

Estudio de las cinéticas de extracción de fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante en la infusión de café mexicano tipo “Cold Brew”

L.R. Castañeda-Rodríguez, E. Díaz-Cervantes, M.R. Abraham-Juárez, S. López-Mendoza, C. Ozuna*
Departamento de Alimentos, División de Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca. *cesar.ozuna@ugto.mx

RESUMEN: El objetivo general fue estudiar el efecto del tipo de molido en las cinéticas de extracción de compuestos fenólicos totales (CFT), flavonoides totales (FT) y capacidad antioxidante (CA) en la infusión de café mexicano tipo “Cold Brew”. El grano de café tostado, procedente del Estado de Veracruz, fue sometido a dos tipos de molienda: molido fino y molido medio, con tamaño de partícula de 0.72-0.43 y 1.70-0.72, respectivamente. Se prepararon infusiones (1:10, P/V) a temperatura controlada ($10\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) durante diferentes tiempos hasta completar 24 h. Una vez concluido el tiempo de extracción, se determinó la concentración de CFT, FT y CA. Las cinéticas obtenidas fueron modeladas empleando un modelo de cinética de primer orden. Con base en los resultados generados, el modelo empleado ajustó correctamente a los valores experimentales ($R^2 > 0.85$). El tipo de molido influyó significativamente ($p < 0.05$) en la extracción de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de la infusión. Al someter el grano de café a un molido medio se alcanzó más fácilmente el equilibrio en la concentración de dichos biocompuestos respecto a aquellas elaboradas con molido fino. Sin embargo, el molido fino contribuyó a extraer hasta un 30% más de CFT, FT y CA en comparación con el molido medio.

Palabras clave: Compuestos bioactivos, modelado, cinéticas de primer orden.

ABSTRACT: The main objective of this research was to study the effect of different coffee grinds on the kinetics of extraction of total phenolic compounds (TFC), total flavonoids (TF) and antioxidant activity (AA) in Mexican coffee cold brew. The roasted coffee bean, from the state of Veracruz, was subjected to two grinding conditions: fine grind and medium grind, with particle size of 0.72-0.43 and 1.70-0.72, respectively. Infusions were prepared (1:10, w/v) at controlled temperature ($10\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) for different times until completing 24 h. Once the extraction time had elapsed, the concentration of TPC, TF and AA was determined. The obtained data were modeled using a first-order kinetic model. Based on the results, the model correctly fitted the experimental values ($R^2 > 0.85$). The grinding condition significantly ($p < 0.05$) influenced the extraction of bioactive compounds and antioxidant activity of the generated infusions. By submitting the coffee bean to a medium grind, constant concentration of biocompounds was more easily reached compared to the fine grind. However, fine grind contributed to the extraction of up to 30% more TFC, TF and AA, compared to the medium grind.

Keywords: Bioactive compounds, modelling, first-order kinetics.

Área de trabajo: Otros

INTRODUCCIÓN

El café es una de las bebidas más apreciadas por consumidores a nivel mundial. Esto es debido a sus características organolépticas y su alto contenido en compuestos orgánicos y bioactivos (Fuller et al., 2017). La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural indica que México ocupa el onceavo lugar en la producción mundial de café (SADER, 2018). Euromonitor Internacional (2017), líder mundial en investigación de mercados, reportó que el consumo nacional de café para el año 2016 resultó ser de 87,300 toneladas, teniendo un consumo per cápita de 1.4 kg. Así mismo, mencionan que el café soluble y el molido son los más consumidos en México.

La calidad de los compuestos bioactivos que posee el grano de café puede verse afectada por el método de extracción utilizado para la generación de la infusión. En este sentido, las técnicas que emplean calor son las más utilizadas para la elaboración de la infusión de café (Fuller & Rao, 2017). Ahmed et al. (2018) indican que, dependiendo del método de extracción de la bebida de café, éste afecta significativamente en la concentración de polifenoles, cafeína y actividad antioxidante. Por tal motivo, hoy en día, se han buscado nuevos métodos de extracción que permitan mejorar los atributos de calidad en la bebida de café. Actualmente, la técnica de extracción en frío “Cold Brew” ha cobrado un auge importante. Este método consiste en generar una infusión de café a temperatura ambiente y con tiempos de extracción prolongados, generalmente de 24 horas.

