

# Importancia de los polifenoles en el café (*Coffea arabica* L.)

## Importance of polyphenols in coffee (*Coffea arabica* L.)

Julia Irene Valerio Ávila<sup>1</sup> , Keisy Peralta Matute<sup>1</sup>, Carlos Humberto Amador Zelaya<sup>2</sup> , Oscar Reyes Morales<sup>1</sup>, Merlin Patricia Cruz<sup>1</sup>, Jenny Ruiz Cardona<sup>1</sup> , Jhonor Abrahan Marcía Fuentes\*<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura, Olancho, Honduras

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Agricultura, Olancho, Honduras

**Resumen / Introducción.** Los polifenoles son compuestos de origen vegetal que están presentes en el café, tradicionalmente, los efectos beneficiosos del café se han atribuido únicamente a su ingrediente más intrigante e investigado, la cafeína, pero ahora se sabe que otros compuestos bioactivos como los polifenoles y antioxidantes también contribuyen a las valiosas propiedades de esta bebida, el papel del consumo del café en la prevención de algunas enfermedades graves y prevalentes justifica su clasificación como bebida.

**Métodos.** Para desarrollar este estudio se colectó información en motores de búsqueda y bases de datos como Google Scholar. **Resultados.** Se conoce actualmente que el grano de café contiene alrededor de 1000 fitoquímicos, los cuales actúan de acuerdo a su estructura química, eliminando radicales libres, muchas de estas moléculas bioactivas presentan actividad antioxidante, anticancerígena y antimutagénica. En cuanto a la calidad del café, la presencia de compuestos fenólicos está directamente relacionada con las características de la calidad en taza, contribuyendo a cambios de color, sabor y aroma durante el procesamiento del mismo.

**Conclusión:** Los polifenoles cumplen un rol fundamental en el café tanto para el desarrollo de sus atributos sensoriales, así como también, para beneficio de la salud humana a la hora de consumirlo.

**Palabras Clave** Café, Fitoquímica, Nutrición, Precio agrícola, Química agrícola

**Abstract / Introduction.** Polyphenols are plant-based compounds that are present in coffee. Traditionally, the beneficial effects of coffee have been attributed solely to its most intriguing and researched ingredient, caffeine, but it is now known that other bioactive compounds such as polyphenols and antioxidants also exist, which contribute to the valuable properties of this beverage, the role of coffee consumption in the prevention of some serious and prevalent diseases justifies its classification as a beverage. **Methods.** To conduct this study, information was collected from search engines and databases such as Google Scholar. **Results.** It is currently known that the coffee bean contains around 1000 phytochemicals, which act according to its chemical structure, eliminating free radicals. Many of these bioactive molecules present antioxidant, anti-cancer and anti-mutagenic activity. Regarding coffee quality, the presence of phenolic compounds is directly related to the characteristics of the quality in the cup, contributing to changes in color, flavor and aroma during coffee processing. **Conclusion.** Polyphenols play a fundamental role in coffee both for the development of its sensory attributes, as well as for the benefit of human health when consuming it.

**Keywords** Agricultural chemistry, Agricultural prices, Coffee, Nutrition, Phytochemistry



Este trabajo está bajo una licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 BY, NC.

Recepción: 11 abril 2025 / Aceptación: 27 junio 2025 / Publicación: 30 junio 2025

Autor correspondiente: [jmarcia@unag.edu.hn](mailto:jmarcia@unag.edu.hn)

Cita: Valerio-Avila, J., Peralta Matute, K., Amador-Zelaya, C., Reyes Morales, O., Cruz, M. P., Ruiz Cardona, J., Marcía-Fuentes, J. A. (2025). Importancia de los polifenoles en el café. (2025). *Innovare, Revista de Ciencia y Tecnología*, 14(1), 1-6.

<https://doi.org/10.69845/innovare.v14i1.471>

## INTRODUCCIÓN

Se conoce que los polifenoles son el grupo de moléculas bioactivas más numeroso y ampliamente distribuido, estos se dividen en dos clases generales, los flavonoides y ácidos fenólicos, los flavonoides se dividen a su vez en flavonas, flavononas, flavonoles, flavanoles, isoflavonas y los ácidos fenólicos generalmente se clasifican en ácidos hidroxibenzoicos e hidroxicinámicos (Abbas et al., 2017; Montero et al., 2020; Fuentes et al., 2021). Estos compuestos están integrados en la dieta humana y se originan en plantas

como frutas, verduras, cereales y café, los polifenoles también son conocidos como preventivos de enfermedades degenerativas (Dragovic-Uzelac et al., 2007; Alemán et al., 2023). Las investigaciones relacionadas con los polifenoles son algo complejas debido a la estructura química que presentan, su papel en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, osteoporosis, enfermedades neurodegenerativas, cáncer y diabetes mellitus, han sido parte fundamental como enfoque de estudio para la ciencia (D'Archivio et al., 2007). El papel protector que presentan en la salud está bien reconocido en los alimentos ricos en antioxidantes que son consumidos diariamente (Georgé et

al., 2005; Montero *et al.*, 2022). El papel protector que presentan en la salud está bien reconocido en los alimentos ricos en antioxidantes que son consumidos diariamente (Georgé *et al.*, 2005; Montero *et al.*, 2022).

