

Estudio de estabilidad acelerado en café verde: una aproximación sensorial¹

Jhonathan David Pazmiño-Arteaga², Cecilia Gallardo Cabrera³, Andrés Felipe Ruiz Márquez⁴, Yina Marcela Hernández Arcia⁵, Yonadys Luna Pérez⁵

Resumen

Introducción: el café verde es un producto del mercado mundial cuyo precio es determinado por sus características sensoriales en taza; sin embargo, estos atributos cambian durante el almacenamiento, convirtiendo esta etapa de la cadena productiva en una etapa crucial para garantizar la calidad del producto. **Objetivo:** en este trabajo se buscó determinar el impacto de diversos factores de almacenamiento en la calidad sensorial y física del café verde colombiano, bajo condiciones de estabilidad acelerada y natural. **Materiales y métodos:** cerezas maduras de café de la misma cosecha fueron procesadas en paralelo por dos métodos postcosecha para obtener café lavado y semilavado, después se sometieron a diferentes tratamientos de almacenamiento. **Resultados:** el café verde almacenado en condiciones ambientales presentó notas propias de reposo, la densidad

y los parámetros del color cambiaron de diferente manera en los dos tipos de café. El comportamiento del café verde en almacenamiento acelerado varió en función de los métodos de beneficio; en el café lavado, el almacenamiento con humedad afectó *los atributos* sensoriales y alteró la densidad, el % HR y los parámetros de color L^* y b^* ; en el café semilavado, el oxígeno fue el factor de mayor impacto, afectando también la densidad y el color. **Conclusiones:** diferentes métodos de beneficio de café no solo dan lugar a diferencias en los perfiles de la calidad sensorial, sino que también condicionan el comportamiento del grano de café verde durante el almacenamiento.

Palabras clave: café, proceso postcosecha, control de alimentos, almacenamiento, evaluación sensorial.

¹ Artículo original derivado durante el desarrollo parcial del proyecto *Análisis de los procesos fisicoquímicos y metabólicos que sufren los lípidos del café verde durante su almacenamiento y su relación con el perfil sensorial del café tostado*, financiado por la convocatoria de becas de doctorado nacionales 727 Colciencias 2016.

² M. Sc. en Estadística, Químico Farmacéutico, Docente de cátedra de la Universidad de Antioquia – Colombia, Grupo de Investigación de Estabilidad de Medicamentos, Cosméticos y Alimentos, GEMCA. Email: jhonathan.pazmino@udea.edu.co

³ PhD en Ciencias Químicas, Química Farmacéutica, Docente titular, Universidad de Antioquia – Colombia, Grupo de Investigación de Estabilidad de Medicamentos, Cosméticos y Alimentos, GEMCA

⁴ M. Sc. en Innovación de Agronegocios. Ingeniero Agroindustrial, Docente titular del Servicio Nacional de Aprendizaje–SENA– Centro de los Recursos Naturales Renovables, La Salada–Colombia, Grupo de Investigación La Salada.

⁵ Estudiante del Programa de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia–Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias – Colombia. Autor para correspondencia: Jhonathan David Pazmiño-Arteaga jhonathan.pazmino@udea.edu.co Recibido: 11/10/2018 Aceptado: 12/07/2019

Accelerated stability test in green coffee: A sensory approach

Abstract

Introduction: Green coffee is a product of the world market whose price is determined by its sensory characteristics in the cup; however, these attributes change during storage, turning this stage of the production chain into a crucial stage to guarantee product quality. **Objective:** In the present work we sought to determine the impact of various storage factors on the sensory and physical quality of Colombian green coffee, under conditions of accelerated and natural stability. **Materials and methods:** Mature coffee cherries from the same harvest were processed in parallel by two post-harvest methods to obtain washed and semi-washed coffee, and then they were subjected to different storage treatments. **Results:** It was found that green coffee stored under environmental conditions had the characteristic notes of rest; in addition, density and color parameters changed differently in the two types of coffee. The behavior of green coffee in accelerated storage treatments varied according to the processing methods. For the case of washed coffee, storage with humidity negatively affected sensory attributes and also altered density, the RH % and color parameters L* and b*; for the semi-washed coffee, oxygen was the factor that promoted the greatest sensory changes, also affecting density and color. **Conclusions:** Different coffee post-harvest processes not only give rise to differences in the profiles of sensory quality but also condition the behavior of green coffee bean during storage.

