

EFFECTO DE LAS CONDICIONES DE HORNEO SOBRE EL DESARROLLO DE COLOR Y SU RELACIÓN CON LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN PAN DULCE

J. Peñaloza-Espinosa, M.P Salgado-Cruz, J.J Chanona-Pérez, G. Calderón-Domínguez *

Departamento de ingeniería bioquímica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México. *gcalderon@ipn.mx

RESUMEN:

Durante el horneado de productos de panificación, las reacciones de Maillard imparten olor, color y sabor al pan, así como también se asocian con la actividad antioxidante, por ello en el presente trabajo se evaluó el efecto del tiempo y temperatura de horneado sobre el desarrollo de color y su relación con la capacidad antioxidante en pan dulce. Los productos se hornearon 20 min a 170, 180 y 190 °C. El color se evaluó en la miga y corteza utilizando el sistema CIELab. El color de la miga no presentó cambio ($h^*=93^\circ$, $S^*=0.22$ y $L^*=74.18$). En la corteza hubo una disminución en L^* a los 5 min de horneado, mientras que (h^*) cambió de 89 a 56 con un incremento en S^* (160% a 192%). El contenido de fenoles se incrementó en función del tiempo de horneado a partir de los 5 min y fue inversamente proporcional a la temperatura. El contenido de fenoles se correlacionó de forma inversamente proporcional al cambio de h^* y L^* . La inhibición del reactivo ABTS se correlacionó de forma inversamente proporcional con h^* .

ABSTRACT:

During bread baking, color, aroma and flavor are developed due to Maillard reactions, and from these changes, color has been related with antioxidant activity. Hence, in this work, the effect of baking time and temperature on color development and its relation with antioxidant capacity of a yeasted sweet bread were studied. Dough was baked at 170, 180 and 190°C for 20 min and the color of the crust and crumb of breads were analyzed using a CIELab system. Crumb color was not affected by any process conditions ($h^*=93^\circ$, $S^*=0.22$ and $L^*=74.18$). In contrast, crust clarity (L^*) decreased after 5 min baking, while hue (h^*) changed from 89 to 56, and saturation (S^*) increased from 160 to 192%. The phenolic content followed an inverse path, as the antioxidant capacity increased with time and temperature after 5 min baking. The phenol content was inversely correlated to the changes of h^* and L^* , as well as ABTS inhibition with h^* .

Palabras clave: horneado, color, capacidad antioxidante

Keywords: baking, color antioxidant capacity

Área: (Panificación y capacidad antioxidante). Cereales, Leguminosas y Oleaginosas

INTRODUCCIÓN

Los productos de panificación se pueden obtener por diversos métodos, pero todos ellos coinciden en tres etapas: mezclado, fermentación y horneado, siendo esta última una de las más importante, ya que se ha reportado que la mayoría de los atributos de calidad del pan se generan en ella (Therdthai y Zhou, 2003). Sin embargo, reportes recientes señalan que la comprensión de esta etapa no es muy clara (Mondal y Datta, 2008). Por lo tanto es necesario estudiarla principalmente

