



Evaluación del efecto antioxidante del extracto polifenólico de la almendra del mango (*Mangifera indica* L.) var. *Magdalena river*

Evaluation of the antioxidant effect of polyphenolic extract of mango almond (*Mangifera indica* L.) var. *Magdalena river*

Ana Milena Salazar-Beleño¹

Héctor Julio Paz-Díaz²

Leidy Andrea Carreño-Castaño³

Mónica María Pacheco Valderrama⁴

Cristian Jahir Murillo-Méndez⁵



DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n2.2021.11839>

RESUMEN: Los extractos polifenólicos surgen como fuente alternativa para producir antioxidantes naturales, estos pueden estar presentes en residuos frutales como los procedentes del mango (*Mangifera indica* L.), dándole un valor agregado a estos residuos y reduciendo el impacto ambiental que estos pueden generar. Este trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la inhibición de la polifenol-oxidasa (PPO) en una matriz alimentaria usando como inhibidor extracto polifenólico obtenido de la almendra del mango (*Mangifera indica* var. *Magdalena river*) observando el cambio de la tonalidad de color en el tiempo. Para la extracción de polifenoles, se utilizó etanol al 57% (v/v) en una relación soluto:solvente 1:5 a 67 °C, durante 60 minutos aplicando ondas ultrasónicas para una mayor extracción de polifenoles. Se determinó el contenido de polifenoles totales a los extractos polifenólicos por el método Folin-Ciocalteu. Se realizó la evaluación de la inhibición de la PPO sobre manzana como matriz alimentaria (*Malus domestica* var. *Royal gala*), bajo condiciones de almacenamiento natural a 5 y 25 °C. La tonalidad del color se registró con evidencias fotográficas con intervalos de tiempo de 30 minutos durante 2 horas. El tratamiento con extracto polifenólico obtuvo resultados de inhibición satisfactorios frente a los rangos de las muestras sin tratamiento. También, la inhibición de la PPO fue más efectiva utilizando extracto polifenólico en comparación con ácido ascórbico a la misma concentración.

PALABRAS CLAVE: Extracción etanólica, Folin-Ciocalteu, Pardeamiento, Compuestos fenólicos, Actividad antioxidante

ABSTRACT: Polyphenolic extracts emerge as an alternative source to produce natural antioxidants. These can be present in fruit residues such as those from mango (*Mangifera indica* L.), giving added value to these residues and reducing the environmental impact that they can generate. The objective of this research work was to evaluate the inhibition of polyphenol oxidase (PPO) in a food matrix using polyphenolic extract obtained from the mango almond (*Mangifera indica* var. *Magdalena river*) as an inhibitor; observing the change of the color tone in time. For the extraction of polyphenols, ethanol at 57% (v/v) was used in a solute:solvent ratio 1:5 at 67 °C, for 60 minutes applying ultrasound waves for a greater extraction of polyphenols. The total polyphenol content of the polyphenolic extracts was determined by the Folin-Ciocalteu method. The evaluation of the inhibition of PPO on apple as a food matrix (*Malus domestica* var. *Royal gala*) was carried out, under natural storage conditions at 5 and 25 °C. Color tonality was recorded with photographic evidence at 30 minutes time intervals for 2 hours. Treatment with polyphenolic extract obtained satisfactory inhibition results compared to the ranges of the samples without treatment. Also, PPO inhibition was more effective using polyphenolic extract compared to ascorbic acid at the same concentration.

KEYWORDS: Extracts ethanolic, Folin-Ciocalteu, Enzymatic browning, Phenolic compounds, Activity Antioxidant

FECHA DE RECEPCIÓN: 10 de junio de 2020 **FECHA DE APROBACIÓN:** 05 de mayo de 2021

CÓMO CITAR ÉSTE ARTÍCULO: Salazar-Beleño, A., Paz-Díaz, H., Carreño-Castaño, L., Pacheco-Valderrama, M., & Murillo-Méndez, C. (2021). Evaluación del efecto antioxidante del extracto polifenólico de la almendra del mango (*Mangifera indica* L.) var. *Magdalena river*. *Cien. Agri.* 18(2): 11-22. <https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n2.2021.11839>

1 Esp. Instituto Universitario de La Paz Barrancabermeja, Colombia. ana.salazar@unipaz.edu.co <https://orcid.org/0000-0001-7592-2550>

2 Esp. Instituto Universitario de La Paz Barrancabermeja, Colombia. hector.paz@unipaz.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-3278-76677>

3 Esp. Instituto Universitario de La Paz Barrancabermeja, Colombia. leydi.carreno@unipaz.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-4374-5235>