Keywords: coffee, post-harvest processing, food control, food storage, sensory evaluation.

Estudo da estabilidade acelerada em café verde: uma abordagem sensorial

Resumo

Introdução: O café verde é um produto do mercado mundial cujo preço é determinado pelas suas características sensoriais na xícara; no entanto, estes atributos mudam durante o armazenamento, tornando esta etapa da cadeia produtiva em uma etapa crucial para garantir a qualidade do produto. **Objetivo:** em este trabalho se procura determinar o impacto de diversos fatores de armazenamento na qualidade sensorial e física do café verde colombiano, sob condições de estabilidade acelerada e natural. **Materiais e métodos:** cerejas maduras do café da mesma colheita foram processadas em paralelo pelos métodos pós-colheita para obter café lavado e semi-lavado, depois someteram-se a diferentes tratamentos de armazenamento. **Resultados:** o café verde armazenado em condições ambientais apresentou notas próprias de repouso, a densidade e os parâmetros da color mudaram de diferente maneira nos dois tipos de café. O comportamento do café verde em armazenamento acelerado variou em função dos métodos de benefício; no café lavado, o armazenamento com umidade afetou os atributos sensoriais e alterou a densidade, o %HR e os parâmetros da color L* e b*; no café semi-lavado, o oxigênio foi o fator de maior impacto, afetando também a densidade e a color. **Conclusões:** diferentes processos de pós-colheita do

café não só produziriam diferenças nos perfis de qualidade sensorial, mas também condicionam o comportamento do grão de café verde durante o armazenamento.

Palavras-chave: Café, processo pós-colheita, controle de alimentos, armazenamento, avaliação sensorial.

Introducción

El precio del café verde está determinado por las características sensoriales en la bebida de café tostado (Ribeiro *et al.*, 2011). La calidad sensorial es el resultado de la compleja interacción de diferentes factores agronómicos, ambientales, de transformación y de preparación que hacen parte de la extensa cadena productiva del café (Tolessa, Rademaker, De Baets Y Boeckx, 2016)immature beans.

El almacenamiento del grano verde es una etapa poco visible de dicha cadena, sin embargo, con el auge de los cafés especiales se ha observado que durante esta etapa el producto sufre alteraciones que se manifiestan con la aparición de descriptores sensoriales como madera húmeda, papel, viejo, amargo alto y desagradable, cuerpo sucio y pesado, un fenómeno de pérdida de la calidad que se ha dado a conocer como “reposo” (Scheidig *et al.*, 2007; Speer y *Kölling-Speer, 2006*). Hasta el momento, no hay una comprensión clara y comprobada de los mecanismos que llevan al reposo, se han planteado diversas hipótesis, como cambios en los compuestos volátiles, oxidación de compuestos lipídicos, degradación de compuestos fenólicos, pérdida de control biológico por parte de las células del grano de café, destrucción de las membranas celulares y aumento en la permeabilidad a gases ambientales, entre otros (Patui *et al.*, 2014; Rendón, De Jesús García Salva, y Bragagnolo, 2014; Selmar,

Bytof, y Knopp, 2008)lipase activity was characterized in coffee (*Coffea arabica* L.. Un avance hacia la comprensión de los factores desencadenantes del reposo permitiría a los productores mantener la calidad lograda en la cosecha y poscosecha durante el almacenamiento del grano de café verde. En nuestro conocimiento no hay estudios reportados donde se evalúe el efecto acelerado de las variables de almacenamiento, por eso el objetivo de este estudio fue determinar el impacto de diversos factores de almacenamiento en la calidad sensorial y física del café verde colombiano, siguiendo protocolos de estabilidad usados en la investigación de los alimentos.

