

Propiedades físicoquímicas de bebida de almendras tratada con ultrasonidos de potencia

Meza-Plaza E.F.^a, Sosa-Morales M.E.^a, Morales-De la Peña M.^b, Gómez-Salazar J.A.^{a,*}

^a División de Ciencias de la Vida Campus Irapuato-Salamanca Universidad de Guanajuato Departamento de Alimentos, Ex Hacienda El Copal k.m. 9 carretera Irapuato-Silao A.P. 311, C.P. 36500, Irapuato, Guanajuato, México.

^b Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Querétaro Departamento de Bioingeniería, Epigmenio González 500, Fracc. San Pablo, C.P. 76130, Querétaro, México.

*julian.gomez@ugto.mx

RESUMEN:

La preservación de los atributos de calidad de un alimento mediante tecnologías no convencionales como los ultrasonidos es uno de los principales desafíos dentro de la industria alimentaria. En la investigación se evaluó el efecto del tiempo y amplitud de onda del ultrasonido sobre las propiedades físicoquímicas a una bebida de almendras, para ello se sonicaron las muestras a 20 kHz por tiempos de 15 y 30 min y amplitud de onda a 50 y 100% y se evaluó su efecto en las propiedades físicoquímicas de la bebida. Los resultados obtenidos, mostraron que la amplitud de onda, así como el tiempo de exposición al tratamiento con ultrasonido tienen un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre las propiedades estudiadas, determinando mayores temperaturas (71 °C) a mayor amplitud y mayor tiempo de tratamiento, así como un aumento en el pH, valor de la nube, sólidos solubles totales, y una disminución significativa en los parámetros de color (a^* , b^* , C^* y H^*) pero un aumento en la luminosidad y el índice de blancura. Una mejor homogenización y fluidez se obtuvieron a los 15 min de tratamiento. El porcentaje de humedad, sólidos totales y cenizas no presentaron cambios significativos.

Palabras clave: Ultrasonido, propiedades físicoquímicas, bebida de almendras.

ABSTRACT:

Preservation of food quality attributes through emerging technologies as ultrasound is one of the main challenges for food industry. The effect of time and wave amplitude of ultrasound treatment on the physicochemical properties of almond beverage were evaluated. The samples were sonicated at 20 kHz during 15 and 30 min at wave amplitude of 50 and 100%. The wave amplitude and ultrasound treatment time have a significant effect ($p < 0.05$) on the studied properties, determining higher temperatures (71°C) at higher amplitude and longer treatment. The pH, cloud value, and total soluble solids increased with amplitude and time, while the color parameters (a^* , b^* , C^* and H^*) decreased, however, an increase in lightness and whiteness index were observed. Finally, a better homogenization and fluidity were obtained after 15 min of treatment. Moisture, total solids and ashes did not show significant changes.

Key words: Ultrasound, physicochemical properties, almond beverage.

Área: Otros.

INTRODUCCIÓN

La pasteurización es una de las operaciones unitarias más utilizadas para el procesamiento y conservación de alimentos en el mundo, su objetivo es la inactivación de microorganismos y/o enzimas para prolongar vida de anaquel y frescura del producto. Sin embargo, la aplicación de calor impacta negativamente sobre las propiedades organolépticas (color, sabor, textura) y compuestos nutricionales (por ejemplo, compuestos bioactivos, vitaminas) del alimento (Armendariz, 2016; Barbosa-Cánovas & Bermúdez-Aguirre, 2010; Ghosh, 2019; Li & Farid, 2016). Es por ello que la industria alimentaria enfrenta el reto de explorar tecnologías alternas de conservación, entre ellas, las tecnologías emergentes. La aplicación de ultrasonidos (US) es una tecnología emergente que ha demostrado un aumento sobre la productividad, el rendimiento, la selectividad y la calidad del alimento tratado, además es considerada como simple, confiable, de bajo costo y ecológica (Awad, 2012). El tratamiento por ultrasonidos tiene el potencial de garantizar la inocuidad de los alimentos mediante la

inactivación de patógenos o microorganismos de descomposición en sistemas modelo y alimentos reales como la leche, los productos lácteos y algunos jugos de frutas: arándano, naranja, fresa, manzana, zanahoria y pera (Tremarin, 2017; Guerrouj *et al.*, 2016).

