

Análisis comparativo del contenido de cafeína del café tostado bajo diferentes métodos de preparación

Caudillo-Ortega N A^{*1}, Cárdenas-Aguilar A V¹ y Vázquez-González AB¹.

¹Tecnológico Nacional de México/ITS de Guanajuato, Departamento Ingeniería en Industrias Alimentarias. Carretera Guanajuato a Puentecillas Km 10.5, Puentecillas, 36262, Guanajuato, México. ncaudillo@itesg.edu.mx

Resumen

La infusión de café, llamada “café”, tiene atributos sensoriales distintivos y el contenido de compuestos químicos, como la cafeína, puede ser diferente de acuerdo al grado de tueste y al método de preparación. El objetivo fue determinar el contenido de cafeína en extractos de café arábica molido con diferentes grados de tueste (claro, medio y oscuro), utilizando dos métodos de preparación; protocolo de la NMX-F-013-SCFI-2020 y las instrucciones de una empresa cafetalera sugerido a sus clientes. En el primer método, el contenido de cafeína fue mayor significativamente ($p < 0.05$) en el café con tueste medio (0.1287 ± 0.0282 mg/100mL) en comparación con el café verde (0.0910 ± 0.0008 mg/100mL). En el segundo método, el contenido de cafeína fue significativamente menor en el café verde (0.0908 mg/100mL) con respecto al café tueste claro (0.115 mg/100mL), medio (0.098 mg/100mL) y oscuro (0.103 mg/100mL). Éstos dos últimos presentaron diferencia significativa entre ambos métodos. El contenido de cafeína en los extractos de café con tueste medio y oscuro es significativamente mayor utilizando el método de extracción establecido por la normatividad mexicana, por lo tanto, el método de extracción del café afecta el contenido de cafeína del café verde, con tueste medio y oscuro.

Palabras clave: café, cafeína, tostado

ABSTRACT

Coffee infusion, commonly known as 'coffee,' exhibits distinctive sensory attributes, and the composition of chemical compounds, including caffeine, can vary based on the degree of roasting and the preparation method. The objective of this study was to determine the caffeine content in extracts of ground Arabica coffee with different roasting degrees (light, medium, and dark) using two preparation methods: the NMX-F-013-SCFI-2020 protocol and the instructions provided by a coffee company to its customers. In the first method, the caffeine content was significantly higher ($p < 0.05$) in medium roast coffee (0.1287 ± 0.0282 mg/100mL) compared to green coffee (0.0910 ± 0.0008 mg/100mL). In the second method, the caffeine content was significantly lower in green coffee (0.0908 mg/100mL) compared to light (0.115 mg/100mL), medium (0.098 mg/100mL), and dark (0.103 mg/100mL) roast coffee. The latter two showed a significant difference between the two methods. The caffeine content in medium and dark roast coffee extracts is significantly higher using the extraction method established by Mexican regulations, therefore, the coffee extraction method affects the caffeine content of green, medium roast coffee and dark.

Key words: coffee, caffeine, roasting

INTRODUCCIÓN

La bebida de café se encuentra entre las más populares en todo el mundo y contiene cantidades sustanciales de cafeína, lo que convierte a la cafeína en el agente psicoactivo más consumido. El consumo del café se ha realizado durante cientos de años y se ha convertido en una parte importante de las tradiciones culturales y de la vida social (van Dam et al., 2020). El café es un cultivo de suma importancia en México; porque tiene un consumo de 1.4 kg per cápita al año. México es productor de grano de café con excelente calidad, por sus condiciones climatológicas como topografía, altura, climas y suelos. La variedad de café que se produce en nuestro país es la arábica (*Coffea arabica*) y su producción se realiza regularmente en las zonas tropicales. El principal estado productor es Chiapas porque aporta 41.0% del volumen nacional, seguido por Veracruz (24.0%) y Puebla (15.3%) (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018). La calidad del café resulta de múltiples factores, que no solo están presentes en las condiciones de cosecha y poscosecha en las fincas, y abarca más allá de la cadena de suministro (Andrade et al., 2020).

