

TRATAMIENTOS HIDROTÉRMICOS ASISTIDOS CON MICROONDAS PARA MANZANA GOLDEN NACIONAL

G. del R. Santoyo Haro, A. Cerón García, J.A. Gómez Salazar, M.E. Sosa Morales

Departamento de Alimentos, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Carretera Irapuato-Silao km 9, Ex Hacienda el Copal, C.P. 36000, Irapuato, Guanajuato, México.
Categoría Licenciatura. *chiosantoyoharo@hotmail.com, **msosa@ugto.mx

RESUMEN:

La manzana es un fruto de alto consumo a nivel mundial. En México, Chihuahua es el principal estado productor de manzanas, con 80% del total de la producción nacional, susceptible a deterioro poscosecha. Los tratamientos térmicos pueden utilizarse como una alternativa para el control de insectos y mohos poscosecha en productos perecederos, como frutas frescas, verduras, bulbos y flores cortadas. Por lo tanto, se desarrollaron y aplicaron tratamientos hidrotérmicos asistidos con microondas en manzana (*Malus domestica*), variedad Golden Nacional con el fin de evitar el decaimiento por mohos en el fruto. Cuatro manzanas (alrededor de 500 g de manzanas sumergidas en 2000 g de agua) fueron tratadas en un horno de microondas a potencias de 50% (230W), 80% (430 W) y 100% (560 W). Adicionalmente, un lote de manzanas fue dejado sin tratamiento como testigo. Las manzanas fueron calentadas hasta alcanzar los 55°C, temperatura de muerte del hongo *Penicillium expansum*. Después del calentamiento, las manzanas fueron enfriadas en agua a 4°C. Con base en los resultados de acidez titulable, pH, °Brix, color y determinación de fenólicos totales, el tratamiento más adecuado es el realizado a 560 W conservando las frutas por más de 15 días a temperatura ambiente.

ABSTRACT:

The apple is a fruit of high consume around the world. In Mexico, Chihuahua state is the main producer of apples, with 80% of the national production, susceptible to postharvest decay. Heat treatments can be used as an alternative to control postharvest insects and molds for perishable products, as fresh fruits, vegetables, bulbs and cut flowers. Then, hydrothermal microwave-assisted treatments were developed and applied in apple (*Malus domestica*), in order to prevent mold decay of the fruit. Four apples (around 500 g apple immersed in 2000 g of water) were treated in a microwave oven at 50% (230 W), 80% (430 W) and 100% (560 W) of the nominal power. In addition, a batch of apples was left untreated as a control. Apples were heated till reach the target temperature of 55°C; this value has been reported as death temperature of *Penicillium expansum*. After heating, the apples were cooled in water at 4°C. Based on the results of titratable acidity, pH, °Brix, color and total phenolic determinations, the most appropriate treatment is the performed at 560 W, preserving the fruits for more than 15 days at room temperature.

Palabras clave: microondas, tratamiento hidrotérmico, poscosecha.

Keywords: decay, hydrothermal treatment, microwave, postharvest.

Área: Frutas y hortalizas.

INTRODUCCIÓN

La manzana (*Malus domestica*) es un futo consumido ampliamente en todo el mundo, se sabe de su existencia desde hace más de 2000 años. En México, Chihuahua es el

principal estado productor de manzanas, con 80% del total, seguido por Durango con 8%, Coahuila y Puebla con 4% cada uno, Veracruz con 1% y las demás entidades con 3% restante, produciendo 716, 864.85 toneladas/año a nivel nacional (SIAP, 2014). Desde el momento en que el alimento se cosecha comienza a pasar por una serie de etapas de deterioro, la cual puede ser muy lenta, como en el caso de las semillas o las nueces, o puede ser tan rápida que vuelve prácticamente inutilizable a un alimento en pocas horas. Para disminuir la dependencia al control químico de plagas y mohos fitopatógenos, se están desarrollando métodos alternativos de control poscosecha, como lo son los tratamientos térmicos, que se pueden utilizar para el control de insectos poscosecha para productos perecederos, como frutas frescas, verduras, bulbos y flores cortadas (Hallman, 2000).

Estos tratamientos térmicos también han sido eficaces en el control de mohos fitopatógenos, que son las principales causas del deterioro poscosecha. Tratamientos térmicos de pre-almacenamiento para controlar el desarrollo de la descomposición durante el período de almacenamiento y comercialización, se aplican a menudo por un tiempo relativamente corto, debido a que los agentes causantes de deterioro se encuentran en la superficie o en las primeras capas de células debajo de la piel de los productos frescos. Los tratamientos térmicos contra mohos fitopatógenos pueden ser aplicados a los productos recién cosechados de varias maneras: por el calor del vapor, aire caliente y seco, o lavado con agua caliente y cepillado.