Los ultrasonidos implican la aplicación de ondas sonoras de baja frecuencia (20-100 kHz) y alta intensidad (10 a 1000 W/cm²) sobre el alimento (Dolas *et al.*, 2019). La cavitación es el principio básico de acción de los ultrasonidos, la cual causa la generación, crecimiento y colapso de microburbujas de gas debido a los cambios en la presión, que causan la liberación de alta energía de forma localizada induciendo un aumento de temperatura y presión de hasta 5500 °C y 55 MPa, respectivamente. La implosión de las microburbujas genera permeabilidad, pérdida de selectividad o desintegración de las membranas celulares (Jiménez-Sánchez *et al.*, 2017). El fenómeno de la cavitación causa tres efectos distintos sobre el alimento tratado, los efectos químicos que generan la formación de radicales libres como H⁺ y OH⁻, de la descomposición de moléculas de agua en soluciones acuosas, efectos térmicos generados por la conversión de calor a través de la energía ultrasónica absorbida y los efectos mecánicos que se producen por choques mecánicos que propician la destrucción de estructuras celulares, llevando a la lisis celular e inactivación de enzimas (Butz & Tauscher, 2002; Lee & Feng, 2011; Riesz & Kondo, 1992).

En las últimas décadas, los consumidores han mostrado una tendencia hacia productos más naturales, de buena calidad, nutritivos, seguros, poco procesados, libres de conservantes, con una vida útil prolongada y sobre todo, que presenten propiedades funcionales que mejoren la salud, reduzcan el riesgo de contraer enfermedades y que no sólo sean procesados para la inactivación de microorganismos, sino también para la preservación de sus características (Bhat & Stamminger, 2015; Jiménez-Sánchez *et al.*, 2017). Dentro de los alimentos que cumplen con algunas de estas necesidades, destacan las bebidas vegetales, específicamente aquéllas elaboradas de almendras (*Prunus dulcis*) debido a su sabor, textura, alto valor nutricional y funcional (Avanish, 2019; Dhakal *et al.*, 2014). La bebida de almendras se ha posicionado como producto líder del segmento de este tipo de bebidas en los mercados de América del Norte, con ventas registradas en 2019 por 1.3 mil millones de dólares (The Good Food Institute, 2020).

El desarrollo y creciente demanda de este tipo de bebidas se relaciona con el aumento de consumidores que presentan intolerancia a la lactosa, alergias a las proteínas de la leche, motivos culturales, preferencia a dietas veganas o vegetarianismo y que han influido en los consumidores hacia la elección de productos que promuevan su salud y sean mínimamente procesados (Chalupa-Krebzdak *et al.*, 2018; Sethi *et al.*, 2016). Este tipo de bebidas comúnmente son conservadas mediante la pasteurización, que como se mencionó anteriormente la aplicación de calor genera cambios negativos en sus propiedades (Balasubramaniam *et al.*, 2016). Por lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de los ultrasonidos sobre las propiedades fisicoquímicas de una bebida vegetal a base de almendras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Bebida de almendras

Almendras (*Prunus dulcis*) crudas y sin cáscara, se adquirieron en un mercado local de la ciudad de Irapuato, Guanajuato (México), la metodología y formulación se llevó a cabo mediante lo descrito por Maghsoudlou *et al.*, (2016) con algunas modificaciones: Se remojaron almendras en agua (1:3 relación en peso) por un período de 16 h a 4 °C. Posterior a este tiempo, se escurrieron y enjuagaron con agua fría; se determinó la cantidad de agua absorbida. Se retiró el tegumento a las almendras de forma manual, posteriormente fueron molidas con agua (1:9 relación en peso) por medio de una licuadora (Oster, BEST02-E01) durante 3 min. La mezcla se filtró con una triple capa de popelina de algodón para separar la fase líquida por medio de una bomba de vacío, se realizó la formulación adicionando edulcorante artificial Splenda® (0.05% p/p), lecitina de soya en polvo (0.09% p/p), almidón modificado de maíz (1.31% p/p) y goma gelana (E 418) (0.01% p/p) aplicando un proceso de homogenización con Ultra-turrax (IKA, T25 digital) a 10 000 rpm durante 2 min.

Tratamientos con Ultrasonido

Se trataron muestras de 250 mL de bebida de almendras en un procesador ultrasónico (Q700, Qsonica, 700W RMS, USA) con una sonda estándar de titanio (#4220) de 12 mm de diámetro, que fue sumergida 2.5 cm en la bebida, los tratamientos se desarrollaron a 20 kHz, en diferentes amplitudes de onda y tiempos de tratamiento (véase Tabla I). Cada 5 min se midió la temperatura mediante un termómetro de mercurio.