El tostado de los granos de café se considera una de las fases más importantes del procesamiento del grano porque durante este proceso los granos de café verdes se transforman en granos tostados desarrollando un sabor y aroma característicos (Tfouni et al., 2014), además de la formación de compuestos aromáticos, color, densidad, tamaño, peso y textura del grano cambia significativamente (Baggenstoss et al., 2007). Los tres tipos principales de café tostado y que se establecen en la normatividad mexicana son: tostado ligero, tostado medio y tostado oscuro (NMX-F-013-SCFI-, 2020). El tostado afecta notablemente la composición del café, uno de los cambios son la cantidad de fenoles del café tostado con respecto al café verde, y estos cambios están asociados con la degradación del ácido clorogénico y otros compuestos, como la cafeína (Budryn et al., 2009). Estos cambios en la composición química dependen tanto de la variedad como del grado de tueste. Según Karima *et al.* (2014), el contenido de cafeína de los granos de café verde puede ser variable. Depende principalmente del tipo de café y su variedad, región geográfica y procesamiento (Karima et al., 2014). La cafeína es una sustancia termoestable que no cambia incluso si se tuesta demasiado (Seninde & Chambers, 2020).

La extracción acuosa del café se define como la operación en donde los compuestos químicos responsables del aroma y sabor, son disueltos al infusionar el café tostado y molido, con agua caliente (Ortega C. et al., 2022). La extracción de esta bebida se realiza en diferentes escalas, desde la industrial hasta la extracción de café con electrodomésticos (Moroney et al., 2016). Los métodos de extracción reportados por del Moral en 2018 son: a) los descendentes, el agua depende de la gravedad y se vierte en la parte superior y descende. b) los de inmersión completa, el café está en contacto con el agua. c) los que combinan ambos tipos (del Moral, 2018).

Los métodos de extracción combinados para la preparación del café incluyen los de filtración a presión y son una alternativa aceptable para obtener un café con cuerpo y notas amargas (Ormaza Zapata et al., 2019). Además, los granos de café son fuentes ricas en compuestos polifenólicos con altas propiedades antioxidantes y actividad antiinflamatoria, entre estos compuestos se incluye a la cafeína y los ácidos clorogénicos (Bhattarai et al., 2022). Algunas investigaciones han relacionado el contenido fenólico con el método de extracción. Ormaza-Zapata *et al.* (2019) determinaron la retención de metabolitos antioxidantes, la actividad antioxidante y los perfiles de taza para bebidas de café preparadas utilizando cinco métodos de filtración a presión. En esta investigación se recomienda consumir el café utilizando los métodos Espresso o Moka (Ormaza Zapata et al., 2019). Por otro lado, el café preparado por diferentes métodos de filtración difiere en las concentraciones de sólidos disueltos totales, polifenoles totales y capacidad antioxidante (Várady et al., 2022).

La Norma Oficial Mexicana NOM-218-SSA1-2011 establece los métodos de prueba para la cuantificación de compuestos químicos, vinculados a las especificaciones y calidad de productos alimenticios (NOM-218-SSA1-, 2011). Por otro lado, los consumidores están interesados en conocer las concentraciones de compuestos químicos bajo condiciones de preparación establecidas por el proveedor y cantidades habituales utilizadas para una taza de café. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del método de preparación del café y el grado de tostado, sobre el contenido de cafeína en muestras de café proporcionadas por una empresa dedicada a la venta del mismo.

Materiales y métodos

Preparación de los extractos de café arábica

La muestra de café fue proporcionada por una empresa dedicada al tostado, molienda, distribución y venta de café del estado de Nuevo León, México. Se utilizó un molino para café (Hamilton Beach Negro, mod.

