

Utilización de microondas en el tratamiento de jugo de mango*

Ángela María Velásquez Valderrama¹, Ricardo León Sánchez Arenas²

Use of microwaves in the treatment of mango juice

Utilização de microondas no tratamento de suco de manga

Resumen

Introducción. En los últimos años, el uso del horno de microondas dentro de la industria agro-alimentaria ha ganado popularidad. Esta tecnología se utiliza para calentar, cocinar, descongelar, secar y últimamente se han reportados estudios en los que se ha empleado para reducir e inhibir microorganismos de acción patógena y degradantes sobre los alimentos.

Objetivo. Determinar la eficacia del sistema del procesado por microondas para inactivar la carga microbiana presente en el jugo de mango preparado a partir de fruta fresca, verificando el efecto sobre el potencial de hidrógeno, pH, y la concentración de sólidos solubles, °Brix, fijados desde el comienzo. Todo esto con miras a generar información basada en esta realidad para el diseño de procesos en los que se utilice la microonda para la conservación de jugos de fruta. **Materiales y métodos.** El sistema de procesado por microondas utilizado incluye: dos microondas marca Samsung 2450 MHz y potencia 1.5 kW, dos espirales de vidrio refractario, un tanque con el fluido a tratar, una bomba, un condensador, dos sensores de temperatura y un data logger I.T.P. La concentración de sólidos solubles se determinó con un refractómetro Bausch & Lomb escala 0 – 32 °Brix, el pH con un pHmetro Schott CG 842 y las unidades formadoras de colonia en el cuenta colonias Indulab. **Resultados.** Se obtuvieron reducciones importantes, de hasta el 89%, con tratamiento suaves, en la carga microbiana. **Conclusión.** La reducción significativa de la población microbiana inicial, pone de manifiesto que la energía electromagnética de microondas funciona favorablemente en el proceso de destrucción del hongo *Aspergillus sp.*

Palabras clave: Destrucción térmica. Esterilización. Microondas. Jugo de mango.

Abstract

Introduction. In recent years, the use of microwave ovens in the agro-food industry has gained popularity. This technology is used for heating, cooking, thawing, drying and, also, it has recently been reported in studies that it has been used to reduce and inhibit pathogenic microorganisms with a degrading action on food. **Objective.** To determine the effectiveness of a microwave system to inactivate the microbial content in the mango juice prepared from fresh fruit, checking the effect on the potential of hydrogen, the pH and the concentration of soluble solids, ° Brix, set from the beginning. All of this is done in order to generate information based on this reality to design processes that use the microwave for the conservation of fruit juices. **Materials and methods.** The processing system used by microwave includes: two Samsung 2450 MHz and 1.5 kW microwave ovens, two refractory glass spirals, a tank with the fluid to be treated, a bomb, a condenser, two temperature sensors and an I.T.P data logger. The concentration of soluble solids was determined with a Bausch & Lomb amp refractometer with a 0 to 32 ° Brix scale; the pH with a Schott CG 842 pH meter and the colony forming units in an Indulab colonies counter. **Result.** There were significant reductions of up to 89%, with a soft treatment in the microbial content. **Conclusion.** The significant reduction of the initial microbial population shows that the electromagnetic energy microwave works favorably

* Investigación financiada con apoyo del Fondo para el Desarrollo de la Investigación de la Corporación Universitaria Lasallista. Línea de investigación: Tecnologías emergentes. Semillero INNOVA, Grupo de Investigación GRIAL

¹ Ingeniera Química, Magíster en Desarrollo. Profesora de Tiempo Completo de la Facultad de Ingenierías y Coordinadora de Laboratorios, Corporación Universitaria Lasallista. Investigadora del grupo GRIAL y del grupo GAMA./² Ingeniero Electricista, Candidato a Especialista en Telecomunicaciones. Profesor de Tiempo Completo de la Facultad de Ingenierías, Corporación Universitaria Lasallista. Investigador del grupo GRIAL

in the process of destruction of the *Aspergillus sp* fungus.

Key words: Thermal destruction. Sterilization. Microwave. Mango juice.