desde el aspecto químico, donde las reacciones involucradas son principalmente las de Maillard (RM), las cuales originan compuestos que imparten olor, color y sabor característicos al pan. Por otro lado, la tendencia actual a consumir productos más sanos, bajos en calorías, o con aporte de sustancias antioxidantes se ha incrementado, siendo muchos los productos que comienzan a estudiarse bajo la estructura de adición. Sin embargo es conocido que durante algunos procesos térmicos a alta temperatura, como sería el caso del horneado de productos de panificación, se producen diversos compuestos deseables que confieren al producto final propiedades funcionales y nutricionales como la capacidad antioxidante, así como también se generan compuestos indeseables para la salud como el Hidroximetilfurfural y la Acrilamida. No obstante son muy pocos los estudios relacionados con el punto que limita este cambio en la formación de estas sustancias durante el horneado y sobretodo conteniendo antioxidantes. Es por ello que para comprender y controlar la etapa de horneado es necesario estudiarla desde estos puntos de vista, con el fin de desarrollar un método de correlación color - capacidad antioxidante que pueda proporcionar información sobre estos compuestos y establecer parámetros de estandarización y control del proceso. El estudio se enfocó a los cambios en color claridad (L^*), tono angular (h^*) y saturación métrica (S^*) con respecto a la temperatura (170, 180 y 190 °C) y tiempo de horneado en una masa dulce para panificación, observando nulo efecto en el color la miga ($h^*=93^\circ$, $S^*=0.22$ y $L^*=74.18$). Con respecto a la corteza, se presentó una disminución en tanto en la claridad (L^*), como en el tono angular (h^* : 89 a 56) y un incremento en la saturación métrica (S^*). La capacidad antioxidante del producto aumentó con respecto del tiempo y temperatura de horneado observando correlación significativa con los resultados de color en la corteza del producto. Los modelos matemáticos obtenidos en este trabajo se pueden utilizar para optimizar el proceso de horneado en masas dulces, así como aplicarlos en simulación asistida por computadora (CFD).

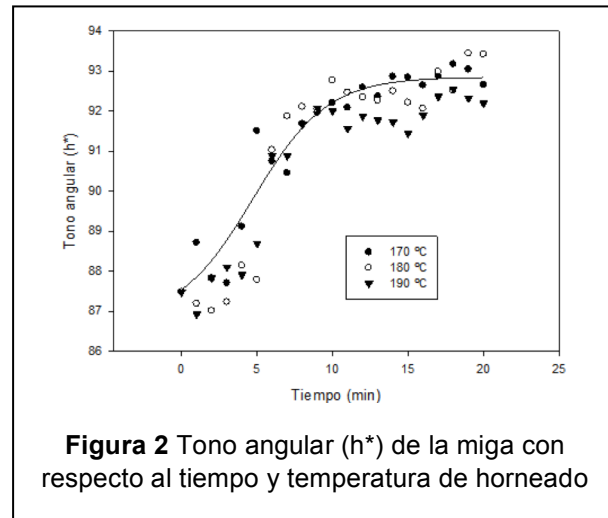
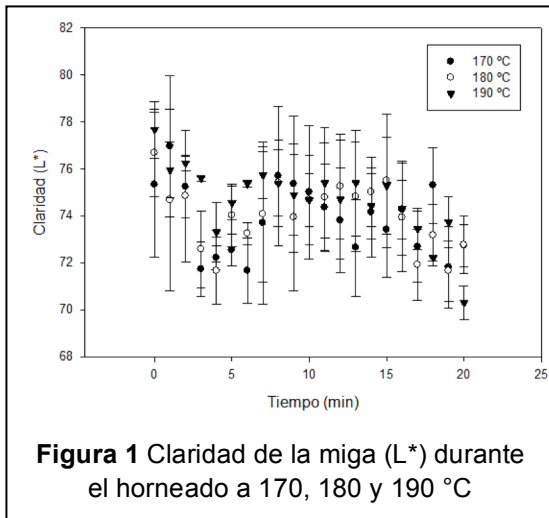
MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó una harina panificable extrafina de trigo marca Xaley (11.5 % de humedad; 11% de proteína). El resto de las materias primas fueron de marca comercial. La elaboración del pan dulce tipo bizcocho se realizó con base en la metodología propuesta por Calderón-Domínguez *et al.*, (2004). El color se evaluó de manera intermitente, es decir se sacaron las muestras cada minuto transcurrido el tiempo de horneado, éste se determinó en miga y corteza superior. Para ello se utilizó un colorímetro (Konica Minolta CR-400, Japón), con iluminante D65, el cual fue programado para realizar 5 lecturas de la muestra. Se obtuvieron los datos del sistema CIELAB. Con los datos obtenidos se calcularon los siguientes parámetros: tono angular (h^*) y saturación métrica (S^*). Para las determinaciones de capacidad antioxidante, se realizó una reducción de tamaño de la corteza del producto (30s, Braun Aromatic KSM2, USA), se liofilizó (Labconco, USA, 8h/ -50°C) y se desgrasó mediante una extracción sólido-líquido utilizando hexano como disolvente. Se realizó la extracción de los compuestos fenólicos libres de acuerdo al método descrito por Vang Hung *et al.*, (2009). Las muestras se conservaron a -16 °C. La determinación de fenoles totales se realizó con base a la metodología propuesta por Carrasco-Castilla *et al.*, (2012). El ensayo ABTS se llevó a cabo siguiendo la metodología