Existen diversas investigaciones que indican que el método de extracción en frío provoca cambios importantes en las características fisicoquímicas y el perfil organoléptico de la infusión, en comparación con aquellas obtenidas por métodos de extracción por calor. Shin (2017) investigó las características bioactivas y sensoriales de esta bebida. En su estudio reporta que el café tipo “Cold Brew” presenta un sabor y aroma agradable debido a la extracción de compuestos volátiles. Fuller & Rao (2017) estudiaron el efecto de diferentes variables en la elaboración de café tipo “Cold Brew”, tales como el tipo de molido (medio y grueso), tipo de tostado y tiempo de extracción, en el contenido de cafeína y ácido clorogénico de la bebida. Finalmente, la cadena internacional de café, Starbucks Corporation, ha apostado a la venta de café tipo “Cold Brew”, la cual ha venido en alza y su popularidad sigue incrementando (Fuller & Rao, 2017).

Pese a existir investigaciones que aborden las propiedades del café tipo “Cold Brew”, todavía son escasos los trabajos que revisen los beneficios que tiene esta bebida al ser elaborada con café mexicano. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto del tipo de molido (fino y medio) en las cinéticas de extracción de fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante en la infusión de café mexicano tipo “Cold Brew”.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima. El café se obtuvo de productores del municipio de Zongolica, Veracruz (18°39'51"N 97°00'04"O). El café fue cultivado en una altura media de 1200 msnm y cosechado entre los meses de diciembre de 2017 y febrero de 2018. Una vez cosechado, se transportó a la ciudad de Querétaro donde fue tostado (tipo de tostado oscuro) en un tostador de tambor rotatorio a una temperatura superior a 250°C. Posteriormente, el café fue molido empleando un molino eléctrico (DBM-8, Cuisinart, EUA) acondicionado con diferentes niveles de molido. Los tipos de molido realizados fueron: molido fino (Mf), tamaño de partícula mayor o igual a 0.43 y menor a 0.72 y molido medio (Mm), tamaño de partícula mayor o igual a 0.72 y menor a 1.70.

Cinéticas de extracción. Las infusiones de café tipo “Cold Brew” se realizaron en una cámara de refrigeración a temperatura constante (10±0.5°C) durante 24 h siguiendo la metodología propuesta por Fuller et al. (2017) y Castiglioni et al. (2015). Se prepararon 66 infusiones (45 mL) de café con una proporción de 1:10 (P/V) en tubos Falcón. Para la realización de las cinéticas de extracción, durante la primera hora se tomaron tres muestras aleatorias cada 15 min. Posteriormente, se tomaron la misma cantidad de muestras cada 30 min hasta completar 7 h del proceso. Transcurrido este periodo, se extrajeron muestras cada hora hasta las 12 h del proceso y finalmente, las últimas tres muestras se retiraron a las 24 h de extracción. Esto representa un total de 22 diferentes tiempos de extracción por cinética.

Compuestos fenólicos totales. Se determinaron siguiendo el protocolo reportado por Vega et al. (2017). La absorbancia de la reacción se midió empleando un espectrofotómetro UV-Vis (GENESYS 10S, Thermo Scientific™, EUA) a 765 nm. La concentración de compuestos fenólicos totales se reportó en miligramos de equivalente de ácido gálico por kilogramo de café (mg EAG/kg).

Flavonoides totales. Se llevó a cabo siguiendo la metodología propuesta por Ahmed et al. (2018). La absorbancia de la reacción se leyó empleando un espectrofotómetro UV-Vis (GENESYS 10S, Thermo Scientific™, EUA) a 415 nm. La concentración de flavonoides totales se reportó como miligramos de equivalente de rutina por kilogramo de café (mg ER/kg).

