

TOSTIÓN DE CAFÉ EN MICROONDAS

ROASTING COFFEE IN MICROWAVE OVEN

ANA CRISTINA RESTREPO MONTOYA ^a

Recibido 28-10-2013, aceptado 26-12-2013, versión final 30-12-2013.

Artículo Investigación

RESUMEN: En el proceso de tostión de café, se requiere una alta transferencia de calor, con el fin de elevar la temperatura hasta propiciar las condiciones cinéticas de las reacciones de Millard según lo indicado por Illy & Viani (1995). Sin embargo, el uso de gases de combustión para la tostión, forma tradicional en que se lleva a cabo el proceso, presenta bajas eficiencias térmicas asociadas a las altas pérdidas de calor. En este artículo, se pretende evaluar, mediante un análisis descriptivo inicial, la posibilidad de la tostión del café por calentamiento microondas, buscando una mejora en la eficiencia energética y la reducción de emisiones al medio ambiente. Finalmente se muestra que mediante el proceso microondas es posible tostar café y se halla una relación entre la cantidad procesada y la eficiencia energética obteniendo mejores eficiencias con una carga mayor. Se proponen alternativas para desarrollar nuevos estudios, con el fin de perfeccionar la técnica y llevarla a una aplicación industrial.

PALABRAS CLAVE: Microondas, café, tostión.

ABSTRACT: As indicated by Illy & Viani (1995) in coffee roasting process high heat transfer is required in order to raise the temperature to promote the kinetics of the reactions. However, the use of combustion gases for roasting, traditional way in which is performed the process has low thermal efficiencies associated with the high heat losses. The purpose of this article is to evaluate, through an initial descriptive analysis, the possibility of roasting coffee with microwave heating improving energy efficiency and reducing environmental emission of gases. Finally it is shown that by the microwave process is possible to roast coffee and we found a relationship between the processed amount and energy efficiency and obtain better efficiency with a higher load. Alternatives are proposed to develop new studies, in order to perfect the technique and bring it to an industrial application.

KEYWORDS: Microwave, coffee, roasting.

1. INTRODUCCIÓN

En general, la transferencia de calor se puede dar de tres formas, conducción, convección y radiación. En el proceso tradicional de tostado del café se utilizan las dos primeras, haciendo pasar gases calientes por

^a Estudiante Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

*email: acrestrepom@unal.edu.co

la superficie de los granos de café. Este proceso presenta altas ineficiencias, debido a la baja conductividad térmica y capacidad calorífica que tienen los gases en general. De Monte *et al.* (2003) aseguran que el calentamiento de cada grano de café se da de afuera hacia adentro, de modo que para que un grano se encuentre a la temperatura óptima de tostado, es necesario esperar a que la conducción se dé en un material que tiene baja conductividad térmica. Es por esto que en este artículo, se recurre a la otra forma de transferir calor: la radiación, ya que esta técnica no presenta los inconvenientes que presenta la convección y la conducción; aunque la radiación es mal vista, es de resaltar que no todos los tipos de radiación son nocivos para la salud; es diferente estar directamente expuesto a ésta que a ingerir alimentos calentados por este medio, práctica que ahora es muy cotidiana según la organización mundial de la salud (OMS, 2013).

Según estudios realizados por Chandrasekaran *et al.* (2013), el calentamiento de alimentos con microondas se ha vuelto popular dada su habilidad de tener altas velocidades de calentamiento, reducción en el tiempo de cocción, calentamiento más uniforme, manejo seguro, fácil operación y bajo mantenimiento. Según los estándares del instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (IEEE por sus siglas en inglés), se denominan microondas a las ondas electromagnéticas que se encuentran entre un rango de frecuencia entre 1 y 300GHz, teniendo una longitud de onda de 30cm a 1mm.