Materiales y métodos

El café usado fue de la variedad Castillo (*Coffea arabica*), procedente de la finca “La Lupita” ubicada en el municipio de Barbosa, Antioquia, Colombia. La recolección se realizó entre los meses de noviembre y diciembre del año 2016, se seleccionaron manualmente solo las cerezas maduras y luego se dividió la cosecha en dos partes, una parte fue beneficiada mediante el método en húmedo para obtener café lavado; la otra parte se benefició por el método semihúmedo obteniendo así café semilavado o también denominado café honey. Ambos tipos de café fueron trillados para retirar el pergamino y obtener un kilogramo de café excelso, café verde o almendra.

Condiciones de almacenamiento: porciones independientes del café excelso fueron expuestas a diferentes tratamientos de estabilidad acelerada durante 10 semanas, según las condiciones de almacenamiento que se especifican en la Tabla 1. Adicionalmente, para realizar el estudio de estabilidad natural, las muestras de café con pergamino (sin trillar) se almacenaron durante 10 meses protegidas de la luz y bajo condiciones ambientales (25 °C y 65 % HR)

Tabla 1. Condiciones de almacenamiento acelerado

Tratamiento	Condiciones
Temperatura	40 °C ± 5 °C
Humedad	75 % ± 5 %
Luz	250
Oxígeno	Ambiente saturado

Fuente: elaborado por los autores.

Análisis de las muestras: para la evaluación de las muestras se realizó la caracterización física y sensorial del material fresco (sin almacenamiento) y del café sometido a los tratamientos de almacenamiento natural y acelerado. Se determinó la granulometría del café usando tamices en serie (Magra), el color se midió utilizando un colorímetro ColorFlex EZ (HunterLab®), la humedad fue determinada en balanza analítica con lámpara infrarroja (Axis®) y la densidad aparente se calculó según la relación masa/volumen.

La evaluación sensorial se realizó siguiendo el protocolo de tostado y catación de la Specialty Coffee Association of America (SCAA), para ello aproximadamente 100 g de café verde fueron procesados en un horno tostador de tambor rotatorio escala laboratorio (Quantik®), las muestras se

llevaron hasta un nivel de tueste medio según la escala colorimétrica Agron®, las curvas de tueste usadas para cada método de beneficio se observan en la figura 1. Para la catación de la bebida se prepararon 5 réplicas (5 tazas) por muestra, así: 12 g de café en molienda media fueron dispuestos en una taza de porcelana, se adicionaron 100 mL de agua caliente (90 °C) **y después de 4 minutos de extracción se procedió** a la evaluación de las muestras. Para la prueba se contó con 3 catadores certificados quienes describieron y calificaron de forma independiente características como aroma, fragancia, acidez, amargo, cuerpo, entre otras.

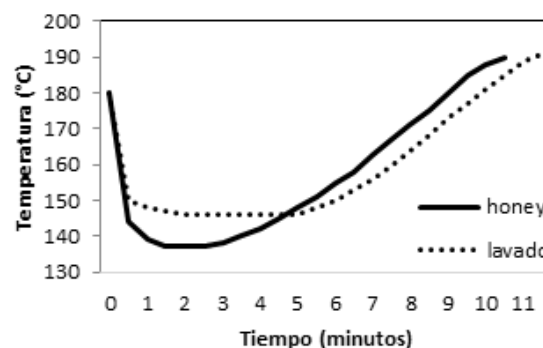


Figura 1. Curva de tueste para análisis sensorial

Fuente: elaborado por los autores.

Resultados

El aspecto visual de los dos tipos de cafés, lavado y semilavado se muestra en la Figura 2. El análisis de granulometría del café en estudio mostró que el 65 % del total de los granos excelsos fueron retenidos en las mallas número 17 y 18 para ambas muestras, clasificando así el café como supremo.



