

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE HIGO VAR. KADOTA: APLICACIÓN DE ALTAS PRESIONES HIDROSTÁTICAS A DIFERENTES TIEMPOS Y TEMPERATURAS.

Moreno-Astorga, J.J.^{a*}, Meza-Velázquez, J.A.^a, Rouzaud-Sandez, O.^c, Aguilera-Ortiz M.^a, Minjares-Fuentes, R.^b, Femenia, A.^b, Candelas-Cadillo, M.G.^a

a Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Artículo 123 s/n Fracc Filadelfia, 35010, Gómez Palacio, Durango, México.

b Department of Chemistry. University of the Balearic Islands. Ctra Valldemossa Km 7.5, 07122, Palma de Mallorca. Spain. *e-mail: el_josu_a@hotmail.com

RESUMEN

El efecto del procesamiento con altas presiones hidrostáticas (APH), a diferentes tiempos y temperaturas, sobre las propiedades fisicoquímicas del Higo var *Kadota* fue estudiado. El higo fue sometido una presión hidrostática de 350 MPa durante 0, 5, 10 y 20 minutos y a dos temperaturas diferentes a 20 °C y 40 °C. Los parámetros de color L, °Hue y Chroma, así como el contenido de sólidos solubles y la acidez titulable fueron las principales propiedades fisicoquímicas analizadas. Los parámetros de color de las muestras tratadas a 40 °C fueron significativamente más altos que los valores observados con las muestras tratadas a 20 °C. Por otra parte, valores entre el 5% y 12% de sólidos solubles fueron observados en las muestras tratadas con APH a 40 °C mientras que en las muestras tratadas a 20 °C los sólidos solubles oscilaron entre 11% y 12%. Asimismo, valores entre 0.3 y 0.5 mili equivalentes de ácido málico fueron observados en la acidez de las muestras tratadas a 20 °C mientras que las muestras que fueron tratadas a 40 °C alcanzaron valores entre 0.2 y 0.6 mili equivalentes de ácido málico.

ABSTRACT

The effect of high hydrostatic pressure (HHP) processing, at different times and temperatures, on the physicochemical properties of figs var *Kadota* was studied. A hydrostatic pressure of 350 MPa for 0, 5, 10 and 20 minutes at two different temperatures at 20 °C and 40 °C was applied on Figs. Color parameters L, ° Hue and Chroma, and the content of soluble solids and titratable acidity were the main physicochemical properties analyzed. The color parameters of the samples treated at 40 °C were significantly higher than values observed in the samples treated at 20 °C. Moreover, values between 5% and 12% of soluble solids were observed in the samples treated with HHP at 40 °C while the soluble solids in the sample treated at 20 °C, ranged between 11% and 12%. Also, values between 0.3 and 0.5 milliequivalents of malic acid were observed in the acidity of the samples treated at 20 °C while values of 0.2 to 0.6 milli equivalents of malic acid were reached in the samples treated at 40 °C.

Palabras clave: *Ficus carica*, Alta Presión Hidrostática, Propiedades Fisicoquímicas

Área: Frutas y Hortalizas.

INTRODUCCIÓN

El higo (*Ficus carica* L.) es un árbol nativo del suroeste de Asia y la región del Mediterráneo oriental que pertenece a la familia *Moracea*. Los frutos de higo son consumidos generalmente frescos, o bien, deshidratados o en conserva. Diversos estudios sobre la composición nutrimental de higos han mostrado una elevada