Resumo

Introdução. Nos últimos anos, o uso do forno de microondas dentro da indústria agro - alimentaria ganhou popularidade. Esta tecnologia se utiliza para esquentar, cozinhar, descongelar, secar e ultimamente se reportaram estudos nos que se empregou para reduzir e inibir microorganismos de ação patogênicas e degradantes sobre os alimentos. **Objetivo.** Determinar a eficácia do sistema do processado por microondas para inativar o ônus microbiano presente no suco de manga preparado a partir de fruta fresca, verificando o efeito sobre o potencial de hidrogênio, PH, e a concentração de sólidos solúveis, °Brix, fixados desde o começo. Tudo isto tendo em vista gerar informação baseada nesta

realidade para o desenho de processos nos que se utilize a microonda para a conservação de sucos de fruta. **Materiais e métodos.** O sistema de processado por microondas utilizado inclui: dois microondas marca Samsung 2450 MHz e potência 1.5 KW, duas espirais de vidro refratário, um tanque com o fluido a tratar, uma bomba, um condensador, dois sensores de temperatura e um data logger I.T.P. A concentração de sólidos solúveis se determinou com um refratômetros Bausch & Lomb escala 0 – 32 °Brix, o PH com um pHmetro Schott CG 842 e as unidades formadoras de colônia no conta colônias Indulab. **Resultados.** Obtiveram-se reduções importantes, de até o 89%, com tratamento suaves, no ônus microbiano **Conclusão.** A redução significativa da população microbiana inicial põe de manifesto que a energia eletromagnética de microondas funciona favoravelmente no processo de destruição do fungo *Aspergillus sp*.

Palavras chaves: Destruição térmica. Esterilização. Microondas. Suco de manga.

Introducción

Los tratamientos no térmicos en la conservación de los alimentos se están utilizando en la actualidad en diversos procesos de la industria agroalimentaria¹. Diferentes investigaciones realizadas a nivel internacional, muestran que este tipo de tecnología entre la que se encuentran los sistemas de alta presión hidrostática, los campos magnéticos oscilantes, los campos de alta intensidad de pulsos eléctricos y los pulsos lumínicos intensos, no deteriora de forma significativa la calidad del producto manteniendo en forma óptima sus características físicas, químicas y organolépticas, además de que son más eficientes energéticamente. Sin embargo, presentan el inconveniente de mayores costos de inversión inicial comparados con los tratamientos térmicos de conservación convencional².

Durante el procesado no térmico, la temperatura del alimento se mantiene por debajo de la temperatura que normalmente se utiliza en el procesado térmico y se espera que durante el procesado no térmico las vitaminas, nutrientes esenciales y aromas no experimenten cambios o que los mismos sean mínimos³.

Aunque el tratamiento térmico de alimentos con microondas se conoce desde finales de 1940,

no fue hasta los años 60 cuando los microondas de uso doméstico comenzaron a adquirir mayor popularidad, especialmente en Estados Unidos, donde se empezaron a utilizar por primera vez⁴.

La microonda es una forma de energía electromagnética y no calorífica, la cual se caracteriza por ser una onda corta que viaja a la velocidad de la luz y tiene la propiedad de hacer vibrar las moléculas de los cuerpos que atraviesa, calentándolos. El proceso con microondas genera calor del interior del alimento al exterior a través de las vibraciones moleculares, en cambio con el calentamiento convencional, el calor se aplica desde el exterior hacia el interior, generando un aumento de temperatura en el alimento. Este incremento está determinado por la potencia del equipo, así como por las propiedades físicas y térmicas de la muestra⁵. Un alimento que posea un bajo valor de conductividad térmica puede calentarse rápidamente utilizando microondas, lo cual no ocurre en los métodos tradicionales. Cuando el alimento es sometido a irradiación por microondas, el calor es producido dentro del alimento debido a la vibración de las moléculas de agua originada por la absorción de energía. Las moléculas actúan como barras magnéticas tratando de orientarse o polarizarse ellas mismas bajo la acción del campo electromagnético. Este movimiento entre las moléculas causa

una fricción interna, la cual a su vez da lugar a unas condiciones hipertérmicas que afectan a las moléculas ionizables y polares (sales minerales y agua, principalmente) e interfieren en las membranas celulares disminuyendo su actividad fisiológica y supervivencia.