Tabla I. Tratamientos preliminares con US sobre bebida de almendras.

Tratamiento	Condiciones de US	
	Amplitud (%)	Tiempo (min)
Control	-	-
US100-30	100	30
US50-30	50	30
US100-15	100	15
US50-15	50	15

Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos se midieron por triplicado después de los tratamientos y en muestras control (sin tratamiento). El pH se determinó a muestras a temperatura ambiente mediante un medidor multiparamétrico PH/EC/TDS/NaCL (HI 2550, HANNA Instruments) (Wrolstad y Smith, 2010). La turbidez (valor de la nube) se determinó de acuerdo a Aadil *et al.*, (2013) centrifugando 5 ml de muestra a 3000rpm, 10 min, a 20°C en centrífuga (Z326 K, Hermle Labortechnik GmbH, Alemania) midiendo la absorbancia del sobrenadante a 660 nm en espectrofotómetro (Genesys 10S UV-Vis, Thermo scientific, USA) y agua destilada como blanco de lectura. La densidad se midió mediante el método del picnómetro de la AOAC 932.14. Por su parte, los sólidos solubles totales (SST) se determinaron en refractómetro (HI 968UI, Hanna Instruments Inc., Rumania) calibrado previamente con agua destilada expresando resultados como °Brix de acuerdo a lo descrito por Dhakal *et al.*, (2016).

La acidez titulable se determinó por la metodología descrita por Sadler y Murphy, (2010), en muestras de 5 mL de bebida de almendras, que fueron tituladas con NaOH 0.01 M y fenolftaleína como indicador, los resultados se expresaron como % de ácido láctico. El porcentaje de humedad y sólidos totales (ST) se llevaron a cabo por el método de secado por aire caliente a 105 °C según lo descrito por Giusti *et al.*, (2016) hasta peso constante. El contenido de cenizas se realizó de acuerdo a lo descrito por Dhakal *et al.*, (2016) en mufla a 550 °C durante 4 h. El color se determinó a 10 mL de muestra a temperatura ambiente utilizando un colorímetro (Color Flex EZ, HunterLab, Reston VA) usando la escala CIELAB: L* (luminosidad), a* (verde-rojo) y b* (azul-amarillo) y determinando luminosidad (L*), croma (C*), ángulo Hue (H*), índice de blancura (WI) y diferencia total de color (ΔE) empleando las ecs. (1)-(4).

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{Ec. (1)}$$

$$H^* = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad \text{Ec. (2)}$$

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{Ec. (3)}$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{Ec. (4)}$$

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza simple para un diseño completamente al aleatorio y una comparación múltiple de medias con el método de Tukey (p<0.05). Los datos fueron analizados en el programa Statgraphics Centurion XVI.I (Stat Point Inc., Washington, VA, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura inicial de las muestras de bebida de almendra (sin tratamiento) se encontró en un rango de 10-18 °C. En las muestras tratadas con US100-30 y US50-30 se observó un aumento de la temperatura hasta 71°C y 58°C, respectivamente (véase Fig.1), mientras que para tratamientos US100-15 y US50-15 se registró un incremento en 67 y 49.5 °C, respectivamente, de lo cual se determinó que en la mayor amplitud de onda se obtuvo la mayor temperatura registrada para ambos periodos de tiempo. Este fenómeno ha sido descrito por Gaikwad y Pandit, (2008), en el cual las condiciones de amplitud y tiempo están directamente relacionadas con los aumentos de temperatura, generado a causa de la cavitación, debido a que el ultrasonido genera una fuerte resonancia en los pulsos que se representan como burbujas en forma de microjets, lo que influye significativamente sobre el aumento de temperatura y presión en el entorno acústico del líquido (Leighton, 2007). La tendencia creciente de temperatura respecto a la amplitud de onda fue similar a lo reportado por Cabrera-Trujillo *et al.*, (2016) en tratamientos con ultrasonido para mezclas de agua/aceite (20:80 % p/p) registrando un aumento de temperatura desde 50°C a 62°C en un rango de amplitud de onda de 20% a 100% respectivamente.