4 M.Sc. Instituto Universitario de La Paz Barrancabermeja, Colombia. monica.pacheco@unipaz.edu.co <https://orcid.org/0000-0003-2054-4589>

5 M.Sc. Instituto Universitario de La Paz Barrancabermeja, Colombia. cristian.murillo@unipaz.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-5139-0163>

I. Introducción

El mango (*Mangifera indica* L.) es una especie frutícola tropical originaria de la india, considerada como uno de los principales productos agrícolas de la región del Magdalena Medio y Santander (Porrás *et al.*, 2011) Debido a su capacidad de adaptación, se ha generado el llamado mango criollo o naturalizado colombiano, gracias a la polinización cruzada que ha dado origen a más de 200 ecotipos (Porrás *et al.*, 2011; Rincon-Ramírez *et al.*, 2014). Este fruto es considerado uno de los más populares en Colombia y actualmente, es usado en la industria alimentaria principalmente en la elaboración de jugos, néctares, pulpas, conservas, etc (Rincon-Ramírez *et al.*, 2014; Septiembre-Malaterre *et al.*, 2016).

Sin embargo, actualmente no se cuenta con industrias que aprovechen este recurso frutícola en el territorio del Magdalena medio y a nivel nacional, aun sabiendo que los desechos generados del mango durante su comercialización o su procesamiento son una fuente muy importante de compuestos bioactivos de alto valor agregado, en particular fibra dietaria, micronutrientes, polifenoles, carotenoides, entre muchos otros (Flórez & Rojas, 2019; Morales *et al.*, 2020).

En busca de darle valor agregado a los residuos sólidos del mango, además de mitigar el impacto ambiental (contaminación del agua y emisión de gases de efecto invernadero), la producción de polifenoles a partir de dichos residuos, surgen como una alternativa de producción de antioxidantes naturales (Abdalla *et al.*, 2007; Pitchaon, 2011; Abdel-Aty *et al.*, 2018; Belizón *et al.*, 2018)

Los compuestos fenólicos son el grupo más extenso de sustancias no energéticas presentes en los alimentos de origen vegetal (Cheema & Sommerhalter, 2015; Villamizar-Jaimes & Giraldo, 2017; Pico *et al.*, 2019). En los últimos años, se ha demostrado que una dieta rica en polifenoles vegetales puede mejorar la salud y disminuir la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Septiembre-Malaterre *et al.*, 2016; Arbizu-Berrocal *et al.*, 2019). La capacidad de los polifenoles para modular la actividad de diferentes enzimas y para interferir consecuentemente en mecanismos de señalización y en distintos procesos celulares, puede deberse, al menos en parte, a las características fisicoquímicas de estos compuestos, que les permiten participar en distintas reacciones metabólicas celulares (Nyangena *et al.*, 2019)

El pardeamiento enzimático está relacionado con la oxidación de compuestos fenólicos en presencia de oxígeno (Navarro *et al.*, 2019) Estos compuestos se encuentran localizados principalmente en las vacuolas y son catalizados por la enzima polifenol oxidasa PPO, localizada en el citoplasma (Pérez-Jiménez *et al.*, 2010; Toro-Uribe *et al.*, 2018). Diferentes situaciones pueden causar pardeamiento: daños fisiológicos durante la maduración, algunos desordenes en el almacenamiento y procesos tecnológicos involucrados con heridas

o rompimientos de la superficie (Alean *et al.*, 2016) La tendencia al pardeamiento en algunas frutas, resulta de la acción de varios factores, los cuales están naturalmente involucrados con la actividad de la enzima, la naturaleza y el contenido de sustrato oxidable (Garzón, 2012; Navarro *et al.*, 2019) Todos estos factores varían con el tiempo de maduración de las frutas y vegetales, su estado fisiológico, la variedad y los tratamientos a las que son sometidos (Cheema & Sommerhalter, 2015)

En los últimos años, se ha identificado un gran número de los compuestos fenólicos con amplio espectro de actividades funcionales, principalmente por su potencial benéfico para la salud debido a su actividad antioxidante, por la presencia de algunos de sus productos de degradación que son multifuncionales y pueden actuar como agentes reductores, reaccionantes con radicales libres, quelantes y acciones antimicrobianas que los convierte en una nueva alternativa antioxidante (Alonso-Salces *et al.*, 2001; Dorta *et al.*, 2014; Cheema & Sommerhalter, 2015; Fernández-Ponce *et al.*, 2018).