Diversos estudios han demostrado la relación entre el consumo del café y sus potenciales propiedades preventivas de enfermedades, lo que podría deberse a su contenido en polifenoles, el ácido cafeico y su derivado ácido clorogénico son los polifenoles más abundantes en el café, ya que una sola taza de café contiene entre 70 y 350 mg de ácido clorogénico (Klatsky *et al.*, 2006; Nichenametla *et al.*, 2006). La evidencia epidemiológica del efecto protector del consumo de café contra el riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 es muy sólida y muestra un efecto dosis-dependiente convincente los datos de revisiones sistemáticas y meta análisis muestran que la reducción del riesgo es ~8% por cada taza de café consumida al día y que esto es independiente de si el café es descafeinado o no (Williamson, 2017).

Estos compuestos están integrados en la dieta humana y se originan en plantas como frutas, verduras, cereales y café, los polifenoles también son conocidos como preventivos de enfermedades degenerativas (Dragovic-Uzelac *et al.*, 2007; Alemán *et al.*, 2023). Las investigaciones relacionadas con los polifenoles son algo complejas debido a la estructura química que presentan, su papel en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, osteoporosis, enfermedades neuro generativas, cáncer y diabetes mellitus, han sido parte fundamental como enfoque de estudio para la ciencia (D'Archivio *et al.*, 2007). El papel protector que presentan en la salud está bien reconocido en los alimentos ricos en antioxidantes que son consumidos diariamente (Georgé *et al.*, 2005; Montero *et al.*, 2022).

En cuanto a la calidad en taza del café es importante saber que la química del desarrollo del sabor durante el tostado del café es muy compleja y no se comprende completamente, aunque el proceso de tostado parece simple en términos de condiciones de procesamiento, es bastante complejo desde el punto de vista químico, ya que cientos de reacciones químicas tienen lugar simultáneamente, se sabe que los ácidos clorogénicos (CGA), son un grupo de compuestos fenólicos que representan entre el 6% y el 12% de los componentes del café en masa (Farah *et al.*, 2006), los cuales son responsables de la pigmentación, la formación de aroma y la astringencia del café (De Maria *et al.*, 1995), además, la degradación térmica de los ácidos clorogénicos durante el tostado da como resultado sustancias fenólicas que contribuyen al amargor (Trugo & Macrae, 1984).

La presente investigación es una revisión bibliográfica exhaustiva sobre los polifenoles y su importancia en el café, el cual brinda aportes significativos en la salud humana, así como también, dichos compuestos fenólicos permiten el desarrollo de atributos sensoriales los cuales juegan un rol importante en las características de esta bebida.

## MÉTODOS

Para desarrollar este estudio se colectó información en motores de búsqueda y bases de datos como Google Scholar, en formato de eBooks, artículos de revistas científicas en

línea, sitios web especializados y bibliotecas físicas, considerando contenidos tanto en español como en inglés.

## DESARROLLO

La presente revisión se centra en los polifenoles y su importancia en el café, tema de mucha relevancia debido a sus aportes significativos para la salud humana.