calidad nutrimental, siendo una fuente importante de fibra dietética, compuestos antioxidantes, vitaminas y minerales (Solomon et al., 2006; Vinson, 1999; Vinson et al., 2005). No obstante, los frutos frescos son altamente perecederos, lo cual conlleva a la aplicación de diferentes tecnologías como la deshidratación con aire caliente en el caso de productos secos y la esterilización en el caso de conservas. Hoy en día, se sabe que la aplicación de altas temperaturas, superiores a 60 °C, promueve la degradación de las propiedades organolépticas de los alimentos. Sin embargo, con el fin de minimizar dicha degradación, tanto las industrias como los tecnólogos en alimentos se han dado a la tarea de buscar de nuevas tecnologías para el procesamiento de alimentos (Norton and Sun, 2008; Toepfl et al., 2006). Actualmente, diversas tecnologías emergentes que no emplean elevadas temperaturas de proceso, han demostrado ser una alternativa a los procesos térmicos convencionales. La aplicación de altas presiones hidrostáticas (APH) es una tecnología emergente, novedosa y, sobretodo, respetuosa con el medio ambiente, que ha sido estudiada ampliamente en la última década (Basak and Ramaswamy, 1998; Norton and Sun, 2008; Oey et al., 2008; Rastogi et al., 2007; Toepfl et al., 2006). Previos estudios han demostrado que el procesamiento con APH es una tecnología eficaz para aumentar la seguridad y prolongar la vida útil de diversos alimentos (Norton and Sun, 2008; Suthanthangjai et al., 2005; Zhang et al., 2012). Además, las APH son capaces de modificar las propiedades fisicoquímicas de diversas matrices de alimentarias, así como para producir productos con una elevada calidad nutrimental (Błaszczak et al., 2007; Chan et al., 2011). Hoy en día, una amplia gama de productos alimenticios, tales como los jugos y puré de frutas, productos cárnicos y productos del mar han sido comercializados con éxito (Okpala et al., 2010).

Con base en esto, el principal objetivo de este trabajo fue el de evaluar las propiedades fisicoquímicas de pasta de higo var. *Kadota*, tratada con altas presiones hidrostáticas en diferentes condiciones de temperatura y tiempo de proceso. Los resultados obtenidos de este estudio podrían aportar, a los productores de higo, una alternativa tecnológica sostenible y económicamente más eficiente, que las actualmente utilizadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima. Los frutos de higo var. *Kadota*, fueron usados como materia prima. Los higos fueron previamente lavados con agua destilada y aquellos frutos libres de daño físico fueron seleccionados. Posteriormente, los frutos enteros y con piel, fueron triturados y homogeneizados en una licuadora industrial Internacional LI-5 hasta formar una pasta. Aproximadamente 200 g de la pasta obtenida fueron empacados al vacío, en bolsas de polietileno, y almacenadas a 4 °C hasta su procesamiento.

Tratamiento con altas presiones hidrostáticas. Una prensa isostática de nivel laboratorio Avure Autoclave System (Avure Technologies Inc. Franklin, TN. USA) fue utilizada para realizar los experimentos de altas presiones hidrostáticas (APH). Las muestras fueron distribuidas aleatoriamente en 10 tratamientos con 4 replicas cada tratamiento. Los tratamientos fueron llevados a cabo mediante dos temperaturas (20 y 40 °C) a 4 diferentes tiempos de proceso (0, 5, 10, 20 min) a una

presión constante de 350 MPa. La temperatura de proceso fue controlada mediante recirculación de agua a 4 °C. Una muestra que no fue tratada con APH fue usada como control. Las muestras procesadas fueron almacenadas bajo congelación a -20 °C hasta su posterior análisis.

Color. Los parámetros de color L , $^{\circ}Hue$ y $Chroma$ fueron utilizados como los principales parámetros de calidad de las muestras procesadas de higo. Los diferentes parámetros de color fueron obtenidos mediante un colorímetro Minolta CR300. Los valores de L fueron obtenidos directamente de 3 lecturas realizadas sobre la superficie de la muestras mientras que el valor del ángulo $^{\circ}Hue$ fue obtenido mediante la siguiente ecuación.

$$^{\circ}Hue = \arctan\left(\frac{a^*}{b^*}\right)$$

Así mismo, el parámetro $Chroma$ fue calculado de acuerdo a la ecuación:

$$Chroma = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$$

Contenido de sólidos solubles. Aproximadamente 2 g de muestras de pasta de higo fueron diluidos en 1 mL de agua destilada. El contenido de sólidos solubles fue determinado mediante un refractómetro digital American Optical 10450. Cada solución fue leída por triplicado. El contenido de sólidos solubles fue expresado en porcentaje de sólidos solubles.

Acidez titulable. La acidez titulable de las diferentes muestras de higo procesado con APH se llevo a cabo de acuerdo con el método oficial de la AOAC (AOAC, 2006). Aproximadamente 2 g de muestra fueron solubilizados con 15 mL. La solución fue valorada con una solución normalizada 0.1N de NaOH. Cada valoración fue realizada por triplicado. La acidez fue expresada como mili equivalentes de ácido málico por g de muestra fresca.

