

Cerámica práctica: A dureza de cuero en 15 minutos en un horno doméstico de microondas

Practical ceramic: To leather-hard in 15 minutes in a domestic microwave oven

*Francisco Hernández-Chavarría
Jimena Sánchez-Zumbado
Investigadores Escuela de Bellas Artes
Universidad de Costa Rica*

-Se llama *giratiempos* -explicó Hermione-.
Me lo dio la profesora McGonagall
el día que volvimos de vacaciones.
Lo he utilizado durante el curso
para poder asistir a todas las clases (...)
Gracias a él he podido asistir a varias clases
que tenían lugar al mismo tiempo,
¿te das cuenta?

Harry Potter y el prisionero de Askaban
JK Rowling

Resumen

La irradiación con microondas en un horno doméstico acelera la vibración de las moléculas dipolares generando calor, lo que cocina los alimentos. Ese mismo principio se ha utilizado en la confección de equipos industriales para diversos campos, incluyendo la cerámica, lo que logra el secado rápido de piezas con economía de tiempo, energía y espacio en las plantas procesadoras. En este artículo se describe el proceso de secado acelerado en un horno doméstico; lo que permite llevar una pieza recién confeccionada a dureza de cuero en menos de media hora.

Palabras clave: Horno doméstico de microondas, radiaciones electromagnéticas, industria, cerámica artística, procesos de secado.

Abstract

Microwave irradiation in a domestic oven accelerates the vibration of the dipolar molecules generating heat, which cooks the food. The same principle has been used in the manufacture of industrial equipment for diverse applications, including ceramics, which achieves rapid drying of pieces with less time, energy and space in the processing plants. This article describes the process of accelerated drying in a domestic oven, allowing drying a freshly-made piece to leather hardness in less of half an hour.

Key Word: Microwave domestic oven, electromagnetic radiations, industry, artistic ceramic, drying process.

La invención del horno de microondas es un ejemplo más de serendipia; ocurrido gracias a la observación de Percy Spencer, quien

trabajando con el radar durante la Segunda Guerra Mundial, se percató de que una barra de chocolate en su bolsillo se ablandaba cuando se acercaba a la antena, ahondando en esa observación encontró que las microondas que emanaban del radar calentaban algunos alimentos, con lo que construyó y patentó el primer horno de microondas; sin embargo, el alto precio de los primeros equipos, que superaban los \$5000, le restaba popularidad, hasta que la compañía Amana lo produjo en serie y el precio bajó a \$500 dólares por unidad; actualmente se consiguen en el mercado hornos hasta por \$50, y de ahí lo común que resulta hoy día en las cocinas, al grado de asumir que en 9 de cada 10 casas en EEUU lo utilizan (Login & Dvorak. 1994).

Las microondas son parte del espectro electromagnético, junto con la luz visible, la luz ultravioleta, los rayos X y los gama, la radiación infrarroja y el amplio ámbito de microondas usadas en comunicación, incluyendo la telefonía celular. Sus longitudes de onda oscilan entre 1mm y 1m, y sufren los fenómenos de reflexión, refracción y absorción al igual que el resto de las radiaciones electromagnéticas. Los hornos domésticos de microondas utilizan una frecuencia de 2,45 GHz, ante la cual, las moléculas dipolares, como el agua, las proteínas y los azúcares, aumentan su vibración al grado de generar calor, lo que cocina los alimentos.

Por otra parte, el incremento en la vibración de las moléculas irradiadas con microondas aumenta la velocidad de reacciones químicas; con base en ello, se ha utilizado en microscopía electrónica desde hace más de 40 años, como una opción para acortar los tiempos de procesamiento de biopsias (Kok, Boon, 1992). También en la industria de la cerámica comenzó a explorarse su aplicación en la década de 1980, robusteciéndose con las reuniones internacionales promovidas por la *Material Research Society* y la *American Ceramic Society*; que finalmente consolidaron el *Microwave Working Group* (<http://www.microwave-rf.org/>), como un foro de divulgación de los avances en este campo.

Microondas y aplicaciones industriales

Para explicar fácilmente el principio de funcionamiento del horno de microondas, comparémoslo con el proceso de cocción tradicional, en el cual se utiliza una fuente de calor externo, para calentar una olla en la cual colocamos el alimento que debe ser cocinado. El calor comenzará a calentar el recipiente, luego las capas del alimento en contacto con este y por difusión y convección el calor difundirá hacia el interior del alimento hasta cocinarlo; esto significa que el calor difunde desde afuera

hacia adentro. En el horno de microondas el proceso es inverso, pues el calor se genera por la vibración de las propias moléculas del alimento; esto es, se genera en el interior del alimento y difunde hacia afuera.