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). La absorbancia de la reacción se midió a través de un espectrofotómetro UV-Vis (GENESYS 10S, Thermo Scientific™, EUA) a 754 nm. Los resultados fueron expresados como miligramo de equivalente de Trolox por kilogramo de café (mg ET/kg).

Modelado de las cinéticas. El modelado de las cinéticas de las propiedades bioactivas se realizó empleando un modelo de cinética de primer orden (Ozuna et al., 2014):

$$X = X_e + (X_0 - X_e)e^{-kt}$$

donde X representa el valor del atributo generado por el modelo, X_e el valor del atributo en equilibrio, X_0 el valor inicial del atributo, k la constante de velocidad de la reacción (min^{-1}) y t el tiempo de la reacción (min).

El valor identificado por el modelo fue aquel que minimizó la suma de las diferencias al cuadrado entre los valores calculados experimentalmente y los calculados mediante el modelo. Para ello, se utilizó el método de optimización del Gradiente Reducido Generalizado (GRG) disponible en la hoja de cálculo Microsoft Excel de Microsoft Office XP Professional.

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Compuestos fenólicos totales. La Figura 1.I muestra el efecto del tipo de molido (Mm y Mf) en las cinéticas de extracción de compuestos fenólicos totales (CFT) en la infusión de café tipo “Cold Brew”. De acuerdo con lo observado en el gráfico, durante las primeras horas de extracción existió una diferencia significativa ($p < 0.05$) en la concentración de CFT para ambos tipos de molido. Sin embargo, al finalizar el proceso, las concentraciones alcanzadas en la infusión resultaron ser muy similares (33.26 ± 0.86 g EAG/kg y 32.11 ± 0.41 g EAG/kg para Mf y Mm, respectivamente). Los valores de CFT reportados en esta investigación concuerdan con las halladas por Ahmed et al. (2018), quienes obtienen

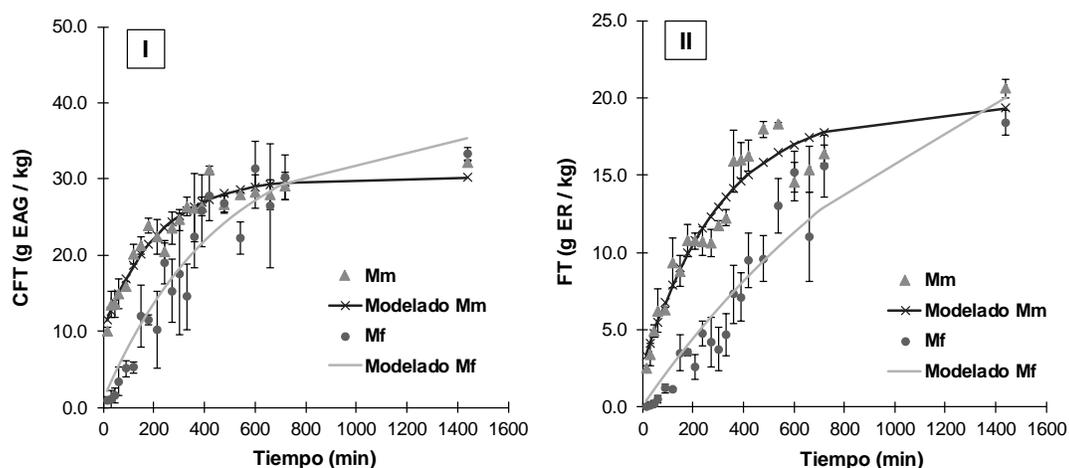


Figura 1. Efecto del tipo de molido (Mm: molido medio y Mf: molido fino) en las cinéticas de extracción de compuestos fenólicos totales (I) y flavonoides totales (II) en la infusión de café mexicano tipo “Cold Brew” elaborado a $10 \pm 0.5^\circ\text{C}$. Las barras de error representan la desviación estándar de 9 medidas.

valores entre 15.49 g EAG/kg y 23.10 g EAG/kg en café tipo “Cold Brew”.