Análisis estadístico. Un ANOVA de dos vías fue utilizado para realizar el análisis estadístico de los tratamientos con APH. Adicionalmente, la prueba de *Diferencia Mínima Significativa (DMS)* de Fisher, con un nivel de significancia $\alpha=0.05$, fue utilizada para comparar las medias de cada uno de los tratamientos. El análisis estadístico fue llevado a cabo mediante el programa estadístico Statistica (Statsoft versión 7.0, EE.UU.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Color. Los resultados de los diferentes parámetros de color analizados en las muestras de higo tratado con APH en diferentes condiciones de tiempo y temperatura se observan en la Tabla III. En esta tabla podemos observar que los valores de L de las muestras tratadas a 40 °C son ligeramente superiores a los valores observados en las muestras tratadas a 20 °C. Asimismo, este mismo comportamiento se puede observar en los valores obtenidos para el $^{\circ}Hue$, oscilando entre 76 y 78 en las muestras tratadas a 20 °C y con APH, mientras que en las muestras tratadas con APH a 40 °C oscilaron entre 27 y 80. Adicionalmente, los valores del parámetro $Chroma$ de las muestras a 20 °C oscilaron entre 7 y 9, mientras que valores entre 8 y 11 fueron observados en las muestras tratadas a 350 MPa y 40 °C.

Tabla III. Parámetros de color de las diferentes muestras de higo var. Kadota tratados con APH.

Tiempo	L		°Hue		Chroma	
	20°C	40°C	20°C	40°C	20°C	40°C
Control	26.20	28.49	25.69	26.78	9.03	10.03
0	21.45	23.08	78.04	80.78	7.67	9.92
5	24.74	24.35	77.67	27.89	9.07	11.08
10	19.89	27.36	77.64	80.66	8.96	9.76
20	23.44	23.16	76.91	76.92	9.01	8.46

Por el contrario, estudios realizados por Liu et al. (2014) reportaron que los valores L de pulpa de mango procesado con APH, permanecían constantes cuando eran procesados a 600 MPa y a dos temperaturas de proceso, 4 °C y 25 °C.

Sólidos solubles. La Figura 6 muestra los resultados del contenido de sólidos solubles de las muestras de higo tratado con APH en diferentes condiciones de tiempo y temperatura. Se puede observar claramente que el contenido de sólidos solubles decrece significativamente, desde un 12 % hasta un 5 %, cuando el tiempo de proceso aumenta, desde 0 hasta 20 minutos, en higos que fueron tratados a una temperatura de 40 °C y con APH. Por otra parte, el contenido de sólidos solubles no mostró cambios significativos, observándose valores entre 11 % y 12 %, en higos que fueron tratados a 20 °C.

Este resultado es similar a lo expuesto por Varela-Santos et al. (2012) quien observó que el contenido de sólidos solubles se mantenía constante en jugo de granada cuando era tratado a 300, 450 y 600 MPa durante 30, 90 y 150 segundos y a 4 °C.

Acidez titulable. Los valores de acidez titulable de las muestras de higo tratado con APH en diferentes condiciones de tiempo y temperatura se observan en la Figura 7. Se puede observar que el tiempo de proceso tiene un mayor efecto sobre la acidez titulable que la temperatura. A los 5 minutos se obtuvo la acidez más baja con un valor de ~0,3 miliequivalentes de ácido málico por cada g de muestra, en la muestra tratada a 20 °C mientras que la muestra tratada a 40 °C alcanzó un valor de ~0,6 miliequivalentes de ácido málico por cada g de muestra.

Por el contrario, Varela-Santos et al. (2012), observaron que el jugo de granada tratado a 300, 450 y 600 MPa de APH durante 30, 90, y 150 segundos a 4 °C no mostraba cambios significativos en la acidez titulable.

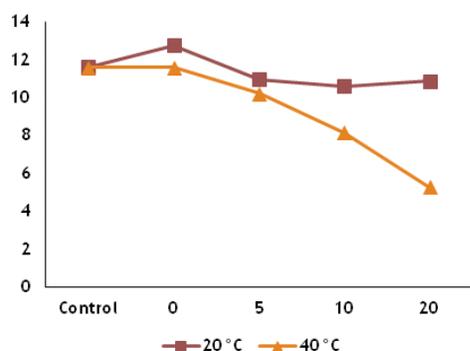


Figura 6. Contenido de sólidos solubles de muestras de higo var. Kadota tratados con APH, expresados en porcentaje (%).

