

Efecto del tiempo de exposición al ultrasonido (40 kHz) en las características fisicoquímicas, recuento de bacterias aerobias mesófilas y aceptabilidad general de la pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Edward

Effect of exposure time to ultrasound (40 kHz) on physico-chemical characteristics, counting of mesophilic aerobic bacteria and general acceptability of mango pulp (*Mangifera indica* L.) Edward variety

Vanessa Perdomo-Del Águila¹, Fredy Pérez-Azahuanche²

Recibido: 02 de noviembre de 2016

Aceptado: 10 de diciembre de 2016

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 la 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 45 minutos

permitió obtener el mejor color (L^* , a^* y b^*), sólidos solubles (18.11%), pH (3.34), consistencia (5.11 cm/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 minutos presentó la mayor aceptabilidad general, con un rango promedio de 3.23, sin evidencia suficiente para determinar diferencia significativa entre los tratamientos.

Palabras claves: Ultrasonido, características fisicoquímicas, recuento de bacterias, *Mangifera indica* L.

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.

Key words: Ultrasound, physicochemical characteristics, bacterial count, *Mangifera indica* L.

1. Vanessa Carolina Perdomo Del Águila, ingeniera en Industrias Alimentarias – Universidad Privada Antenor Orrego

2. Fredy Romel Pérez Azahuanche, Doctor en ciencias c/m en química – Universidad Privada Antenor Orrego

I. INTRODUCCIÓN

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 (Porras 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 drásti-

camente la temperatura del sistema, reduce los tiempos de proceso y por lo tanto preservan mucho mejor las características sensoriales del producto (González, 2005; Robles y Ochoa, 2012).

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 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 y comercialización se convierten en un tema de gran interés (Agrodataperu, 2015).

En el presente trabajo se evaluó 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 y se determinó 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. METODOLOGÍA

2.1 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.

2.2 Materia prima

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

2.3 Equipos

Ultrasonido multifrecuencia. Marca Branson 5800. Capacidad 7 L. Pulpeadora. Marca metal mecánica agroindustrial. Velocidad 1100 rpm. Colorímetro Konica Minolta. Modelo CR-400.

2.4 Esquema experimental

El esquema experimental de la investigación se presenta en la figura 1. 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.

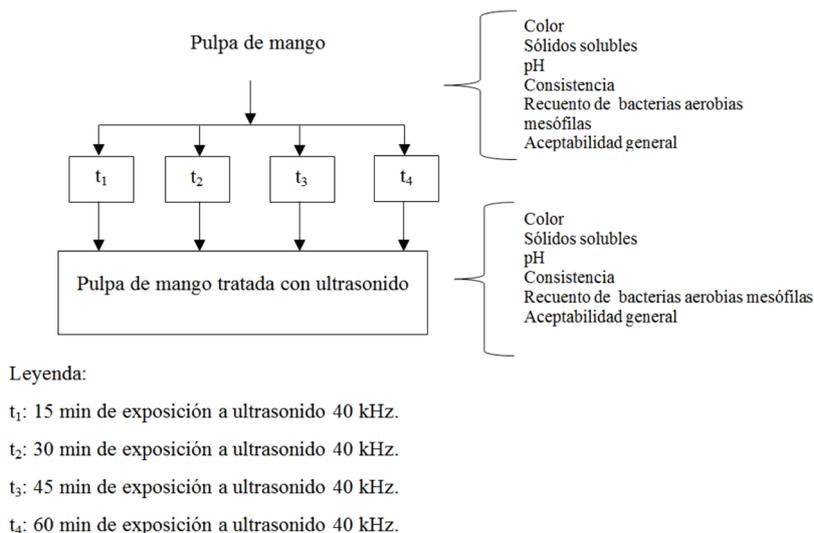


Figura 1. Esquema experimental del efecto de exposición al ultrasonido en las propiedades fisicoquímicas, recuento de bacterias aerobias mesófilas y aceptabilidad general de la pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Edward

2.5 Obtención de la pulpa de mango

Selección y clasificación. Se seleccionaron los mangos que presentan 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. Mango fresco. Requisitos" (IN-DECOPI, 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.

2.6 Tratamiento con ultrasonido

Las muestras se colocaron dentro del baño, del equipo, 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.