Durante muchas décadas, ya sea la exclusión de regulación simple o fumigación con un compuesto tóxico (por ejemplo, bromuro de etileno, bromuro de metilo, cianuro de hidrógeno) fueron los principales métodos para el control fitosanitario de cualquier producto considerado como huésped para una o más plagas cuarentenarias. El tratamiento que usa vapor, se desarrolló para el control de mosca mediterránea de la fruta (*Ceratitis capitata* Wiedemann). Este tratamiento consiste en calentar el fruto huésped moviendo aire caliente saturado con vapor de agua sobre la superficie de la fruta. El calor se transfiere desde el aire a la materia prima por condensación del vapor de agua (calor de condensación) en las superficies relativamente frías de la fruta que se está tratando.

La fruta se puede calentar gradualmente con el tiempo, o ser mantenida durante un tiempo determinado (tiempo de retención) requerida para matar a todos los insectos (Armstrong, 1994). Recientemente, se han propuesto tratamientos con radiofrecuencia y microondas para controlar insectos y plagas en frutos frescos, como manzanas (Wang et al., 2006), mangos (Sosa-Morales et al., 2009), y mamey (Elías-González et al., 2016). El objetivo de este proyecto fue desarrollar y aplicar tratamientos hidrotérmicos asistidos con microondas, en manzana Golden nacional y determinar su efecto en las propiedades físico-químicas del fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

En un supermercado de Irapuato, Gto., se compró manzana Golden nacional, en estado inmaduro. Se utilizó un horno de microondas (modelo Ms-0745vs, LG), que se calibró siguiendo el método IEC 60705.

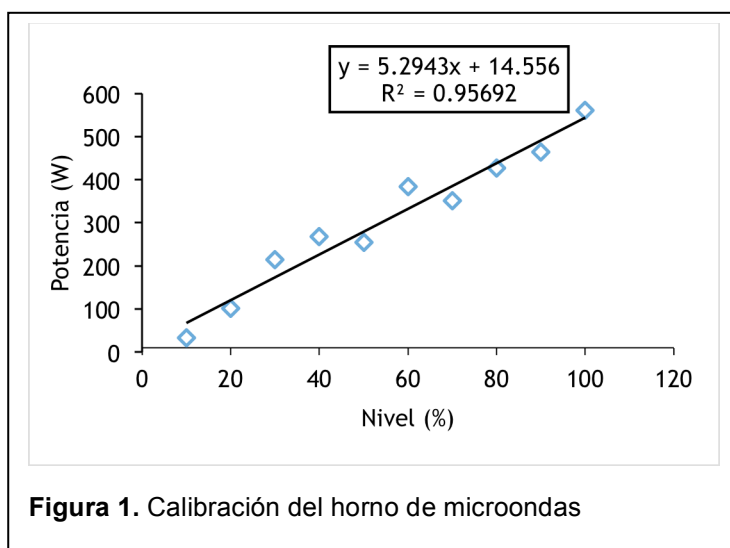
Un lote de 4 manzanas (aproximadamente 500 g de manzanas en 2000 g de agua) fueron tratadas en un horno de microondas a potencias de 50% (230W), 80% (430 W) y 100% (560W), hasta llegar a la temperatura objetivo de 55°C (temperatura a la que el hongo *Penicillium expansum* se inhibe), monitoreando la temperatura al final de cada 30 s con la ayuda de un termopar (medición con el horno apagado). Posteriormente las manzanas fueron enfriadas en agua con hielo a 4°C, hasta llegar a la temperatura ambiente (25-27°C). Este proceso se realizó para cada potencia. Se aplicaron los tratamientos a las manzanas, con las potencias elegidas y se dejaron manzanas testigo (sin tratar), para posteriormente ser almacenados a temperatura ambiente y analizar las propiedades físico-químicas de la manzana, al día 1, 8 y 15.

