

## Efecto del tipo de cultivo y condiciones de tostado en la concentración de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante de café veracruzano

L.M. Tenorio-Bocanegra<sup>1</sup>, S.T. Martín del Campo-Barba<sup>2</sup>, A. Cardador-Martínez<sup>2</sup>,  
C.L. Fernández-López<sup>3</sup>, C. Ozuna<sup>1\*</sup>

**1** Departamento de Alimentos, División de Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca, Irapuato, Guanajuato, México. **2** Escuela de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey, Santiago de Querétaro, Querétaro, México. **3** Desarrollo de Investigación y Tecnología Aplicada, Universidad Politécnica de Huatusco, México. \*cesar.ozuna@ugto.mx

**RESUMEN:** El objetivo general de esta investigación fue evaluar el efecto del tipo de cultivo (orgánico y convencional) y las condiciones de tostado en la concentración de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante de café procedente del Estado de Veracruz. Se emplearon lotes de 227 g de café verde con una humedad inicial del  $13.51 \pm 0.33\%$  de la variedad arábica, los cuales fueron tostados en un tostador eléctrico de tambor rotatorio con una potencia nominal máxima de 1600 W. Las condiciones del proceso variaron en tiempo y temperatura máxima (T1:  $12.00 \pm 0.24$  min y  $308.33 \pm 12.10^\circ\text{C}$  y T2:  $16.60 \pm 0.10$  min y  $331.33 \pm 16.95^\circ\text{C}$ ). Posteriormente, las muestras fueron molidas y se determinó su concentración en fenoles totales (CFT) y capacidad antioxidante (CA). Con base en los resultados obtenidos, los porcentajes de humedad de los cafés tostados fueron de  $3.76 \pm 0.15\%$  y  $3.34 \pm 0.19\%$  para T1 y T2, respectivamente. El proceso de tostado incrementó significativamente ( $p < 0.05$ ) la CFT y CA con respecto al café verde. Sin embargo, no existió diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre ambos tratamientos. Por otro lado, el cultivo orgánico favoreció el incremento de las propiedades bioactivas del café tostado, alcanzando concentraciones superiores ( $p < 0.05$ ) del 5% para CFT y CA en comparación con el cultivo convencional.

**Palabras clave:** Café mexicano, cultivo orgánico, compuestos bioactivos.

**ABSTRACT:** The main aim of this research was to evaluate the effect of farming method (organic and conventional) and roasting conditions on the concentration of total phenolic compounds and antioxidant activity of Veracruz coffee. Batches of 227 g of green Arabica coffee with an initial moisture of  $13.51 \pm 0.33\%$  were used. Samples were roasted in a rotary drum electric toaster with a maximum nominal power of 1600 W. The treatments varied in maximum time and process temperature (T1:  $12.00 \pm 0.24$  min and  $308.33 \pm 12.10^\circ\text{C}$ , and T2:  $16.60 \pm 0.10$  min and  $331.33 \pm 16.95^\circ\text{C}$ ). Subsequently, the samples were ground and their concentration of total phenolic compounds (TPC) and antioxidant activity (AA) was determined. Based on the results obtained, the moisture percentages of the roasted coffees were  $3.76 \pm 0.15\%$  and  $3.34 \pm 0.19\%$  for T1 and T2, respectively. The roasting process significantly ( $p < 0.05$ ) increased the TPC and AA in comparison to green coffee. However, there was no significant difference ( $p > 0.05$ ) between both roasting treatments. On the other hand, organic farming favored the increase in the bioactive properties of roasted coffee, reaching 5% higher concentrations ( $p < 0.05$ ) for TPC and AA compared to conventional samples.

**Keywords:** Mexican coffee, organic farming, bioactive compounds.

**Área de trabajo:** Otros

### INTRODUCCIÓN

Actualmente, existen cerca de 70 especies de café a nivel mundial, de las cuales solo la variedad arábica (*Coffea arabica*) y robusta (*Coffea canephora*) son de gran importancia económica y comercial para México. La variedad arábica tiene un alto valor en el mercado nacional e internacional debido a su elevada producción (80-90%), aroma, acidez y sabor. Por otro lado, la variedad robusta representa un 20% de la producción mundial y es considerada de menor calidad con respecto a la arábica (Temis-Pérez et al., 2011; Palomares et al., 2012).