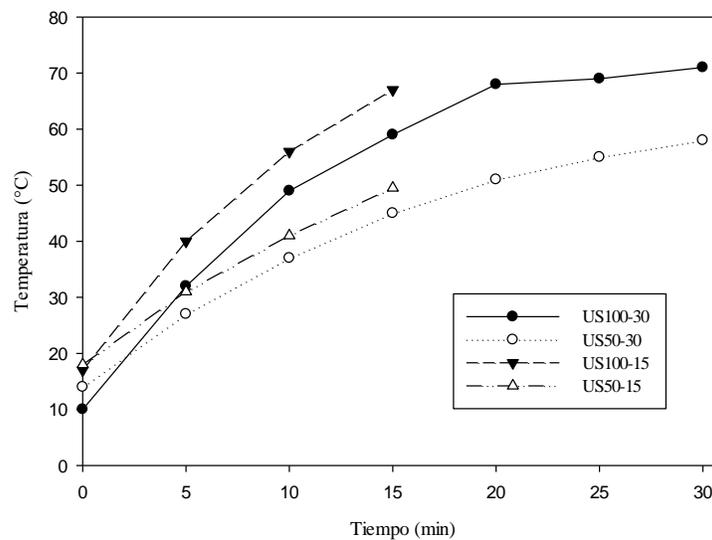


Fig. 1 Incremento de temperatura por tratamiento de ultrasonido. US100-30: sonicación a 100% de amplitud por 30 min, US50-30: sonicación a 50% de amplitud por 30 min, US100-15: sonicación a 100% de amplitud por 15 min y US50-15: sonicación a 50% de amplitud por 15 min.

Los valores de los parámetros fisicoquímicos se muestran en la Tabla II. El valor de pH de las muestras de la bebida de almendras sin tratamiento fue de 6.08 ± 0.01 , semejante a lo reportado por Dhakal *et al.*, (2016) quienes determinaron un valor de 6.5 para bebida de almendra cruda. Se observó un aumento significativo ($p < 0.05$) en las muestras sonicadas, esto se debe a la sonólisis generada produciendo la disociación de moléculas de agua en produciendo grupos OH^+ y H^- , este efecto es más visible a mayor tiempo, amplitud y temperaturas de tratamiento (Gelvez-Ordoñez *et al.*, 2015). La densidad de la muestra control tuvo un valor de 1.006 g/cm^3 semejante al determinado por Manzoor *et al.*, (2019) con 1.003 g/cm^3 para una bebida de almendras. Se determinó un aumento ligeramente significativo ($p < 0.05$) de la densidad para las muestras tratadas con ultrasonido.

El valor de la nube en muestras no tratadas (1.54) fue menor al valor de 2.14 reportado por Manzoor *et al.*, (2019), esta variación puede atribuirse al proceso de molienda y filtración de la bebida, así como a las diferencias en la formulación realizada por la incorporación de aditivos. Para este parámetro, se observó un aumento significativo ($p < 0.05$) para los tratamientos US50-30, US100-15 y US50-15 respecto al control. El valor de la nube es un indicativo de calidad relacionado con las proteínas, lípidos, pectina, celulosa y algunos otros compuestos que para este caso, su aumento podría atribuirse a la acción de la cavitación generada en la

sonicación provocando la formación de emulsiones más estables, que se reduzcan partículas a menor tamaño que puedan homogenizarse mejor y proporcionen mayor estabilidad a la bebida de almendras (Aadil *et al.*, 2015; Paniwnyk, 2017).

Por otro lado, se observó una variación significativa ($p < 0.05$) entre los valores de sólidos solubles totales obteniendo el mayor valor de 4.7 ± 0.4 °Brix en el tratamiento US50-30 (50% amplitud por 30 min), esta variación se debe a que la generación de burbujas en la cavitación y su posterior colapso genera permeabilidad (ruptura) en las células vegetales de la bebida, pudiendo de esta forma liberar proteínas y compuestos del interior al medio acuoso generando un aumento en el contenido de sólidos (Salve *et al.*, 2019). Por su parte la acidez titulable descendió ligeramente, posiblemente a causa de la inhibición de bacterias productoras de ácido láctico (Gelvez-Ordoñez *et al.*, 2015). El contenido de humedad presentó valores en un rango de 90.45 a 90.69%, sin efecto del tratamiento ($p > 0.05$), al igual que los sólidos totales (9.39 a 9.7%) y el contenido de cenizas (0.011 a 0.02%) entre las muestras control y las tratadas con ultrasonido.

