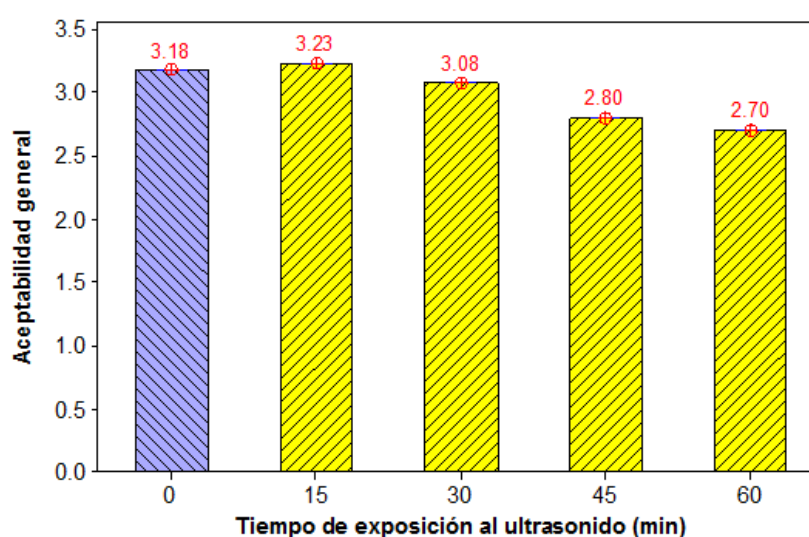


Figura 13 Aceptabilidad general en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos y son, por tanto, la apariencia, el olor, el aroma, el gusto y las propiedades de textura. Teniendo en cuenta que la apariencia representa todos los atributos visibles de un alimento, se puede afirmar que constituye un elemento fundamental en la selección del alimento (González, 2010).

En el Cuadro 19 se muestran los resultados de la prueba Friedman aplicado a los resultados de aceptabilidad general, donde no existió evidencia suficiente para determinar diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los tratamientos.

Cuadro 19. Prueba de Friedman para aceptabilidad general en pulpa de mango

Tiempo de exposición al ultrasonido (min)	Rango promedio	Moda
0	3.18	6
15	3.23	6
30	3.08	6
45	2.80	5
60	2.70	4
Chi-cuadrado		3.361
p		0.499

CONCLUSIONES

Existió efecto significativo de los tiempos de exposición al ultrasonido a la frecuencia de 40 kHz sobre el color, contenido de sólidos solubles, pH, consistencia y recuento de bacterias aerobias mesófilas.

Se determinó que el tiempo de exposición al ultrasonido con frecuencia a 40 kHz hasta 45 min permitió obtener el mejor color (L^* , a^* y b^*), sólidos solubles (18.11%), pH (3.34), consistencia (5.11cm/30s) y recuento de aerobias mesófilas (1.69 ufc/g) en la pulpa de mango variedad Edward.

RECOMENDACIONES

Evaluar el efecto del tiempo de exposición en combinación con temperaturas de pasteurizado en pulpa de frutas.

Evaluar la pulpa expuesta a ultrasonido y su comportamiento durante el almacenamiento.

Evaluar el efecto de ultrasonido con diferentes tiempos de exposición y diferente frecuencia.

Realizar un estudio de optimización de variables usando como indicadores los valores de pH, sólidos solubles, color y aceptabilidad general.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdullah, N. y Ling, N. (2014). *Application of thermosonication treatment in processing and production of high quality and safe to drink fruit juices. Agriculture and Agricultural Science Procedia* Vol. II. Universiti Putra Malaysia. Selangor. Malaysia.
- AGRODATAPERU. (2015). *Pulpas y pastas de fruta, palta, chirimoya, mango. Perú*. Disponible en:
<http://www.agrodataperu.com/category/pulpas-de-fruta-exportacion>.
Fecha de acceso: 18 de octubre de 2015.
- Anzaldúa-Morales, A. 2005. *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Editorial Acribia. 2da Edición. Zaragoza. España.
- AOAC. (1995). *Official Methods of Analysis of the Association of the Official Agricultural Chemists*. 16ava. Edition. USA.
- Awad, S.; Moharram, H.; Shaltout, E.; Asker D. y Youssef, M. (2012). *Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review*. Food Research International. 40:410 – 427.
- Chemat, F. y Zill-e-Huma Muhammed, K. (2011). *Applications of ultrasound in food technology. Processing, preservation and extraction*. Ultrasonic Sonochemistry, 18:813-835.
- Chien P.; Sheu F. y Yang F. (2007). *Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced fruit*. Journal of Food Engineering, 78:225-229.