Siendo los siguientes parámetros a medir: tamaño (Vernier), peso (balanza analítica), color (colorímetro Color Flex EZ, escala Ciel*a*b* y H*), acidez titulable (con NaOH al 0.1 N), pH (pHmetro pH120), °Brix (Refractómetro digital) y determinación de vitamina C (se llevó a cabo por titulación con 2,6-diclorofenolindofenol de acuerdo al método 967.21 de la A.O.A.C). Además se realizó la determinación de compuestos fenólicos totales en el fruto (expresado en meag/100gpf). Todas las determinaciones fueron realizadas por duplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del estudio de calibración arrojaron que las mejores potencias para trabajar son 50, 80 y 100% de la potencia nominal del horno, debido a su mejor ajuste a la recta (Fig.1). Estas fueron las seleccionadas para los tratamientos, las cuales corresponden a 250, 430 y 560 W, respectivamente. Para la curva de calentamiento se determinó que el tiempo para llegar a las 55°C fue de 4 min con 15 s, 4min con 30 s y 3 min con 15 s, para las potencias de 50, 80 y 100% de potencia nominal. En cuanto a la curva de enfriamiento se determinó que el tiempo para enfriar a 25°C fue de 4 min.

Los parámetros de color aumentaron con el transcurso del tiempo de almacenamiento, presentándose en las manzanas sometidas a 560 W. En la tabla I se puede observar los cambios físicos que presentaron las manzanas, obteniendo menos pérdida al



someter las manzanas a 560 W, físicamente también presento menos daño a comparación con el testigo (sin tratar).

Las manzanas que se sometieron a 430 W, como prueba se dejaron almacenadas en refrigeración, durando hasta un mes y medio en excelentes condiciones; sin embargo, las que se analizaron durante los 15 días se trataron a temperatura ambiente. En la tabla I los valores obtenidos para la determinación de color en las manzanas testigo ($L^*74.52$, $a^*-0.32$, $b^*26.21$, $H^* 81.90$), fueron similares a la reportada por Hansen et al., (2006) para manzanas "Delicious" (L^*76 y $H^*89.5$).

Tabla I. Resultados físicos de manzanas testigo y tratadas con microondas				
Parámetros		Tamaño (cm)	Peso (g)	Color
Testigo	Día 1	6.4 ±0.1	118±0.7	$L^*67.53$ $a^*-0.62$ $b^*29.08$ $H^* 46.90$
	Día 8	6.3± 0.05	117±0.7	$L^*74.48$ $a^*-1.11$ $b^*29.50$ $H^* 26.57$
	Día 15	6.0±0.11	116±0.3	$L^*74.52$ $a^*-0.32$ $b^*26.21$ $H^* 81.90$
250W	Día 1	6.0±0.07	100±0.7	$L^*77.36$ $a^*-2.92$ $b^*26.22$ $H^*8.97$
	Día 8	5.9±0.07	98±0.56	$L^*77.75$ $a^*1.02$ $b^*27.82$ $H^*27.27$
	Día 15	5.9±0.14	98±0.56	$L^*78.43$ $a^*0.71$ $b^*29.63$ $H^*41.73$
430W	Día 1	6.4±0.1	119±0.14	$L^*72.94$ $a^*-1.23$ $b^*26.90$ $H^*21.86$
	Día 8	6.2±0.14	108±0.7	$L^*73.88$ $a^*-2.68$ $b^*27.21$ $H^*10.15$
	Día 15	5.8±0.03	92±1.4	$L^*73.58$ $a^*0.17$ $b^*25.53$ $H^*150.17$
560W	Día 1	6.6±0.14	118±0.7	$L^*69.91$ $a^*-1.78$ $b^*25.43$ $H^*14.28$
	Día 8	6.4±0.05	116±0.4	$L^*73.37$ $a^*0.35$ $b^*31.09$ $H^*88.82$
	Día 15	6.1±0.07	114±1.4	$L^*77.72$ $a^*0.38$ $b^*29.04$ $H^*76.42$

En la tabla II la acidez obtenida para manzanas testigo (0.23-0.27%±0.2) fue similar a la reportada por Hansen et al. (2006) para manzanas "Gala" (0.26-0.27%). Al igual para los sólidos solubles (°Brix), se obtuvieron valores en un rango de 12.2 a 14.9 para manzanas tratadas a 250W, éstos valores fueron similares a la reportada por Hansen et al. (2006) para manzanas "Delicious" (12.7-13.1), sometidas a 50°C. En la

determinación de vitamina C, no salieron resultados del ácido ascórbico representativo, ya que los mL gastados 2-6 diclorofenolindofenol fueron de 0.1 a 0.2mL y para el cálculo de vitamina C (mgaa/g producto=(x-0.2) (0.1346)), salía muy poco contenido (mgaa/g producto) en la muestra.

