

Efecto del tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura en las propiedades fisicoquímicas, contenido de vitamina C y recuento de mohos y levaduras del mesocarpio de “zarzamora” *Rubus floribundus* Kunth (Rosaceae)

Effect of exposure time to ultrasound and temperature on the physicochemical properties, content of vitamin C and recount of mold and yeast of the “blackberry” mesocarp *Rubus floribundus* Kunth (Rosaceae)

Carla Vanessa Pérez Rodríguez

Ingeniera en Industrias Alimentarias, Universidad Privada Antenor Orrego, Av. América Sur n° 3145, Urb. Monserrate, Trujillo, PERÚ

Fredy Romel Pérez Azahuanche

Universidad Privada Antenor Orrego, Av. América Sur n° 3145, Urb. Monserrate, Trujillo, PERÚ

fpereza@upao.edu.pe



Resumen

Se evaluó el efecto de dos tiempos (30 y 45 min) de exposición al ultrasonido y dos temperaturas (25 y 40 °C) sobre la acidez titulable, el pH, el contenido de sólidos solubles, contenido de vitamina C y recuento de mohos y levaduras del mesocarpio (pulpa) de “zarzamora” *Rubus floribundus* Kunth (Rosaceae). Se aplicó ultrasonido de frecuencia 40 kHz con un equipo de ultrasonido de baño, en muestras de mesocarpio de zarzamora contenidas en frascos de vidrio. Los resultados mostraron que el tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la acidez titulable, contenido de sólidos solubles, contenido de vitamina C, recuento de mohos y levaduras; respecto al pH, sólo existió efecto significativo con el tiempo de exposición. La prueba de Duncan indicó que el tiempo de exposición de 30 min al ultrasonido y la temperatura de 40 °C mantuvieron la menor variación de la acidez titulable, el pH y el contenido de sólidos solubles; y el menor recuento de mohos y levaduras, en el mesocarpio de zarzamora. El tiempo de exposición de 30 min y 25 °C produjo la menor variación en el contenido de vitamina C. El mejor tratamiento corresponde a un tiempo de exposición de 30 min al ultrasonido y temperatura de 40 °C.

Palabras clave: ultrasonido, mesocarpio de zarzamora, vitamina C, mohos, levaduras.

Abstract

The effect of two exposure times (30 and 45 min) to ultrasound and two temperatures (25 and 40 °C) on the titratable acidity, pH, content of soluble solids, content of vitamin C, and recount of mold and yeast in “blackberry” mesocarp (pulp) *Rubus floribundus* Kunth (Rosaceae) was evaluated. A 40 kHz frequency ultrasound was applied with a bath ultrasound, in blackberry mesocarp samples contained in glass jars. The results showed that the time of exposure to ultrasound and temperature had a significant effect ($p < 0.05$) on titratable acidity, content of soluble solids, content of vitamin C, and recount of mold and yeast; regarding to pH, there was only a significant effect of the exposure time. The Duncan test indicated that the exposure time of 30 min to ultrasound and the temperature of 40 °C maintained the lowest variation of the titratable acidity, pH, content of soluble solids, and the lowest recount of mold and yeast, in blackberry mesocarp. The exposure time of 30 min and 25 °C produced the smallest variation in the content of vitamin C. The best treatment corresponds to an exposure time of 30 min to ultrasound and a temperature of 40 °C.

Keywords: ultrasound, blackberry mesocarp, vitamin C, molds, yeasts.

Citación: Pérez, C. & F. Pérez. 2019. Efecto del tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura en las propiedades fisicoquímicas, contenido de vitamina C y recuento de mohos y levaduras del mesocarpio de “zarzamora” *Rubus floribundus* Kunth (Rosaceae). *Arnaldoa* 26 (1): 297 - 304. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26113>

Introducción

Por siglos, la aplicación de tratamientos térmicos ha sido la tecnología más comúnmente utilizada para la estabilización de alimentos debido a su 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 *et al.*, 2011).

