

EFECTO DE LA CAVITACIÓN EN LA MOVILIDAD DEL ÁCIDO CÍTRICO DURANTE LA DESINFECCIÓN DE ZANAHORIA

García Ramírez Jessica Samané (1), Gómez Salazar Julián Andrés (2)

1 [Ingeniería en Alimentos, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [Jsamanehotmail.com]

2 [Departamento de Alimentos, División de ciencias de la vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [julian.gomez@ugto.mx]

RESUMEN

El ácido cítrico es uno de los aditivos más utilizados por la industria alimentaria, principalmente en frutas y vegetales cortados durante su procesado mínimo. Aunque existen numerosas ventajas de su aplicación, se conoce que el proceso de penetración de este agente es lento y con tiempo de exposición elevados, lo que conlleva a la búsqueda de tecnologías que asistan este tipo de procesos a fin de acelerarlos, entre ellas se encuentran los ultrasonidos de potencia. Dicha tecnología, presenta el fenómeno de cavitación, mismo que puede ejercer efectos sobre los procesos de transferencia de materia. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto que presentan los ultrasonidos de potencia en la velocidad de penetración de ácido cítrico en muestras de zanahoria. Se escogieron tres concentraciones industriales de ácido cítrico (150 ppm, 400 ppm y 900 ppm) en donde cilindros de zanahoria se sumergían a diferentes tiempos (entre 0 y 120 minutos) con y sin sonicación. Se realizó un estudio cinético del transporte de agua y ácido cítrico. Los resultados indicaron que el contenido de humedad y ácido cítrico en las zanahorias fueron afectados por el tiempo de inmersión, la aplicación de ultrasonidos y la concentración de ácido en la solución.

ABSTRACT

Citric acid is one of the additives most used by the food industry. Although, there are numerous advantages from their application, it is known that the process of penetration of this agent is slow and with high exposure time, which leads to the search for technologies that attend these types of processes in order to accelerate, among them are power ultrasound. This technology presents the phenomenon of cavitation, this may exert effects on mass transfer processes. The objective of this study was to evaluate the effect of ultrasound power on the penetration rate of citric acid in carrot samples. Three industrial concentrations of citric acid were chosen (150 ppm, 400 ppm and 900 ppm) where carrot cylinders were immersed for different time (0 to 120 minutes) with and without sonication. A kinetic study of the transport of water and citric acid was performed. The results indicated that the moisture and citric acid content in carrots were affected by the immersion time, sonication and the citric acid concentration in the solution.

Palabras Clave

ácido cítrico; conservante; ultrasonido; zanahoria

INTRODUCCIÓN

En respuesta a demanda de alimentos con características sensoriales que reflejen una mínima intervención de procesos industriales, se vienen desarrollando nuevas tecnologías, procedimientos o técnicas de conservación de alimentos.

El empleo de agentes orgánicos para mejorar la conservación de alimentos, es una alternativa de uso eficiente en el proceso mínimo de frutas y verduras puesto que reduce el contenido de microorganismos y retarda la actividad enzimática [1]. Entre ellos destaca el ácido cítrico, que es uno de los aditivos más utilizados por la industria alimentaria.

En estudios anteriores se demostró que mediante tratamiento con ácido cítrico se reduce la respiración de las zanahorias recién cortadas aplicando concentraciones de 1mM o superiores [2].

Aunque existen numerosas ventajas de la aplicación de ácido cítrico, se conoce que el proceso de penetración de este agente es lento y con tiempo de exposición elevados, lo que conlleva a la búsqueda de tecnologías que asistan este tipo de procesos a fin de acelerarlos. Entre las tecnologías novedosas que aceleran los procesos de transferencia de materia se encuentran los ultrasonidos de potencia. Estos provocan una serie de efectos cuando atraviesan un material entre los que cabe destacar la formación de microcorrientes, las sucesivas compresiones y descompresiones producidas por la cavitación (cambios de presión) [3].