### Los polifenoles

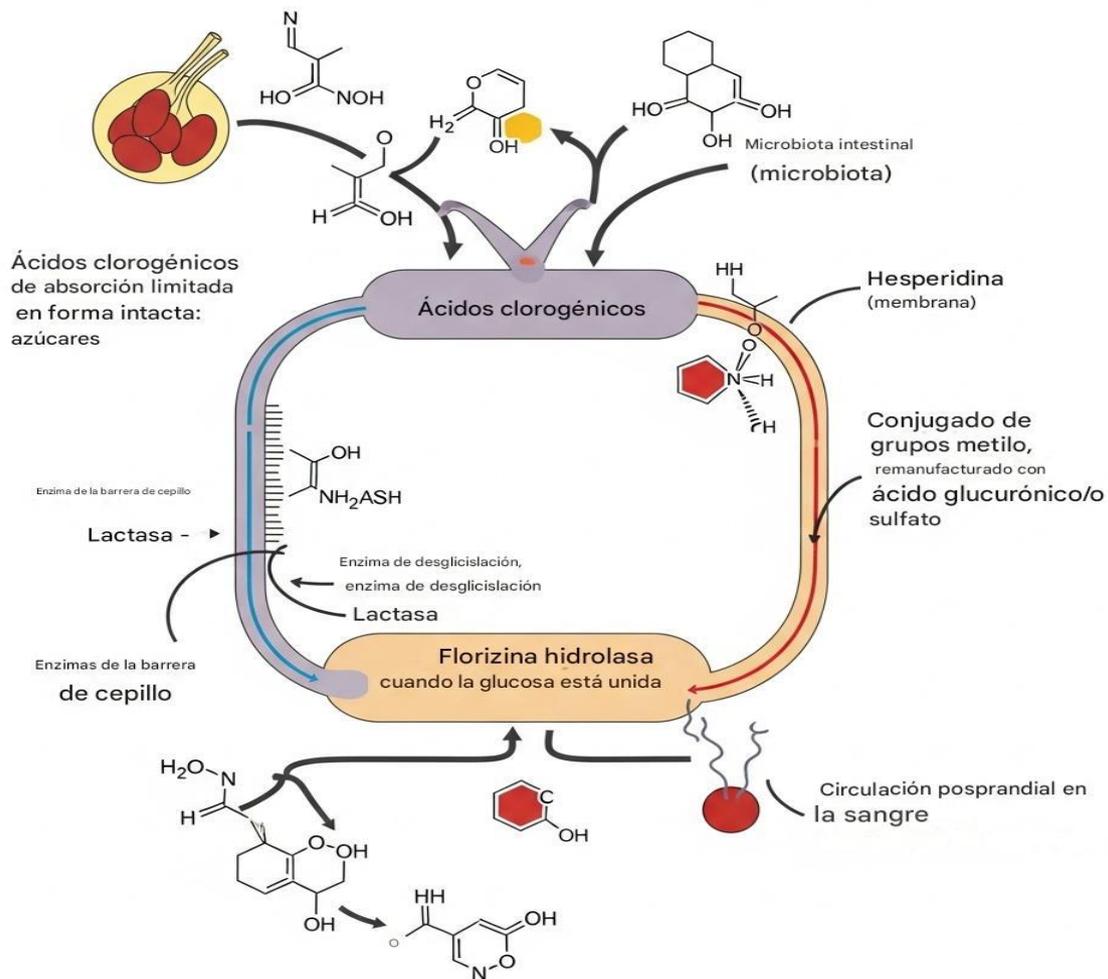
Los compuestos fenólicos son semisolubles en agua (de fuentes frutales y vegetales) con uno o más anillos de benceno que generalmente se encuentran en la naturaleza como glucósidos, los científicos alimentarios han estudiado los numerosos beneficios para la salud de estos compuestos contra las enfermedades humanas, hoy en día, elegir una dieta saludable se ha convertido en una parte esencial de una vida sana (Rasouli *et al.*, 2017).

El consumo de alimentos ricos en polifenoles puede ayudar a disminuir la incidencia de enfermedades cardiovasculares, cáncer de colon, trastornos hepáticos, obesidad, diabetes, etc. (McSweeney y Seetharaman, 2015). Los compuestos de fuentes naturales se han adentrado en la industria farmacéutica ya que en las últimas décadas y en la actualidad se utilizan para el diseño y desarrollo de nuevos fármacos (Pangeni *et al.*, 2014). En las plantas, los polifenoles funcionan como agentes de defensa contra condiciones ambientales, y es este mismo efecto se presenta en el ser humano ante ciertos tipos de enfermedades (Shao y Bao, 2015), estos compuestos han recibido más atención en los últimos años, se han identificado y evaluado muchos aspectos de sus actividades químicas y biológicas (Zhang y Tsao, 2016; Pereira *et al.*, 2009).

### Metabolismo y biodisponibilidad de los polifenoles

Algunas ventajas de los compuestos fenólicos es su accesibilidad, la especificidad de su respuesta y su baja toxicidad, mientras que los principales problemas de estos compuestos son su rápido metabolismo y su baja biodisponibilidad (Rasouli *et al.*, 2017). La absorción y el metabolismo de los polifenoles se han estudiado profundamente y las vías bioquímicas relacionadas con la biodisponibilidad se conocen bien para las clases más comunes (Figura 2), sin embargo, el tema se vuelve complejo por el extenso metabolismo y las complejas reacciones catalizadas por la microbiota intestinal en el colon, los estudios clásicos de biodisponibilidad que utilizan compuestos radiomarcados indican que la mayoría de los polifenoles se absorben de manera satisfactoria (Williamson, 2017). Diferentes investigaciones han demostrado que varios polifenoles, como la quercetina, se absorben bien en el intestino delgado (Hertog *et al.*, 1995), estudios clínicos que utilizan perfusión intestinal directa de voluntarios, muestran que los enterocitos absorben y metabolizan ampliamente varios tipos de polifenoles (Actis-Goretta *et al.*, 2012). Sin embargo, la concentración que llega a la sangre depende en