2.7 Métodos de análisis

De las dos muestras tratadas con ultrasonido, una se usó para los análisis de color, sólidos solubles, pH, consistencia, aceptabilidad general y la otra para el análisis de recuento de bacterias mesófilas.

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 [+]) (Hunter L* a* b* Application notes, 2008).

Sólidos solubles. Se determinó con un refractómetro de mano (calibrado con agua destilada). Se colocó una gota de pulpa de mango homogenizado en el lente del refractómetro, se observó en un lugar visible la lectura y se reportó los resultados en °Brix (A.O.A.C., 1995).

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.

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).

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).

Aceptabilidad general. La pulpa de mango se sometió a análisis sensorial para evaluar la aceptabilidad general. Las escalas hedónicas pueden ser de cinco a once puntos variando desde el máximo nivel de gusto al máximo nivel de disgusto y cuenta con un valor medio neutro, a fin de facilitar al juez la localización de un punto de indiferencia. En general cuando se emplean muchas descripciones se ha demostrado que, en vez de orientar al consumidor, más bien le origina confusión, de ahí que las más empleadas sean las escalas bipolares de 7 puntos (Espinosa, 2007). Se trabajó con 30 panelistas no entrenados y representantes del público objetivo. 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).

2.8 Método estadístico

El método estadístico correspondió a un diseño completamente aleatorizado con arreglo unifactorial con 4 repeticiones. 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.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Color

En la figura 2 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.

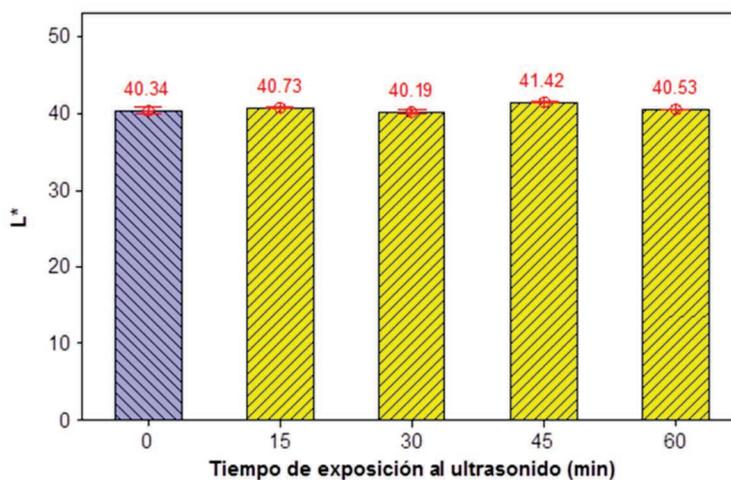


Figura 2. Valores de L^* en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz

En la figura 3 se presentan los valores de a^* en pulpa de mango con exposición a ultrasonido, donde se puede observar valores negativos (-0.34) para la muestra sin tratamiento y 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

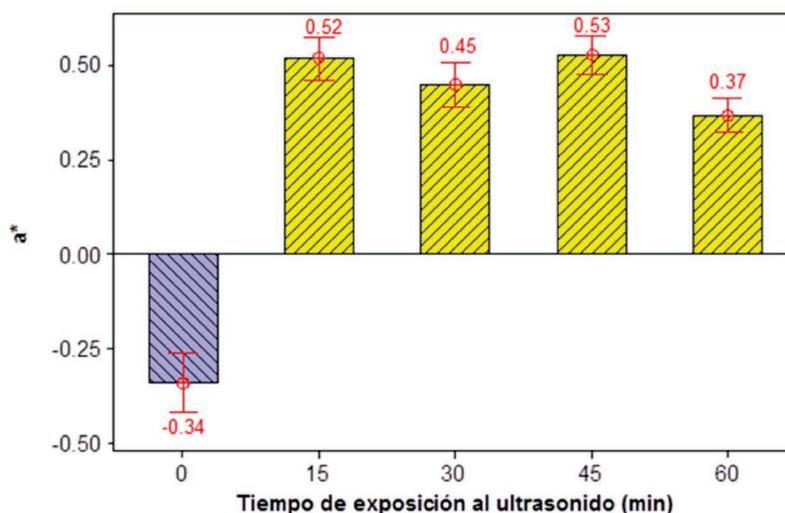


Figura 3. Valores de a* en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz

En la figura 4 se presentan 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 mejor valor se aprecia en el tratamiento de 45 min de exposición con 14.17.