El uso más conocido de este tipo de ondas es el horno microondas, que emplea un magnetrón para producir ondas a una frecuencia en la que se afectan los compuestos que contienen enlaces químicos polares con énfasis en los enlaces tipo O-H, ya que este tipo de enlace tiene un dipolo, bajo la influencia de estas ondas electromagnéticas, la molécula trata de alinearse con el campo magnético lo que genera una vibración molecular, dada la alta frecuencia de las microondas, este movimiento ocurre más de un millón de veces por segundo, calentándose así el compuesto en cuestión. Esto implica que al someter todo tipo de materiales al campo de un horno microondas, no necesariamente se calentarán todos los materiales, es por esto que algunos cerámicos y polímeros no se calientan bajo estas condiciones.

En este artículo, se identifican los efectos de diferentes parámetros, tales como tiempo, potencia y cantidad de masa, en la tostión de café en microondas; y se evalúa si el proceso de tostión ocurre al someter granos de café a la radiación de microondas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para probar que el principio de calentamiento usando microondas es funcional, se tostaron diferentes cantidades (10g a 800g) de café en un horno microondas doméstico. Los ensayos se hicieron con café verde de la vereda La Aldea, corregimiento de Palmitas, municipio de Medellín. Cada ensayo se hizo tres veces, para garantizar la consistencia de los resultados. Los datos a analizar serán los promedios de los datos registrados.

Estos ensayos se hicieron en un microondas Whirlpool modelo WP700AL17-K4C con frecuencia de 2.45 GHz, 1000W de potencia y 700W de potencia en las microondas. Las muestras se introdujeron en un recipiente de vidrio, el cual también absorbe calor para su calentamiento.

En ensayos preliminares, se notó que es necesario tener una buena agitación, ya que por la naturaleza de las ondas, la intensidad no es constante en todo el microondas, por esto se introdujo un elemento estático con

paletas, y así el recipiente gira y las paletas mueven los granos cuando estos pasan por el lugar en el que están las paletas.

2.1. Comportamiento de la muestra en el tiempo

Con el fin de evaluar el efecto del tiempo de tuestión en las propiedades finales del café, se tomaron varias muestras con un peso aproximado de 50g y cada muestra se sometió a un tiempo distinto de tuestión (entre 0 y 120 segundos) en el microondas, con una potencia del 10% para el microondas. El tiempo tomado como medida es el marcado en el tablero del microondas.

Para medidas del cambio de peso, se tomaron muestras de alrededor de 50g y se pesaron antes y después del calentamiento.

2.1.1. Comportamiento de la temperatura

Para obtener datos del cambio de la temperatura con el tiempo de tuestión, al final de cada prueba se midió la temperatura del café con una termocupla acoplada a un multímetro UNI-T modelo UT33C.

2.1.2. Cambio de peso

Antes y después de la tuestión, cuando los granos ya se encontraban a temperatura ambiente, se pesó la muestra en una balanza de precisión con medida de 0.001g, el porcentaje de pérdida de café se calculó como se indica en la ecuación 1.

$$\%pérdida\ peso = \frac{\text{peso café verde} - \text{peso café tostado}}{\text{peso café verde}} \times 100 \quad (1)$$

2.1.3. Cambio de volumen y densidad

Para observar el cambio de volumen, se introdujeron las muestras en cilindros de diámetro de 3.5 cm. Con el radio del cilindro y la altura hasta la que llega el café, se calcula una aproximación del volumen ocupado, luego con los pesos, se calcula la densidad aparente del café en cada tiempo de cocción.

2.2. Cambio de potencia

Para evaluar el efecto de la potencia en el calentamiento, se tomaron muestras de 50g de café y se midió el tiempo que requirió llegar a una pérdida de peso de entre 11% y 15%, ya que según Jokanovic *et al.* (2011), en este intervalo se encuentra la pérdida de peso correspondiente a un café con tuestión media a alta.

2.3. Tiempo de tuestión requerido con diferentes cantidades de café

Se hicieron seis ensayos con diferentes pesos iniciales de café (50g, 100g, 200g, 400g, 500g y 800g) ajustando el tiempo, de modo que la pérdida de peso se encuentre entre 12% y 15%, con una potencia en el microondas del 100%.

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

3.1. Comportamiento de la muestra en el tiempo

3.1.1. Comportamiento de la temperatura

Antes de analizar los datos, es importante tener en cuenta que la transferencia de calor se da desde el café hacia el aire, por lo que la temperatura medida será menor que la del interior del café.