- Earle, M.D. (2007). *Innovation in the food industry. Trends En: Food Science y Technology*, 8: 166-175.
- Galán, V. (2009). *El cultivo del mango*. Grupo Mundi Prensa. Madrid, España.
- Gómez, J. y López, A. (2009). *Aplicaciones del ultrasonido en el tratamiento de alimentos. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. Universidad de las Américas Puebla. Puebla, México.
- Gómez-López V.; Orsolani, L.; Martínez – Yépez, A. y Tapia, M. (2010). *Microbiological and sensory quality of sonicated calcium-added orange juice. LWT – Food Science and technology*, 43: 808–813.
- González, G. (2005). *Aplicación de Ultrasonidos para la estabilización de sistemas alimentarios*. En: II Congreso de Desarrollo Agroindustrial. Instituto Universitario de la Paz UNIPAZ. Barrancabermeja.
- González, I. (2010). *Caracterización química del color de diferentes variedades de guayaba (Psidium guajava L.) colombiana*. Universidad Nacional de Colombia.
- Grandez, G. (2008). *Evaluación sensorial y fisicoquímica de néctares mixtos de frutas a diferentes proporciones*. Universidad de Piura. Repositorio Institucional PIRHUA. Piura, Perú.
- Heilscher. (2016). *Power ultrasound for the improvement of juices and smoothies*. Disponible en:
<https://www.hielscher.com/power-ultrasound-for-the-improvement-of-juices-smoothies.htm>

- Herrero, A. y Romero de Ávila M. (2006). *Innovaciones en el procesado de alimentos: Tecnologías no térmicas*. Rev. Med. Univ. Navarra, 50(4): 71-74.
- Hunter Associates Laboratory, Inc. (2008). *Application notes Hunter L,a,b color scale (en línea)*. Reston, Virginia. Disponible en: http://www.hunterlab.com/appnotes/an08_96a.pdf
- INDECOPI. (2002). *NORMA TECNICA PERUANA NTP 011.010. Mango fresco*. 2ª Edición. Requisitos.
- Knorr, D.; Zenker, M.; Heinz, V. y Lee, D. (2004). *Applications and potential of ultrasonic in Food Processing*. Trends in Food Science & Technology, 15: 261 – 266.
- Llull, P.; Simal, S.; Benedito, J. y Rosello, C. (2002). *Evaluation of textural properties of a meat-based product (sobrassada) using ultrasonic techniques*. J Food Eng., 53: 279-285.
- López, A.; Figueroa, J.; Mendoza, A.; Martínez, H.; Ramírez, B.; Morales, E. y García, I. (2006). *The Ultrasound Technique for Predicting Wheat Quality on Single Kernels*. En: Revista Fitotecnia Mexicana, 29:163-169.
- Luna, M.; Luna, J.; Ruiz, H.; Leiva, L. y Díaz, C. (2015). *Eficiencia de la desinfección con aceites esenciales y ultrasonido sobre Escherichia coli inoculada en frutos de tomate y el impacto sobre la actividad antioxidante*. Revista Argentina de Microbiología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- Mandigan, M.; Martinko, J. y Parker, J. (2003). Brock. *Biología de los microorganismos*. 10º Edición. Pearson Educación.