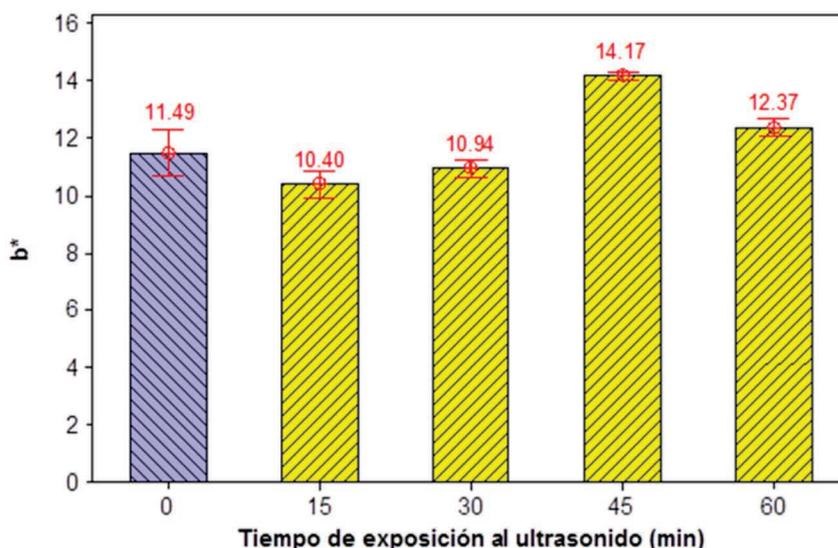


Figura 4. Valores de b* en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz

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 sujetos a tratamientos con ultrasonido, los jugos se volvieron un poco más claros, más verde y más amarillo.

Comportamiento similar presentó esta investigación, en la cual a un tiempo de 45 min se mostró características de mejor 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 1 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 1. 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 (2015) 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.

3.2 Sólidos solubles

En la figura 5 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 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. (Porrás y otros, 2011). El mejor valor se aprecia en el tratamiento de 60 min de exposición con 18.50

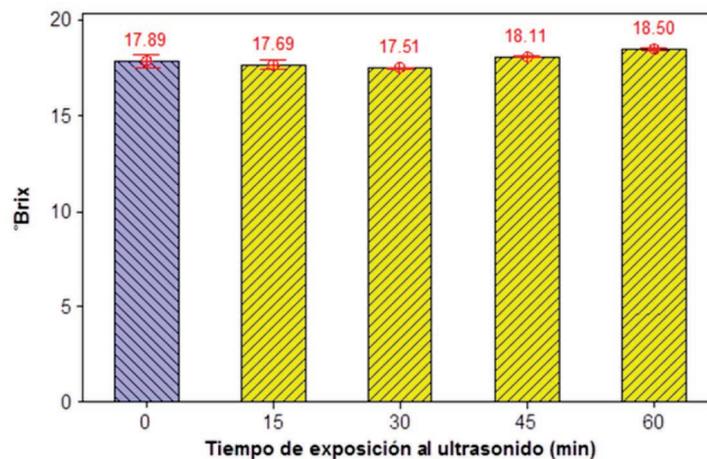


Figura 5. Valores de sólidos solubles en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz

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.

En el cuadro 2 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 2. 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 (2015) 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.

pH

En la figura 6 se presentan los valores de pH en pulpa de mango con exposición al ultrasonido. Se observa que los valores fluctuaron ligeramente entre 4.34 a 4.49, sin mostrar una tendencia definida. El mejor valor se aprecia en el tratamiento de 30 min de exposición con 4.49.

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 aumentó 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.

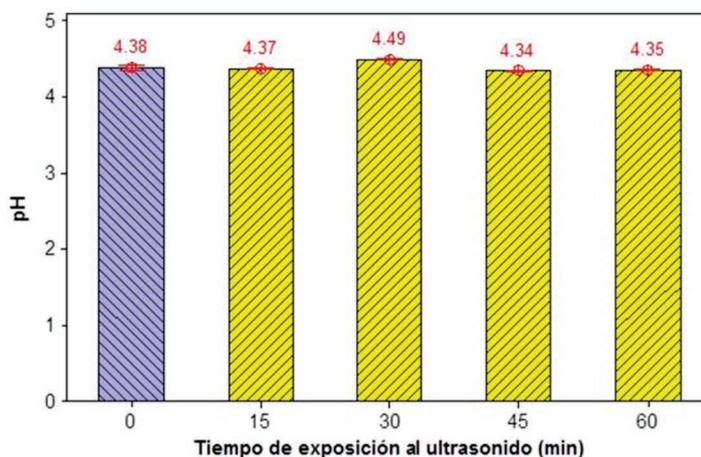


Figura 6. Valores de pH en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz

Zou y Jiang (2015) 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.