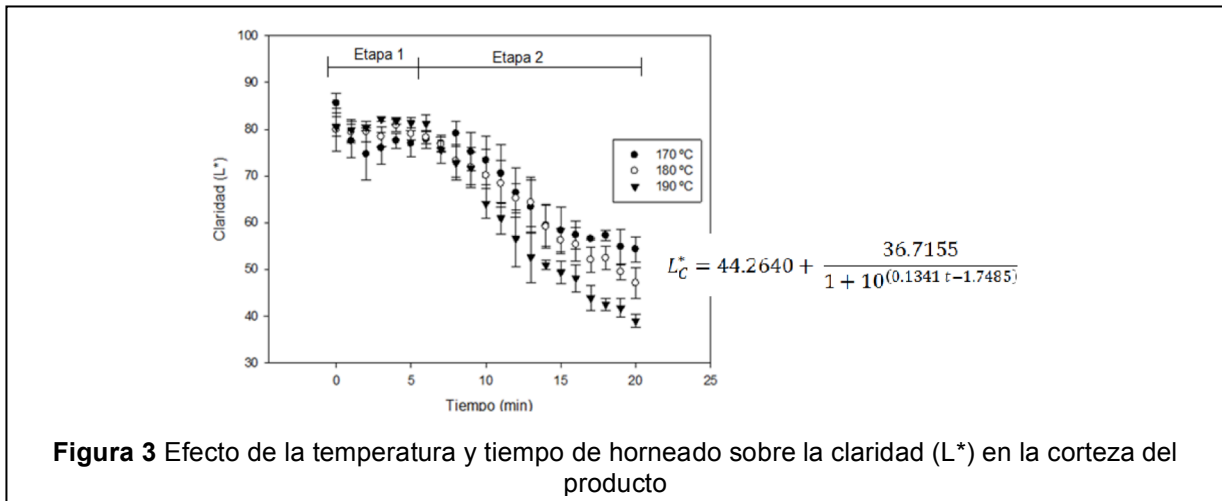
reportada por Re *et al.*, (1999). La actividad quelante de Cu^{2+} se determinó conforme a la metodología descrita por Carrasco-Castilla *et al.* (2012). Todas las determinaciones se realizaron por lo menos por triplicado, se reportan el valor promedio y desviación estándar. El análisis estadístico, gráficas y ajuste de ecuaciones se realizaron utilizando el programa SigmaPlot versión 11.0, así como el programa TableCurve 2D v5.01.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra que no existe cambio en la claridad de la miga (L^*) durante el proceso de horneado presentando un valor promedio de 74.2 ± 0.40 , mientras que el tono angular (h^*) mostró tendencia hacia el amarillo, en el cual el valor de h^* pasó de un valor de 87 a 93 (Figura 2), y donde este parámetro disminuyó ligeramente en los primeros minutos del horneado, aumentando a partir de los 5 min de la cocción hasta alcanzar un valor estable (93).