## Los polifenoles en el café



**Figura 1.** Vías metabólicas altamente simplificadas involucradas en la absorción y metabolismo de los polifenoles. Fenólicos = ácidos hidroxicinámicos. Los ácidos clorogénicos y la hesperidina se absorben mal de forma intacta, por lo que la microbiota intestinal elimina eficazmente sus ácidos orgánicos y azúcares adheridos, respectivamente. La desglucosilación es catalizada por enzimas del borde en cepillo, especialmente lactasa, florizina hidrolasa, y es más eficaz cuando se une a glucosa. Los conjugados que circulan postprandialmente en la sangre pueden ser con grupos metilo, ácido glucurónico y/o sulfato.

gran medida del polifenol administrado y es probable que las concentraciones de los metabolitos de la microbiota intestinal en el plasma generalmente excedan las del compuesto original (Pimpão et al., 2015).

En general, las concentraciones máximas de polifenoles en la sangre posprandial suelen ser inferiores a  $1 \mu\text{M}$ , mientras que, para los catabolitos intestinales, las concentraciones pueden exceder esta cifra y típicamente son  $>10$  a  $100$  veces mayores que las del compuesto original (Kay et al., 2009). La mayoría de los metabolitos circulantes, tanto los compuestos originales como los metabolitos de la microbiota intestinal, con algunas excepciones, se encuentran en forma de glucuronidos y/o sulfatos y también pueden estar metilados como se observa en la Figura 1 (Fumeaux et al., 2010).

### Los polifenoles en el café

El café además de la presencia de cafeína, contiene numerosos compuestos bioactivos, incluidos aquellos que tienen propiedades antioxidantes, pertenecientes a la familia de los ácidos hidroxicinámicos (ácidos cafeico, clorogénico,

p-cumárico y ferúlico), (Liczbiński y Bukowska, 2022). Diversos estudios han evidenciado la presencia de ácidos fenólicos en el café verde (ácido clorogénico) o café tostado (otros ácidos fenólicos), mientras que solo unos pocos estudios se han centrado en el contenido de flavonoides en el producto final (Lee et al., 2016). Los compuestos activos presentes en el café participan en diversos procesos biológicos, ya que presentan un efecto quimio-protector, propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y actividad anticancerígena (Soares et al., 2019).

La composición del café es compleja, pero los ingredientes principales son cafeína, diterpeno, kahweol y ácido clorogénico y fenoles (Bonita et al., 2007). En los granos de café tostados, la melanoidina se produce mediante tostado no enzimático, que es responsable de la actividad antioxidante del café (Bekedam et al., 2008). El contenido de ácido clorogénico disminuye durante el tostado, mientras que el contenido de melanoidinas aumenta, por lo que se deduce que la disminución de la actividad antioxidante del café causada por la pérdida de ácido clorogénico (Opitz et al., 2014).

Se conoce que el café tiene un importante efecto bioactivo, que cada vez atrae más la atención, sobre todo porque se sabe que es una de las bebidas estimulantes más consumidas en el mundo, como se ha evidenciado científicamente el proceso de tostado hace que el café cambie su composición química (Liczbiński y Bukowska, 2022). La actividad antioxidante de los polifenoles del café también se asocia con el posible efecto anticancerígeno, algunos investigadores han comprobado que la actividad antiproliferativa de los extractos de café tienen efecto sobre el ciclo celular y la apoptosis en líneas celulares de cáncer metastásico de hueso (PC-3) y cerebro (DU-145) (de Souza et al., 2020; Bekedam et al., 2008).

Por otro lado, diferentes estudios han demostrado que la cafeína ejerce efectos farmacológicos sobre el sistema nervioso central, el corazón, el sistema renal, la vasculatura central y periférica, el sistema gastrointestinal y el sistema respiratorio, es importante recalcar que los fuertes efectos farmacológicos de la cafeína han llevado a la demanda de los consumidores de bebidas de café sin cafeína, debido a sus posibles efectos fisiológicos, por ello, es importante tanto para los profesionales de la salud como para los consumidores conocer el contenido exacto de cafeína en los alimentos (Hečimović et al., 2011).