Los tratamientos físicos como el ultrasonido, entre muchos otros (pulsos eléctricos, irradiaciones, microondas, luz blanca), se convierte en una alternativa muy promisoriosa 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 procesamiento con ultrasonido se aplica a una variedad de mezclas líquidas y bebidas. Mejora la emulsificación y homogeneización con reducción del tamaño de partículas. En sistemas lácteos, incrementa la formación de crema en el proceso conocido como fraccionamiento. En los jugos de frutas se logra la retención o mejora de los parámetros de calidad al tiempo que aumentan los niveles de compuestos bioactivos. La esterilización de líquidos, con actividad microbiana, es una característica del tratamiento ultrasónico en una gama de jugos de frutas, observándose una mayor estabilidad y una disminución del deterioro en el almacenamiento (Paniwnyk, 2017).

En 2014, según la FAO (2017), Irán lideró con 313 880 t en producción de bayas de *Rubus* en todo el mundo, seguido por México con 152 922 y Vietnam con 136 529 t, en tanto que en 2016, se produjeron 110 453 t de blackberries en Colombia (Agronet, 2017). Estos indicadores demuestran la gran importancia que producir estas especies vegetales, cuyos frutos tienen demanda en los mercados internacionales debido a su sabor, color y sus propiedades terapéuticas.

El Perú posee una gran biodiversidad de especies vegetales y frutos nativos, la mayoría de ellos no industrializados, constituyéndose en fuentes alternativos a los frutos comercializados internacionalmente (Leiva *et al.*, 2008).

La “zarzamora” *Rubus floribundus* Kunth es una especie nativa del Perú (Fig. 1) y tiene diversos usos medicinales: para tratar resfríos, ira, dolor de cuerpo, susto, tos, colesterol, bronquitis, garganta seca y diabetes (Bussmann & Sharon, 2007). Su fruto es comestible, dulce y es una fuente de compuestos fenólicos, cuya capacidad

antioxidante sugiere que su consumo puede desempeñar un papel importante en la atenuación del daño ocasionado por los radicales libres en ciertas situaciones patológicas (Mártínez *et al.*, 2011).

Existen pocos trabajos relacionados a la conservación de frutos nativos con ultrasonido en nuestro país y en especial con la “zarzamora” *Rubus floribundus* Kunth.

El principal objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos tiempos (30 y 45 min) de exposición al ultrasonido, a 40 kHz, y dos temperaturas (25 y 40 °C) sobre la acidez titulable, el pH, el contenido de sólidos solubles, contenido de vitamina C y recuento de mohos y levaduras del mesocarpio (pulpa) de “zarzamora” *Rubus floribundus* Kunth (Solanaceae). Así mismo, determinar el mejor tratamiento que produzca una menor variación de acidez titulable, el pH, el contenido de sólidos solubles, contenido de vitamina C y menor recuento de mohos y levaduras.

Material y métodos

Material

La “zarzamora” *Rubus floribundus* Kunth fue procedente del cerro Santa Apolonia de Llacanora (Cajamarca) y adquiridos en el Mercado Santo Domingo de Trujillo. Un ejemplar de esta especie se encuentra registrado en el Herbario de la Universidad Privada Antenor Orrego-Trujillo-Perú (HAO, 1155). Los reactivos usados fueron de grado analítico.

Preparación de la pulpa de “zarzamora”

Los frutos de “zarzamora” en estado de madurez (color rojo o morado), frescas y sin deterioro físico, se lavaron con hipoclorito de sodio 5 ppm, luego enjuagados con

agua potable. Con una licuadora y colador (malla18) se obtuvo la pulpa separada de los residuos. La pulpa, 40 g, fue envasada en frascos de vidrio de 100mL para su tratamiento respectivo.

Tratamiento con ultrasonido

Las muestras envasadas se sometieron de manera independiente a tratamientos con ultrasonido en un baño de limpieza por ultrasonido (Branson Modelo 5800 serie CPXH), a una frecuencia de 40 kHz durante 30 y 45 min a 25 y 40 °C. Una vez concluido el tratamiento, las muestras se retiraron del baño de ultrasonido y fueron analizadas para determinar contenido de vitamina C, acidez titulable, pH, el contenido de sólidos solubles y recuento de mohos y levaduras. Una muestra de pulpa de zarzamora no tratada se retuvo de manera similar y se usó como control (no sonicada).

Determinación de acidez titulable

Método volumétrico. AOAC (2002) 942.15. El resultado fue expresado en % de ácido isocítrico (ácido mayoritario).

Determinación del pH

Método potenciométrico NMX-F-534-(1992).