80335R, China), después, el café molido pasó la malla No. 25 US Estándar y quedó retenido en malla No. 40 o su equivalencia en malla Tyler. Cada extracto de café verde y con tueste claro, medio y oscuro, se obtuvo por dos métodos de extracción. El primer método fue siguiendo las especificaciones de la NMX-F-013-SCFI-2020 (30 g de la muestra preparada con 200 ml de agua destilada caliente (70-80 °C) en un matraz volumétrico de 250 ml, se mezcló y reposó 30 minutos agitando ocasionalmente), y el segundo método nombrado “consumidor” se refiere al procedimiento establecido y recomendado por la empresa distribuidora de café. Las condiciones de la empresa distribuidora de café fueron: 5g de café molido y 150 mL de agua caliente, en una cafetera por goteo (Taurus, mod. 830380, España). Cada uno de los extractos se recolectó y se mantuvo a temperatura ambiente. Todos los parámetros se determinaron con tres experimentos independientes por triplicado para cada una de las muestras.

Determinación de cafeína según la NOM- 218-SSA1-2011

Se utilizó el protocolo descrito en la NOM-218-SSA1-2011, primero se realizó una curva patrón con diferentes concentraciones; 0.10, 0.25, 0.50 y 1.0 mg cafeína/100 mL (NOM-218-SSA1-, 2011). Posteriormente, se determinó la absorbancia a una longitud de onda de 270 nm en un espectrofotómetro (Genway, mod. 7300, Reino Unido) y se continuó con el procedimiento para cuantificar la cafeína en los extractos de café a partir de la ecuación obtenida de la curva patrón y la absorbancia, en tres experimentos independientes por triplicado para el café verde, tostado claro, tostado medio y tostado oscuro. La fórmula para determinar el contenido de cafeína fue; $\text{mg cafeína/100 mL} = (\text{mg de cafeína/100 mL obtenidos de la curva})(100)(\text{dilución})$.

Análisis estadístico

Para el análisis determinar la normalidad y la homogeneidad de varianzas de los datos se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk y de Levene, respectivamente. Para determinar diferencias significativas y comparar el contenido de cafeína entre las muestras con diferentes grados de tueste se aplicó un ANOVA de una vía seguido de un post hoc de Tukey ($p < 0.05$). Para comparar el contenido de cafeína de un grado de tueste en ambos métodos de extracción o preparación se utilizó la prueba de U-Mann Whitney ($p < 0.05$). Se utilizó el paquete estadístico SPSS (IBM, versión 25, EEUA).

Resultados y discusión

Preparación de la muestra

Las muestras de café proporcionadas por la empresa se muestran en la Fig. 1, después de la molienda se obtuvo un tamaño de partícula mayor o igual a 0.43 mm y menor a 0.72 mm, considerada molienda fina, según la NMX-F-013-SCFI-2020. Este tamaño de partícula es recomendado por la empresa distribuidora de café a los consumidores.

Contenido de cafeína con el protocolo de la NMX-F-013-SCFI-2020

Después de la molienda se utilizó el primer método de extracción utilizando el protocolo de la NMX-F-013-2020 y después se determinó el contenido de cafeína en cada extracto de café, Tabla 1. Los datos tienen normalidad estadística, por lo tanto, se presentan en medias y desviación estándar. El café verde puede tener una estructura más compacta que no permite la liberación de la cafeína porque el ANOVA reveló diferencia significativa ($p < 0.05$) en el contenido de cafeína de todos los extractos de café con tueste claro, medio y oscuro (0.1097 ± 0.0046 , 0.1287 ± 0.0082 y 0.1165 ± 0.0062 mg cafeína/100mL) respectivamente, en comparación con el café verde (0.0910 ± 0.0008 mg cafeína/100mL). El contenido de

cafeína en el café tostado es igual ya que al comparar los resultados de los extractos de café tostado no existió diferencia significativa.



Fig. 1. Café molido variedad arábica. Molienda fina del café verde, con tueste claro, medio y oscuro, respectivamente.