Las enfermedades cardiovasculares se consideran la principal causa de muerte a nivel mundial, y representan 17,3 millones de muertes por año, y se prevé que aumenten a más de 23,6 millones en 2030 (Mozaffarian et al., 2015). Las principales causas de este tipo de enfermedades implican factores de riesgo no modificables, además de los factores de riesgo metabólicos, que se atacan junto con los factores de riesgo conductuales, como las dietas poco saludables (ricas en sal, grasas saturadas y calorías) sin embargo, todavía hay alimentos cuyo papel es controvertido, como el café (Miranda et al., 2017).

Guo mencionan que las propiedades beneficiosas del café parecen depender de su contenido de ácidos fenólicos, que demuestra funciones protectoras en el sistema cardiovascular (Guo et al., 2016), así como también sus propiedades antiinflamatorias (Kempf et al., 2010), a diferencia de estudios centrados en la cafeína, la evidencia existente sugiere que el café puede ejercer un efecto beneficioso sobre los resultados cardiovasculares, junto con la mortalidad por todas las causas y por cáncer (Grosso et al., 2016).

### **Los polifenoles y su relación con la calidad en taza**

La calidad de la taza de café está determinada principalmente por el tipo de variedad de granos elegidos, el régimen de tostado utilizado, y su composición bioquímica, la cual está influenciada por factores genéticos y ambientales, actualmente se reconoce que los métodos de procesamiento postcosecha influyen particularmente en la química del grano y la calidad final en taza (Hall et al., 2022). Hay indicios de que múltiples factores desempeñan un papel en la determinación de la química del café verde, incluidos los problemas de cultivo de plantas, maduración de frutos, prácticas de los agricultores y las condiciones de almacenamiento postgrado (Hall et al., 2022).

La definición de la calidad es una discusión interminable, pero está claro que, para determinar el valor de mercado, la calidad, como quiera que se defina, es siempre un factor determinante (Pizarro et al., 2007).

Un amplio estudio de la literatura reveló que los principales compuestos químicos que se encuentran en el café verde son alcaloides, compuestos fenólicos, carbohidratos, compuestos liposolubles, ácidos orgánicos y proteínas/aminoácidos, todos estos grupos son relevantes para la calidad de la taza (Hall et al., 2022). Algunos investigadores pudieron identificar la mayoría de los principales alcaloides encontrados en los tejidos de *C. arabica*, incluidas hojas, raíces y granos verdes, se detectaron cafeína, teobromina, teofilina, paraxantina y escopoletina, pero notablemente faltaron otras como la trigonelina (Baeza et al., 2016).

La cafeína y sus metabolitos relacionados funcionan como estimulantes del crecimiento (Eira et al., 2006). Los niveles relativamente altos de cafeína se consideran típicos tanto de los granos de *Arábica* como de *Robusta* y se le ha atribuido a funciones protectoras de plagas y patógenos (Baumann, 2006). En cuanto a una posible relación con la calidad en taza del café, la cafeína se ha descrito como un compuesto de sabor amargo que tiene efectos estimulantes sobre el sistema nervioso humano (Chu, 2012). Además, al ser termoestable, su concentración permanece relativamente constante durante el procesamiento y es uno de los componentes que contribuye al desarrollo del aroma en el café (Caporaso et al., 2018; Barbosa et al., 2019).

Los compuestos fenólicos se han relacionado directa e indirectamente con la calidad del sabor del café (Hall et al., 2022). Los ácidos clorogénicos son esenciales para el color del café tostado y la formación de aroma, así como para la astringencia que todavía se requiere en niveles bajos para una bebida de alta calidad (Kurniawan et al., 2017).

El estudio de Garrett et al. (2016) se encargó de identificar compuestos fenólicos en el límite del endospermo en granos verdes, los ácidos feruloilquímicos se observaron principalmente en la capa externa dura del tejido de almacenamiento de semillas, mientras que cafeoilquímicos y ácido quínico se ubicaron principalmente en la región interna blanda. Aunque ya se han identificado en el café más de ochocientos compuestos volátiles y no volátiles, el dilema de qué constituyentes son los que más contribuyen a la baja calidad del café en taza es controvertida y está lejos de tener una respuesta completa (Farah et al., 2006).

Algunos estudios han demostrado que el tostado del café es un punto crucial para calidad del mismo, así como también para el aumento o disminución de ciertos compuestos fenólicos como lo es el caso del ácido quínico e hidroxycinamatos que aumentan debido a la degradación de los ácidos clorogénicos, por otra parte, el café tostado tiende a contener más ácidos hidroxycinámicos que el café verde (Muñoz et al., 2020). Otras investigaciones han sugerido que la trigonelina y el ácido 3,4-dicafeoilquínico y, en menor medida, la cafeína, muestran relación con una buena calidad en taza, tanto para el café verde como para el tostado claro, por el contrario, los niveles altos de ácidos cafeoilquímicos (predominantemente 5-CQA), ácidos feruloilquímicos (en menor medida) y sus productos de oxidación se asocian con una mala calidad de la taza (Farah et al., 2006).