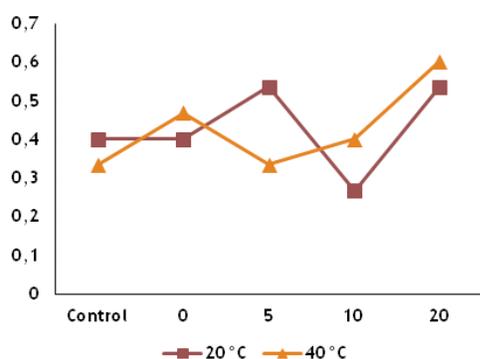


Figura 7. Valores de acidez titulable de las muestras de higo var. Kadota tratados con APH, expresados como mili equivalentes de ácido málico.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC, 2006. Acidity (Titratable) of Fruit Products. 942.15 16th ed. ed. Association of Official Analytical Communities Maryland: Adobe Software and E-DOC/CJS.
- Basak, S., Ramaswamy, H.S., 1998. Effect of high pressure processing on the texture of selected fruits and vegetables. *Journal of Texture Studies* 29: 587-601.
- Błaszczak, W., Doblado, R., Frias, J., Vidal-Valverde, C., Sadowska, J., Fornal, J., 2007. Microstructural and biochemical changes in raw and germinated cowpea seeds upon high-pressure treatment. *Food Research International* 40: 415-423.
- Chan, J.T.Y., Omana, D.A., Betti, M., 2011. Application of high pressure processing to improve the functional properties of pale, soft, and exudative (PSE)-like turkey meat. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 12: 216-225.
- Liu, F., Wang, Y., Li, R., Bi, X., Liao, X., 2014. Effects of high hydrostatic pressure and high temperature short time on antioxidant activity, antioxidant compounds and color of mango nectars. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 21: 35-43.
- Norton, T., Sun, D.-W., 2008. Recent Advances in the Use of High Pressure as an Effective Processing Technique in the Food Industry. *Food and Bioprocess Technology* 1: 2-34.

- Oey, I., Van der Plancken, I., Van Loey, A., Hendrickx, M., 2008. Does high pressure processing influence nutritional aspects of plant based food systems? *Trends in Food Science & Technology* 19: 300-308.
- Okpala, C.O.R., Piggott, J.R., Schaschke, C.J., 2010. Influence of high-pressure processing (HPP) on physico-chemical properties of fresh cheese. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 11: 61-67.
- Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Balasubramaniam, V.M., Niranjana, K., Knorr, D., 2007. Opportunities and Challenges in High Pressure Processing of Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 47: 69-112.
- Solomon, A., Golubowicz, S., Yablłowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M., Gottlieb, H.E., Altman, A., Kerem, Z., Flaishman, M.A., 2006. Antioxidant Activities and Anthocyanin Content of Fresh Fruits of Common Fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 7717-7723.
- Suthanthangjai, W., Kajda, P., Zabetakis, I., 2005. The effect of high hydrostatic pressure on the anthocyanins of raspberry (*Rubus idaeus*). *Food Chemistry* 90: 193-197.
- Toepfl, S., Mathys, A., Heinz, V., Knorr, D., 2006. Review: Potential of High Hydrostatic Pressure and Pulsed Electric Fields for Energy Efficient and Environmentally Friendly Food Processing. *Food Reviews International* 22: 405-423.
- Varela-Santos, E., Ochoa-Martinez, A., Tabilo-Munizaga, G., Reyes, J.E., Pérez-Won, M., Briones-Labarca, V., Morales-Castro, J., 2012. Effect of high hydrostatic pressure (HHP) processing on physicochemical properties, bioactive compounds and shelf-life of pomegranate juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 13: 13-22.
- Vinson, J.A., 1999. The Functional Food: properties of Figs. *Cereal Foods World* 44: 82-87.
- Vinson, J.A., Zubik, L., Bose, P., Samman, N., Proch, J., 2005. Dried Fruits: Excellent in Vitro and in Vivo Antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition* 24: 44-50.
- Zhang, F., Dong, P., Feng, L., Chen, F., Wu, J., Liao, X., Hu, X., 2012. Textural Changes of Yellow Peach in Pouches Processed by High Hydrostatic Pressure and Thermal Processing During Storage. *Food and Bioprocess Technology* 5: 3170-3180.