- Manayay, D.; Ibarz, A.; Castillo, W. y Palacios, L. (2013). *Cinética de la diferencia de color y croma en el proceso térmico de pulpa de mango (Mangifera indica L.) variedad Haden*. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote. Ancash, Perú.
- Mason, T. (1998). *Power ultrasound in food processing*. The way forward. Pp.17-29 In: *Ultrasound in Food Processing*.
- Medina, M. y Pagano, F. (2003). *Caracterización de la pulpa de la "guayaba" (Psidium guajava L.) tipo "Criolla Roja"*. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 20:72–86.
- McClements, D. (1995). *Advances in the application of ultrasound food analysis and processing*. Trends Food Sci. Technol, 6: 293–299.
- Moskowitz, H.; Muñoz, A. y Gacula, M. (2004). *Viewpoints and Controversies in Sensory Science and Consumer Product Testing*. Wiley-Blackwell. New York
- Mulet, A.; Benito, J.; Bon, J. y Sanjuán, N. (1999). *Low intensity ultrasonics in food technology*. Food Science and Technology International, 5:285-297.
- Namuche, P. (2006). *Manual de maduración para mango congelado*. Chiquita Brand Int. Processed Fruit Ingredients. Perú.
- Orozco, L.; Prieto, E. y Díaz, L. (2012). *Efecto de la adición de cebolla, ajo y la aplicación de ultrasonido de alta intensidad sobre la actividad de la polifenoloxidasas en guacamole*. Vitae. 19(1):132–134.
- Parada, J.; Romero, C. y Yépez, B. (2012). *Aplicación de ultrasonido en el procesamiento de mora de Castilla (Rubus glaucus Benth): Efecto*

sobre la calidad funcional y evaluación como pretratamiento al secado convectivo: Revista: Alimentos hoy, 20(27): 15-38. Colombia.

Porras, O.; González, G.; Castellanos, A.; Ballesteros, J. y Pacheco, M. (2011). *Efecto de la aplicación de ondas de ultrasonido sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de pulpa de mango (Mangifera indica L.) variedad común*. Revista: Alimentos hoy, 20 (23): 53-78. Colombia.

Ramírez, M. (2006). Elaboración de un postre lácteo con incorporación de gomas de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz) y tara (*Caesalpinia spinosa*). Santiago de Chile, Chile.

Robles, E. y Ochoa, L. (2012). *Ultrasonido y sus aplicaciones en el procesamiento de alimentos*. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 13(2): 109-122.

Rodrigues, S. y Narciso, F., (2012). *Advances in fruit processing technologies*. Editorial CRC Press.

Rodríguez, F.; Pérez, F.; Obregón, M.; Barraza, G.; Vega, M. y Ferradas, A. (2015). *Efecto del tiempo de exposición al ultrasonido sobre las características fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas en la pulpa de chirimoya Annona cherimola Mill (Annonaceae)*. Arnaldoa Vol. 22, núm 2, pp: 367 – 380.

Rosero, C. y Sarmiento, M. (2006). *Determinación del efecto de tratamiento de ultrasonido sobre la estabilidad reológica de la pulpa de mango (Mangifera indica L.) y estudio de factibilidad para su exportación a la comunidad europea*. Programa de ingeniería de producción agroindustrial y de ingeniería. Facultad de Ingeniería Industrial. Universidad De La Sabana. Bogotá. Colombia.

- Sahin, S. y Soysal, C. (2013). *Use of ultrasound in food preservation. Natural Science*, 5(8A2): 5–13.
- Steffens, C.; Silva, I.; Emanuelli, T. y Damiel, A. (2006). *Oat bran as a fat substitute in beef burgers*. Universidad Federal de Santa María. Rio Grande do Sul. Brasil.
- Taipina, M.; Cohen, V.; Del Mastro, N.; Rodas, M. y Della Torre, J. (2004). *Aceitabilidade sensorial de suco de manga adicionado de polpa de banana (Musa sp) verde*. Rev. Inst. Adolfo Lutz, 63(1): 49-55.
- Ulloa J.; Rosas P.; Ramírez, J. y Ulloa B. (2013). *Ultrasonido: aplicaciones en el campo de los alimentos*. Revista: Nueva Época. Nayarit. México.
- Vallejo, J. (2011). *Estudio tecnológico para la elaboración de vino de carambola (Averrhoa carambola)*. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.
- Zou, Y. y Jiang, A. (2015). *Effect of ultrasound treatment on quality and microbial load of carrot juice*. Food Science and Technology. ISSN 0101-20