Actualmente, el empleo de ultrasonido en el procesamiento de alimentos está basado en la ventaja que representa sobre los procesos tradicionales, al reducir tiempos de proceso y mejorar atributos de calidad, además son una tecnología novedosa en la industria de los alimentos y su uso va en aumento a medida que se estudian nuevas aplicaciones [4].

Fernández, Gallao and Rodríguez [5] estudiaron el uso de ultrasonidos como pre-tratamiento para la deshidratación osmótica de melón y su efecto en la estructura celular. En dicho estudio se observaron cambios en la estructura celular del melón debido a la aplicación de ondas ultrasónicas [5]. Por otro

lado, Gabaldón-Leyva et al. [1] En un estudio sobre la transferencia de masa y los cambios físicos en pimiento con salmuera a diferentes temperaturas asistidos con ultrasonidos, observaron que los tratamientos ultrasónicos pueden aumentar la captación de soluto y la pérdida de agua en el proceso de salado de pimiento en combinación con la temperatura de proceso.

Con el presente proyecto se pretende evaluar los efectos de la aplicación de ultrasonidos de potencia en la velocidad de penetración de ácido cítrico y agua en muestras de zanahoria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para alcanzar los objetivos definidos, se estableció un plan de trabajo y una metodología apropiada, tal y como se explica a continuación:

Los experimentos se realizaron con zanahoria fresca comercial del tipo Nantes op vitrago, estas se lavaron y se cortaron en cilindros, se pesaron, se midió su diámetro y su altura. Posteriormente las muestras cilíndricas se sumergieron en una solución de ácido cítrico utilizando tres concentraciones (150ppm, 400ppm y 900ppm) a diferentes tiempos (15, 30, 45, 60, 90, 120 minutos), sin aplicación de ultrasonido y con aplicación de ultrasonidos para lo cual se utilizó un baño de ultrasonidos de la marca Branson, el cual trabaja con una potencia de 40 KHz.

Pasado el tiempo de inmersión de las muestras, cada una se retiró del baño que contenía la solución y se realizaron extractos de las mismas, de acuerdo a la norma NMX-F-102-S-1978, para ello se trituró la muestra y se tomaron 30g para llevarla con 120ml de agua a calentamiento por una hora cuidando no pasar más de 70°C, una vez pasado el tiempo se filtró y se aforo a 250ml.

Del extracto obtenido se hizo una dilución de 10ml de ácido cítrico en 100ml de H₂O.

Para determinar el contenido de ácido cítrico se realizó una curva patrón a partir de una solución que contenía una concentración de 725 ppm de dicho ácido (solución madre). Se tomaron diferentes alícuotas, se diluyeron y se determinó su concentración a partir del método piridina anhídrido acético.

Por otro lado, de los extractos diluidos, se tomó 1ml de cada uno y se determinó el ácido cítrico con el método descrito anteriormente y se leyó su absorbancia con un espectrofotómetro a 420nm. A partir de las absorbancias obtenidas y la curva patrón se calcularon las concentraciones de ácido cítrico contenido en cada muestra.

El principio operacional del método de determinación de humedad se efectuó utilizando estufa y balanza analítica, incluye la preparación de la muestra, pesado, secado, enfriado y pesado nuevamente de la muestra hasta alcanzar un peso constante [6]

Para determinar el cambio de peso de cada muestra de zanahoria sometida a los tratamientos, estas se pesaron antes y después de ser tratadas. Igualmente, para determinar el cambio del volumen en las muestras, con ayuda de un vernier, se midió el diámetro en diferentes puntos del cilindro de zanahoria así como la altura antes y después de ser sometidas al tratamiento, tomando como resultado el promedio de los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Curva patrón

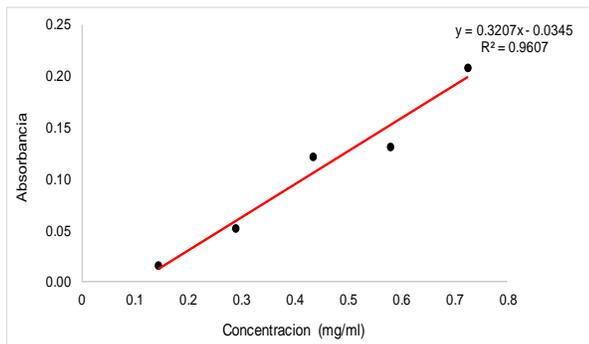


IMAGEN 1: Curva patrón a partir de una solución de concentración de 725 ppm (solución madre), medida a una longitud de onda de 420nm.