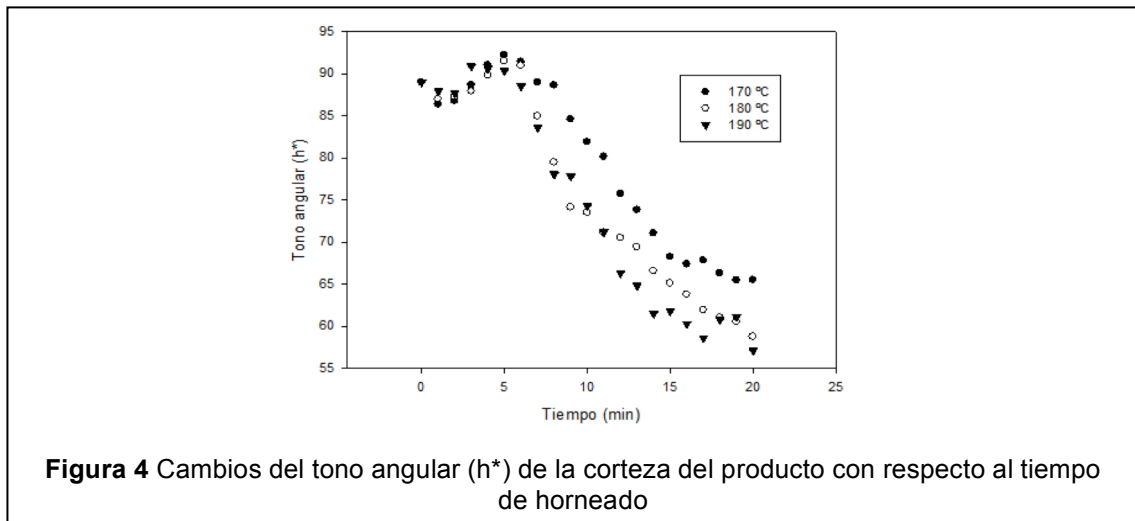


Con estos resultados se propone que la miga de un producto de panificación de masa dulce horneado de 170 a 190°C presenta el siguiente color: $h^* = 93^\circ$, $S^* = 0.22$ y L^* de 74.1, estos datos pueden ser referencia para los estándares de calidad y normalización del producto.

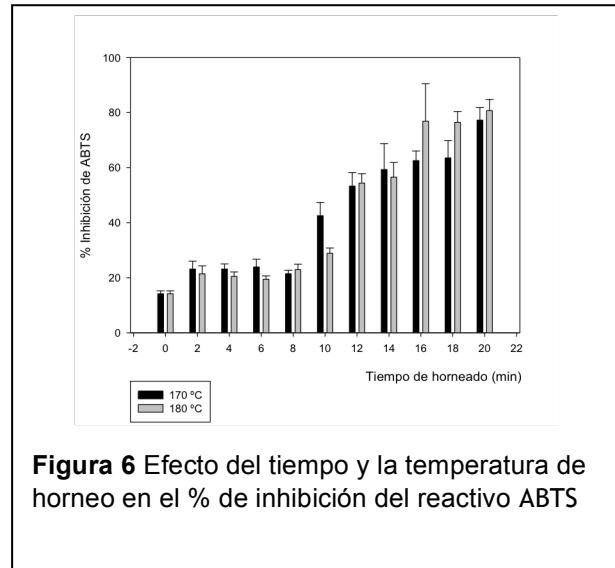
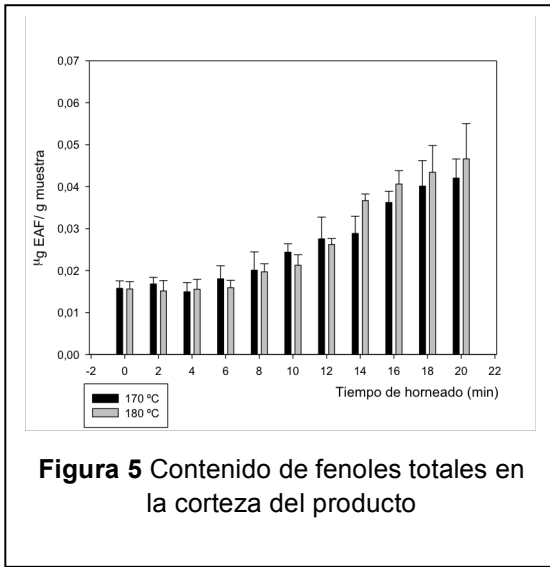


En la Figura 3 se observa que en los primeros 5 min de horneado no se presentó cambio del parámetro (L^*) en la corteza del producto. Purlis y Salvadori (2007) reportaron un incremento de 1.2 a 3.5% de L^* en la superficie del pan en los primeros 5 min relacionado con cambios físicos (alisamiento) que se producen en la superficie. La Figura 3 también muestra una segunda etapa a partir de los 5 min de horneado que se caracteriza por una disminución del parámetro L^* , lo que genera un oscurecimiento de la corteza del pan. Ramírez-Jiménez *et al.*, (2000) correlacionaron este fenómeno con la formación de HMF en el producto.