ANEXOS

**Anexo 1. Norma Técnica Peruana 011.010. Mango. Mango fresco.
Requisitos.**

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 011.010
2002**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

MANGO. Mango fresco. Requisitos

MANGOES. Fresh mangoes. Requirements

2002-06-20
2ª Edición

R.0060-2002/INDECOPI-CRT. Publicada el 2002-07-11

I.C.S.: 67.080

Descriptores: mango, requisitos, frutas

Precio basado en 10 páginas

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	2
4. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CALIDAD	2
5. DISPOSICIONES SOBRE LA CLASIFICACIÓN POR CALIBRES	5
6. DISPOSICIONES SOBRE TOLERANCIAS	6
7. DISPOSICIONES SOBRE LA PRESENTACIÓN	6
8. MARCADO O ETIQUETADO	7
9. CONTAMINANTES	9
10. HIGIENE	9
11. MUESTREO	10
12. ANTECEDENTES	10

PREFACIO

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Productos Agroindustriales - Subcomité de Mango, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de febrero a octubre del 2001, utilizó como antecedente a los mencionados en el capítulo correspondiente.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Productos Agroindustriales - Subcomité de Mango presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - CRT-, con fecha 2001-12-06, el PNTP 011.010:2001, para su revisión y aprobación; siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2002-01-14. Habiéndose presentado observaciones las cuales fueron revisadas por el Comité Técnico de Normalización en coordinación con la Comisión, fue oficializado como Norma Técnica Peruana **NTP 011.010:2002 MANGO. Mango fresco. Requisitos**, 2ª Edición, el 11 de junio del 2002.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana NTP 011.010:2002, reemplaza a la NTP 011.010:1975 Frutas. Mangos. La presente Norma Técnica Peruana ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	PROMPEX
Presidente	Carlos Pereyra
Vicepresidente	Sofía Wong
Secretaria	Alejandra Díaz
ENTIDAD	REPRESENTANTE
AGROMAR INDUSTRIAL S.A.	Carlos San Martín
AGROWEST S.A.	Rolando Castillo
APEM	Eduardo Espinoza

CERPER S. A	Eduardo Avalos
CHESNUT HILL FARMS	Martín Berendson
EMAGRESI S.A.	Carlos Pereyra
GESTIÓN SEIS S.A.	Fernando Sandoval
INASSA – PAITA	Esduar Zegarra
PROEX S.A.C	Jesús Sánchez Tania Ruíz
PROMPEX	Fausto Robles Mónica Dávila
SENASA	Marco Polo Zapata Freddy Saavedra
SGS DEL PERÚ S.A.C.	Victor Vidal
SOCIEDAD AGRÍCOLA SATURNO S.A.	Julio Kianman
SUNSHINE EXPORT S.A.C	Sofía Wong
UNIVERSIDAD DE PIURA	Fabiola Ubillús
CONSULTOR	Javier Ramos

---oooOooo---

MANGO. Mango fresco. Requisitos

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece los requisitos mínimos, clasificación por calibres, tolerancias, presentación, marcado o etiquetado, contaminantes e higiene, que deben cumplir los mangos frescos para su comercialización.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

2.1 Norma Técnica Peruana

NTP 209.038:1994	Alimentos envasados. Rotulado
------------------	-------------------------------

2.2 Normas Técnicas Internacionales

2.2.1	CAC/RCP 44-1995	Código Internacional Recomendado de Prácticas para el Envasado y Transporte de Frutas y Hortalizas Frescas
-------	-----------------	--

2.2.2	CAC/RCP1-1969,Rev.3:1997	Código Internacional Recomendado de Prácticas – Principios Generales de Higiene de los Alimentos
-------	--------------------------	--

- 2.2.3 CAC/GL 21-1997 Principios para el Establecimiento y la Aplicación de Criterios Microbiológicos para los Alimentos

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica a las variedades comerciales de mangos obtenidos de *Mangifera indica* L., de la familia de las Anacardiáceas, que habrán de suministrarse frescos al consumidor, después de su acondicionamiento y envasado. Se excluyen los mangos destinados a elaboración industrial.

4. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CALIDAD

4.1 Requisitos mínimos

A reserva de las disposiciones especiales y las tolerancias permitidas para cada categoría, los mangos deberán:

- a) Estar enteros;
- b) Ser de consistencia firme;
- c) Tener aspecto fresco;
- d) Estar sanos; excluyendo los productos afectados por pudrición o deterioro que impidan su consumo;
- e) Estar limpios y prácticamente exentos de materias extrañas visibles;
- f) Estar prácticamente exentos de secreción de látex;
- g) Estar exentos de manchas necróticas;
- h) Estar prácticamente exentos de quemaduras producidas por látex;

- i) Estar prácticamente exentos de daños por quemaduras de sol;
- j) Estar prácticamente exentos de defectos en la cáscara producidos por rozaduras;
- k) Estar exentos de magulladuras profundas;
- l) Estar exentos de daños causados por plagas;
- m) Estar exentos de daños causados por temperaturas bajas;
- n) Estar exentos de humedad externa anormal, salvo la condensación siguiente a su remoción de una cámara frigorífica;
- o) Estar exentos de cualquier olor y/o sabor extraños;
- p) Estar suficientemente desarrollados y presentar un grado de madurez satisfactorio según la naturaleza del producto;
- q) Presentar forma característica de la variedad;
- r) Tener pedúnculo no inferior a 0,5 cm de longitud y el corte deberá ser transversal;
- s) Cumplir con las especificaciones fitosanitarias establecidas.

El desarrollo y condición de los mangos deberán ser tales que permitan asegurar la continuación del proceso de maduración hasta que alcancen el grado adecuado de madurez que corresponda a las características propias de la variedad, soportar el transporte y la manipulación y llegar en estado satisfactorio a su destino.

En relación con el proceso de maduración, el color puede diferir según la variedad.

4.2 Clasificación

Los mangos se clasifican en tres categorías según se definen a continuación:

4.2.1 Categoría “Extra”

Los mangos de esta categoría deberán ser de calidad superior y característicos de la variedad.

Deberán estar exentos de materias extrañas visibles, daños por quemaduras de sol y de quemaduras producidas por látex. Podrán permitirse defectos superficiales muy leves, siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto, su calidad y estado de conservación y presentación en el envase.

4.2.2 Categoría I

Los mangos de esta categoría deberán ser de buena calidad y característicos de la variedad.

Deberán estar exentos de materias extrañas visibles, daños por quemaduras de sol y de quemaduras producidas por látex. Podrán permitirse, sin embargo los siguientes defectos leves, siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto, su calidad y estado de conservación y presentación en el envase:

- defectos leves de forma;
- defectos leves en la cáscara como rozaduras, costras y cicatrices, que en su conjunto no excedan de 1 cm² para todos los calibres de mango. El área se verifica mediante escala milimétrica.

4.2.3 Categoría II

Esta categoría comprende los mangos que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero satisfacen los requisitos mínimos especificados anteriormente en la Sección 4.1.

Podrán permitirse los siguientes defectos, siempre y cuando los mangos conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación y a su presentación en el envase:

- defectos leves de forma;
- defectos leves en la cáscara como rozaduras, costras y cicatrices, que en su conjunto no excedan de 3 cm² para todos los calibres de mango. El área se verifica mediante escala milimétrica.