La producción de café orgánico es considerada libre de todo tipo de fertilizantes químicos y se cultiva bajo un estricto control de calidad evitando afectar al medio ambiente (Palomares et al., 2012). El cultivo de café en México fue introducido hace 200 años y hoy en día nuestro país es considerado el

primer productor orgánico (Temis-Pérez et al., 2011). Actualmente, los cafés mexicanos producidos en los estados de Veracruz y Chiapas cuentan con denominación de origen, los cuales se encuentran regulados por la Norma Oficial Mexicana NOM-149-SCFI-2001 y NOM-169-SCFI-2007, respectivamente (Akaki & Tapia, 2012).

El tostado de café es un mecanismo fisicoquímico antiguo, el cual con el paso del tiempo se ha ido perfeccionando para estandarizar el proceso. De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-F-013-2000, el café tostado se define como un producto que se obtiene a partir del café verde, el cual es sometido a temperaturas superiores de 150°C. Además, el proceso de tostado le confiere al café características propias de este producto tales como el color y aroma. Finalmente, la NMX-F-013-2000 señala que, el café que ha sido sometido al tueste debe ser molido para poder facilitar la extracción del sabor y de sus componentes al generar la infusión.

El consumo del café se ha relacionado con los beneficios que tiene esta bebida para la salud del consumidor debido a su alto contenido en compuestos bioactivos y capacidad antioxidante (Kwak et al., 2018). Sin embargo, el tipo de tostado al que es sometido el grano puede influir en las propiedades nutritivas y organolépticas del producto final (Díaz et al. 2018). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del tipo de cultivo (orgánico y convencional) y las condiciones de tostado en la concentración de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante de café procedente del Estado de Veracruz.

### MATERIALES Y MÉTODOS

**Selección de materia prima.** Los lotes de café verde, tanto convencional como orgánico, se obtuvieron de productores locales del municipio de Ixhuatlán del Café, Veracruz (19°3'0"N/96°59'0"O), lo cual garantizó la homogeneidad de la materia prima a analizar. Los cafés, ambos de variedad arábica, fueron cultivados a una altura aproximada de 1200 msnm y la cosecha se realizó manualmente entre los meses de diciembre de 2017 y febrero de 2018. Las muestras fueron seleccionadas y procesadas en la Universidad Politécnica de Huatusco para su envío a las instalaciones del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Querétaro para el proceso de tostado y su caracterización.

**Tostado.** El tostado de las muestras se realizó empleando un tostador eléctrico de tambor rotatorio para café (1600 Plus, Behmor, EUA) con una potencia máxima nominal de 1600 W. Para los ciclos de tostado de café orgánico y convencional, se partió de lotes de café verde (peso medio de 1/2 lb, 227 g). Estos se procesaron empleando dos niveles de tostado programado por el fabricante del equipo (T1 y T2). Durante el proceso se monitoreó el tiempo y la temperatura real que alcanzaba el producto en el tambor de tostado a través de un termómetro digital. Los ciclos de tostado se realizaron por triplicado. Al finalizar el proceso de tostado, el grano del café fue molido empleando un molino eléctrico (GX4100, EUA).

**Determinación del contenido de humedad de las muestras.** El contenido de humedad de las muestras se realizó siguiendo la metodología señalada por la Norma Mexicana NMX-F-083-1986 empleando un horno de secado por convección forzada (Binder GmbH, EUA) a 105°C durante 24 h. El contenido de humedad se expresó como porcentaje en base húmeda (%B.H.).

**Determinación de compuestos fenólicos totales.** La determinación de los compuestos fenólicos totales se realizó siguiendo la metodología propuesta por Singleton et al. (1999) con ligeras modificaciones para adaptarlo a un espectrofotómetro de microplaca. Los valores de absorbancia fueron leídos a una longitud de onda de 760 nm. Los resultados se expresaron como miligramo de equivalente de ácido gálico por gramo de peso seco (mg EAG/g P.S.)

**Determinación de capacidad antioxidante.** Para la determinación de la capacidad antioxidante, se siguió el método de inhibición del radical ABTS (Ácido 2,2'-azino-bis-[3-etilbenzotiazolina]-6-sulfónico), con la metodología propuesta por Re et al. (1999). Los valores de absorbancia fueron leídos a una longitud de onda de 734 nm. Los resultados fueron expresados como miligramo de equivalente de Trolox por gramo de peso seco (mg ET/g P.S.).