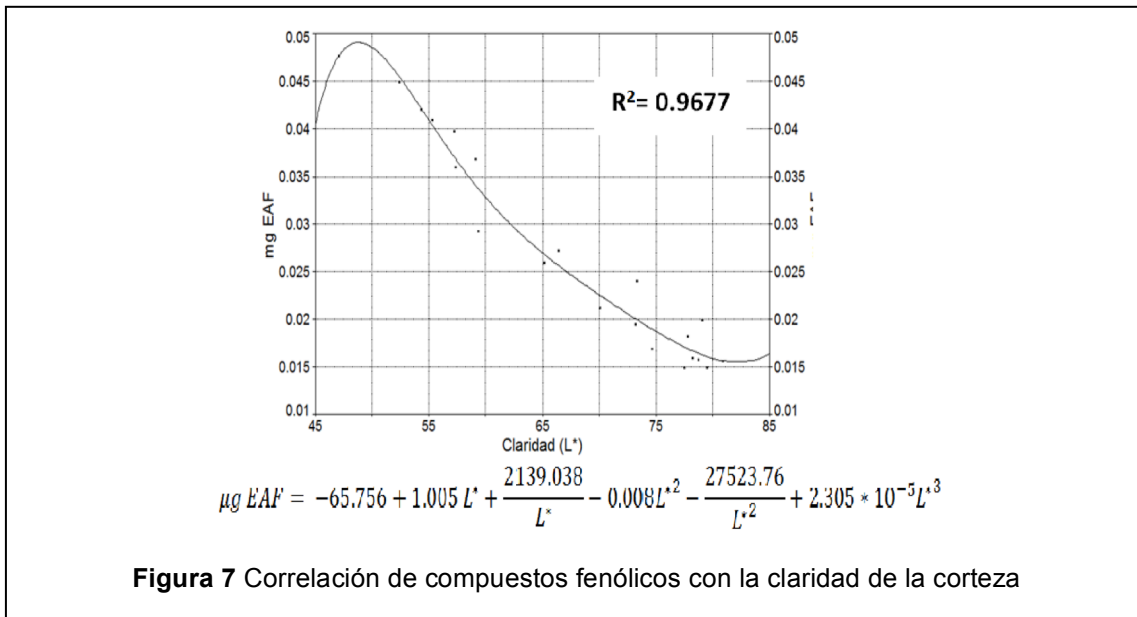
También se puede observar que el efecto descrito anteriormente para L^* el cual se incrementa conforme se aumenta la temperatura de horneado. El cambio de claridad (L^*) en la corteza del producto con respecto al tiempo se ajustó significativamente ($p < 0.005$) a un modelo Ligand Binding de 4 parámetros lógicos. En lo que respecta a h^* , como ya se había descrito, la masa inicialmente presenta un tono amarillo, y que conforme se aumenta el tiempo de horneado el valor de h^* disminuye (Figura 4) en la corteza del pan hasta llegar al tono naranja, esto se puede deber a la formación de HMF, furosinas y melanoidinas en la reacción de Maillard.



A cada uno de los productos obtenidos a las los diferentes tiempos y temperaturas de horneado se les determinó el cambio en el contenido de compuestos fenólicos totales en la corteza, los cuales no presentaron cambio (Figura 5) en los primeros 6 minutos de horneado a las temperaturas de 170 y 180 °C, registrándose un incremento a partir del minuto 8, y hasta el minuto 14, independientemente de la temperatura de horneado utilizada, y donde posteriormente la cantidad de compuestos fenólicos fue proporcional a la temperatura de horneado, presentando mayores valores a 180 °C, por lo cual se podría decir que las reacciones de Maillard podrían estar iniciando después de 6 min de horneado.