En el segundo método de extracción se utilizó los extractos de café obtenidos en una cafetera por goteo (Taurus Medea 1 Taza), con 5 g de café tostado molido y 150 mL de agua. El contenido de cafeína fue similar en todos los extractos: café verde (0.0908 mg cafeína/100mL), tueste claro (0.115 mg cafeína /100mL), medio (0.098 mg cafeína /100mL) y oscuro (0.103 mg cafeína /100mL), y se obtuvo el mismo comportamiento que en primer método.

Tabla 1. Contenido de cafeína (mg/ 100mL) en los extractos obtenidos por diferentes métodos de preparación

Café/tueste	Método de preparación	
	NMX-F-013-2020	Consumidor
	(mg cafeína/100 mL)	
Verde	0.091 ± 0.0008	0.091 ± 0.0009
Claro	0.110* ± 0.0047	0.114** ± 0.0005
Medio	0.129* ± 0.0283	0.096** ± 0.0001
Oscuro	0.117* ± 0.0063	0.102** ± 0.0002

ANOVA expresado en medias y desviación estándar

* diferencia significativa (p<0.05) café verde vs. tueste claro, medio y oscuro.

** diferencia significativa (p<0.05) café verde vs. tueste claro, medio y oscuro.

Posteriormente, se comparó el contenido de cafeína en los extractos de café a partir de los dos métodos utilizados con la prueba U-Mann Whitney, Fig. 2. Sólo el tueste medio y oscuro presentó diferencia significativa al comparar ambos procedimientos, que divergen en cantidad de la muestra, tiempo de infusión, entre otros., ambos extractos presentaron un mayor contenido de cafeína significativo con el método de extracción de la NMX-F-013-SCFI-2020 ($p < 0.05$). El tueste medio y oscuro son los de mayor consumo y bajo las condiciones que establece el método de la normatividad Mexicana, permitiría obtener mayor contenido de cafeína en la bebida.

En el presente estudio los extractos de café no se encontró ningún efecto significativo del método de procesamiento sobre el contenido de cafeína en el café verde y con tueste claro. Mientras que en el tueste medio y oscuro fue todo lo contrario, siendo mayor el contenido de cafeína en el método descrito en la NMX-F-013-SCFI-2020. Estos resultados son diferentes a lo reportado por Uslu en 2022, al comprar los efectos del método de preparación (decocción e infusión) y el tiempo (1 a 5 min) sobre el contenido de cafeína y compuestos fenólicos por HPLC de infusiones de café. Las infusiones de café preparadas con el método de decocción presentaban mayor contenido mayor de fenoles totales en comparación con el método de infusión, pero no se obtuvo diferencia significativa en el contenido de cafeína (Uslu, 2022).