**Análisis estadístico.** Se realizó un análisis de varianza multifactorial con un análisis *post-hoc* de Tukey. Para determinar diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos estudiados, los datos experimentales se analizaron mediante el programa estadístico Statgraphics versión 16.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

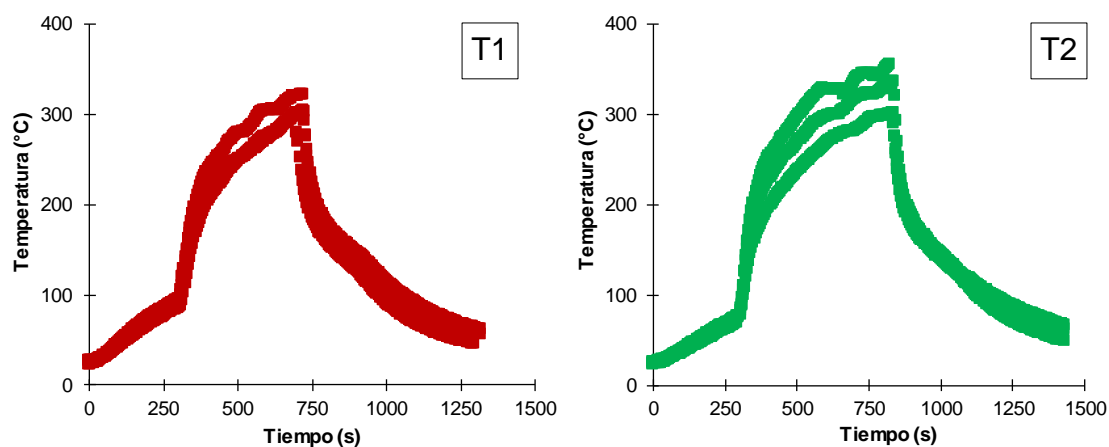
### Cinéticas de tostado

En la Fig. 1 se muestran las cinéticas de los ciclos de tostado para las dos condiciones estudiadas, T1 y T2. Dichas cinéticas se encuentran compuestas por dos etapas principales, una de calentamiento y otra de enfriamiento del producto. Con base en el manual del fabricante del tostador, el tiempo de calentamiento de la condición T1 es de 13:30 min y T2 de 15:30 min.

Respecto a los resultados obtenidos, el ciclo de tostado de la condición T1 tuvo una duración real de  $21.86 \pm 0.24$  min, de los cuales  $12.00 \pm 0.24$  min correspondieron a la etapa del calentamiento a una temperatura máxima de  $308.33 \pm 12.10^\circ\text{C}$ . Por otro lado, la condición de tostado T2, el ciclo tuvo una duración total de  $23.83 \pm 0.01$  min, de los cuales  $16.60 \pm 0.10$  min representan la etapa de calentamiento a una temperatura máxima de  $331.33 \pm 16.95^\circ\text{C}$ . Con base en la Figura 1, el tostador eléctrico de tambor rotatorio tuvo una repetibilidad en los procesos de tostado.

Los porcentajes de humedad final de los cafés tostados por los tratamientos T1 y T2 fueron de  $3.76 \pm 0.15\%$  y  $3.34 \pm 0.19\%$ , respectivamente, en comparación con un  $13.51 \pm 0.33\%$  para el café verde.

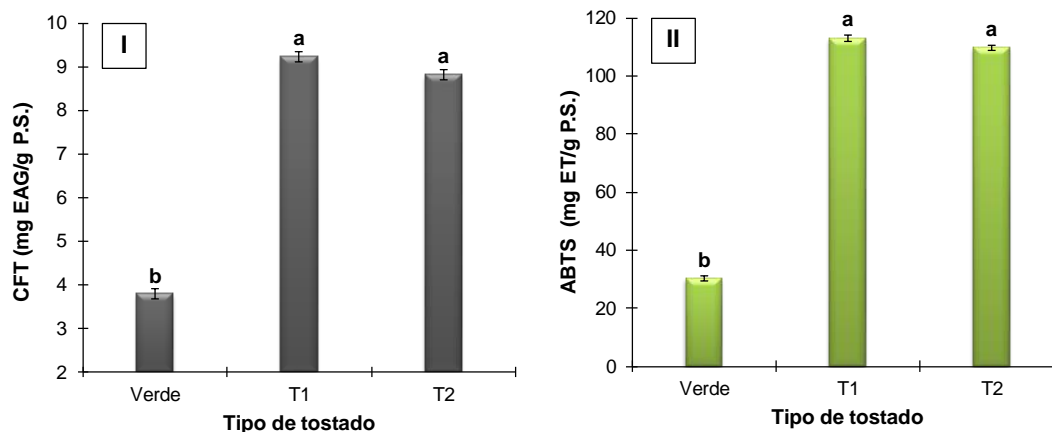
### Efecto del tipo de tostado en la concentración de compuestos fenólicos totales y capacidad