En el cuadro 3 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 3. 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.

Consistencia

En la figura 7 se presentan los valores de consistencia en pulpa de mango con exposición al ultrasonido. Se observa que al aumentar el tiempo de exposición aumentó la consistencia ya que el recorrido fue disminuyendo durante los 30 segundos de evaluación.

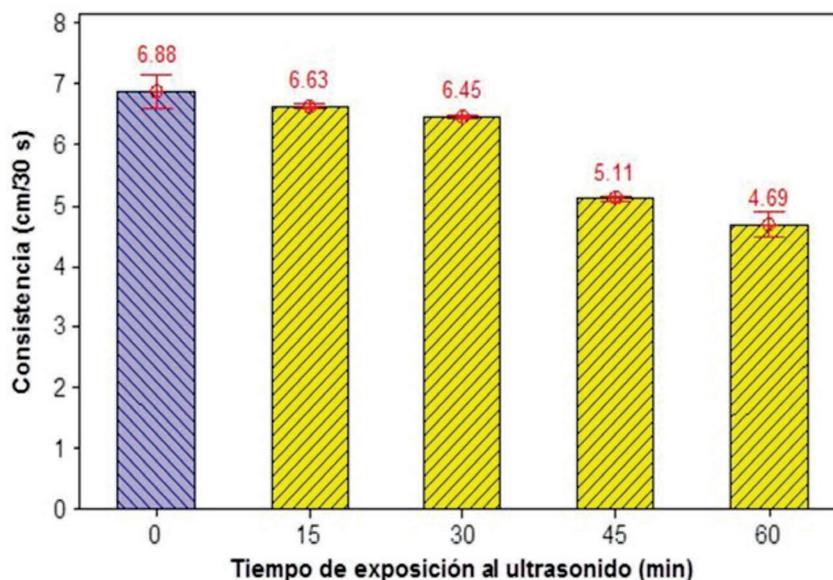


Figura 7. Valores de consistencia en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz

Zou y Jiang (2015) 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 impregnan las membranas celulares e incrementan 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.

En el cuadro 4 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 4. 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	p
Consistencia (cm/30 s)	Tiempo	15.460	4	3.865	38.574	0.000
	Error	1.503	15	0.100		
	Total	16.963	19			

Recuento de bacterias aerobias mesófilas

En la figura 8 se presentan los valores del recuento de bacterias aerobias mesófilas en pulpa de mango con exposición al ultrasonido. Se observa una mayor inactivación de microorganismos con el aumento del tiempo de exposición.

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, a los 45 min de exposición todos los microorganismos fueron eliminados.

Los mecanismos de inactivación microbiana del ultrasonido se producen 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).