## CONCLUSIÓN

Luego de una revisión de literatura actualizada sobre el tema, se logró concluir que, diferentes investigaciones han demostrado que los polifenoles son uno de los compuestos más abundantes con una amplia gama de funciones biológicas beneficiosas, tanto para las plantas como para los seres humanos. El café es una fuente principal de compuestos fenólicos los cuales juegan un rol fundamental tanto en la salud de las personas que lo consumen, así como también, en la formación de atributos sensoriales, los cuales son los responsables de que esta bebida sea muy singular en comparación con las demás. Por otra parte, estudios han evidenciado que el proceso del tostado permite la formación de distintos tipos de polifenoles los cuales aparte de brindar beneficios a la salud humana permiten la formación del aroma y el sabor de dicha bebida, recalcando siempre que, no todos los compuestos fenólicos son deseables para que un café sea de buena calidad.

## Reconocimiento

Se agradece a la Dirección de Investigación y Postgrado de la Universidad Nacional de Agricultura, por su apoyo a este proyecto.

## Contribución de los autores

Todos los autores participaron en la investigación, prepararon el manuscrito y aprobaron su versión final.

## Conflictos de interés

Los autores declaramos que no existe conflicto de interés de ningún tipo.

## Financiamiento

Esta investigación fue financiada por la Universidad Nacional de Agricultura GRANT003-UNAG-DSIP-2025.

## Uso de IA

Usada para producir la Figura 1.

## REFERENCIAS

- Abbas, M., Saeed, F., Anjum, F. M., et al. (2017). Natural polyphenols: An overview. *International Journal of Food Properties*, 20 (8), 1689–1699. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1220393>
- Actis-Goretta, L., Lévêques, A., Giuffrida, F., et al. (2012). Elucidation of (–)-epicatechin metabolites after ingestion of chocolate by healthy humans. *Free Radical Biology and Medicine*, 53 (4), 787–795. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2012.05.023>
- Barbosa, M. de S. G., Scholz, M. B. dos S., Kitzberger, C. S. G., & Benassi, M. de T. (2019). Correlation between the composition of green Arabica coffee beans and the sensory quality of coffee brews. *Food Chemistry*, 292, 275–280. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.072>
- Baumann, T. W. (2006). Some thoughts on the physiology of caffeine in coffee: And a glimpse of metabolite profiling. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18, 243–251. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100017>
- Baeza, G., Sarriá, B., Bravo, L., & Mateos, R. (2016). Exhaustive qualitative LC-DAD-MSn analysis of Arabica green coffee beans: Cinnamoyl-glycosides and cinnamoylshikimic acids as new polyphenols in green coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64 (51), 9663–9674. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04022>
- Bekedam, E. K., Loots, M. J., Schols, H. A., Van Boekel, M. A. J. S., & Smit, G. (2008). Roasting effects on formation mechanisms of coffee brew melanoidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (16), 7138–7145. <https://doi.org/10.1021/jf800999a>
- Bonita, J. S., Mandarano, M., Shuta, D., & Vinson, J. (2007). Coffee and cardiovascular disease: *In vitro*, cellular, animal, and human studies. *Pharmacological Research*, 55 (3), 187–198. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2007.01.006>
- Caporaso, N., Whitworth, M. B., Grebby, S., & Fisk, I. D. (2018). Non-destructive analysis of sucrose, caffeine and trigonelline on single green coffee beans by hyperspectral imaging. *Food Research International*, 106, 193–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.031>
- Chu, Y. F. (2012). *Coffee: Emerging health effects and disease prevention*. John Wiley & Sons.
- D'Archivio, M., Filesi, C., Benedetto, R., Gargiulo, R., Giovannini, C., & Masella, R. (2007). Polyphenols, dietary sources and bioavailability. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanità*, 43, 348–361.
- De Maria, C. A. B., Trugo, L. C., Moreira, R. F. A., & Petracco, M. (1995). Simultaneous determination of total chlorogenic acid, trigonelline and caffeine in green coffee samples by high performance gel filtration chromatography. *Food Chemistry*, 52 (4), 447–449. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)93298-6](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)93298-6)
- Dragovic-Uzelac, V., Levaj, B., Mrkic, V., Bursac, D., & Boras, M. (2007). The content of polyphenols and carotenoids in three apricot cultivars depending on stage of maturity and geographical region. *Food Chemistry*, 102 (3), 966–975. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.001>
- de Souza, L. dos S., Horta, I. P. C., Rosa, L. de S., et al. (2020). Effect of the roasting levels of *Coffea arabica* L. extracts on their potential antioxidant capacity and antiproliferative activity in human prostate cancer cells. *RSC Advances*, 10 (50), 30115–30126. <https://doi.org/10.1039/D0RA01179G>
- Eira, M. T. S., Silva, E. A. A. da, De Castro, R. D., et al. (2006). Coffee seed physiology. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18, 149–163. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100011>
- Farah, A., Monteiro, M. C., Calado, V., Franca, A. S., & Trugo, L. C. (2006). Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry*, 98 (2), 373–380. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.032>
- Fumeaux, R., Menozzi-Smarrito, C., Stalmach, A., et al. (2010). First synthesis, characterization, and evidence for the presence of hydroxycinnamic acid sulfate and glucuronide conjugates in human biological fluids as a result of coffee consumption. *Organic & Biomolecular Chemistry*, 8 (22), 5199–5211. <https://doi.org/10.1039/C0OB00137F>
- Fuentes, J. A. M., López-Salas, L., Borrás-Linares, I., Navarro-Alarcón, M., Segura-Carretero, A., & Lozano-Sánchez, J. (2021). Development of an innovative pressurized liquid extraction procedure by response surface methodology to recover bioactive compounds from carao tree seeds. *Foods*, 10 (2), 398. <https://doi.org/10.3390/foods10020398>
- Garrett, R., Rezende, C. M., & Ifa, D. R. (2016). Revealing the spatial distribution of chlorogenic acids and sucrose across coffee bean endosperm by desorption electrospray ionization-mass spectrometry imaging. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 711–717. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.062>
- Georgé, S., Brat, P., Alter, P., & Amiot, M. J. (2005). Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived

- products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (5), 1370–1373. <https://doi.org/10.1021/jf048396b>
- Guo, X., Tresserra-Rimbau, A., Estruch, R., et al. (2016). Effects of polyphenol, measured by a biomarker of total polyphenols in urine, on cardiovascular risk factors after a long-term follow-up in the PREDIMED study. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016, 2572606. <https://doi.org/10.1155/2016/2572606>
- Grosso, G., Micek, A., Godos, J., et al. (2016). Coffee consumption and risk of all-cause, cardiovascular, and cancer mortality in smokers and non-smokers: A dose-response meta-analysis. *European Journal of Epidemiology*, 31 (12), 1191–1205. <https://doi.org/10.1007/s10654-016-0202-2>
- Hall, R. D., Trevisan, F., & de Vos, R. C. H. (2022). Coffee berry and green bean chemistry – opportunities for improving cup quality and crop circularity. *Food Research International*, 151, 110825. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110825>
- Hečimović, I., Belščak-Cvitanović, A., Horžić, D., & Komes, D. (2011). Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food Chemistry*, 129 (3), 991–1000. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.059>
- Hertog, M. G. L., Kromhout, D., Aravanis, C., et al. (1995). Flavonoid intake and long-term risk of coronary heart disease and cancer in the Seven Countries Study. *Archives of Internal Medicine*, 155 (4), 381–386. <https://doi.org/10.1001/archinte.1995.00430040053006>
- Kay, C. D., Kroon, P. A., & Cassidy, A. (2009). The bioactivity of dietary anthocyanins is likely to be mediated by their degradation products. *Molecular Nutrition & Food Research*, 53 (S1), S92–S101. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200800461>
- Kempf, K., Herder, C., Erlund, I., et al. (2010). Effects of coffee consumption on subclinical inflammation and other risk factors for type 2 diabetes: A clinical trial. *American Journal of Clinical Nutrition*, 91 (4), 950–957. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.28548>
- Klatsky, A. L., Morton, C., Udaltsova, N., & Friedman, G. D. (2006). Coffee, cirrhosis, and transaminase enzymes. *Archives of Internal Medicine*, 166 (11), 1190–1195. <https://doi.org/10.1001/archinte.166.11.1190>
- Kurniawan, M. F., Andarwulan, N., Wulandari, N., & Rafi, M. (2017). Metabolomic approach for understanding phenolic compounds and melanoidin roles on antioxidant activity of Indonesian robusta and Arabica coffee extracts. *Food Science and Biotechnology*, 26 (6), 1475–1480. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0228-6>
- Liczbiński, P., & Bukowska, B. (2022). Tea and coffee polyphenols and their biological properties based on the latest *in vitro* investigations. *Industrial Crops and Products*, 175, 114265. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114265>
- Lee, M., McGeer, E. G., & McGeer, P. L. (2016). Quercetin, not caffeine, is a major neuroprotective component in coffee. *Neurobiology of Aging*, 46, 113–123. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2016.06.015>
- McSweeney, M., & Seetharaman, K. (2015). State of polyphenols in the drying process of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55 (5), 660–669. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.670673>
- Miranda, A. M., Steluti, J., Fisberg, R. M., & Marchioni, D. M. (2017). Association between coffee consumption and its polyphenols with cardiovascular risk factors: A population-based study. *Nutrients*, 9 (3), 276. <https://doi.org/10.3390/nu9030276>
- Mozaffarian, D., Benjamin, E. J., Go, A. S., et al. (2015). Heart disease and stroke statistics--2015 update: A report from the American Heart Association. *Circulation*, 131 (4), e29–e322. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000152>