Se permite la presencia de lenticelas rojizas suberizadas esparcidas, así como el amarillamiento de las variedades de color verde, debido a una exposición directa a la luz solar, pero sin que exceda el 10 % de la superficie, siempre y cuando no existan señales de necrosis (blanco amarillento).

NOTA: Para todas las categorías, en ningún caso los defectos deben afectar la pulpa del mango.

5. DISPOSICIONES SOBRE LA CLASIFICACIÓN POR CALIBRES

El calibre se determina por el peso de la fruta. Los mangos se clasifican de acuerdo con el cuadro siguiente:

Calibres	Peso unitario promedio (g)	Rango de pesos (g)
4	1000	900 – 1100
5	800	720 – 880
6	667	600 – 730
7	571	515 – 625
8	500	450 – 550
9	444	400 – 485
10	400	360 – 440
12	333	300 – 365
14	286	260 – 315
16	250	225 – 275
18	222	200 – 240
20	200	180 – 220

NOTAS

1. El código de calibre indica el número de frutos que se pueden colocar en una caja de 4 Kg neto, en lugar de destino.
2. Los rangos especificados incluyen la tolerancia de calibre, que es de ± 10 % en peso de la fruta contenida en cada envase.

6. DISPOSICIONES SOBRE TOLERANCIAS

6.1 Tolerancias de calidad

6.1.1 Categoría “Extra”

El 5 % en número de los mangos contenidos en la unidad comercial de venta pactada (contenedor, camionada, embarque, etc.) que no satisfagan los requisitos de esta categoría, pero satisfagan los de la categoría I o, en casos excepcionales, que no superen las tolerancias establecidas para esta última.

6.1.2 Categoría I

El 10 % en número de los mangos contenidos en la unidad comercial de venta pactada (contenedor, camionada, embarque, etc.) que no satisfagan los requisitos de esta categoría, pero satisfagan los de la categoría II o, en casos excepcionales, que no superen las tolerancias establecidas para esta última.

6.1.3 Categoría II

El 10 % en número de los mangos contenidos en la unidad comercial de venta pactada (contenedor, camionada, embarque, etc.) que no satisfagan los requisitos de esta categoría ni los requisitos mínimos, con excepción de los productos afectados por podredumbre o cualquier tipo de deterioro que hagan que no sean aptos para el consumo.

7. DISPOSICIONES SOBRE LA PRESENTACIÓN

7.1 Homogeneidad

El contenido de cada envase deberá ser homogéneo y constar únicamente de mangos de la misma variedad, calidad y calibre. La parte visible del contenido del envase deberá ser representativa de todo el contenido.

7.2 Envaseado

Los mangos deberán envasarse de tal manera que el producto quede debidamente protegido.

El material utilizado en el interior de los envases deberá ser nuevo, estar limpio y ser de calidad tal que evite daños externos o internos al producto. Se permite el uso de materiales, especialmente papel o sellos, que lleven especificaciones comerciales, siempre y cuando estén impresos o etiquetados con tinta o pegamentos no tóxicos.

Los mangos deberán disponerse en envases que se ajusten al CAC/RCP 44

7.2.1 Descripción de los envases

Los envases deberán ser nuevos y reciclables, y satisfacer las características de calidad, higiene, ventilación y resistencia para asegurar una manipulación, transporte y conservación apropiados de los mangos. Los envases (o lotes, para productos presentados a granel) deberán estar exentos de cualquier materia u olor extraños.

8. MARCADO O ETIQUETADO

8.1 Envases destinados al consumidor final

Además de los requisitos aplicables especificados en la NTP 209.038, se aplicarán las siguientes disposiciones específicas:

8.1.1 Naturaleza del producto

El envase deberá llevar un rótulo o etiqueta con el nombre del alimento, pudiendo incluirse el nombre de la variedad.

8.2 Envases destinados a la venta por mayor

Cada envase deberá llevar las siguientes indicaciones, marcadas de forma legible e indeleble y visibles desde el exterior, o en los documentos que acompañan al lote.

En el caso de productos transportados a granel, estas indicaciones deberán aparecer en un documento que los acompañe.