La variación del contenido de ácido cítrico en las muestras de zanahoria respecto al tiempo de inmersión se presenta en la imagen 2.

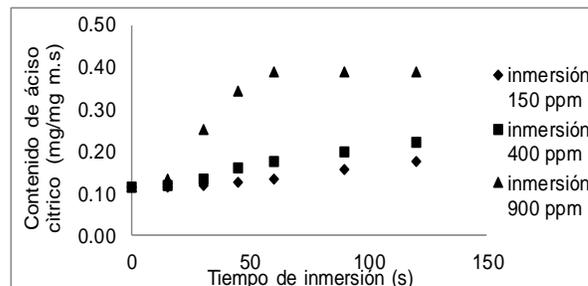


IMAGEN 2: Relación entre los tiempos de inmersión y la concentración de ácido cítrico en muestras de zanahoria, en soluciones de inmersión de 150ppm 400ppm y 900ppm.

Se observa que la concentración de ácido cítrico en las muestras aumenta al incrementar el tiempo de inmersión. Además, agregar mayor cantidad de ácido cítrico en las soluciones de inmersión incrementa el contenido de ácido cítrico en las zanahoria. La gráfica muestra que al someter las muestras en una solución de inmersión de 900ppm, estas llegaron a la saturación a los 60 minutos de inmersión, también se puede observar que para está misma concentración, se aceleró la penetración del ácido cítrico en los primeros 30 minutos de inmersión.

Perfil de concentración de ácido cítrico en tratamientos con aplicación de ultrasonido

La variación del contenido de ácido cítrico en las muestras de zanahoria respecto al tiempo de inmersión se presenta en la imagen 3.

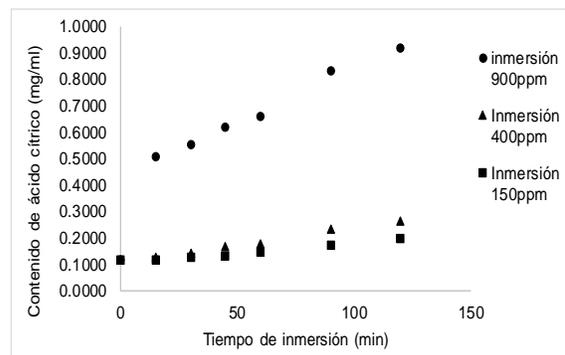


IMAGEN 3: Relación entre los tiempos de inmersión y la concentración de ácido cítrico en muestras de zanahoria, en soluciones de inmersión de 150ppm 400ppm y 900ppm con aplicación de ultrasonido.

soluciones de inmersión se incrementó el contenido de ácido cítrico en las muestras, principalmente a concentraciones de 900 ppm. Al compara la imagen 2 con la 3, se puede observar un efecto de los ultrasonidos de potencia en la penetración de ácido cítrico en las muestras cuando se trataron a 900 ppm. En primer lugar, se aceleró la ganancia de ácido alrededor de los primeros 15 minutos, y en segundo lugar, el contenido de ácido cítrico se duplicó en las zanahorias que se sonicaron.

Perfil de contenido de agua en tratamiento sin aplicación ultrasonido

En la imagen 4 se observa el cambio del contenido de agua en zanahorias durante los tratamientos sin sonicación.