La Tabla I muestra que el modelo de cinética de primer orden ajustó correctamente a las cinéticas experimentales de CFT obtenidas para ambos tipos de molido ($R^2 > 0.86$). La constante de velocidad (k), relacionada con la velocidad de extracción de los CFT, resultó ser significativamente ($p < 0.05$) superior para el tipo de Mm en comparación con el Mf. Sin embargo, en las concentraciones de equilibrio (CFT_{eq}), el valor obtenido para Mf fue un 18% superior ($p < 0.05$) en comparación con Mm.

Tabla I. Parámetros obtenidos por el modelo de reacción de primer orden para concentración de fenoles y flavonoides totales en la infusión de café mexicano tipo “Cold Brew”. Letras diferentes muestran diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%.

Tipo de molido	Compuestos fenólicos totales			Flavonoides totales		
	k ($\times 10^{-3}$) [min^{-1}]	CFT_{eq} (g EAG/kg)	R^2	k ($\times 10^{-3}$) [min^{-1}]	FT_{eq} (g ER/kg)	R^2
Mm	4.60 \pm 0.10 ^b	30.25 \pm 0.64 ^a	0.90	3.19 \pm 0.19 ^b	19.53 \pm 0.30 ^a	0.90
Mf	2.25 \pm 0.65 ^a	37.31 \pm 4.92 ^b	0.86	0.81 \pm 0.07 ^a	28.81 \pm 1.65 ^b	0.87

Flavonoides totales. La Figura 1.II muestra el efecto del tipo de molido en las cinéticas de extracción de flavonoides totales (FT) en la infusión de café tipo “Cold Brew”. Durante el proceso de extracción, el tipo de molido provocó diferencias significativas ($p < 0.05$) en la concentración de FT de la infusión, alcanzando valores finales de 20.63 \pm 0.58 y 18.40 \pm 0.79 g ER/kg de café, para el Mf y Mm, respectivamente. Las concentraciones halladas en esta investigación concuerdan con las reportadas por Ahmed et al. (2018) para café tipo “Cold Brew” (12.16-22.48 g ER/kg en café).

La Tabla I muestra que el modelo de cinética de primer orden ajustó correctamente a los valores experimentales obtenidos para ambos tratamientos ($R^2 > 0.87$). La constante de velocidad (k), relacionada con la velocidad de extracción de FT, para la infusión elaborada con Mm fue significativamente ($p < 0.05$) superior que la obtenida para Mf. La concentración de equilibrio (FT_{eq}) fue superior ($p < 0.05$) en un 32% para la infusión elaborada con Mf con respecto a la preparada con grano de Mm.

Capacidad antioxidante. La Figura 2 muestra el efecto del tipo de molido en las cinéticas de extracción de capacidad antioxidante (CA) en la infusión de café tipo “Cold Brew”. Durante el proceso de extracción, el tipo de molido influyó significativamente ($p < 0.05$) en la capacidad antioxidante de la infusión. A las 24 h de extracción, las concentraciones alcanzadas fueron superiores para el Mf (147.93 \pm 0.86 g ET/kg) con respecto al Mm (132.83 \pm 5.80 g ET/kg). Los resultados encontrados son congruentes con lo reportado por Ahmed et al. (2018).

La Tabla II muestra que el modelo de cinética de primer orden ajustó correctamente a los valores

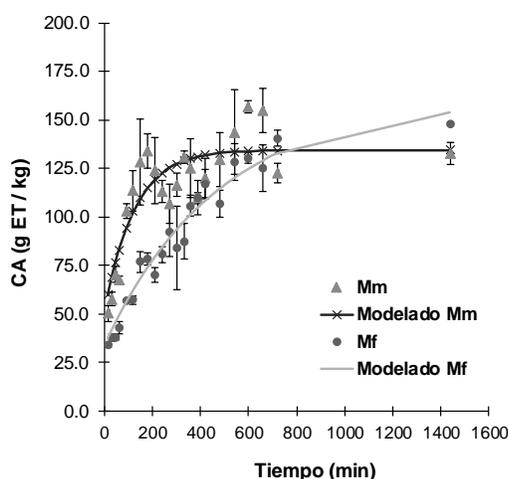


Figura 2. Efecto del tipo de molido (Mm: molido medio y Mf: molido fino) en las cinéticas de extracción de compuestos fenólicos totales (I) y flavonoides totales (II) en la infusión de café mexicano tipo “Cold Brew” elaborado a 10 \pm 0.5°C. Las barras de error representan la desviación estándar de 9 medidas.