Determinación de contenido de sólidos solubles

Método refractómetro. AOAC (2002) 983.17, con un refractómetro tipo Atago N-2E.

Determinación de vitamina C

Se determinó mediante el método volumétrico yodometría (Hernández & Pineda, 2003).

Análisis de mohos y levaduras

Según la norma ISO 7954. (Resolución

7992 de 1991. Ministerio de Salud).

Análisis estadístico

Se utilizó el software especializado Statistical Package for the Social Science (SPSS) versión 22. La investigación corresponde a un arreglo factorial 2*2, con 4 repeticiones. La prueba de Levene se usó para evaluar la homogeneidad de varianzas, seguido del análisis de varianzas, finalmente la prueba de comparaciones múltiples de Duncan para determinar el mejor tratamiento, todas a un nivel de confianza del 95%.

Resultados y discusión

Efecto en la acidez titulable

En la Tabla 1 se muestra la variación de la acidez titulable de la pulpa de “zarzamora” con exposición al ultrasonido y la temperatura, inicialmente el valor baja y luego sube al incrementar el tiempo de exposición y temperatura, alcanzando el valor de la muestra inicial. El análisis de varianzas determinó que existió efecto significativo ($p < 0.05$) del tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura sobre la acidez titulable en pulpa de “zarzamora”. Estos resultados concuerdan con Porras *et al.* (2011), quienes sometieron a muestras de pulpa de “mango” (*Mangifera indica* L.) a ondas de ultrasonido de frecuencias (25 - 45 kHz) y tiempos (15, 30, 45 y 60min) y encontraron que la frecuencia de operación y el tiempo de exposición al ultrasonido, tuvieron un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre la acidez titulable y otras propiedades estudiadas. La explicación de la variación observada de la acidez titulable es por el efecto amortiguador que ejercen los componentes presentes en el jugo de la fruta, los cuales equilibran el contenido de ácidos titulables en el jugo (Cheng *et al.*, 2007).

Efecto en el pH

En la Tabla 1 se presenta la variación del pH en la pulpa de “zarzamora” con exposición al ultrasonido y la temperatura, mostrando que a una misma temperatura el valor se incrementa con el tiempo de exposición al ultrasonido, desde 1.14 a 1.52. El análisis de varianza determinó que sólo el tiempo de exposición muestra efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el pH en pulpa de “zarzamora”. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Zou & Jiang (2016), quienes evaluaron el efecto del tratamiento de ultrasonido en jugo de “zanahoria” con un baño ultrasónico de 40 KHz y tiempos de exposición de 0, 20, 40 y 60 min. Los resultados mostraron un valor de pH de 5,21 (20 min) y aumentó hasta llegar al valor de 5,25 (60 min). El incremento del pH con el tiempo de

exposición al ultrasonido es explicado por Hiraoka *et al.* (2005), quienes estudiaron la formación de radicales libres a consecuencia de irradiaciones ultrasónicas y demostró la aparición de radicales libres desde el primer minuto de sonicación; también encontró que a los 5 min de irradiación es cuando se alcanza la mayor formación de radicales hidroxilo (OH⁻). Esto explica el incremento del pH después de los 5 min de sonicación.

Efecto en el contenido de sólidos solubles

En la Tabla 1 se presenta la variación del contenido de sólidos solubles en la pulpa de “zarzamora”, mostrando que se incrementan al aumentar el tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura. Los valores aumentaron de 6.00 a 7.00 °Brix.

Tabla 1. Efecto del tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura en la acidez titulable, pH, sólidos solubles, contenido de vitamina C y recuentos de mohos y levaduras de la pulpa del fruto de “zarzamora”

Tiempo de exposición con US (min)	Temperatura (°C)	Acidez titulable (%) [*]	pH	Sólidos solubles (°Brix)	Contenido de vitamina C (ppm)	Recuentos de mohos u.f.c./g	Recuentos de levaduras u.f.c./g
0	25	2.68 ^b	1.17 ^{ab}	6.50 ^b	267.00 ^d	88 ^d	90 ^d
30	25	2.29 ^a	1.35 ^{bcd}	6.50 ^b	217.25 ^b	20 ^c	10 ^b
45	25	2.36 ^a	1.52 ^d	7.00 ^c	208.25 ^b	0 ^a	0 ^a
0	40	2.66 ^b	1.14 ^a	6.00 ^a	242.00 ^c	88 ^d	88 ^c
30	40	2.68 ^b	1.29 ^{abc}	6.75 ^{bc}	169.50 ^a	10 ^b	10 ^b
45	40	2.68 ^b	1.37 ^{cd}	6.50 ^b	169.50 ^a	0 ^a	0 ^a