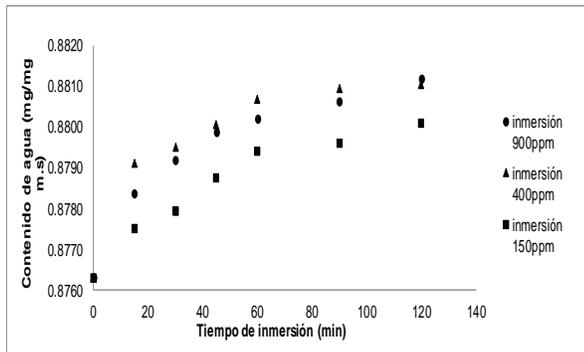


IMAGEN 4: Relación entre los tiempos de inmersión y el contenido de agua en muestras de zanahoria, en soluciones de inmersión de 150ppm 400ppm y 900ppm.

inmersión, las muestras presentan saturación

Perfil de contenido de agua en tratamiento con aplicación de ultrasonido

En la imagen 5 se observa el cambio del contenido de agua en zanahorias durante los tratamientos con sonicación

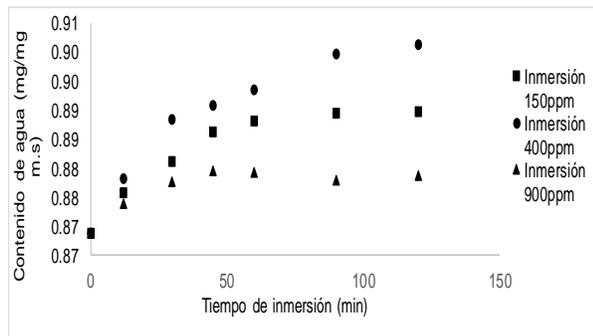


IMAGEN 5: Relación entre los tiempos de inmersión y el contenido de agua en muestras de zanahoria, en soluciones de inmersión de 150ppm 400ppm y 900ppm

Igual que en la imagen 4, se observa que a mayor tiempo de inmersión se incrementa el contenido de agua en las muestras. No obstante, se observa un efecto inverso de la concentración de ácido cítrico en la solución sobre el contenido de agua en las zanahorias. A menor concentración de ácido, mayor es la ganancia de agua en las muestras. Esto puede ser atribuido al efecto de las ondas ultrasonicas, debido a la compresión y descompresión de las muestras, se presenta mayor facilidad para la movilidad del agua hacia el interior de las muestras, en soluciones menos saturadas.

Determinación de peso y volumen en muestras sin aplicación de ultrasonido

En la tabla 1 se muestra la ganancia de peso en zanahorias no tratadas con ultrasonidos.

Tabla 1: Valores experimentales de ganancia de peso, después de los tratamientos sin aplicación de ultra sonido a 150ppm, 400ppm y 900 ppm.

Tiempo de inmersión (Min)	Ganancia de peso (g) 150ppm	Ganancia de peso (g) 400ppm	Ganancia de peso (g) 900ppm
15	0.75	0.65	1.05
30	0.86	0.70	1.16
45	1.37	1.33	1.05
60	1.51	1.69	1.24
90	2.56	1.97	1.25
120	1.88	2.26	1.67

En la tabla 1 se observa que existe un incremento en el peso de las muestras durante los tratamientos. Las muestras ganaron en peso alrededor de 1.33 g, 1.61 g, y 0.62 g, en los tratamientos a 150 ppm, 400 ppm y 900 ppm, respectivamente. Por lo que existe una mayor ganancia de peso en el tratamiento de 400ppm.

En la tabla 2 se muestra la ganancia de peso en zanahorias sometidas a tratamientos con ultrasonidos.