Tabla II. Efecto de los ultrasonidos de potencia sobre las propiedades fisicoquímicas de bebida de almendras.

Parámetro	Tratamiento				
	Control	US100-30	US50-30	US100-15	US50-15
pH	6.08 ± 0.01c	6.38 ± 0.03a	6.32 ± 0.02ab	6.34 ± 0.01ab	6.29 ± 0.03b
Densidad (g/cm ³)	1.006 ± 0.00b	1.005 ± 0.00c	1.007 ± 0.00a	1.007 ± 0.00a	1.007 ± 0.00a
Valor de la nube	1.54 ± 0.06c	0.26 ± 0.03d	2.17 ± 0.04c	1.61 ± 0.02b	2.59 ± 0.04a
SST (°Brix)	4.06 ± 0.15c	4.20 ± 0.10bc	4.70 ± 0.40a	5.20 ± 0.00ab	4.30 ± 0.10bc
AT (% ac. láctico)	0.05 ± 0.004a	0.045 ± 0.004ab	0.04 ± 0.0bc	0.04 ± 0.0bc	0.04 ± 0.00c
% Humedad	90.47 ± 0.48a	90.45 ± 0.04a	90.53 ± 0.02a	90.60 ± 0.00a	90.69 ± 0.06a
%ST	9.42 ± 0.40a	9.54 ± 0.04a	4.70 ± 0.02a	9.39 ± 0.00a	9.39 ± 0.00a
% Cenizas	0.018 ± 0.00a	0.015 ± 0.00a	0.015 ± 0.00a	0.011 ± 0.01a	0.02 ± 0.00a

Letras diferentes en el mismo renglón indican una diferencia significativa (Tukey HSD, $p < 0.05$) entre sí. SST: Sólidos solubles totales, AT: Acidez titulable, ST: Sólidos totales. US100-30: sonicación a 100% de amplitud por 30 min, US50-30: sonicación a 50% de amplitud por 30 min, US100-15: sonicación a 100% de amplitud por 15 min y US50-15: sonicación a 50% de amplitud por 15 min.

Los parámetros de color a^* , b^* , luminosidad (L^*), croma (C^*), ángulo Hue (H^*), índice de blancura (WI) y diferencia total de color (ΔE) se muestran en la Tabla III. Se observó una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras control y las tratadas con ultrasonido para el valor de a^* . Cuando se aplicaron los tratamientos, estos valores disminuyeron respecto al control, lo que indica que las muestras de bebida de almendra presentaron una tendencia al color verde. Los parámetros b^* , C^* y H^* disminuyeron significativamente ($p < 0.05$) con los tratamientos de ultrasonido, volviéndose menos amarillas, con menor intensidad (saturación) y menor tonalidad, esto puede deberse a la generación de partículas más pequeñas como lípidos o la lecitina de soya que se dispersan en mayor grado en la solución (Maghsoudlou *et al.*, 2016).

Los valores de L^* e índice de blancura WI para la muestra control fueron de 87.71 ± 0.01 y 81.41 ± 0.01 respectivamente, aumentando significativamente ($p < 0.05$) al aplicar ultrasonidos, los valores incrementan su luminosidad por el aumento de partículas más pequeñas dispersas generando mayor dispersión de la luz sobre las muestras (Cameron *et al.*, 2010). Este comportamiento en la luminosidad es similar al reportado por Maghsoudlou *et al.*, (2016), en una formulación de una bebida de almendra optimizada y tratada con ultrasonidos (300 W, 20 kHz de frecuencia, amplitud del 100%, tiempos de 0, 2.5 y 5 min). Los autores reportaron aumentos para L^* en un rango de 62 a 80 para los tiempos respectivos.

Se observó un efecto significativo ($p < 0.05$) en el cambio total de color en las muestras tratadas, con una variación de 1.84 a 2.62, el máximo valor obtenido se presentó en las muestras del tratamiento US100-30 en las mayores

condiciones de tratamiento, valor que indica una diferencia perceptible por el ojo humano como lo indica Carranza (2000), valores menores o igual a 1 no son perceptibles por el ojo humano y aquéllos mayores a 1 pueden distinguirse entre mayor sea su valor, aunque puede cambiar este parámetro de acuerdo espacio que se esté trabajando, el tipo de producto y las condiciones de evaluación.