El porcentaje de inhibición del reactivo ABTS (Figura 6) aumentó del tiempo cero al minuto dos del horneado, sin presentar cambios posteriores hasta después del minuto 8. A partir del minuto 16 la temperatura de horneado afectó de forma directamente proporcional a la reacción ABTS. La Figura 7 muestra la cantidad de compuestos fenólicos (μg EAF) en función de L^* de la corteza, en donde se observa que a menor valor de L^* mayor cantidad de compuestos fenólicos, lo cual pudiese referir que valores bajos de L^* durante el horneado muestran un mayor avance de la reacción de Maillard. La Ecuación de la Figura 7 expresa el modelo de la correlación que se ajustó de manera significativa con una $R^2 = 0.9677$.



CONCLUSIONES

En la miga del producto no se presentaron cambios en los parámetros de color evaluados, lo que permite establecer valores cuantitativos ($L^* = 74.1$, $S^* = 0.22$ y $h^* = 93^\circ$) que puedan ayudar a establecer parámetros de calidad del color del pan. En la corteza del producto se presentó una transición del tono amarillo al tono naranja conforme transcurrió el tiempo de cocción, el cual se incrementó con la temperatura de horneado, con tendencia al final de proceso a la homogeneidad de color.

Las correlaciones de los ensayos químicos de capacidad antioxidante (compuestos fenólicos y ABTS) con los aspectos del color (L^* y h^*) representan modelos matemáticos de gran importancia en la industria de panificación con los cuales se puede aproximar la determinación de un ensayo químico a partir de un parámetro físico fácilmente evaluable

BIBLIOGRAFÍA

- Calderón-Domínguez, G.; Vera, D.M.; Farrera-Rebollo, R.R.; Arana, E.R.; Mora, E.R. (2004). Rheological changes of dough and bread prepared from a sweet dough: effect of temperature and mixing time. *International Journal of Food Properties*. 1:165-174
- Carrasco-Castilla, Janet; Hernández-Álvarez, Alan Javier; Jiménez-Martínez, Cristian; Jacinto-Hernández, Carmen; Alaiz, Manuel; Girón-Calle, Julio; Vioque, Javier; Dávila-Ortiz, Gloria. 2012. Antioxidant and metal chelating activities of *Phaseolus vulgaris* L. var. Jamapa protein isolates, phaseolin and lectin hydrolysates. *Food Chemistry* 131: 1157–1164.

- Mondal A. y Datta, A.K.; (2008). Bread baking – a review. *Journal of Food Engineering*. 86, 465 – 474.
- Pedreschi, F.; León, J.; Mery, D. y Moyano, P. (2006). Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. *Food Research International*, 39 (10), 1092 – 1098
- Purlis, E. y Salvadori, V. (2007). Bread browning kinetics during baking. *Journal of Food Engineering* 80, 1107 – 1113
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9–10), 1231–1237.
- Ramírez-Jiménez, A., Guerra-Hernandez, E. and García-Villanova, B. 2000. Browning indicator in bread. *Journal Agricultural. And Food Chemistry*. 48:4176–4181.
- Shibukawa, S.; Sugiyama, K. y Yono, T. (1981). Effects of heat transfer by radiation and convection on browning of cookies at baking. *Journal of Food Science*, 54, 621 – 624
- Scanlon, M.G.; Zghal, M.C. (2001). Bread properties and crumb structure. *Food Research International*, 34(10), 841 – 864.
- Therdthai, N.; Zhou, W. y Adamczak, T.; (2003). Recent advances in the studies of bread baking process and their impacts on the bread baking technology. *Food Science Technology*. 9(3), 219 – 226.
- Van Hung, P.; Tamoko Maeda; Kazutaka Miyatake and Naofumi Morita. 2009. Total phenolic compounds and antioxidant capacity of wheat graded flours by polishing method. *Food Research International*, 42 (185-190).