8.2.1 Identificación

Exportador, envasador y/o distribuidor.

8.2.2 Naturaleza del producto

- nombre del producto;
- nombre de la variedad.

8.2.3 Origen del producto

País de origen y, facultativamente, región donde se cultivó, o nombre nacional, regional o local del lugar.

8.2.4 Identificación comercial

- categoría
- calibre
- peso neto

8.2.5 Marca oficial de inspección

(facultativo).

9. CONTAMINANTES

9.1 Metales pesados

Los mangos deberán estar exentos de metales pesados en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

9.2 Residuos de plaguicidas

Los mangos deberán ajustarse a los límites máximos para residuos de plaguicidas establecidos por el Comité del Codex sobre Residuos de Plaguicidas para este producto.

10. HIGIENE

Se recomienda que los productos regulados por las disposiciones de la presente Norma Técnica Peruana se preparen y manipulen de conformidad con las secciones apropiadas del CAC/RCP 1, y otros textos pertinentes del Codex; así como la reglamentación nacional vigente.

Los productos deberán ajustarse a los criterios microbiológicos establecidos de conformidad con los Principios para el establecimiento y la aplicación de criterios microbiológicos para los alimentos (CAC/GL 21).

11. MUESTREO

Véase la NTP-ISO 2859.

12. ANTECEDENTES

- | | | |
|------|----------------------|--|
| 12.1 | CODEX STAN 184:1993 | NORMA DEL CODEX PARA EL MANGO |
| 12.2 | NMX-FF-058-SCFI:1999 | PRODUCTOS ALIMENTICIOS
NOINDUSTRIALIZADOS PARA
CONSUMO HUMANO. FRUTA
FRESCA. MANGO (<i>Mangifera indica</i> L.)
ESPECIFICACIONES. |
| 12.3 | NTP 011.010:1975 | FRUTAS. Mangos |

Anexo 2. Resultados experimentales en pulpa de mango expuesta a tiempos con ultrasonido a 40 kHz

Tiempo de exposición al ultrasonido (min)	L*	a*	b*	pH	Sólidos solubles (°Brix)	Consistencia (cm/30 s)	Recuento de bacterias aerobias mesófilas (ufc/g)
0	39.32	-0.27	9.82	4.37	17.20	7.20	1.86E+03
0	40.24	-0.33	10.54	4.50	17.65	6.78	1.21E+03
0	41.59	-0.21	13.38	4.33	17.90	7.40	1.94E+03
0	40.23	-0.56	12.24	4.34	18.80	6.13	1.66E+03
Promedio	40.34	-0.34	11.49	4.38	17.89	6.88	1.67E+03
15	40.48	0.64	9.74	4.36	17.95	6.75	7.68E+02
15	41.24	0.37	11.78	4.38	18.00	6.63	8.24E+02
15	40.55	0.52	10.18	4.36	17.00	6.58	7.91E+02
15	40.65	0.54	9.91	4.38	17.80	6.58	6.89E+02
Promedio	40.73	0.52	10.40	4.37	17.69	6.63	7.68E+02
30	40.24	0.37	10.54	4.49	17.60	6.53	2.44E+02
30	40.83	0.51	10.81	4.49	17.55	6.48	2.76E+02
30	40.28	0.34	10.61	4.49	17.45	6.38	2.36E+02
30	39.41	0.59	11.80	4.50	17.45	6.43	3.11E+02
Promedio	40.19	0.45	10.94	4.49	17.51	6.45	2.67E+02
45	41.54	0.63	14.53	4.32	18.05	5.05	1.75E+02
45	41.44	0.58	14.28	4.34	18.05	5.08	1.86E+02
45	41.25	0.41	14.02	4.35	18.20	5.10	1.69E+02
45	41.46	0.49	13.84	4.35	18.15	5.23	1.47E+02
Promedio	41.42	0.53	14.17	4.34	18.11	5.11	1.69E+02
60	40.59	0.48	12.92	4.32	18.60	4.13	6.20E+01
60	40.52	0.35	12.94	4.35	18.40	4.75	1.04E+02
60	40.52	0.38	11.90	4.35	18.60	4.78	7.50E+01
60	40.51	0.27	11.74	4.36	18.40	5.10	8.20E+01
Promedio	40.53	0.37	12.37	4.35	18.50	4.69	8.08E+01