Tabla 2: Valores experimentales de ganancia de peso, después de los tratamientos con aplicación de ultra sonido a 150ppm, 400ppm y 900 ppm

Tiempo de inmersión (Min)	Ganancia de peso (g) 150ppm	Ganancia de peso (g) 400ppm	Ganancia de peso (g) 900ppm
15	0.82	0.29	0.70
30	1.95	0.73	1.18
45	2.29	0.83	2.34
60	2.53	2.55	1.06
90	3.86	2.25	2.19
120	5.72	1.58	3.62

Igual que en los tratamientos anteriores, se observa que existe un incremento en el peso de las muestras durante el tiempo de inmersión. La ganancia de peso en las muestras tratadas con ultrasonidos, presentó valores de 4.9 g, 1.29 g y 2.92 g, en los tratamientos a 150 ppm, 400 ppm y 900 ppm, respectivamente. En comparación con la tabla 1, los valores de ganancia de peso son tres veces mayores en las muestras sonicadas a 150 ppm y 900 ppm.

Tabla 3: Valores experimentales de ganancia de volumen, después de los tratamientos sin aplicación de ultra sonido a 150ppm, 400ppm y 900 ppm.

Tiempo de inmersión (Min)	Ganancia de volumen (cm) 150ppm	Ganancia de volumen (cm) 400ppm	Ganancia de volumen (cm) 900ppm
15	0	0	0.05
30	0	0	0.03
45	0	0	0.01
60	0	0.04	0

90	0.1	0.06	0
120	0.07	0.22	0

En la tabla 3 se observa que existe un incremento en el volumen de las muestras después de ser sometidas a tratamiento de 150ppm y 400ppm de ácido cítrico, por el contrario en el tratamiento de 900ppm de ácido cítrico las muestras incrementan su volumen los primeros 15 minutos de inmersión y después de este tiempo no hay ganancia de volumen.

Tabla 4: Valores experimentales de ganancia de volumen, después de los tratamientos con aplicación de ultra sonido a 150ppm, 400ppm y 900 ppm.

Tiempo de inmersión (Min)	Ganancia de volumen (cm) 150ppm	Ganancia de volumen (cm) 400ppm	Ganancia de volumen (cm) 900ppm
15	0	0	0
30	0	0.02	0.02
45	0.04	0.02	0.04
60	0.03	0.06	0.05
90	0.11	0.04	0.05
120	0.03	0.05	0.05

En la tabla 4 se observa que existe un incremento en el volumen de las muestras durante los tratamientos. Estos datos concuerdan con los valores de ganancia de peso de las muestras, principalmente para las sometidas a tratamiento con ultrasonido

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que conforme aumentan los tiempos y las concentraciones de inmersión, incrementan las concentraciones de ácido cítrico en las muestras en todos los tratamientos. Los ultrasonidos aumentaron la penetración de ácido cítrico en las muestras, principalmente al someterlas a inmersión en soluciones de 900 ppm. El contenido de humedad en las muestras de zanahoria incrementa al incrementar los tiempos y las concentraciones de inmersión en todos los tratamientos. Los ultrasonidos afectaron el contenido de agua en las muestras en relación inversa a la concentración de ácido en la solución, a menor concentración de ácido, mayor absorción de agua en las muestras.

La ganancia de peso de las muestras después de ser sometidas a los tratamientos es mayor al aplicar ultrasonidos, así mismo las zanahorias ganan mayor volumen aplicando ultrasonido en los tratamientos.

REFERENCIAS

- [1] Gabaldón, L. C., Quintero, R. A., Barnard, J., Balandrán, Q. R., Talamás, A. R. & Jiménez, C. J. (2007). Effect of ultrasound on the mass transfer and physical changes in brine bell pepper at different temperatures. *Journal of Food Engineering*. 81:374–379.
- [2] Kato, N. H. & Watada, A. (1997). Citric acid reduces the respiration of fresh-cut carrots. *HortScience*. 32(1), 136.
- [3] Robles, O. L. & Ochoa, M. L. (2012). Ultrasonido y sus aplicaciones en el procesamiento de alimentos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 13(2), 109-122.
- [4] Simal, S., Benedito, J., Sanchez, E., Rossello, C. (1998). Use of ultrasound to increase mass transport rates during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*. 36:323-336
- [5] Fernandes, F., Gallao, M. & Rodrigues, S. (2008). Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. *Elsevier*. 41, 604-610.