

# **CARACTERIZACIÓN DE LA POROSIDAD DEL PAN HORNEADO POR MICROONDAS MEDIANTE ESTEREOMICROSCOPIA Y ANÁLISIS DE IMÁGENES.**

**Santacruz Vázquez Verónica, Santacruz Vázquez Claudia.**

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Química y Alimentos, Ciudad Universitaria. Puebla, México CP 72570. Puebla Pue. Teléfono:(01 222)274 31 31. Fax:(01 222)264 6627, versanva2000@yahoo.com.mx

**Keywords: porosidad, microondas, productos de panificación**

## **Introducción**

La tecnología de microondas recientemente ha sido aplicada en los alimentos por la rápida transferencia de calor, razón por la cual en los diversos tratamientos térmicos como la cocción, la tecnología de microondas resulta ser una alternativa para el procesamiento, que hasta ahora ha sido poco explorada [1]. Una de las ventajas del uso de microondas como opción a la cocción, es la eliminación del sobrecalentamiento del alimento y la desnaturalización de algunos compuestos termolábiles, obteniendo un producto de mayor calidad [2, 3].

La energía de microondas actúa selectivamente en las moléculas de agua, mismas que se encuentran débilmente unidas al sustrato, evaporándose rápidamente, sin presentar un incremento significativo de la temperatura en la matriz. No obstante, el estudio de los fenómenos de transferencia de masa y calor durante la aplicación de microondas en un alimento es aun desconocido [4].

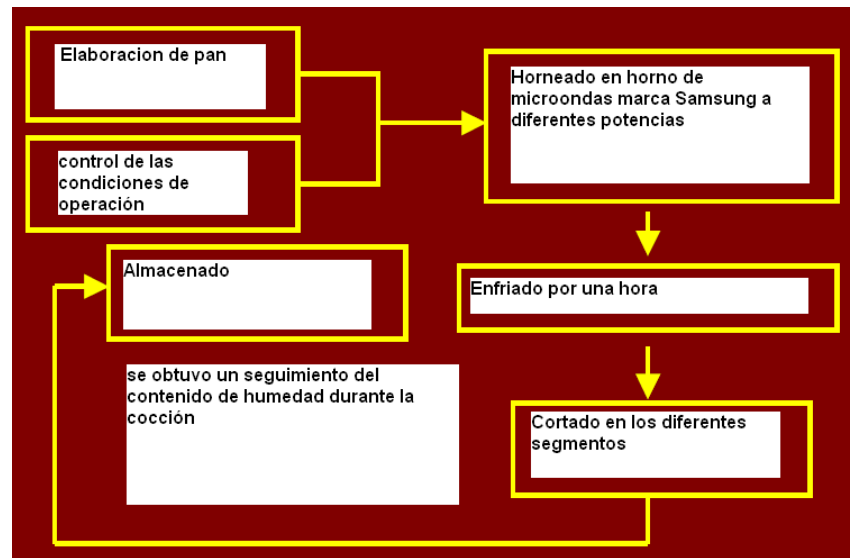
El objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento de la distribución de la porosidad en cilindros de pan cocidos en microondas.

## **Metodología**

Se elaboró pan de harina de trigo, horneado en un horno de microondas convencional. de capacidad para 0.9 pies cúbicos para tres diferentes niveles de potencia señalados como potencia 1 (P1), potencia 4 (P2) potencia 7 (P3), lo que corresponde a fueron 80, 320 y 560kW. En el pan cocido se realizaron cortes de 1 cm en dirección longitudinal y en dirección radial al cilindro, obteniendo los perfiles de porosidad en dos direcciones diferentes, radial y longitudinal. Estos cilindros se ordenaron de acuerdo a la ubicación en la que se encontraban en el pan clasificándolos con las cinco primeras letras del alfabeto. La determinación de la porosidad en el pan se realizó mediante métodos volumétricos, empleando V<sub>o</sub> (inicial) mismo que se determinó mediante un vernier y el V desplazado fue obtenido a partir de mediciones volumétricas con xileno.

Se obtuvieron fotomicrografías de los cortes del pan en un microscopio de luz, Karl Zeiss, 40X. Cada una de las fotomicrografías fue transferida, digitalizada y posteriormente analizada utilizando el programa Sigma Scan Image Measurement Pro (Jandel Scientific Corporation, 2003), del cual se obtuvo una matriz numérica cuyos datos fueron los valores de la intensidad de los pixeles en escala de grises (0-255). Luego esta matriz numérica fue introducida en un algoritmo diseñado en el Programa Excel 5.0

para su análisis, el cual consistió en calcular las diferencias entre los valores máximos y mínimos de los datos de las matrices seleccionadas. Posteriormente el algoritmo calculó el tamaño de la zona de menor intensidad y la correlación con el área del poro (Figura 1).