Anexo 3. Resultados de evaluación sensorial

PANALISTA	15 minutos					30 minutos					45 minutos					60 minutos				
	180	260	306	356	570	180	260	306	356	570	180	260	306	356	570	180	260	306	356	570
1	5	4	6	6	3	4	6	4	7	5	6	7	5	6	6	5	6	7	6	6
2	6	3	5	5	5	6	4	6	5	5	4	5	4	4	4	6	5	6	6	7
3	4	5	4	4	4	7	6	6	7	6	6	7	6	4	5	5	6	6	7	6
4	6	6	7	6	7	6	5	5	6	4	6	6	6	5	5	6	5	6	6	7
5	4	5	4	4	4	5	6	6	5	6	4	5	5	4	4	5	5	7	6	5
6	6	5	4	4	6	7	6	4	3	5	7	7	6	6	7	6	6	5	5	6
7	6	6	6	5	6	5	5	6	4	5	4	5	5	6	5	5	6	6	4	6
8	6	5	6	5	6	5	6	4	6	6	6	6	7	6	7	5	5	7	5	5
9	5	6	5	6	6	7	6	6	6	5	5	4	6	6	4	6	6	5	5	5
10	6	5	4	5	4	4	5	5	4	4	6	6	5	4	5	6	5	6	6	6
11	6	3	5	4	4	6	6	6	5	6	6	5	6	5	5	5	6	6	7	7
12	4	6	6	5	5	6	4	5	5	4	5	5	6	5	6	6	5	7	6	5
13	5	7	5	6	6	4	5	5	4	4	6	4	6	5	5	4	5	7	5	6
14	5	5	3	4	6	5	6	4	4	6	4	6	5	4	4	5	6	6	5	7
15	5	6	7	6	6	7	5	6	6	5	7	6	6	4	6	5	5	5	6	6
16	6	5	6	5	6	6	4	5	5	6	6	4	4	5	6	6	6	6	7	6
17	5	6	6	5	6	5	6	6	4	5	4	4	5	4	5	4	6	4	5	5
18	4	5	5	6	6	5	6	6	6	7	4	5	5	6	6	5	4	7	6	5

19	6	3	6	6	5	4	4	4	5	5	5	6	6	5	5	4	5	6	5	6
20	6	4	5	5	5	5	4	4	5	5	6	4	4	4	4	6	4	5	6	5
21	5	5	4	4	6	6	5	6	6	6	5	4	5	6	4	5	6	5	6	6
22	5	6	4	4	6	5	4	5	4	4	4	5	5	4	4	5	6	6	5	5
23	6	5	7	6	7	6	5	6	5	6	6	5	6	6	5	6	5	7	6	6
24	4	3	4	5	4	5	6	4	6	5	5	6	5	5	5	4	4	5	7	6
25	6	5	6	5	6	4	5	4	5	5	5	5	4	5	6	5	5	6	6	6
26	4	5	6	6	7	6	6	5	5	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6	5
27	6	4	5	4	4	4	5	5	4	4	4	5	4	4	4	5	5	5	5	6
28	6	3	5	4	5	6	5	6	5	6	5	4	5	4	5	5	5	6	6	5
29	6	6	6	5	5	5	4	6	5	4	4	4	6	5	6	6	4	7	5	7
30	5	7	5	6	6	5	6	6	4	5	6	6	5	6	6	5	6	6	5	6
$\bar{x}$	6	5	6	5	6	5	6	6	5	5	6	5	5	4	5	5	6	6	6	6

Anexo 4. Proceso de elaboración de pulpa de mango con exposición a ultrasonido