En la figura ??, se muestra el cambio de temperatura a medida que se da el proceso, para los ensayos de 10% de potencia, el tiempo final (último dato) corresponde al tiempo en que el café se quema.

Los datos son concordantes, ya que siguen una marcada tendencia, en la cual, a las temperaturas bajas se aprecia un aumento alto en la temperatura y luego, este aumento no es tan marcado, ya que a estas temperaturas (100-180°C), se dan reacciones endotérmicas que hacen más difícil el aumento de la temperatura.

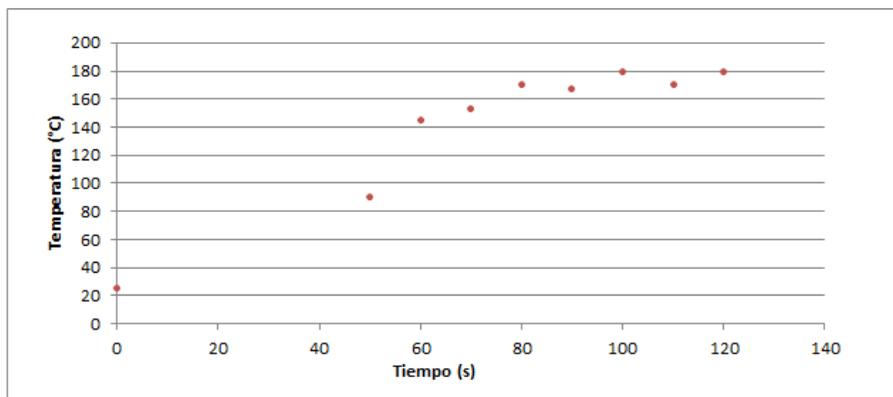


Figura 1: Cambio de temperatura final del café con el tiempo de tuestión.

3.1.2. Cambio de peso

En la figura 2, se muestran los cambios de peso del café según su tiempo de tuestión, éstos son totalmente coherentes con el proceso que se da a cada temperatura, pues, inicialmente se pierde la humedad presente en el café, y posteriormente a temperaturas mayores a los 100°C se sigue observando una pérdida de peso, lo que indica que las reacciones de pirolisis se están dando y generan CO_2 o CO .

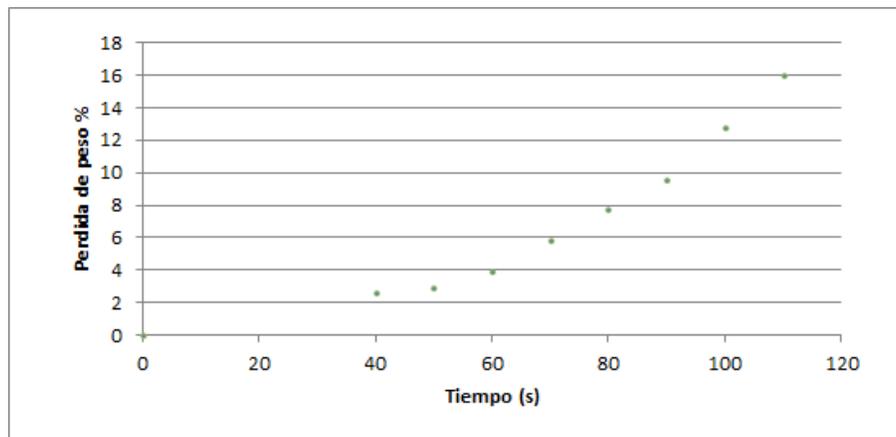


Figura 2: Pérdida de peso del café con el tiempo de tuestión.

3.1.3. Cambio de color

A nivel industrial y de laboratorio, una forma general de evaluar los diferentes grados de tuestión del café es a través de su color, tal y como se reporta en Illy & Viani (1995), en la figura 3 y figura 4, se muestra el cambio de color para las muestras calentadas con potencia del microondas al 10 %.