Figura 2. Muestras del café bajo estudio. **A.** café semilavado en pergamino, **B.** café lavado en pergamino, **C.** café verde o café excelso semilavado, **D.** café verde o café excelso lavado.

Fuente: elaborado por los autores

En la Tabla 2 se resume los resultados del porcentaje de humedad, los valores de densidad y de color (escala CIE L* a* b*) de las muestras de café fresco y del café almacenado en las distintas condiciones. La perfilación sensorial de todas las muestras se representa en la Figura 3. Se evidenciaron algunas diferencias entre las calificaciones asignadas para el café lavado y semilavado; adicionalmente, se obtuvieron los atributos

sensoriales de las muestras frescas: el café lavado presentó notas a panela, sabor cítrico, cuerpo ligero y residual limpio; mientras que el café semilavado a sabor vinoso, fruta madura y chocolate. Se determinaron también los atributos sensoriales del café almacenado, donde se encontraron notas a madera, papel, paja y óxido en todas las condiciones de almacenamiento.

Tabla 2. Caracterización física del café verde fresco y del café sometido a diferentes condiciones de almacenamiento

Beneficio	Tratamiento	Humedad (%)	Densidad aparente (g/mL)	Color		
				L*	a*	b*
Lavado	Fresco	10 ± 1	0,73 ± 0,01	42,22 ± 2,6	0,88 ± 0,5	14,33 ± 1,4
	Ambiente	11 ± 1	0,75 ± 0,01**	43,76 ± 2,6	1,16 ± 0,6	16,21 ± 1,5
	Temperatura	4 ± 2**	0,73 ± 0,01	45,61 ± 2,8**	0,71 ± 0,7	17,77 ± 1,6**
	Humedad	14 ± 1**	0,63 ± 0,03**	50,73 ± 2,9**	1,07 ± 0,7	18,63 ± 1,6**
	Luz	10 ± 1	0,72 ± 0,01	43,75 ± 2,2	0,75 ± 0,7	15,29 ± 1,7
	Oxígeno	12 ± 1**	0,70 ± 0,02**	44,61 ± 2,4	0,76 ± 0,6	15,65 ± 1,6

Beneficio	Tratamiento	Humedad (%)	Densidad aparente (g/mL)	Color		
				L*	a*	b*
Semilavado	Fresco	11 ± 1	0,74 ± 0,01	39,25 ± 2,6	2,21 ± 0,4	15,88 ± 1,3
	Ambiente	12 ± 1	0,70 ± 0,01**	45,64 ± 0,8**	1,55 ± 0,2**	18,85 ± 1,6**
	Temperatura	6 ± 2**	0,74 ± 0,01	44,80 ± 2,6**	1,89 ± 0,5	19,28 ± 1,4**
	Humedad	12 ± 1	0,60 ± 0,02**	45,98 ± 2,6**	2,75 ± 0,5	19,72 ± 1,4**
	Luz	10 ± 1	0,72 ± 0,01**	45,96 ± 2,7**	2,14 ± 0,9	18,38 ± 1,5**
	Oxígeno	12 ± 1	0,71 ± 0,02**	45,60 ± 2,6**	1,92 ± 0,3	18,07 ± 1,1**

Valores presentados como la media ± la desviación estándar. Tamaño de muestra 5.
 **Diferencia significativa en referencia a la muestra fresca de cada método de beneficio, p-valor < 0,05

Fuente: elaborado por los autores.