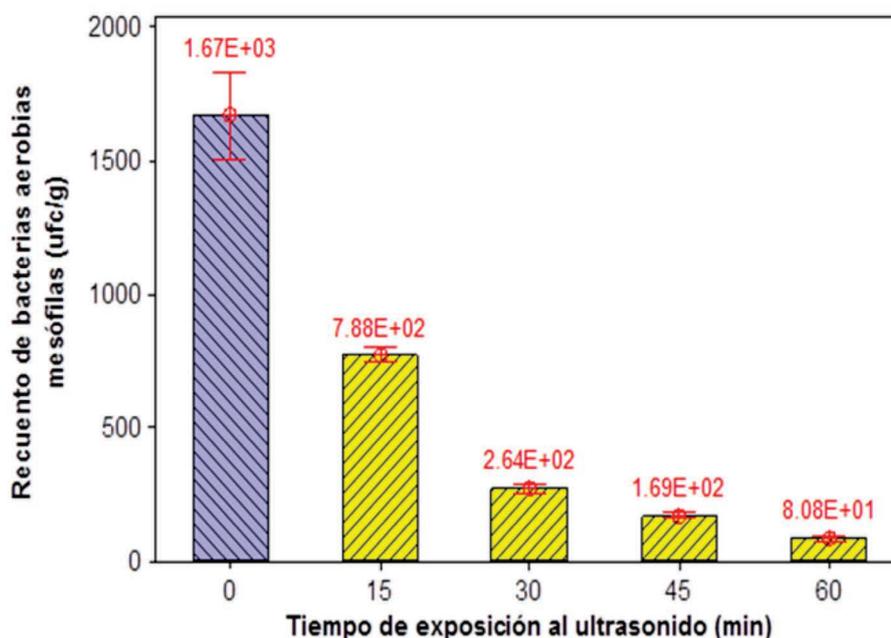


Figura 8. Recuento de bacterias aeróbicas mesófilas en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz

En el cuadro 5 se presenta el análisis de varianza aplicado 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.

Zou y Jiang (2015) 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.

Cuadro 5. 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			

En la figura 9 se presentan las calificaciones de aceptabilidad general en pulpa de mango con exposición al ultrasonido. Se observa que al aumentar el tiempo de exposición, disminuye el rango promedio de aceptabilidad general. Los resultados experimentales se encuentran en el anexo 2.

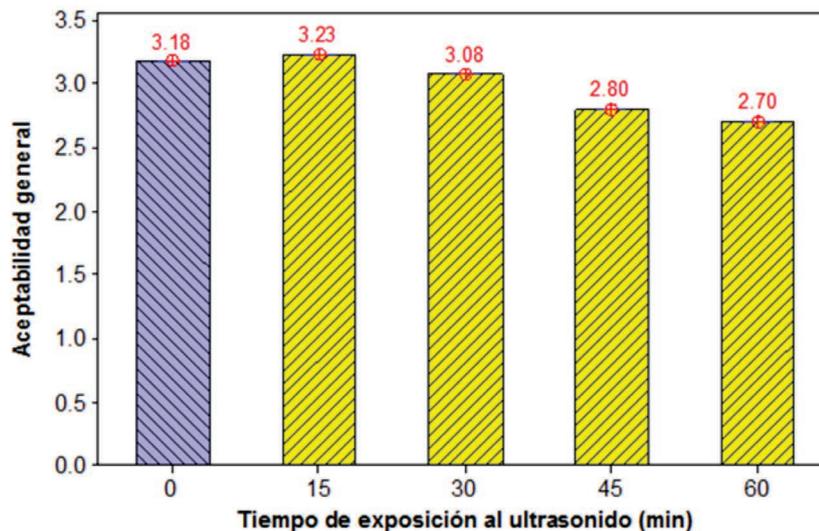


Figura 9. Aceptabilidad general en pulpa de mango con exposición al ultrasonido a 40 kHz

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.

En el cuadro 6 se muestran los resultados de la prueba Friedman aplicada a los resultados de aceptabilidad general, no existió evidencia suficiente para determinar diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los tratamientos.

Cuadro 6. 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

IV. 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 (5.11 cm/30s) y recuento de aerobias mesófilas (1.69 ufc/g) en la pulpa de mango variedad Edward.

V. BIBLIOGRAFÍA

Agrodataperú. 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.

AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis of the Association of the Official Agricultural Chemists*. 16ava. Edition. USA.

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.

Espinosa, J. 2007. *Evaluación sensorial de los alimentos*. Editorial Universitaria. La Habana, Cuba.

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.

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 técnica peruana NTP 011.010. Mango fresco 2ª Edición. Requisitos.

Mandigan, M.; Martinko, J. y Parker, J. 2003. *Brock. Biología de los microorganismos*. 10º Edición. Pearson Educación.

Moskowitz, H.; Muñoz, A. y Gacula, M. 2004. *Viewpoints and Controversies in Sensory Science and Consumer Product Testing*. Wiley-Blackwell. New York

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.

Sahin, S. y Soysal, C. 2013. *Use of ultrasound in food preservation*. Natural Science, 5(8A2): 5–13.

Ulloa, J.; Rosas, P.; Ramírez, J. y Ulloa B. 2013. *Ultrasonido: aplicaciones en el campo de los alimentos*. Revista: Nueva Época. Nayarit. México.

Zou, Y. y Jiang, A. 2015. *Effect of ultrasound treatment on quality and microbial load of carrot juice*. Food Science and Technology. ISSN 0101-2061.