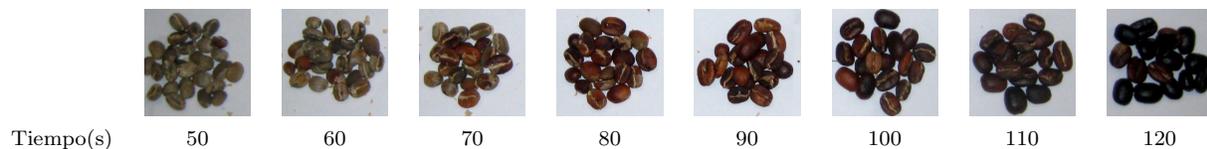


Figura 3: Color del café con diferentes tiempos de tuestión. Fuente: Elaboración propia.



Figura 4: Cambio de color y tamaño de grano con el tiempo de calentamiento, foto tomada a granos de las muestras de los ensayos descritos en la sección 3.1. Fuente: Elaboración propia.

Estos cambios son coherentes con el proceso de tuestión, inicialmente es de esperar que no se presente cambio en el color, ya que se da un proceso de evaporación de agua, posteriormente, se da el cambio paulatinamente, a medida que se da la pirólisis.

3.1.4. Cambio de volumen y densidad

En la figura 5, se presenta la imagen que evidencia el cambio de volumen; en la figura 6, se presenta el cambio de densidad.



Figura 5: Cambio de volumen con el tiempo de calentamiento, fotos tomadas a las muestras de los ensayos descritos en la sección 3.1. Fuente: Elaboración propia.

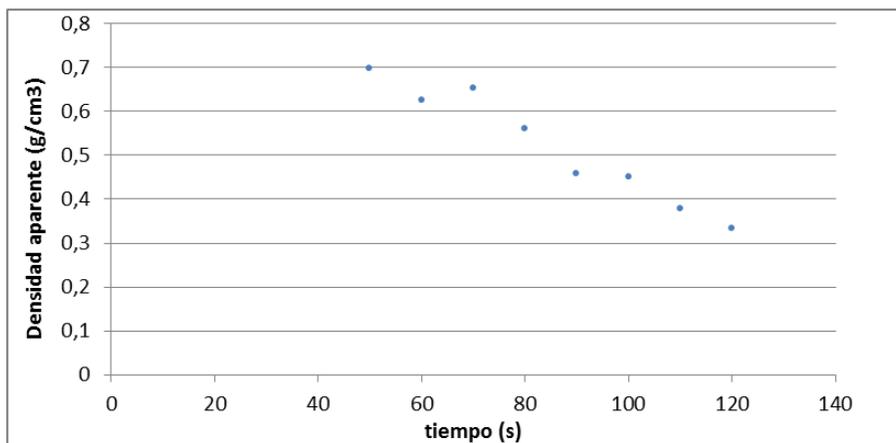


Figura 6: Cambio de la densidad con el tiempo de cocción.

En cuanto al crecimiento del grano, lleva el mismo comportamiento del color, pues inicialmente se da una pérdida de la humedad.

3.2. Cambio de potencia

En la figura 7, se muestra el tiempo necesario para llevar a cabo la tostión de 50g de café con diferentes potencias, se encontraron en los datos una diferencia de 30 segundos entre la menor potencia (10%) y la mayor potencia (100%). Por lo que se puede decir que al pasar el proceso a una escala mayor, será posible disminuir los tiempos de tostión gracias a un aumento en la potencia.

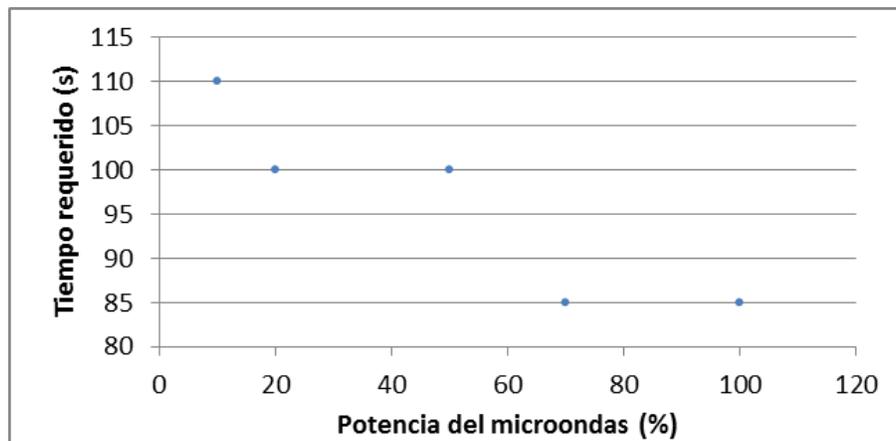


Figura 7: Tiempo de tuestión con diferentes potencias.