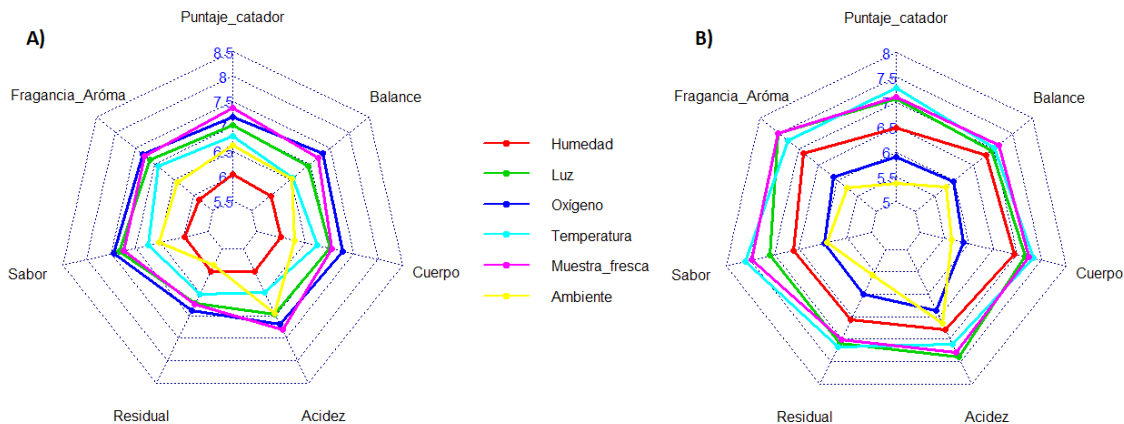


Figura 3. Análisis sensorial de las muestras sometidas a estabilidad en comparación con muestra fresca. A) café lavado, B) café semilavado

Fuente: elaborado por los autores.

Discusión

El porcentaje de humedad del café fresco de ambos beneficios se encontró entre el 10 % y el 12 %, indicando que el producto cumple con el criterio de seguridad y almacenamiento (Ribeiro et al., 2011).

En cuanto a los cambios físicos promovidos por los tratamientos de almacenamiento, se evidenció que, sin distinción del tipo de beneficio, el almacenamiento acelerado con temperatura produjo una disminución drástica del porcentaje de humedad; mientras que el almacenamiento acelerado

con humedad afectó solo a las muestras de café lavado. Es razonable el efecto de la temperatura en cuanto a la pérdida de agua, sin embargo, el hecho de que las muestras de café semilavado no se alteren en ambientes húmedos no era esperado y sugiere que este método de beneficio podría alterar la parte externa del grano y hacer que sea menos permeable a la humedad.

La disminución de la densidad aparente de las muestras de ambos métodos de beneficio se destacó como resultado del almacenamiento acelerado con humedad, considerando también el aumento del porcentaje de humedad del café lavado, y por tanto el aumento de su masa, se deduce que el volumen de los granos aumentó en una proporción significativa, algo propio del proceso de hinchamiento de las semillas. En el caso del café semilavado, la densidad aparente disminuyó en las muestras almacenadas en condiciones ambientales, de luz y de oxígeno, sin embargo, no se registraron cambios significativos en el porcentaje de humedad de dichos granos, por lo cual un proceso de hinchamiento no puede ser contemplado. Para el café lavado almacenado en ambiente, se observó un aumento significativo de la densidad sin cambios en el contenido de humedad, lo que sugiere un proceso de contracción y por tanto disminución del volumen.

En cuanto a la caracterización del color, el parámetro a^* indicador del balance entre el rojo y el verde fue 2,5 veces *más alto* en el grano fresco del café semilavado que del lavado, tal como se esperaba, debido que el método de beneficio conserva el mucilago adherido sobre el pergamino (endocarpio) del grano durante el secado y este adquiere tonalidades entre naranja y marrón en