Tabla II. Resultados fisicoquímicos de manzanas testigo y tratadas con microondas.

Parámetros		pH	Acidez titulable % de ácido málico	Solidos solubles (°Brix)
Testigo	Día 1	4.34±0.028	0.27±0.2	10.2±0.1
	Día 8	3.98±0.08	0.23±0.006	11.5±0.98
	Día 15	4.0±0.09	0.26±0.07	12.25±0.21
250W	Día 1	4.9±1.13	0.26±0.2	12.2±0.21
	Día 8	4.26±0.31	0.24±0.02	14.9±0.28
	Día 15	4.20±0.09	0.16±0.004	14.1±0.70
430W	Día 1	4.49±0.28	0.32±0.02	10.3±0.14
	Día 8	4.04±0.28	0.23±0.02	12.9±0.35
	Día 15	4.66±0.11	0.29±0.007	13.2±0.14
560W	Día 1	5.04±0.064	0.34±0.02	10.1±0.70
	Día 8	4.74±0.15	0.14±0.02	12.1±0.1
	Día 15	5.01±0.21	0.12±0.02	12.2±0.07

Por otro lado, el contenido de compuestos fenólicos totales en la tabla III para las manzanas tratadas a 430W (39.02-23.16 me_{ag}/100g_{pf}), fue similar al reportado por Acosta-Montoya et al. (2010) para moras (29-35 me_{ag}/100g_{pf}).

Los tratamientos con microondas tienen potencial para mantener con buena calidad las manzanas Golden Nacional almacenadas por 15 días a temperatura ambiente. El tratamiento más adecuado es aplicando una potencia de 560 W.

Investigación en Alimentos **Tabla III.** Contenido de compuestos fenólicos totales en manzanas testigo y tratadas con microondas.

Potencia (W)	me _{ag} /100g _{pf}		
	Día 1	Día 8	Día 15
250	39.11±0.01	29.26±0.01	13.74±0.14
430	39.02±0.12	38.94±0.10	23.16±0.4
560	38.62±0.009	36.39±0.07	18.22±0.007
Testigo	38.86±0.03	35.25±0.04	16.12±0.09

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Montoya Ó., Vaillant F., Cozzano S., Mertz C., Pérez Ana M., Castro M., (2010), Phenolic content and antioxidant capacity of tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichus* Schltdl.) during three edible maturity stages, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 1497-1501.
- Armstrong, 1994. Heat and cold treatments. In: Paull, R.E., Armstrong, J.W. (Eds.), *Insect Pests and Fresh Horticultural Products: Treatments and Responses*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 103–119.
- Elías-González, N., Cerón-García, A., Gómez-Salazar, J., Sosa-Morales, M.E. (2016). Developing microwave disinfestation treatments against mexican fruit fly (*Anastepha ludens*) in mamey sapote fruits (*Pouteria sapota*). *Vitae* 23 (Supl. 1), S829-S833.
- George, S., Brat, P., Alter, P., Amiot, M. J., (2005). Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53(5), 1370–1373.
- Hallman, 2008. Radio frequency heat treatments. In: Sharp, J.L., Hallman, G.J. (Eds.), *Quarantine Treatments for Pests of Food Plants*. Westview Press, San Francisco, CA, pp. 165–170.
- Hansen J.D., Drake S.R., Heidt M.L., Watkins M.A, Tang J., Wang S., (2006). Radio frequency-hot water bips for postharvest codling moth control in apples, *Journal of Food Processing and Preservation* 30, 631–642.
- SIAP (2014). Atlas Alimentarios. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Pecuarios (SAGARPA). México, D.F.
- Sosa-Morales, M.E., Tiwari, G., Wang, S., Tang, J. García, H.S. y López-Malo, A. (2009). Dielectric heating as a potential post-harvest treatment of disinfesting mangoes II: Development of RF-based protocols and quality evaluation of treated fruits. *Biosystems Engineering* 103, 287-296.
- Tang J., Mitcham S., Wang S., Lurie S. (2007). Heat treatments for postharvest pest control: theory and practice. CAB International. Wallingford, Reino Unido., pp. 165-175, 311-312.
- Wang, S., Birla, S.L., Tang, J., Jansen, J.D. (2006). Postharvest treatment to control codling moth in fresh apples using water assisted radio frequency heating. *Postharvest Biology and Technology* 40, 89–96.