3.3. Tiempo de tuestión requerido con diferentes cantidades de café

En la figura 8, se muestra el tiempo de tuestión requerido para diferentes cantidades de café; en esta figura, se puede ver que el aumento del tiempo de tuestión requerido es menor conforme aumenta la cantidad de café, esto puede ser porque los granos de café del exterior pierden calor por la convección con el aire frío (a temperatura ambiente); así que al tener mayor cantidad de café, la relación café superficial/café total disminuye; dado esto, se hace un análisis de la energía consumida por cada cantidad. En la figura 9, se muestra la cantidad de energía necesaria total en cada ensayo, y la energía por gramo de café. De esta última figura se puede ver que a medida que la cantidad de café aumenta, la energía necesaria por gramo de café tostado disminuye, lo que hace más eficiente el proceso al pasar a una escala industrial.

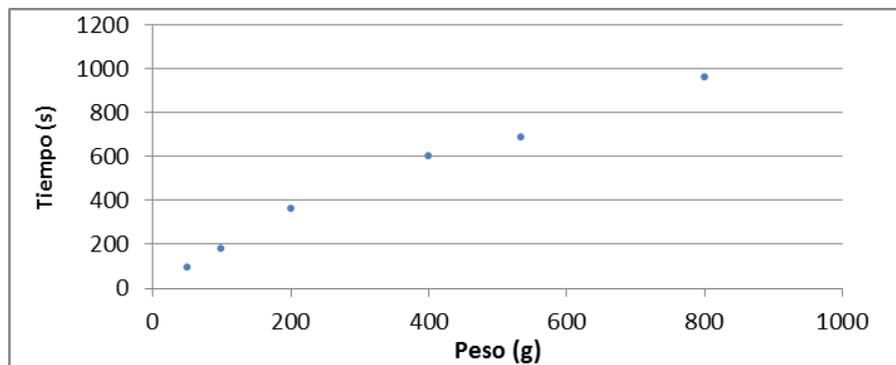


Figura 8: Cambio del tiempo de tuestión con el cambio de peso. Fuente: Elaboración propia.

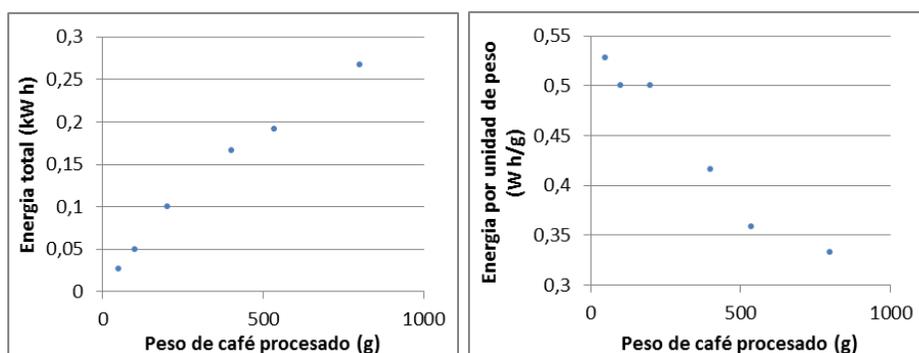


Figura 9: Energía necesaria para la tostión de diferentes cantidades de café. Fuente: Elaboración propia.

De Monte *et al.* (2003) hablan de una energía calórica de 0.51 kW h/kg de café, en producción de lotes de 111 kg, usando gas natural como fuente de calor (como se hace de forma tradicional), de modo que a una baja escala, el calentamiento con microondas presenta un ahorro de energía de un 35.3%, ya que para procesar 800g de café se necesitan 0.33 kW h/kg.