Tabla III. Efecto de procesamiento preliminar con US sobre el color de bebida de almendra.

Parámetro	Tratamiento				
	Control	US100-30	US50-30	US100-15	US50-15
a*	-0.28 ± 0.01a	-0.77 ± 0.01d	-0.38 ± 0.00c	-0.54 ± 0.00b	-0.39 ± 0.00b
b*	10.18 ± 0.02a	8 ± 0.01e	8.47 ± 0.00b	8.77 ± 0.01d	8.65 ± 0.01c
L*	87.71 ± 0.01b	89.07 ± 0.01e	88.95 ± 0.005d	88.87 ± 0.01c	89.26 ± 0.01a
C*	10.18 ± 0.02a	8.04 ± 0.01e	8.48 ± 0.00b	8.79 ± 0.01d	8.66 ± 0.01c
H*	-46.91 ± 0.05d	-84.43 ± 0.076a	-87.43 ± 0.03b	-86.47 ± 0.04c	-87.41 ± 0.04c
WI	81.41 ± 0.01e	86.43 ± 0.00a	84.04 ± 0.00d	86.2 ± 0.01c	86.2 ± 0.10b
ΔE	-	2.62a	2.11c	1.84d	2.18b

Letras diferentes en el mismo renglón indican una diferencia significativa (Tukey HSD, $p < 0.05$) entre sí. US100-30: sonicación a 100% de amplitud por 30 min, US50-30: sonicación a 50% de amplitud por 30 min, US100-15: sonicación a 100% de amplitud por 15 min y US50-15: sonicación a 50% de amplitud por 15 min.

En general, para las muestras sonicadas se observó mayor homogenización y fluidez de la bebida después de tratamiento con excepción de la muestra US100-30 la cual gelatinizó, posiblemente a causa del aumento de temperatura (71 °C) activando el compuesto E418, siendo a este tratamiento en el que se obtuvo el menor valor de la nube (0.26 ± 0.034). A través del tiempo de almacenamiento, se observó una separación de fases en las muestras tratadas y control, a excepción de la muestra con tratamiento US50-30 respectiva a 50% de amplitud y 30 min de tratamiento, este efecto pudo estar relacionado con los valores de la nube y el %SST presentes en las muestras.

CONCLUSIÓN

Con mayor incremento del tiempo de tratamiento y amplitud de onda, se generó un aumento en la temperatura de la bebida de almendras, así como en el pH, el valor de la nube, los sólidos solubles totales, la luminosidad y el índice de blancura. Por el contrario, los parámetros a*, b*, C* y H* disminuyeron con el tratamiento de US y el resto de los parámetros no presentaron modificaciones. Los ultrasonidos podrían ser una alternativa como tratamiento no convencional para bebidas a base de almendra en comparación de tratamientos donde se aplica calentamiento directo.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por la beca para estudios de Maestría de E. F. Meza Plaza

BIBLIOGRAFÍA

- Aadil, R. M., Zeng, X. A., Han, Z., & Sun, D. W. (2013). Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. *Food Chemistry*, 141 (3), 3201–3206.
- Aadil, R. M., Zeng, X. A., Sun, D. W., Wang, M. S., Liu, Z. W., & Zhang, Z. H. (2015). Combined effects of sonication and pulsed electric field on selected quality parameters of grapefruit juice. *LWT - Food Science and Technology*, 62 (1), 890–893.
- Armendariz, J. (2016). *Preelaboración y conservación de los alimentos*. 2.a edición. Paraninfo S.A. Consultado el 01/10/2020 en <https://books.google.co.cr>
- Avanish, D. (2019). Global Dairy Alternatives Market is Expected to Reach USD 38.9 Billion by 2025: Fior Markets. Consultado el 01/10/2020 en <https://www.globenewswire.com>
- Awad, T. S., Moharram, H. A., Shaltout, O. E., Asker, D., & Youssef, M. M. (2012). Applications of ultrasound in analysis,