Ese principio de aceleración de las moléculas cuando se someten a la irradiación con microondas favorece algunos procesos químicos, los acelera, o bien, se hacen más eficientemente, por lo que se califican con el término "efecto microondas". Una de las primeras aplicaciones en la industria de los polímeros fue en los procesos de vulcanización; otros empleos incluyen curado de hules y polímeros, pirometalurgia, control de viscosidad de pinturas y barnices, además, de las múltiples aplicaciones en la industria alimentaria. Sin embargo, muchas de las aplicaciones industriales de las microondas consisten en procesos de secado, por lo tanto, se basan en el principio de calentar el agua y extraerla por evaporación y el mejor ejemplo de ello son los procesos industriales de cerámica (Ku HS, Siores E. Taube A, Ball JAR, 2002).

Aplicación de las microondas en la industria de la cerámica:

Desde hace más de 20 años se ha aplicado la irradiación con microondas en la cerámica industrial como un método para acortar los tiempos de secado (Sutton 1989). La efectividad de estos procesos es tal, que por ejemplo, la búsqueda de información en la base de datos de Google Académico, bajo la frase "*Microwave processing of ceramic material*" produce más de 80 000 entradas, y una gran mayoría son artículos científicos publicados en revistas especializadas.

En la industria de la cerámica se emplean equipos dotados de múltiples magnetrones u otros dispositivos para generar las microondas. Los magnetrones utilizados funcionan ya sea con la frecuencia de 2,45 GHz (corresponde a la frecuencia del horno doméstico) o tan altas como 84HGz, e incluso los hay de frecuencia variable; son colocados en serie, usualmente en espiral en torno a bandas transportadoras, junto con sistemas de extracción al vacío y suministro de corrientes de aire caliente; tales equipos pueden alcanzar hasta los 1200°C¹. Por ejemplo, en la confección industrial de vajillas, este tipo de equipos disminuye los tiempos de desmoldado y optimiza la operación en las plantas al mejorar el uso del espacio físico, aumentar la frecuencia de empleo de moldes y reducir los costos energéticos; lo que en resumen se traduce en un proceso más eficiente y económico; por otra parte, algunos de los beneficios adicionales, incluyen una disminución en la deformación de

¹ D.E. Clark and D.C. Folz. *What is Microwave Processing?* http://personnel.univ-reunion.fr/lanson/typosite/fileadmin/documents/pdf/TMO_M2/Projet/Microwave_Solutions_for_Engineers_Introduction.pdf

las piezas durante el secado (Atong D, Ratanadecho P, Vongpradubchai S. 2006).

A pesar de que se han desarrollado equipos sofisticados de microondas para diversos procesos, como por ejemplo el procesamiento de muestras biológicas para microscopia electrónica, es factible emular esos procedimientos en hornos domésticos (Hernández-Chavarría F, Guillén R 2000; Hernández-Chavarría F, Vargas-Montero 2001, Hernández-Chavarría 2004). Por lo tanto, es posible realizar algo similar con el secado de piezas de cerámica; pues si bien existen equipos industriales, es factible emplear el horno doméstico de microondas para acelerar los procesos de secado de piezas artísticas de cerámica, de manera que puedan alcanzar la textura de cuero en pocos minutos; lo que constituye el objetivo de este trabajo.

¿Cómo calcular la potencia del horno de microondas?

En un horno de microonda digital se facilita el cálculo de la potencia, pues generalmente el control de potencia está programado en pasos de 10%. Sin embargo, hay modelos analógicos, más simples, en los cuales la potencia está programada de acuerdo a procesos de cocción o descongelamiento, lo que dificulta el cálculo de potencia. En todo caso, hay un método simple publicado en el libro "*Microwave cookbook for microscopists*"²

1. Coloque 200 g de agua destilada en un recipiente transparente a las microondas, o sea que su índice de refracción para microondas sea de $n = 1$. Esto puede ser un vaso de "styrofoam". Mida la temperatura inicial del agua (T_i).
2. Ponga el recipiente con el agua en el centro del plato giratorio del horno.
3. Seleccione la intensidad del horno que desea evaluar. Por ejemplo, "Descongelar".
4. Irradie durante un minuto. Mida el tiempo con un cronómetro.

² Kok LP, Boom ME. (1992). *Microwave cookbook for microscopists. Art and science of visualization*. 3th edition. Columbo Press Leyden, Leiden, pp. 432.