Además de esto, con el proceso tradicional, es necesaria la combustión de hidrocarburos para el calentamiento, con el proceso de calentamiento con microondas no hay emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2) generadas en el calentamiento del café.

4. EFECTOS SECUNDARIOS DEL USO DE MICROONDAS

Desde el inicio del uso de las microondas, éstas se han señalado de ser perjudiciales para la salud e intervenir en los procesos biológicos; motivo por el cual, en algunas personas se presenta el temor a consumir alimentos que han sido procesados con este tipo de ondas.

Marino & Galloni (2011) y muchos otros estudios, confirman que la exposición directa a la radiación con microondas, inhibe ciertas funciones del cuerpo humano, como la sinapsis; sin embargo, hay una diferencia entre exponerse directamente a este tipo de ondas y consumir alimentos que han sido expuestos.

La Organización Mundial de la Salud, y Chandrasekaran *et al.* (2013), concluyen, que una vez el alimento deja de ser expuesto a este tipo de ondas, no conserva la radiación, por lo que el calentamiento de alimentos en microondas no resulta ser perjudicial para la salud (OMS, 2013).

5. CONCLUSIONES

- Dado que microondas pueden generar calor de modo que éste llegue a tostar el café de forma adecuada y óptima, se pueden hacer posteriores trabajos investigativos, en los que se evalué esta alternativa tecnológica con mayores cantidades y equipos de mayor capacidad, y posteriormente poder hacer una evaluación económica y ambiental a escala real.
- El tiempo de tostión y la potencia del microondas son las principales variables con las que se puede controlar el proceso de tostión en hornos microondas.

- Entre mayor sea la cantidad de café tratado en un lote, mayor será la eficiencia del proceso, ya que la energía necesaria por peso de café, será menor.
- Por ser un proceso tan diferente al convencional, el análisis de la tostión con microondas se debe hacer de forma diferente a la tradicional, por ejemplo, en la curva de tostión, no es tan determinante la temperatura del aire, ya que éste no transfiere calor al café, pero si será determinante la potencia del magnetrón.
- Operando de una manera segura, el calentamiento de alimentos con microondas no es perjudicial para la salud humana.
- Es necesario hacer un estudio para evaluar el desempeño de la técnica a escala industrial, tanto en el proceso en continuo como por lotes.
- El uso de microondas, se puede considerar una tecnología verde, ya que calienta sin generar gases de efecto invernadero.

Referencias

- Chandrasekaran, S.; Ramanathan, S.; Basak, T. (2013), Microwave food processing—A review. *Food Research International*, 52(1), 243–261.
- De Monte, M.; Padoano, E. y Pozzetto, D. (2003), Waste heat recovery in a coffee roasting plant. *Applied Thermal Engineering*, 23(8), 1033–1044.
- Incropera, F. (1999), Fundamentos de Transferencia de Calor. México, Pearson Educación, S.A.
- Illy, A. & Viani, R. (1995), Espresso Coffee: The Chemistry of Quality, Academic Press, New York.
- Jokanovic, M. R.; Dzinic, N. R.; Cvetkovic, B. R.; Grujic, S. & Odzakovic, B. (2012), Changes of Physical Properties of Coffee Beans During Roasting. *APTEFF*, 43, 21–31.
- Marino, C. & Galloni, P. (2011), Microwaves: Exposure and Potential Health Consequences. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences Encyclopedia of Environmental Health, 765–773.
- Nagaraju, V. D.; Murthy, C. T.; Ramalakshmi, K. & Srinivasa Rao, P. N. (1997), Studies on roasting of coffee beans in a spouted bed. *Journal of Food Engineering*, 31(2), 263–270.
- Organización Mundial de la Salud – OMS (2013), Campos electromagnéticos & salud pública: Hornos microondas. Sitio web oficial de la organización mundial de la salud. [En línea]. Última fecha de consulta: 22 de septiembre de 2013. Disponible en <http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/info_microwaves/es/>