Los valores con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

* El % de acidez titulable está referido al ácido isocítrico

El análisis de varianza determinó que existió efecto significativo ($p < 0.05$) del tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura sobre el contenido de sólidos solubles en la pulpa de “zarzamora”. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Perdomo & Pérez (2016), quienes evaluaron el efecto del ultrasonido en pulpa de “mango” (*Mangifera indica* L.) var. *edward*, empleando un baño de ultrasonido con frecuencia de 40 kHz, tiempos de exposición (0, 15, 30, 45 y 60 min). Los resultados mostraron que los sólidos solubles se incrementaron en 18,11% a un tiempo de exposición de 60 min. El aumento de sólidos solubles podría atribuirse a que la implosión de las microburbujas, generadas por el ultrasonido, destruye los tejidos de las paredes celulares, permitiendo un mayor ingreso de agua y sólidos solubles en las membranas celulares (Zou *et al.*, 2010).

Efecto en el contenido de vitamina C

En la Tabla 1 se presenta la variación del contenido de vitamina C (ácido ascórbico) de la pulpa de “zarzamora”, con exposición al ultrasonido y la temperatura; se observa que a mayor tiempo y temperatura el contenido de vitamina C disminuyó de 267 a 169.5 ppm. El análisis de varianza determinó que existió efecto significativo ($p < 0.05$) del tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura sobre el contenido de vitamina C en la pulpa de “zarzamora”. Resultados similares fueron encontrados por Ordoñez *et al.* (2017), quienes trataron muestras de jugo de “aguaymanto” (*Physalis peruviana* L.) con ultrasonido, en un sistema de baño ultrasónico, con una frecuencia de 42 kHz, a $30 (\pm 2) ^\circ \text{C}$, con tiempos de exposición de 10, 20 y 40 min. Se encontró una disminución significativa en el porcentaje de ácido ascórbico en

comparación con la muestra control, al incrementar el tiempo de exposición, 10 minutos (25,45%), 20 minutos (56,50%) y cuarenta minutos (78,81%). La pérdida de vitamina C durante el tratamiento con ultrasonido se atribuye a la formación de microcanales durante la cavitación que facilitan el transporte de constituyentes de los alimentos, especialmente nutrientes solubles y la penetración de oxígeno, el cual es considerado uno de los factores más importantes en la degradación de la vitamina C (Gamboa *et al.*, 2014).

Efecto en el recuento de mohos y levaduras

En la Tabla 1 se presentan las variaciones del recuento de mohos y levaduras en la pulpa de zarzamora con exposición al ultrasonido y la temperatura, mostrando que a mayor tiempo y temperatura el recuento de mohos disminuyó a 0 ufc/g. El análisis de varianza determinó que existió efecto significativo ($p < 0.05$) del tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura sobre el recuento de mohos y levaduras en la pulpa de “zarzamora”. Resultados similares encontraron Zou & Jiang (2016), quienes evaluaron el efecto del tratamiento de ultrasonido en jugo de “zanahoria” con un baño ultrasónico de 40 KHz y tiempos de exposición de 0, 20, 40 y 60 min. Encontraron que el tratamiento con ultrasonido causó reducciones significativas ($p < 0.05$) en el recuento total de mohos y levaduras de todas las muestras sometidas a ultrasonidos a 20, 40 y 60 min en comparación con la no tratada. La inactivación microbiana por el ultrasonido se explica mediante los fenómenos de cavitación que causan cambios en la presión. La 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 & Soysal, 2013).

Conclusiones

Existió efecto significativo del tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura sobre la acidez titulable, contenido de sólidos solubles, contenido de vitamina C, recuento de mohos y levaduras, en el mesocarpio (pulpa) de “zarzamora” *Rubus floribundus* Kunth (Rosaceae). Respecto al pH, sólo existió efecto significativo con el tiempo de exposición al ultrasonido.