5. Inmediatamente después agite el agua para homogeneizar la temperatura y médala nuevamente, esta será la temperatura final (T_f).
6. Calcule el cambio de temperatura (ΔT), que sería $T_f - T_i$.
7. Calcule la potencia (P) del horno con la siguiente fórmula:

$$P = m \gamma \Delta T / \Delta t$$

Donde:

m es la masa en gramos (**200 g**),

γ es el calor específico ($\text{JK}^{-1}\text{Kg}^{-1}$). Es el calor requerido para elevar la temperatura de un Kg del material en un $^{\circ}\text{K}$, para el agua $\gamma = \mathbf{4.186}$.

$$\Delta T = T_f - T_i$$

Δt es el tiempo de irradiación (60 segundos).

Sin embargo, se puede obtener un valor aproximado de la potencia multiplicando ΔT por 14 ($P \approx \Delta T \times 14$)

Metodología para secar con microondas piezas cerámicas

Se utilizó un horno doméstico (Daytron 2540 MHz, 700 W) a una potencia equivalente a una emisión de 100 wats, se irradió en periodos de dos minutos. Las piezas frescas, recién confeccionadas se colocan sobre un disco de plástico, de "styrofoam" o bien, en cualquier dispositivo plástico que lo levante del piso del horno para mejorar la eficiencia de la irradiación. Luego de cada periodo de irradiación se debe dejar en reposo durante un minuto para que se disipe la temperatura, ya que al salir del horno, la pieza se habrá calentado un poco, aunque, no llega a los 50°C .

Durante este lapso el agua se evapora, lo que se aprecia fácilmente si la pieza se pone contra un fondo oscuro; por lo tanto, si la pieza se somete a la corriente de aire de un abanico, se mejora el proceso de secado. Luego de unas cinco irradiaciones, la pieza habrá adquirido una textura lo suficientemente seca como para comenzar a pulirla. Se continúa con otros cinco periodos, para alcanzar un tiempo total de irradiación de 20 minutos; durante esa segunda etapa, es posible bruñir la pieza luego de

cada periodo de irradiación. La figura 1, muestra una pieza en textura de cuero y a la derecha, luego de someterse al proceso de Raku.



Figura 1: A la izquierda la pieza recién modelada, que en 20 minutos de tratamiento en el horno de microondas, como se describió anteriormente, adquirió la textura de cuero. A la derecha aparece la pieza terminada.

Pérdida de peso de la pieza durante el proceso:

Se sometió a irradiación una pieza (cilindro torneado) de 650,2 g por una hora, en periodos sucesivos de dos minutos cada uno, pesando la pieza luego de cada irradiación para evaluar la pérdida de agua (Figura 2).



Figura 2. Pieza de cerámica durante el proceso de secado en un horno doméstico de microondas.

El promedio de peso perdido por minuto de irradiación fue de 0.38g para un total de 22,2 g, lo que equivale al 3,4% del peso inicial. Al cabo de los sesenta minutos la pieza tenía una textura apropiada para esgrafiarla. Se repitió la experiencia con cuatro piezas más de menor tamaño, cuyos pesos oscilaron entre los 250 y los 300 g. Se concluyó

que entre menor es el peso de la pieza y más delgadas son las paredes, el porcentaje de agua perdido es mayor, oscilando entre el 5 y el 10%. Las piezas con formas abiertas, ya sea escultóricas o cilindros de boca ancha, tienden a secarse más rápido y más uniforme que las formas esferoides (Figura 3).



Figura 3. Las formas abiertas pierden agua más eficientemente, por lo que el secado es más rápido,

En el caso de piezas en forma de ánfora, posiblemente la propia estructura provoca un aumento de la temperatura en el centro de la pieza que por convección difunde y hace que se comience a secar primero la boca del recipiente. Este fenómeno de la forma, es el que se presenta cuando se cocina al horno de microondas algo esferoide como una patata, que muestra el centro más cocinado o más caliente que la periferia, esto por cuanto la superficie curvada actúa como lente para los rayos refractados, concentrándolos en el centro del cuerpo³.

Cuidados y consejos que deben considerarse

Es importante no aumentar ni la potencia del horno ni los periodos de irradiación. Sin embargo, las piezas pequeñas y de paredes delgadas (peso menor a 300g), pueden someterse inicialmente a dos periodos de 5 minutos cada uno, con 100W de irradiación, con un periodo de reposo entre ellos, de otros 5 minutos, para que se evapore el agua y la pieza vuelva a enfriarse. Luego de esos dos periodos largos, se debe continuar con tiempos máximos de dos minutos, como se describió inicialmente.

Cuando se irradia a una potencia más alta; por ejemplo a 200W, se incrementa el calor generado, que en algunos puntos de la pieza puede ser cercano al punto de ebullición⁴, lo que provoca una salida

³ Kok LP, Boon ME. (1992). *Microwave cookbook for microscopists. Art and science of visualization*. 3th ed. Coulomb Press Leyden, Leyden p 314.