función del tiempo que se aplica este proceso (Waters, Arendt y Moroni, 2015); los otros parámetros de color L^* y b^* no mostraron diferencias entre dichas muestras. Los cambios en los parámetros del color durante el almacenamiento indicaron en general un aumento de la luminosidad L^* de las muestras, excepto para las del café lavado almacenadas bajo condiciones ambientales, de luz y de oxígeno; para el caso del parámetro de color a^* , este fue el que menos cambios registró debido a los tratamientos de almacenamiento, presentando solo una disminución significativa para la muestra del café semilavado almacenada en condiciones ambientales, la cual disminuyó su tono rojorange. La coordenada b^* aumentó para todos los tratamientos del café semilavado y para los tratamientos con temperatura y humedad en el café lavado, tornándose los granos un poco más amarillos durante el almacenamiento. Ribeiro y colaboradores (2011) observaron un comportamiento diferente en el color del café verde de Brasil (no reporta método de beneficio) durante el almacenamiento ya que la luminosidad y la coordenada b^* no cambiaron con el tratamiento, sin embargo, el parámetro a^* presentó una disminución luego de los 12 meses. En otro estudio realizado por Broissin-Vargas *et al.* (2017), se encontró que el café verde lavado (*Coffea arabica*) de México almacenado durante un año en condiciones ambientales, cambia su coloración (cromaticidad) estableciendo este fenómeno como un indicador de la ocurrencia de diferentes procesos que alteran la calidad del producto; los autores hacen alusión a diferentes aspectos asociados como los cambios enzimáticos, químicos, celulares y microbiológicos. Estudios realizados por Abreu y colaboradores en 2015 demostraron la relación que existe entre

los métodos de beneficio y las condiciones de almacenamiento al evaluar en cambio en los parámetros del color, esto nos permite inferir que el procesamiento poscosecha, además de influir en el perfil sensorial de la taza, modifica también el comportamiento de los granos de café frente a los factores del almacenamiento y, por tanto, se deben considerar para establecer las mejores condiciones de estos y mantener la calidad durante el mayor tiempo posible.

El análisis sensorial de las muestras sometidas a tratamientos de almacenamiento acelerado mostró un comportamiento diferente entre los dos *métodos* de beneficio: i) se observó que el almacenamiento en humedad disminuyó la calidad sensorial de los dos tipos de café, siendo el café lavado mucho más sensible y generando así la muestra con la peor calificación sensorial global, tal efecto negativo también fue observado y referenciado anteriormente (Ribeiro et al., 2011). ii) la exposición a una atmósfera saturada de oxígeno no generó pérdida de la calidad sensorial del café lavado, mientras que en el café semilavado constituyó el factor de aceleración más significativo que promovió el detrimento de la calidad sensorial.

Respecto a las muestras de café almacenadas en condiciones naturales (ambiente) durante 10 meses, se encontró *una* baja calificación cuantitativa en el análisis sensorial y las muestras exhibieron los descriptores sensoriales propios del deterioro por envejecimiento antes mencionados. Borém y colaboradores (2013) flavor and aroma of green coffee beans stored after 12 months. The coffees were evaluated by a sensory panel composed of 13 tasters who were judges certified by the Specialty Coffee Association of America and

who operate commercially in various coffee-producing regions of Brazil. The evaluation consisted of a 2×2 factorial design with three replicates, two storage conditions (hermetic big-bags with and without CO₂ injection, i.e., a modified atmosphere and a controlled atmosphere, respectively) describieron el fenómeno de pérdida de la calidad durante el almacenamiento con la aparición de lo que denominaron descriptores de “cosecha pasada” (past crop) *íntimamente ligados* a las características sensoriales de un café viejo, fenómeno que además fue dependiente del tipo de empaque utilizado durante el almacenamiento. Complementando lo expuesto por otros autores, en este trabajo se encontró que la *pérdida* de la calidad sensorial fue más drástica en el café semilavado, sugiriendo que este tipo de café es más lábil al deterioro durante el almacenamiento natural y sugiriendo por tanto que el comportamiento durante esta etapa es dependiente además del tipo de proceso poscosecha al cual se somete el café; aún no existe suficiente información que explique los cambios en los compuestos del café verde (De Melo Pereira et al., 2019), por ello se requiere realizar estudios aplicando técnicas instrumentales robustas y enfoques más amplios que den cuenta de las transformaciones químicas que suceden durante el almacenamiento de los granos de café.