Diversos trabajos citan la reducción en el número de microorganismos al ser tratados con microondas, incluyendo pavo, carne, leche de soya, pollo, papa y alimentos congelados, pero no su destrucción total⁴.

En Colombia el uso de tecnologías no convencionales tales como la irradiación por microondas y su efecto en los alimentos no ha sido considerada hasta el momento como objeto de investigación. Sin embargo, a nivel internacional han sido reportados varios estudios en su efecto letal sobre los microorganismos y sus efectos colaterales en los alimentos y seres humanos y técnicas de simulación².

Como objetivo principal de la presente investigación se buscó determinar la eficacia del sistema del procesado por microondas para inactivar la carga microbiana presente en el jugo de mango preparado a partir de fruta fresca, verificando el efecto sobre el potencial de hidrógeno, pH, y la concentración de sólidos solubles, °Brix, fijados desde el comienzo. Todo esto con miras a generar información basada en esta realidad para el diseño de procesos en los que se utilice la microonda para la conservación de jugos de mango.

Materiales y métodos

Ubicación y descripción del montaje experimental. El proyecto de investigación se adelantó en las instalaciones del Laboratorio de Ciencias Biológicas de la Corporación Universitaria Lasallista entre julio y diciembre de 2007, mediante la aplicación del montaje experimental que se detalla en la figura 1:

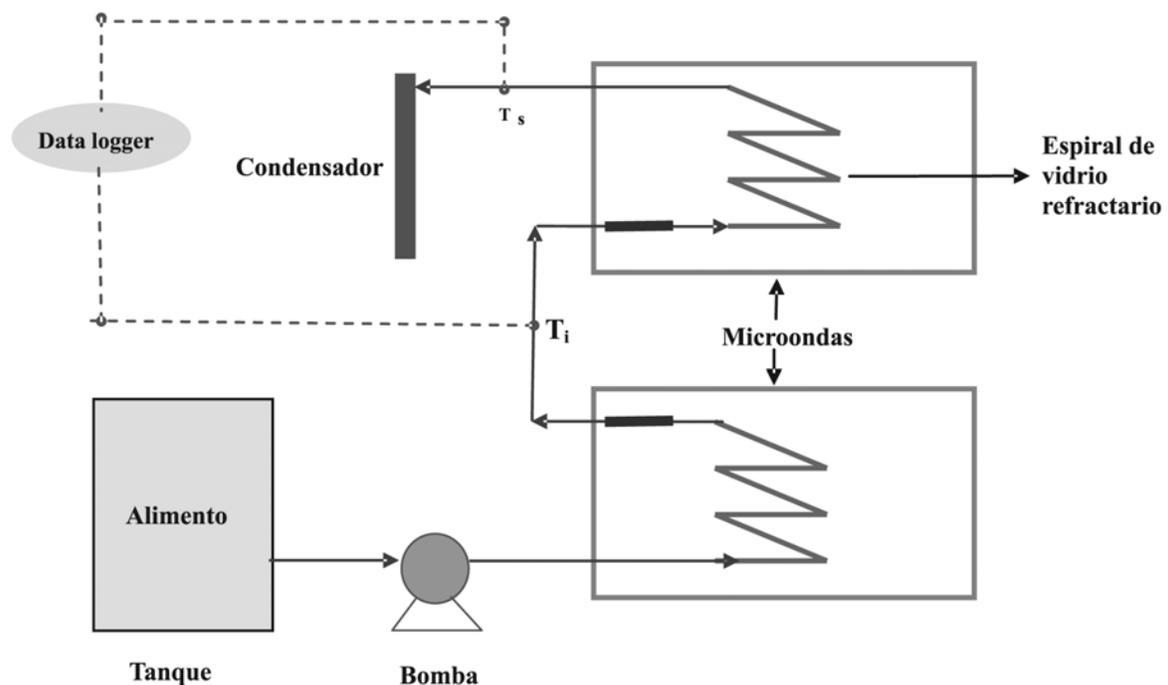


Figura 1. Sistema de procesamiento de microondas para conservación no térmica de alimentos fluidos.