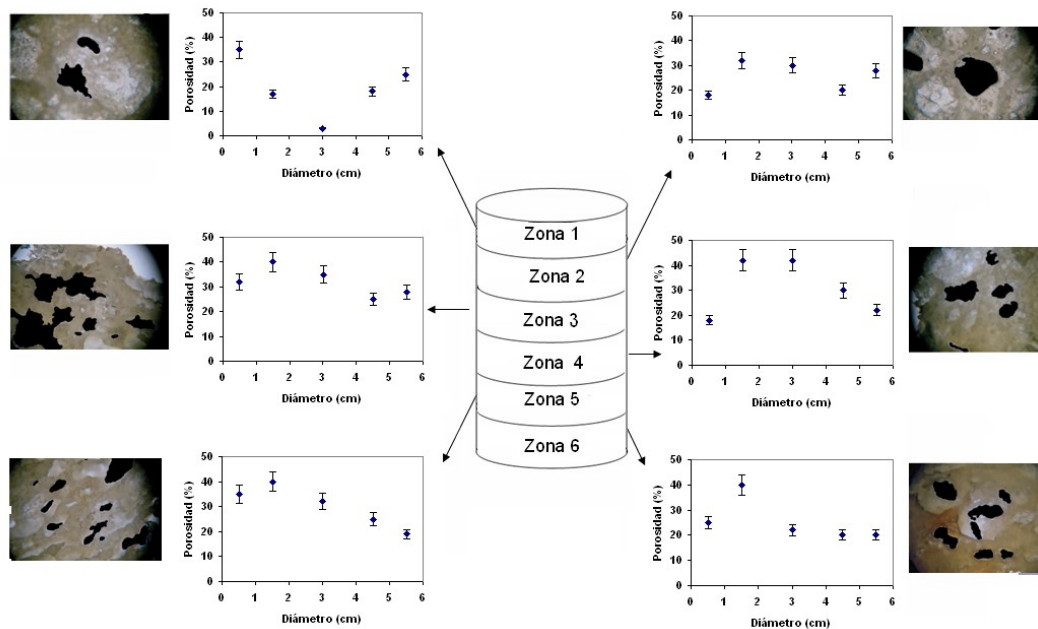


**Figura 1.** Metodología empleada para el análisis de los poros

### Resultados

Los tiempos de cocción del producto después de horneado fueron de 14, 10 y 7 minutos para la potencia P1, P2 y P3 respectivamente, resultados que permitieron identificar que el tiempo de cocción es inversamente proporcional a la potencia de microondas empleada, dado que a mayor potencia, menor tiempo de cocción [5]. Con respecto a la porosidad en el pan horneado, los resultados obtenidos durante este trabajo fueron de 34, 42 y 44 expresados en porcentaje para la potencia P1, P2 y P3 respectivamente, presentándose una relación proporcional a la potencia, dado que a mayor potencia, mayor porosidad en el producto, esto probablemente se encuentre relacionado con la presión de vapor generada durante el horneado, dado que a mayor intensidad de calentamiento, la transferencia de calor y masa en el producto-horno es mayor, reportando valores de porosidad mayores con el uso de una mayor potencia durante el horneado. En la figura 2, se presenta el efecto de la transferencia de masa y calor durante el horneado del producto con una potencia de P2, en función de la dirección radial del cilindro, en las diferentes zonas del producto horneado, observando la existencia de una distribución del tamaño de poro en la dirección radial del cilindro, siendo de mayor tamaño en los extremos del mismo de 35%, en comparación con la reportada en el centro de 25%. Resultados similares fueron obtenidos para las condiciones estudiadas P1 y P3. También fue evidente la existencia de una distribución de la porosidad a través de la altura del cilindro, el mayor número de poros se concentró en zonas intermedias, en comparación con la zona superior e inferior del cilindro, probablemente debido a que el vapor de agua generado durante el horneado trató de salir de la matriz del producto generando poros y cavidades en el centro del cilindro, más que en los extremos del mismo. Aunado a ello, también fue evidente el encostramiento en el producto debido a la transformación de los azúcares por el tratamiento térmico siendo esto un factor limitante para el escape del vapor de agua desde el interior del cilindro, de tal forma que en los extremos del cilindro los poros fueron de menor tamaño. Resultados semejantes se presentaron en condiciones experimentales de mayor potencia, estableciendo que independientemente de la potencia

empleada, existió una distribución de los poros en los alimentos que son sometidos a un proceso de calentamiento, cocción o deshidratación en microondas. El fenómeno de encostramiento fue un factor limitante para la transferencia de masa durante el horneado del producto, razón por la cual la composición del pan y la transferencia de calor pudiesen ser las variables operacionales que permitieran obtener productos de panificación de mejor calidad poro.



**Figura 2.** Fotomicrografías y gráficos de porosidad del pan horneado a la P2 vs. Diámetro del cilindro en las diferentes secciones analizadas mediante el análisis de imágenes.

### Conclusión.

Se observó una relación de proporcionalidad entre la porosidad del producto y la potencia empleada durante el horneado. La caracterización de la distribución de la porosidad en el producto permitió concluir que en los extremos del cilindro se generó una menor porosidad en comparación con el centro, debido probablemente al vapor generado durante la cocción, mismo que desarrolló una mayor porosidad en el centro.

### Bibliografía

- [1] Fernández, L., Castellero, C. Aguilera, J.M. An application of image analysis to dehydration of apple discs, *Journal of Food Engineering*, 67(1-2), (2005) 185-193.
- [2] Kumar, A., Ganjyal, G.M., Jones, D.D.M, Hanna, M.M. Digital image processing for measurement of residence time distribution in a laboratory extruder, *Journal of Food Engineering*, 75(2), (2006) 237-244.
- [3] Mandala, I.G., Sotirakoglou, K. Effect of frozen storage and microwave reheating on some physical attributes of fresh bread containing hydrocolloids, *Food Hydrocolloids*, 19(4), (2005), 709-719.
- [4] Mandala, G. Physical properties of fresh and frozen stored, microwave-reheated breads, containing hydrocolloids, *Journal of Food Engineering*, 66(3), (2005), 291-300.
- [5] Zaroni, B., Peri, C., Gianotti, R. Determination of the thermal diffusivity of bread as a function of porosity, *Journal of Food Engineering*, 26(4), (1995), 497-510.