- processing and quality control of food: A review. *Food Research International*, 48(2), 410-427.
- Bhat, R., & Stammering, R. (2015). Preserving Strawberry Quality by Employing Novel Food Preservation and Processing Techniques - Recent Updates and Future Scope - An Overview. *Journal of Food Process Engineering*, 38 (6), 536-554.
- Butz, P., & Tauscher, B. (2002). Emerging technologies: Chemical aspects. *Food Research International*, 35 (2-3), 279-284.
- Cabrera-Trujillo, M. A., Sotelo-Díaz, L. I., & Quintanilla-Carvajal, M. X. (2016). Efecto de la amplitud y pulsación en ultrasonido de sonda a baja frecuencia sobre emulsiones aceite/agua. *DYNA (Colombia)*, 83(199), 63-68.
- Cameron, M., McMaster, L. D., & Britz, T. J. (2010). Impact of ultrasound on dairy spoilage microbes and milk components. *EDP Sciences/Springer*, 90 (1), 119-148.
- Carranza, J. C. (2000). Manejo de las fórmulas de diferencias de color vs. límites de aceptabilidad. Consultado el 30/09/2020 en <https://www.cenam.mx>
- Chalupa-Krebzdak, S., Long, C. J., & Bohrer, B. M. (2018). Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives. *International Dairy Journal*, 87, 84-92.
- Dhakar, S., Giusti, M. M., & Balasubramaniam, V. (2016). Effect of high-pressure processing on dispersive and aggregative properties of almond milk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(11), 3821-3830.
- Dolas, R., Saravanan, C., & Kaur, B. P. (2019). Emergence and era of ultrasonic's in fruit juice preservation: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 58, 104-609.
- Gaikwad, S. G., & Pandit, A. B. (2008). Ultrasound emulsification: Effect of ultrasonic and physicochemical properties on dispersed phase volume and droplet size. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15 (4), 554-563.
- Gelvez-Ordoñez, V. M., Campo-Vera, Y., & Villada-Castillo, D. C. (2015). Efecto del ultrasonido en las propiedades físicas de la leche entera. Universidad de Pamplona.
- Ghosh, J. S. (2019). Cronicon EC NUTRITION Mini Review A Non-Thermal Alternative to Preservation of Soluble Liquid Foods-A Short Review, 14(11).
- Guerrouj, K., Sánchez-Rubio, M., Taboada-Rodríguez, A., Cava-Roda, R. M., & Marín-Iñiesta, F. (2016). Sonication at mild temperatures enhances bioactive compounds and microbiological quality of orange juice. *Food and Bioproducts Processing*, 99, 20-28.
- Institute), (The Good Food. (2020). Plant-Based Market Overview. <https://www.gfi.org/marketresearch>
- Jiménez-Sánchez, C., Lozano-Sánchez, J., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2017). Alternatives to conventional thermal treatments in fruit-juice processing. Part 1: Techniques and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57 (3).
- Lee, H., & Feng, H. (2011). Effect of power ultrasound on food quality. *Food Engineering Series*, 559-582.
- Leighton, T. G. (2007). What is ultrasound?. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 93 (1-3), 3-83.
- Li, X., & Farid, M. (2016). A review on recent development in non-conventional food sterilization technologies. *Journal of Food Engineering*, 182, 33-45.
- Maghsoudlou, Y., Alami, M., Mashkour, M., & Shahraki, M. H. (2016a). Optimization of Ultrasound-Assisted Stabilization and Formulation of Almond Milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40 (5), 828-839.
- Manzoor, M. F., Ahmad, N., Aadil, R. M., Rahaman, A., Ahmed, Z., Rehman, A., Siddeeg, A., Zeng, X. A., & Manzoor, A. (2019). Impact of pulsed electric field on rheological, structural, and physicochemical properties of almond milk. *Journal of Food Process Engineering*, 42 (8).
- Paniwnyk, L. (2017). Applications of ultrasound in processing of liquid foods: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 38, 794-806.
- Riesz, P., & Kondo, T. (1992). Free radical formation induced by ultrasound and its biological implications. *Free Radical Biology and Medicine*, 13 (3), 247-270.
- Salve, A. R., Pegu, K., & Arya, S. S. (2019). Comparative assessment of high-intensity ultrasound and hydrodynamic cavitation processing on physico-chemical properties and microbial inactivation of peanut milk. *Ultrasonics Sonochemistry*, 59, 104728.
- Sethi, S., Tyagi, S. K., & Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 53 (9), 3408-3423).
- Tremarin, A., Brandão, T. R. S., & Silva, C. L. M. (2017). Application of ultraviolet radiation and ultrasound treatments for *Alicyclobacillus acidoterrestris* spores inactivation in apple juice. *LWT - Food Science and Technology*, 78, 138-142.