En el sistema de procesado por microondas que se muestra en la figura 1, el jugo que se encuentra a temperatura ambiente, se extrae del tanque mediante una bomba que lo hace circular a través de una tubería de vidrio refractario, la cual ingresa al primer horno microondas en donde la tubería de vidrio toma forma de espiral (fotografía 1). A la salida de este horno se sensa la temperatura (T_i); dichas medidas son almacenadas en un data logger. A continuación, el fluido ingresa al segundo horno microondas, con iguales características al anterior y se somete al mismo proceso; a la salida de este horno se sensa nuevamente la temperatura (T_s). Finalmente, el jugo se hace circular por un condensador que se encarga de enfriarlo (fotografía 2).

Protocolo experimental. Los ensayos se realizaron sobre muestras de fruta adquiridas en supermercados ubicados en el área metropolitana de la ciudad de Medellín. La fruta seleccionada carecía de: heridas en la piel, presencia de exudados azucarados y olor a fermentación; se mantuvo en adecuadas condiciones de refrigeración y asepsia entre el tiempo de su compra y análisis, el cual no excedió las 24 horas.

Previa a la elaboración del jugo, la fruta seleccionada fue lavada, pelada y cortada. Posteriormente se licuaron los cortes de la fruta en presencia de 4 L de agua. El jugo no fue sometido a ningún tratamiento térmico previo (esterilización, pasteurización o escaldado de la fruta) y su pH se ajustó a un valor de 4.0 con ácido cítrico. A continuación se procedió a medir la concentración de sólidos solubles, ajustándose su valor a 12 °Brix % (p/p) agregando sacarosa.

El jugo fresco, es decir, antes de ser expuesto al tratamiento con el sistema microondas, fue sometido a un rastreo microbiológico simple, el cual tenía por objetivo verificar la presencia o ausencia de contaminación microbiana y la naturaleza de la misma. Para la identificación de la microbiota se hicieron cultivos directos por duplicado en agar ogy y agar saboraud y su cuantificación se realizó por medio del conteo de unidades formadoras de colonia por mL de jugo.

Seguidamente, el jugo fresco se cargó al sistema y se sometió a la acción de la microonda. Una vez culminado el proceso, se procedió a la medición de pH y °Brix del jugo así como al rastreo microbiológico respectivo.

Todos los ensayos (E i) se realizaron por triplicado, observándose similares resultados en todas las repeticiones.

Los resultados obtenidos se analizaron con el software MatLab 7.0, licencia amparada por la Corporación Universitaria Lasallista.

Resultados

Durante el rastreo microbiológico al que se sometió el jugo fresco, se encontró una clara predominancia de hongos filamentosos pertenecientes al género *Aspergillus sp.*, considerado patógeno primario. Los resultados del conteo de unidades formadora de colonia por mL de jugo se reportan en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados obtenidos del rastreo microbiológico del jugo de mango antes de ser expuesto al procesado por microondas

Partida experimental	Parámetro microbiológico: unidades formadoras de colonia por mL de jugo, ufc/mL
E 1	104
E 2	108
E 3	107

El pH se ajustó a 4,0 y la concentración de sólidos solubles a 12 °Brix, en todos los casos.

La temperatura que registró el sensor para el jugo de mango antes de encender el sistema, osciló alrededor de los 22 °C. Una vez éste fue encendido, el sensor inferior registró una temperatura mínima de 40 °C y una máxima de 52 °C, mientras que el sensor superior registró una mínima de 42 °C y una máxima de 50 °C. Los cambios de temperatura que experimentó el jugo de mango se registraron durante 224 segundos, tiempo que le tomó a los 4 L del fluido atravesar todo el sistema (gráfica 1).