experimentales obtenidos para ambos tratamientos ($R^2 > 0.70$). La constante de velocidad (k), relacionada con la velocidad de extracción de CA, para la infusión elaborada con Mm fue cuatro veces superior ($p < 0.05$) a la obtenida con Mf. Por otro lado, la concentración de equilibrio (CA_{eq}) fue significativamente superior ($p < 0.05$) en un 15% para la infusión elaborada con Mf con respecto a la preparada con grano de Mm.

Tabla II. Parámetros obtenidos por el modelo de reacción de primer orden para la capacidad antioxidante en la infusión de café mexicano tipo “Cold Brew”. Letras diferentes muestran diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%.

Tipo de molido	k ($\times 10^{-3}$) [min^{-1}]	CA_{eq} (g ET/kg)	R^2
Mm	8.19±0.59 ^b	134.54±2.11 ^a	0.71
Mf	2.19±0.09 ^a	159.54±0.37 ^b	0.95

Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que el tipo de molido influyó en la extracción de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de la infusión de café mexicano tipo “Cold Brew”. Al someter el grano de café a un Mm se alcanzó más rápidamente el equilibrio en la concentración de extracción de dichos biocompuestos en comparación con el Mf. Sin embargo, el Mf tuvo la capacidad de extraer una mayor concentración de fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante. Fuller & Rao (2017) reportan que los procesos de difusión en la extracción de compuestos bioactivos en café se ven favorecidos por el tipo de molido debido a que estos pueden hallarse unidos de forma inter o intra granular.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, M., Jiang, G. H., Park, J. S., Ki- Chang, L., Yoon, Y. S., & Eun, J. B. (2018). Effects of ultrasonication, agitation and stirring extraction techniques on the physicochemical properties, health- promoting phytochemicals, and structure of cold brewed coffee. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1-12.
- Castiglioni, S., Damiani, E., Astolfi, P., & Carloni, P. (2015). Influence of steeping conditions (time, temperature, and particle size) on antioxidant properties and sensory attributes of some white and green teas. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66(5), 491-497.
- Euromonitor Internacional. (2017). Análisis del mercado de consumo de café en México 2016. Obtenido de <https://amecafe.org.mx/wp-content/uploads/2017/08/Euromonitor_Informe_An%C3%A1lisis-de-consumo-2016-AMECAFE-Final.pdf>. Fecha de consulta: 14 de agosto de 2018.
- Fuller, M., & Rao, N. Z. (2017). The Effect of time, roasting temperature, and grind size on caffeine and chlorogenic acid concentrations in cold brew coffee. *Scientific Reports*, 7(1), 17979.
- Shin, K. S. (2017). The chemical characteristics and immune-modulating activity of polysaccharides isolated from cold-brew coffee. *Preventive Nutrition and Food Science*, 22(2), 100-106.
- Ozuna, C., Puig, A., Garcia-Perez, J. V., & Cárcel, J. A. (2014). Ultrasonically enhanced desalting of cod (*Gadus morhua*). Mass transport kinetics and structural changes. *LWT-Food Science and Technology*, 59(1), 130-137.
- 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.
- Vega, A., De León, J. A., & Reyes, S. M. (2017). Determinación del contenido de polifenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de 34 cafés comerciales de Panamá. *Información Tecnológica*, 28(4), 29-38.
- SADER (2018). México, onceavo productor mundial de café. Obtenido de <<https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/mexico-onceavo-productor-mundial-de-cafe?idiom=es>>. Fecha de consulta: 14 de agosto de 2018.