**Figura 1.** Cinéticas de tostado de café realizadas en un tostador eléctrico (1600 W).

### antioxidante

La Fig. 2.I. muestra el efecto del tipo de tostado sobre la concentración de compuestos fenólicos totales



**Figura 2.** Efecto del tipo de tostado en la concentración de compuestos fenólicos totales (I) y capacidad antioxidante (II) del café tostado con respecto al grano verde. ANOVA de medidas repetidas. Grupos homogéneos basados en un análisis *post-hoc* de Tukey.

(CFT) en miligramos de equivalentes de ácido gálico por gramo de peso seco (mg EAG/g P.S.) del producto final. La concentración de CFT del café verde fue de  $3.79 \pm 1.32$  mg EAG/g P.S.

El proceso de tostado provocó un aumento significativo ( $p < 0.05$ ) en la concentración de CFT de hasta un 141% ( $9.21 \pm 1.33$  mg EAG/g P.S.). Los valores obtenidos en esta investigación son congruentes con los reportados por otros investigadores. Bravo et al. (2013) reportan concentraciones de CFT en un rango de 7.37 a 16.03 mg EAG/g P.S. para granos de café tostado procedente de Guatemala. Por otro lado, Vega et al. (2017) obtuvieron concentraciones de CFT de 11.37 a 16.10 mg EAG/g P.S. para diferentes cafés tostados de Panamá. Al comparar los dos tipos de tostados empleados en esta investigación sobre la concentración de CFT del producto final (Fig. 4.I), se observa que, pese a que el café tostado con la condición T2 ( $8.83 \pm 1.18$  mg EAG/g P.S) mostró concentraciones inferiores de CFT con respecto a T1 ( $9.21 \pm 1.33$  mg EAG/g P.S), estas diferencias no fueron significativas ( $p > 0.05$ ). Por lo tanto, los cambios en el tiempo y la temperatura empleadas en cada una de las condiciones estudiadas no afectaron la concentración de CFT del producto final.

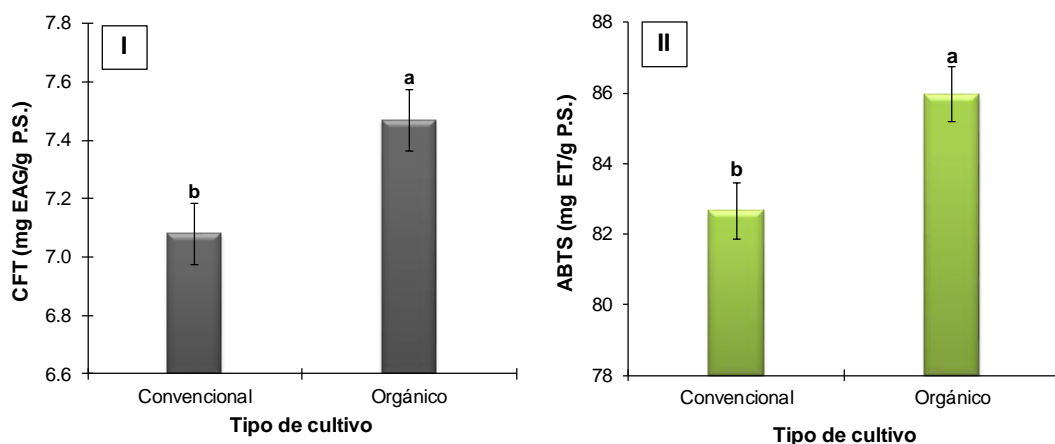
La Fig. 2.II. muestra el efecto del tipo de tostado sobre la inhibición del radical ABTS (mg ET/g P.S.) del producto final. La concentración de inhibición del radical ABTS del café verde fue de  $30.60 \pm 14.83$  mg ET/g P.S. El proceso de tostado provocó un incremento máximo en la concentración de inhibición del radical ABTS de un 269% ( $113.07 \pm 14.70$  mg ET/g P.S.).