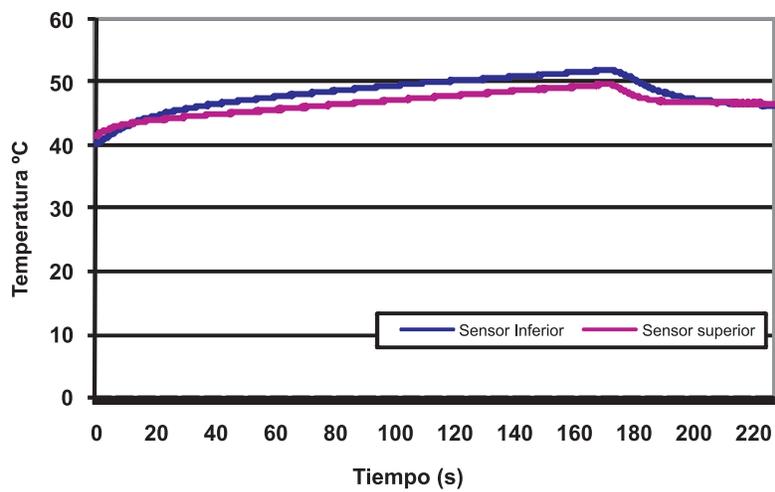
En la tabla 2 se reporta la supervivencia del hongo después del tratamiento. Se observan valores muy similares de las variables entre cada partida experimental.



Fotografía 1. Bobina de vidrio refractario



Fotografía 2. Sistema de procesamiento de microondas para conservación no térmica de alimentos fluidos



Gráfica 1. Registro de temperatura en el tiempo durante el tratamiento del jugo por microondas

Tabla 2. Resultados obtenidos en el jugo de mango después haber sido expuesto al procesamiento por microondas.

Partida experimental	Potencial de hidrógeno, pH	Concentración de sólidos solubles, °Brix	Parámetro microbiológico: unidades formadoras de colonia por mL de jugo, ufc/mL
E 1	3.9	12	11
E 2	3.9	12	11
E 3	4.0	12	12

Discusión

Cuando se comparan las tablas 1 y 2 se observa que la población microbiana debida principalmente al *Aspergillus sp.* disminuyó notablemente durante el tiempo que duró el tratamiento. El número de ufc/mL de jugo decreció después del proceso. Sin embargo, también se puede apreciar que parte de la población aún sobrevive. Se hace entonces necesario realizar más estudios para llegar a determinar si es posible o no eliminar completamente el hongo detectado.

La concentración de sólidos solubles y el pH fijados para la investigación, se mantuvieron prácticamente iguales, salvo en el pH para el que se registraron unas variaciones mínimas a través de cada partida experimental. Este resultado obtenido nos indica que el tratamiento térmico no afectó estas propiedades, permitiendo conservar los atributos propios del jugo debidos específicamente a ellas. Además, ponen de manifiesto que alrededor de una concentración de 12 °Brix y un pH de 4.0, el *Aspergillus sp.* no es capaz de sobrevivir totalmente cuando se expone a los intervalos de temperatura registrados durante 224 segundos que duró el tratamiento.

Los resultados que se muestran en la gráfica 1 permiten evidenciar que el aumento de la temperatura no es del todo uniforme, reflejando con ello que la distribución de calor que presentan los hornos de microondas no es homogénea. Esta falta de uniformidad en la distribución de la temperatura en el interior del alimento, es uno de los aspectos que más repercute en la calidad final del producto tratado.

Cuando no existe un adecuado control de la uniformidad del calentamiento pueden aparecer «puntos fríos» en los que la inactivación microbiana es incompleta y los «puntos calientes», donde pueden tener lugar degradaciones térmicas excesivas con el consiguiente detrimento en las propiedades sensoriales y en el valor nutritivo del alimento. Por todo ello, es preciso conocer y controlar los factores que afectan al calentamiento, tanto los relacionados con los equipos (tipo de horno, frecuencia, potencia, caudal, tiempo de permanencia del fluido al interior del sistema) como con las características

inherentes al alimento (composición, propiedades físicas, tamaño, forma)⁵.