⁴ Sutton, W H. (1989). Microwave processing of ceramic materials. *American Ceramic Society Bulletin*. 68; 2:376-386.

abrupta del agua, que tiende a formar burbujas en la superficie de la pieza, que al explotar la dañan, como se muestra en la figura 4. Algo similar se puede presentar, si se incrementan los tiempos de irradiación, por ejemplo a 10 o más minutos, aún a baja irradiación.



Figura 4. Pieza sometida a 200W por 5 minutos, se aprecia el secado irregular y las fracturas superficiales a partir de burbujas.

Otro aspecto que debemos recordar es que los hornos domésticos de microondas están programados para funcionar normalmente a toda su potencia, por lo tanto, debemos hacer el ajuste de la potencia cada vez que irradiamos la pieza, pues si omitimos este paso, irradiaremos al 100 % de la potencia y explotarán las piezas.

Conclusión

La irradiación con microondas en un horno doméstico, aún de los modelos más simples, como el empleado en esta experiencia (Daytron 2540 MHz, 700 W), permite evaporar el agua de piezas de cerámica artística recién confeccionadas, alcanzando la textura del cuero en menos de 30 minutos; lo que bajo condiciones ambientales y dependiendo del clima, suele tardar entre una y dos semanas. Por lo tanto, esta metodología puede ser muy útil al ceramista en general y especialmente cuando se hacen pruebas de esmaltes u otros acabados, para lo cual es necesario contar con múltiples piezas para pruebas, según los resultados que se vayan obteniendo. En tal sentido, el acortamiento del proceso en varios días, gracias a la irradiación con microondas, es equivalente a contar con un dispositivo para controlar el tiempo, tal como reza el epígrafe de este artículo.

Bibliografía

- Atong D, Ratanadecho P, Vongpradubchai S. (2006). Drying of a slip casting for tableware product using microwave continuous belt dryer. *Drying Technol.* 24: 589-594.
- Hernández-Chavarría F, Guillén R. (2000). Microwave processing for scanning electron microscopy. *Europ. J. Morphol.* 38: 109-111.
- Hernández-Chavarría F, Vargas-Montero M. (2001). Rapid contrasting of ultrathin sections using microwave irradiation with heat dissipation. *J Microsc.* 203: 227-230.
- Hernández-Chavarría F. (2004). Microwave irradiation for bacterial analysis at scanning electron microscope. *Rev Latinoamer Microbiol.* 46: 80-84.
- Kok LP, Boon ME. (1992). *Microwave cookbook for microscopists. Art and science of visualization.* 3th ed. Coulomb Press Leyden, Leyden p 314.
- Ku HS, Siores E, Taube A, Ball JAR. (2002). Productivity improvement through the use of industrial microwave technologies. *Comp Industrial Engin* 42: 281-290.
- Login GR, Dvorak AM. (1994). *The microwave tool book.* Beth Israel Hospital Boston. Boston. p 91-114.
- Sutton, W H. (1989). Microwave processing of ceramic materials. *Amer Ceramic Soc Bull.* 68: 376-386.

Francisco Hernández-Chavarría franciscohernandezch@gmail.com

Nació en 1952 y por más de 30 años fue profesor de la Universidad de Costa Rica en Microbiología y Microscopia Electrónica y publicó más de 200 artículos científicos, con un énfasis principal en epidemiología y ultraestructura de agentes infecciosos. Actualmente ha publicado 10 artículos en revistas especializadas en Artes Plásticas. Se jubiló en el 2006 y continuó su labor académica como profesor *ah honorem* en la Facultad de Microbiología e investigador en el Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (CIEMic), para finalmente concentrarse exclusivamente en la Cátedra de Grabado, de la Escuela de Artes Plásticas, de la cual también es estudiante activo.

Jimena Sánchez-Zumbado jimenasanchezz@gmail.com

Nació en 1977. Cursó Estudios Superiores en la Universidad de Costa Rica, en Facultad de Educación obtuvo el grado de Bachiller en la Enseñanza de las Artes Plásticas y en la Facultad de Bellas Artes, el grado de Licenciada en Artes Plásticas con énfasis en Cerámica, graduada con honores. En la Universidad Latina de Costa Rica recibió el grado de Máster en Ciencias de la Educación. Actualmente cursa el Doctorado en Ciencias de la Educación con mención en Investigación Educativa. Ha sido profesora en la Universidad Nacional de Costa Rica, Universidad Latina y Universidad de Costa Rica, donde labora ininterrumpidamente desde el 2006, como profesora de dibujo y diseño en la Escuela de Artes Plásticas.