Los atributos sensoriales encontrados en las muestras sometidas a almacenamiento acelerado durante 10 semanas correspondieron a aquellos encontrados en las muestras almacenadas en condiciones naturales durante 10 meses, lo que sugiere que el deterioro de las muestras sigue rutas similares de degradación y que los procesos de envejecimiento natural pueden ser simulados por condiciones aceleradas.

Conclusiones

Todos los factores de aceleración generaron una disminución de la calidad sensorial en las muestras analizadas, sin embargo, la humedad y el oxígeno afectaron en mayor medida al café lavado y semilavado respectivamente; también se observaron alteraciones en el porcentaje de humedad, densidad, luminosidad y el parámetro b* de los granos de ambos beneficios. Las observaciones permiten concluir que diferentes métodos de beneficio de café no solo dan lugar a diferencias en los perfiles de la calidad sensorial, sino que también afectan el comportamiento del grano de café verde durante el almacenamiento.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Agradecimientos

A Colciencias y su programa de becas para doctorados nacionales 2016.

Referencias

- Abreu, G. F. De, Pereira, C. C., Malta, M. R., Clemnete, A. da C. S., Coelho, L. F. S., y da Rosa, S. D. V. F. (2015). Changes in the coffee grain color related to the post-harvest operations. *Coffee Science*, 10(4), 429–436.
- Borém, F. M., Ribeiro, F. C., Figueiredo, L. P., Giomo, G. S., Fortunato, V. A. e Isquierdo, E. P. (2013). Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging. *Journal of Stored Products Research*, 52, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.08.004>
- Broissin-Vargas, L. M., Snell-Castro, R., Godon, J. J., González-Ríos, O. y Suárez-Quiroz, M. L. (2017). Impact of storage conditions on fungal community composition of green coffee beans *Coffea arabica* L. stored in jute sacks during one year. *Journal of Applied Microbiology*, 547–558. <https://doi.org/10.1111/jam.13656>
- De Melo Pereira, G. V., de Carvalho Neto, D. P., Magalhães Júnior, A. I., Vásquez, Z. S., Medeiros, A. B. P., Vandenberghe, L. P. S. y Soccol, C. R. (2019). Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans – A review. *Food Chemistry*, 272(December 2017), 441–452. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.061>
- Patui, S., Clincon, L., Peresson, C., Zancani, M., Conte, L., Del Terra, L., ... Braidot, E. (2014). Lipase activity and antioxidant capacity in coffee (*Coffea arabica* L.) seeds during germination. *Plant Science : An International Journal of Experimental Plant Biology*, 219–220, 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2013.12.014>
- Rendón, M. Y., De Jesús García Salva, T. y Bragagnolo, N. (2014). Impact of chemical changes on the sensory characteristics of coffee beans during storage. *Food Chemistry*, 147, 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.123>
- Ribeiro, F. C., Borém, F. M., Giomo, G. S., De Lima, R. R., Malta, M. R. y Figueiredo,

- L. P. (2011). Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO₂. *Journal of Stored Products Research*, 47(4), 341–348. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.05.007>
- Scheidig, C., Czerny, M. y Schieberle, P. (2007). Changes in key odorants of raw coffee beans during storage under defined conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(14), 5768–5775. <https://doi.org/10.1021/jf070488o>
- Selmar, D., Bytof, G. y Knopp, S. E. (2008). The storage of green coffee (*Coffea arabica*): Decrease of viability and changes of potential aroma precursors. *Annals of Botany*, 101(1), 31–38. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm277>
- Speer, K. y Kölling-Speer, I. (2006). The lipid fraction of the coffee bean. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 201–216. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100014>
- Tolessa, K., Rademaker, M., De Baets, B. y Boeckx, P. (2016). Prediction of specialty coffee cup quality based on near infrared spectra of green coffee beans. *Talanta*, 150, 367–374. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.12.039>
- Waters, D. M., Arendt, E. K. y Moroni, A. V. (2015). Overview on the mechanisms of coffee germination and fermentation and their significance for coffee and coffee beverage quality. *Trends in Food Science y Technology*, 57(2), 259–274. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.902804>