Los valores obtenidos en esta investigación son congruentes a los reportados por Bravo et al. (2013) para el café tostado. Estos autores indican que este producto tiene una concentración de inhibición del radical ABTS de  $111.20 \pm 0.48$  mg ET/g P.S. Respecto al efecto del tipo de tostado sobre la concentración de inhibición del radical ABTS en el producto final, las condiciones del proceso empleadas en cada uno de los tratamientos no afectaron significativamente ( $p > 0.05$ ) su concentración final.

#### Efecto del tipo de cultivo en la concentración de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante

La Fig. 3.I. muestra el efecto del tipo de cultivo (orgánico y convencional) sobre la concentración de CFT del café tostado. Los resultados obtenidos muestran que, la concentración de CFT de los cafés procedentes de cultivos orgánicos ( $7.47 \pm 0.84$  mg EAG/g P.S.) son significativamente ( $p < 0.05$ ) superiores a aquellos obtenidos de cultivos convencionales ( $7.07 \pm 0.92$  mg EAG/g P.S.).

La Fig. 3.II. muestra el efecto del tipo de cultivo sobre la inhibición del radical ABTS del producto final. El cultivo orgánico incrementó significativamente ( $p < 0.05$ ) la concentración de inhibición del



**Figura 3.** Efecto del tipo de cultivo en la concentración de compuestos fenólicos totales (I) y capacidad antioxidante (II) del café tostado. ANOVA de medidas repetidas. Grupos homogéneos basados en un análisis *post-hoc* de Tukey.

radical ABTS ( $85.95 \pm 9.14$  mg ET/g P.S.) con respecto al café procedente de cultivo convencional ( $82.65 \pm 4.99$  mg ET/g P.S.).

Hasta la fecha, son escasas las investigaciones que estudien el efecto del método de cultivo sobre el contenido de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante en el café mexicano. Sin embargo, investigaciones previas realizadas con otras plantas muestran un efecto positivo de la agricultura orgánica sobre la calidad del producto final. En este sentido, se ha observado un mayor contenido de compuestos bioactivos (polifenoles y flavonoides) en plantas medicinales orgánicas respecto a aquellas que han sido cultivadas empleando métodos convencionales (Kazimierczak et al., 2015). De igual forma, Brandt & Mølgaard (2001) sugieren que los alimentos cultivados a través de la agricultura orgánica pueden contener de 10 hasta 50% más metabolitos secundarios. Este hecho podría estar relacionado con la síntesis de estos biocompuestos que emplea la planta para defenderse de los efectos adversos del medio ambiente.

### BIBLIOGRAFÍA

- Akaki, P. P., & Tapia, M. P. (2012). Las denominaciones de origen del café mexicano y sus cuestionamientos como modelo de desarrollo regional. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 10(19), 97-110.
- Brandt, K., & Mølgaard, J. P. (2001). Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods?. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(9), 924-931.
- Bravo, J., Monente, C., Juárez, I., De Peña, M. P., & Cid, C. (2013). Influence of extraction process on antioxidant capacity of spent coffee. *Food Research International*, 50(2), 610-616.
- Kazimierczak, R., Hallmann, E., & Rembialkowska, E. (2015). Effects of organic and conventional production systems on the content of bioactive substances in four species of medicinal plants. *Biological Agriculture & Horticulture*, 31(2), 118-127.
- Noma Mexicana NMX-F-013.2000. Café puro tostado, en grano o molido, sin descafeinar o descafeinado. Especificaciones y métodos de prueba. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- Norma Mexicana NMX-F-083-1986. Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- Palomares, J. G. (2012). Investigación: café orgánico en México. Ciudad de México: Universidad Autónoma de México, 5-25.
- 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.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in enzymology* (Vol. 299, pp. 152-178). Academic press.
- Temis-Pérez, A.L., López-Malo & A., Sosa-Morales, M.E. (2011). Producción de café (*Coffea arabica* L.): cultivo, beneficio, plagas y enfermedades. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 5(2), 54-74.