- Montero-Fernández, I., Marcía-Fuentes, J. A., Cascos, G., Saravia-Maldonado, S. A., Lozano, J., & Martín-Vertedor, D. (2022). Masking effect of *Cassia grandis* sensory defect with flavoured stuffed olives. *Foods*, 11 (15), 2305. <https://doi.org/10.3390/foods11152305>
- Montero, I. F., Saravia, S. A. M., Santos, R. A., dos Santos, R. C., Marcía, J. A. F., & da Costa, H. N. R. (2020). Nutrients in Amazonian fruit pulps with functional and pharmacological interest. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 14 (5), 118–127. <https://doi.org/10.5897/AJPP2020.5144>
- Muñoz, A. E., Hernández, S. S., Tolosa, A. R., Burillo, S. P., & Olalla Herrera, M. (2020). Evaluation of differences in the antioxidant capacity and phenolic compounds of green and roasted coffee and their relationship with sensory properties. *LWT*, 128, 109457. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109457>
- Nichenametla, S. N., Taruscio, T. G., Barney, D. L., & Exon, J. H. (2006). A review of the effects and mechanisms of polyphenolics in cancer. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46 (2), 161–183. <https://doi.org/10.1080/10408390591000541>
- Opitz, S. E. W., Smrke, S., Goodman, B. A., Keller, M., Schenker, S., & Yeretizian, C. (2014). Antioxidant generation during coffee roasting: A comparison and interpretation from three complementary assays. *Foods*, 3 (4), 586–604. <https://doi.org/10.3390/foods3040586>
- Pangeni, R., Sahni, J. K., Ali, J., Sharma, S., & Baboota, S. (2014). Resveratrol: Review on therapeutic potential and recent advances in drug delivery. *Expert Opinion on Drug Delivery*, 11 (8), 1285–1298. <https://doi.org/10.1517/17425247.2014.919253>
- Pereira, D. M., Valentão, P., Pereira, J. A., & Andrade, P. B. (2009). Phenolics: From chemistry to biology. *Molecules*, 14 (6), 2202–2211. <https://doi.org/10.3390/molecules14062202>
- Pimpão, R. C., Ventura, M. R., Ferreira, R. B., Williamson, G., & Santos, C. N. (2015). Phenolic sulfates as new and highly abundant metabolites in human plasma after ingestion of a mixed berry fruit purée. *British Journal of Nutrition*, 113 (3), 454–463. <https://doi.org/10.1017/S0007114514003511>
- Pizarro, C., Esteban-Díez, I., & González-Sáiz, J. M. (2007). Mixture resolution according to the percentage of robusta variety in order to detect adulteration in roasted coffee by near infrared spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 585 (2), 266–276. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2006.12.057>
- Rasouli, H., Farzaei, M. H., & Khodarahmi, R. (2017). Polyphenols and their benefits: A review. *International Journal of Food Properties*, 20 (Suppl. 2), 1700–1741. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1354017>
- Shao, Y., & Bao, J. (2015). Polyphenols in whole rice grain: Genetic diversity and health benefits. *Food Chemistry*, 180, 86–97. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.027>
- Soares, P. V., Kannen, V., Jordão Junior, A. A., & Garcia, S. B. (2019). Coffee, but neither decaffeinated coffee nor caffeine, elicits chemoprotection against a direct carcinogen in the colon of Wistar rats. *Nutrition and Cancer*, 71 (4), 615–623. <https://doi.org/10.1080/01635581.2018.1506489>
- Trugo, L. C., & Macrae, R. (1984). A study of the effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using HPLC. *Food Chemistry*, 15 (3), 219–227. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(84\)90006-2](https://doi.org/10.1016/0308-8146(84)90006-2)
- Williamson, G. (2017). The role of polyphenols in modern nutrition. *Nutrition Bulletin*, 42 (3), 226–235. <https://doi.org/10.1111/nbu.12278>
- Zhang, H., & Tsao, R. (2016). Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects. *Current Opinion in Food Science*, 8, 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.02.002>