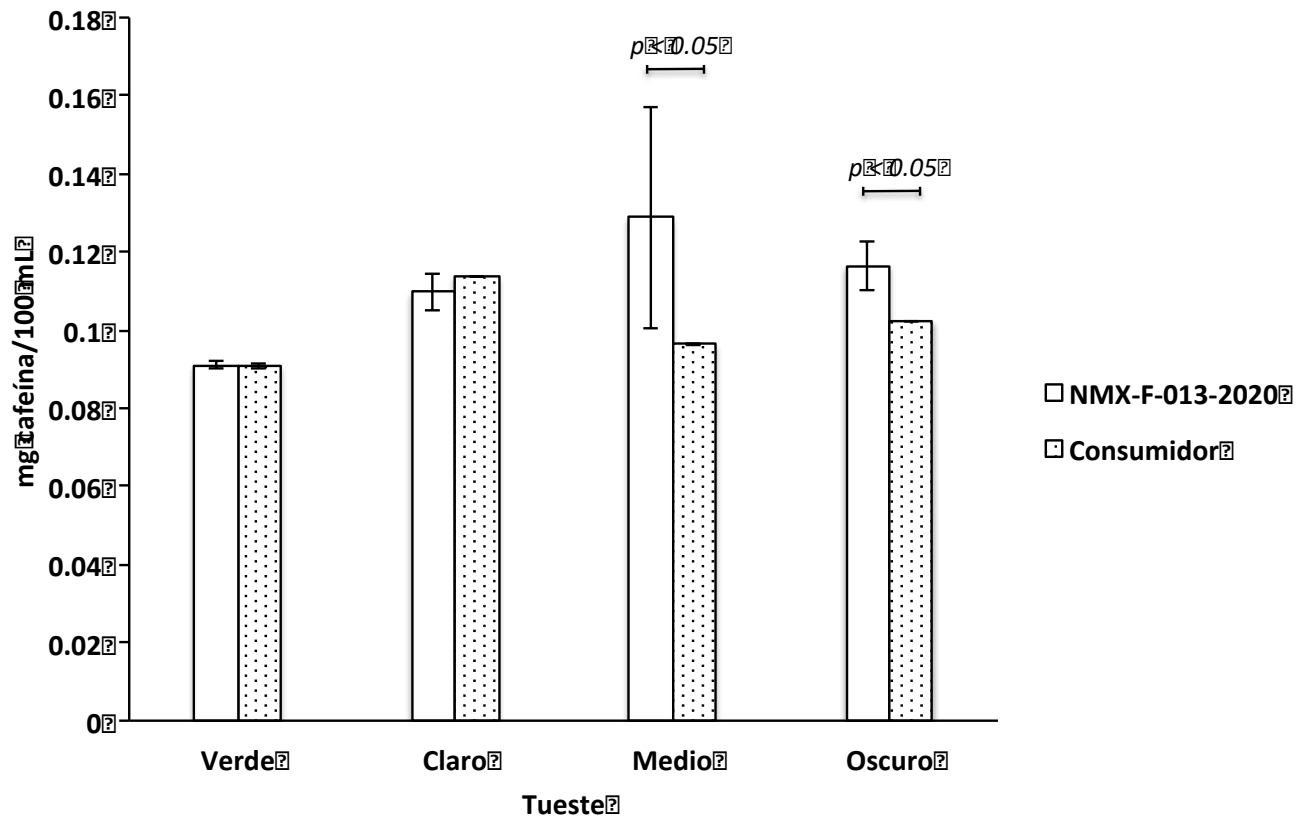


Fig. 2. Comparación del contenido de cafeína en el café verde con café tueste claro, medio y oscuro, a partir de dos diferentes métodos de preparación por la prueba U-Mann Whitney. Medias y desviación estándar ($p < 0.05$).

Del mismo modo en el método de procesamiento, nuestros datos concuerdan con los resultados de Cwиковá *et al.* 2022, en donde no se estableció ningún efecto significativo de un grado de tueste sobre el contenido de cafeína por el método analizado (Cwиковá *et al.*, 2022). Esto es bastante interesante porque la solubilidad de la cafeína en agua aumenta con la temperatura, y el arrastre del vapor de agua liberado durante el tostado provoca la pérdida de cafeína. Según Franca *et al.* 2005, se produce una reducción aproximada del 30% en el contenido de cafeína durante la etapa del tostado (Franca *et al.*, 2005). Mientras que Tsai & Jioe (2021), informaron un contenido de cafeína ligeramente mayor en el café tostado oscuro en comparación con el tostado claro (Tsai & Jioe, 2021).

Sin embargo, Król *et al.* 2020, encontraron que la cantidad de cafeína se vio significativamente afectada por el grado de tueste: el café con tueste claro presentó niveles más altos de cafeína (6.42 mg/g) que el café con tueste medio (5.77 mg/g) y café con tueste oscuro (2.63 mg/g) frijoles (Król *et al.*, 2020). Independientemente de las diferencias mencionadas anteriormente, el contenido de cafeína informado por Król *et al.* 2020 fue sustancialmente mayor en comparación con nuestros datos y puede ser por las características de la muestra, porque nuestro estudio se realizó con extractos de café.