El tiempo de exposición al ultrasonido de 30 min y la temperatura de 40 °C mantienen una menor variación de la acidez titulable, el pH, el contenido de sólidos solubles y menor recuento de mohos y levaduras, en el mesocarpio (pulpa) de “zarzamora” *Rubus floribundus* Kunth (Solanaceae). Respecto al contenido de vitamina C, el tiempo de exposición de 30 min y 25 °C produce la menor variación.

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. José González Cabeza - Jefe del Centro de Investigación de la UPAO, por haber permitido el uso del equipo de baño de ultrasonido en el Laboratorio de Investigación Multidisciplinaria (LABINM) y el material de laboratorio para realizar los análisis volumétricos.

Contribución de los autores

C.P.: colección de muestra, desarrollo experimental, interpretación de resultados, redacción del manuscrito. F.P.: concepción, diseño experimental, análisis de resultados estadísticos, redacción del manuscrito. Los

autores hemos leído el manuscrito final y autorizamos su publicación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Literatura citada

- Agronet.** 2017. Estadísticas. Recuperado de: <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>
- AOAC.** 2002. Official methods of analysis of AOAC International. 16ava. Edition. Association of Official Analytical, Washington DC.
- Bussmann R. & D. Sharon.** 2007. Plants of the tour winds- The magic and medicinal flora of Peru. Editorial Graficart, Trujillo-Perú.
- Cheng, L. H.; C. Y. Soh; S. C. Liew & F. F. The.** 2007. Effects of sonication and carbonation on guava juice quality. Food Chemistry, 104, 1396–1401.
- FAO.** 2017. Food and Agriculture Organization. Faostat. Recuperado de: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Gamboa, J.; A. Montilla; A. Cortijo; J. A. Carcel; J. V. García & M. Villamiel.** 2014. Impact of power ultrasound on chemical and physicochemical quality indicators of strawberries dried by convection. Food Chemistry, 161:40-46.
- Gómez, J. & A. López.** 2009. Aplicaciones del ultrasonido en el tratamiento de alimentos. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos. Universidad de las Américas Puebla. Puebla, México.
- 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. 1-5.
- Hernández, R. E. & R. C. Pineda.** 2003. Estudio comparativo de la cuantificación del ácido ascórbico (Vitamina C) en jugo de naranja utilizando el metodo de titulacion yodometrica a microescala y yodimetrica a macroescala. Recuperado de: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5680/1/10126089.pdf>
- Hiraoka, W.; H. Honda; L. Feril; N. Kudo & T. Kondo.** 2005. Comparison between sonodynamic effect and photodynamic effect with photosensitizers on free radical formation and cell killing. Ultrasonics Sonochemistry, 6: 1-8.

- Leiva, S.; M. Zapata; G. Gayoso; P. Lezama & V. Leyva.** 2008. Algunos frutales silvestres de solanáceas endémicas del Perú. *Arnaldoa*, 15(1): 153 – 163.
- Martínez, N.; K. Arévalo; M. Verde; C. Rivas; A. Oranday; A. Núñez & E. Morales.** 2011. Antocianinas y actividad antoradicales libres de *Rubus adenotrichus* Schldtl (“zarzamora”). *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 42(04): 66-71. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcf/v42n4/v42n4a7.pdf>
- Ordóñez, L. E.; J. Martínez & M. E. Arias.** 2017. Effect of ultrasound treatment on visual color, vitamin C, total phenols, and carotenoids content in cape gooseberry juice. *Food Chemistry*. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.114>
- Paniwnyk, L.** 2017. Applications of ultrasound in processing of liquid foods. *Ultrasonics Sonochemistry*, 38:794-806.
- Perdomo, V. & Pérez.** 2016. 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. *Pueblo Continente*, 27(2): 385-396.
- 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. *Alimentos hoy*, 20 (23).
- Sahin, S. y Soysal, C.** 2013. Use of ultrasound in food preservation. *Natural Science*, 5(8A2): 5–13.
- Zou, Y. y Jiang, A.** 2016. Effect of ultrasound treatment on quality and microbial load of carrot juice. *Food Science and Technology. Food Sci. Technol, Campinas*, 36(1): 111-115.
- Zou, Y., Xie, C., Fan, G., Gu, Z., & Han, Y.** 2010. Optimization of ultrasound-assisted extraction of melanin from *Auricularia auricula* fruit bodies. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(4), 611-615. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2010.07.002>.