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que la energía electromagnética de microondas funciona favorablemente en el proceso de destrucción del hongo *Aspergillus sp.*; el número de ufc/mL de jugo disminuyó sustancialmente, alrededor del 89%. No obstante, es necesario realizar más estudios para llegar a determinar si es posible o no eliminar completamente la población microbiana estudiada.

La supervivencia que se dio pudo deberse tanto a la temperatura alcanzada como a la duración del tratamiento y a la composición del jugo. La concentración de carbohidratos así como el pH pudieron haber afectado la sensibilidad del microorganismo al calor, ya que los carbohidratos presentes en la sacarosa generalmente conllevan a un incremento de la resistencia térmica.

La temperatura máxima que se alcanzó en el proceso, 52 °C, es significativamente menor a la que se utiliza en un tratamiento térmico convencional para la conservación de jugos, alrededor de 70 °C, lo que acarreó un menor detrimento en las propiedades pH y °Brix del producto.

El tratamiento por microondas como proceso de conservación de alimentos fluidos, debe investigarse con mayor profundidad, ya que aún hace falta conocer más sobre su mecanismo de acción y sobre los efectos fisicoquímicos y sensoriales de los productos sobre los que se aplica.

La utilización de un sistema de procesado por microondas en serie con flujo continuo, permite que la distribución de temperatura al interior del alimento sea más uniforme, minimizando de esta forma los puntos fríos en los que la inactivación microbiana es incompleta.

Referencias

1. RICHARDSON, Philip Tecnologías térmicas para el procesado de los alimentos. Zaragoza: Editorial Acirbia, 2004. p. 311.

2. CIRO VELÁSQUEZ, Héctor José; MELENDEZ RHENALS, Jair Eduardo y MELENDEZ RHENALS, John eduardo. Modelación numérica de un proceso térmico por microondas con énfasis en alimentos. *Dyna. Revista de la Facultad de Minas*. Vol. 73, No. 150 (nov. 2006); p.155-166.
3. BARBOSACÁNOVAS, Gustavo V. et al. Conservación no térmica de alimentos. Zaragoza: Acribia, 1999. p. 1- 8.
4. VILLAMIEL, Mar. Tratamiento de alimentos con microondas. [on line]. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), 05 de abril de 2006. [Citado junio de 2007]. URL disponible en: <http://www.consumaseguridad.com/ciencia-y-tecnologia/2006/04/05/23073.php>
5. SÁNCHEZ, Pardo Ma. Elena; ORTIZ, Moreno Alicia y MORA, Escobedo Rosalva. Análisis de Superficie de Respuesta de Tres Variables por Efecto del Tratamiento Térmico con Microondas en un Producto de Panificación. [on line]. México: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2005. [Citado diciembre de 2007]. URL disponible en: <http://w3.dsi.uanl.mx/publicaciones/respyn/especiales/2005/ee-13-2005/documentos/CNA31.pdf>
6. BUENO, J.L; GARCÍA, A e IGLESIAS, O. Secado radiativo (secado dieléctrico (II)) En: *Ingeniería Química*. Vol. 26, No. 306 (1994); p. 150-166.
7. MEDINA, Zoraida et al. Resistencia térmica de levaduras en jugo de naranja a diferentes concentraciones de sólidos solubles. En: *Archivos Latinoamericanos de Nutrición - ALAN*, Vol. 51, No. 2 (2001): p. 167-172.
8. QUESADA, Oscar; ARIAS, María Laura y CHAVES, Carolina. Efecto del horno de microondas sobre el crecimiento y sobrevivencia de *Escherichia coli* O157:H7 inoculada en tortas de carne de res. En: *Archivos Latinoamericanos de Nutrición - ALAN*, Vol. 53, No. 1 (2003); p. 65-69.
9. RISCO, Guillermo et al. El horno microondas en la esterilización de material de fibra de algodón. [on line]. Perú: Universidad Alas Peruanas, 2004. [Citado junio de 2007]. URL disponible en: <http://www.reinmark.com/backup/publicaciones/pdf/microondas.pdf>.