Por otro lado, nuestros datos respecto a un cambio no significativo del grado de tueste sobre el contenido de cafeína, no concuerdan con el estudio de Jeon *et al.* (2017) y Alamri *et al.* (2022). En sus resultados no obtuvieron ningún efecto del grado de tostado sobre el contenido de cafeína en los granos de café, y una posible razón es la estabilidad térmica de la cafeína (Wei *et al.*, 2014)(Jeon *et al.*, 2017)(Alamri *et al.*, 2022).

Conclusiones

El presente estudio evaluó muestras de café procesados por dos métodos diferentes de preparación (procedimiento NMX-F-013-SCFI-2020 y consumidor) y con tres grados diferentes de tueste (claro, medio y oscuro). El parámetro de interés fue una de las sustancias químicas típicas del café, llamada cafeína.

El contenido de cafeína en las muestras de café fue afectado por el método de preparación. El contenido de cafeína tuvo cambios significativos después del tueste, siendo menor en el café verde con respecto al tueste claro, medio y oscuro, en ambos métodos probados. Al comparar el mismo tipo de café por los dos diferentes métodos de preparación se obtuvo diferencia significativa en el tueste medio y oscuro. Entonces, desde el punto de vista de los consumidores de café, los resultados del presente estudio indican diferencias relativamente significativas en el contenido de cafeína debido al método de preparación y el grado de tostado. El método para preparar una taza de café y obtener el mayor contenido de cafeína es 30 g de café tueste medio y oscuro, 200 ml de agua caliente (70-80 °C), un reposo de 30 minutos y agitación ocasional.

Bibliografía

- Alamri, E., Rozan, M., & Bayomy, H. (2022). A study of chemical Composition, Antioxidants, and volatile compounds in roasted Arabic coffee. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(5), 3133–3139. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.03.025>
- Andrade, H., Bahamón, A., Aragón Calderón, R., Beltrán-Vargas, Y., & Guzmán, N. (2020). Is Coffee (*Coffea arabica* L.) Quality Related to a Combined Farmer–Farm Profile? *Sustainability*, 12, 9518. <https://doi.org/10.3390/su12229518>
- Baggenstoss, J., Poisson, L., Luethi, R., Perren, R., & Escher, F. (2007). Influence of water quench cooling on degassing and aroma stability of roasted coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(16), 6685–6691. <https://doi.org/10.1021/jf070338d>

- Bhattacharai, R. R., Al-Ali, H., & Johnson, S. K. (2022). Extraction, Isolation and Nutritional Quality of Coffee Protein. In *Foods* (Vol. 11, Issue 20). <https://doi.org/10.3390/foods11203244>
- Budryn, G., Nebesny, E., Anna, P., Żyżelewicz, D., Materska, M., Jankowski, S., & Janda, B. (2009). Effect of different extraction methods on the recovery of chlorogenic acids, caffeine and Maillard reaction products in coffee beans. *European Food Research and Technology*, 228. <https://doi.org/10.1007/s00217-008-1004-x>
- Cwiková, O., Komprda, T., Šottníková, V., Svoboda, Z., Simonová, J., Slováček, J., & Jůzl, M. (2022). Effects of Different Processing Methods of Coffee Arabica on Colour, Acrylamide, Caffeine, Chlorogenic Acid, and Polyphenol Content. In *Foods* (Vol. 11, Issue 20). <https://doi.org/10.3390/foods11203295>
- del Moral, S. (2018). Ocho métodos de extracción de café para principiantes.
- Franca, A. S., Mendonça, J. C. F., & Oliveira, S. D. (2005). Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. *LWT - Food Science and Technology*, 38(7), 709–715. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.08.014>
- Jeon, J.-S., Kim, H.-T., Jeong, I.-H., Hong, S.-R., Oh, M.-S., Park, K.-H., Shim, J.-H., & Abd El-Aty, A. M. (2017). Determination of chlorogenic acids and caffeine in homemade brewed coffee prepared under various conditions. *Journal of Chromatography. B, Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, 1064, 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2017.08.041>
- Karima, B., Amira-Guebailia, H., Boulmouk, Y., & Houache, O. (2014). HPLC coupled to UV–vis detection for quantitative determination of phenolic compounds and caffeine in different brands of coffee in the Algerian market. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 45, 1314–1320. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2014.03.014>
- Król, K., Gantner, M., Tatarak, A., & Hallmann, E. (2020). The content of polyphenols in coffee beans as roasting, origin and storage effect. *European Food Research and Technology*, 246(1), 33–39. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03388-9>
- Moroney, K. M., Lee, W. T., O'Brien, S. B. G., Suijver, F., & Marra, J. (2016). Coffee extraction kinetics in a well mixed system. *Journal of Mathematics in Industry*, 7(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s13362-016-0024-6>
- NMX-F-013-SCFI-, S. de economía. (2020). *NMX-F-013-SCFI-2020 Café puro tostado, en grano o molido, sin descafeinar o descafeinado-especificaciones y métodos de prueba*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5641715&fecha=01/02/2022#gsc.tab=0
- NOM-218-SSA1-, S. de S. (2011). *NOM-218-SSA1-2011, Productos y servicios. Bebidas saborizadas no alcohólicas, sus congelados, productos concentrados para prepararlas y bebidas adicionadas con cafeína. Especificaciones y disposiciones sanitarias. Métodos de prueba*. <https://dof.gob.mx/normasOficiales/4643/salud/salud.htm#:~:text=1.1> Esta norma establece las, las bebidas adicionadas con cafeína.
- Ormaza Zapata, A. M., Díaz Arango, F. O., & Rojano, B. A. (2019). Efecto de los métodos de preparación del café de filtración por presión (*Coffea arabica* L. var. Castillo) sobre el contenido y actividad antioxidante, y la aceptación de la bebida. *DYNA*, 86(209 SE-Artículos), 261–270. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n209.75839>
- Ortega C., J. J., Caballero P., L. A., & Maldonado M., L. Y. (2022). Evaluación del rendimiento de la extracción de café tostado molido comercial. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 12(1 SE-Artículos). <https://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/alimen/article/view/1589>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). *México, onceavo productor mundial de café*. México, Onceavo Productor Mundial de Café. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/mexico-onceavo-productor-mundial-de-cafe?idiom=es>
- Seninde, D. R., & Chambers, E. (2020). Coffee Flavor: A Review. In *Beverages* (Vol. 6, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/beverages6030044>
- Tfouni, S. A. V., Carreiro, L., Teles, C., Furlani, R., Cipolli, K., & Camargo, M. (2014). Caffeine and chlorogenic acids intake from coffee brew: Influence of roasting degree and brewing procedure. *International Journal of Food Science & Technology*, 49, 747–752.

<https://doi.org/10.1111/ijfs.12361>

- Tsai, C.-F., & Jioe, I. P. (2021). The Analysis of Chlorogenic Acid and Caffeine Content and Its Correlation with Coffee Bean Color under Different Roasting Degree and Sources of Coffee (*Coffea arabica* Typica). In *Processes* (Vol. 9, Issue 11). <https://doi.org/10.3390/pr9112040>
- Uslu, N. (2022). The influence of decoction and infusion methods and times on antioxidant activity, caffeine content and phenolic compounds of coffee brews. *European Food Research and Technology*, 248, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04027-6>
- van Dam, R. M., Hu, F. B., & Willett, W. C. (2020). Coffee, Caffeine, and Health. *The New England Journal of Medicine*, 383(4), 369–378. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1816604>
- Várady, M., Tauchen, J., Kloucek, P., & Popelka, P. (2022). Effects of Total Dissolved Solids, Extraction Yield, Grinding, and Method of Preparation on Antioxidant Activity in Fermented Specialty Coffee. *Fermentation*, 8, 375. <https://doi.org/10.3390/fermentation8080375>
- Wei, F., Furihata, K., Miyakawa, T., & Tanokura, M. (2014). A pilot study of NMR-based sensory prediction of roasted coffee bean extracts. *Food Chemistry*, 152, 363–369. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.161>