El objetivo de este trabajo consistió en determinar el pardeamiento por la acción de la polifenol-oxidasa (PPO) en una matriz alimentaria usando como inhibidor extracto polifenólico de la almendra del mango (*Mangifera indica* L.) var. *Magdalena river* observando el cambio de color en el tiempo.

II. Materiales y Métodos

Materiales y reactivos

Para la obtención de los extractos polifenólicos, se recolectaron 20 semillas de mango (*Mangifera indica* L.) var. *Magdalena river*, proveniente de distintos centros de acopio y diferentes lugares del municipio de Barrancabermeja (Colombia). Se utilizó Na_2CO_3 , NaClO , reactivo de Folin-Ciocalteu, ácido gálico y ácido ascórbico, todos grado analítico o superior. Se utilizó etanol, n-hexano y acetona grado reactivo como solventes utilizados en el desengrasado y la extracción de polifenoles. Se utilizó ácido gálico como estándar para la cuantificación de polifenoles. Además, se utilizó fruto de manzana (*Malus domestica*) var. *Royal gala* como matriz alimentaria para evaluar el efecto de pardeamiento y oxidación de la fruta. Toda el agua utilizada en los procesos de extracción y cuantificación fue ultrapura con una resistividad de 18 M Ω .

Pretratamiento

Para obtener la harina de la almendra del mango, las semillas recolectadas se lavaron con agua y se secaron al aire libre durante 2 días. Luego, se extrajo la almendra cortando el endocarpio fibroso y retirándolo manualmente. A continuación, la almendra se trituroó en una trituradora casera y fue sometido

a secado en horno con recirculación de aire a 50 °C hasta peso constante (Pitchaon, 2011) El material seco se pulverizó en un molino hasta alcanzar un tamaño de partícula de 0,1 µm. Finalmente, la harina resultante se empacó al vacío y se almacenó a 4 °C en oscuridad hasta su utilización (Pico *et al.*, 2019; Villamizar-Jaimes & López-Giraldo, 2017).

Para el desengrasado, la harina de almendra de mango se mezcló con n-hexano en proporción de 20:80 (harina:hexano). Seguidamente, la mezcla se agitó durante 15 min a una temperatura de 30 °C, se centrifugó a 3500 rpm y se filtró para separar el material lipídico de la harina de almendra. El residuo se secó en una cámara de extracción durante 12 h a temperatura ambiente, aislándolo de la luz para evitar degradación de los polifenoles. Por último, se almacenó a 4 °C hasta su posterior extracción.

Obtención de extractos polifenólicos

Para la obtención de los polifenoles, se empleó el método de extracción asistida por ultrasonido (EAU), este ayuda a minimizar el tiempo de extracción de polifenoles y mejora el rendimiento, se pesó 1 g de la harina seca de almendra de mango previamente desengrasada en tubos eppendorf, se adicionaron 5 mL de etanol al 57% y se agitó en un agitador orbital. Posteriormente, las soluciones resultantes de sometieron a un baño ultrasonido (frecuencia de 2450 MHz) durante 60 minutos a 60 °C. Después, la solución se filtró por filtros de jeringa PVDF de 0,45 µm y se concentró en un horno por convección a 50 °C. Finalmente, el extracto concentrado se almacenó en frascos ámbar y a oscuridad a 4 °C hasta su caracterización.

Cuantificación de polifenoles

Los polifenoles presentes en los extractos obtenidos se cuantificaron siguiendo el procedimiento descrito por varios autores (Abdel-Aty *et al.*, 2018; Arbizu-Berrocal *et al.*, 2019; Pico Hernández *et al.*, 2019; Toro-Uribe *et al.*, 2018; Villamizar-Jaimes & López-Giraldo, 2017) En resumen, se adicionó 400 µL de extracto, 2,4 mL de agua y 400 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu a un tubo de ensayo y se agitó en vortex durante 3 min. Seguidamente, se adicionó 800 µL de Na₂CO₃ 20%, se agitó durante 30 segundos y se dejó en reposo y oscuridad durante 1 hora para el desarrollo del color. Por último, se realizó una lectura directa de la absorbancia a 760 nm de las soluciones resultantes en un espectrofotómetro, utilizando un blanco de reactivos. Se construyó una curva de calibración usando ácido gálico como estándar. El contenido de polifenoles totales se determinó relacionando con la curva de calibración obtenida y se expresó como g equivalentes de ácido gálico por 100 g de harina seca de almendra de mango (g GAE/ 100 g de muestra seca).

Efecto antioxidante en el pardeamiento

Se utilizó fruto de manzana (*Malus domestica* var. *Royal gala*) como matriz alimentaria, donde fue adquirida en los centros de acopio de Barrancabermeja, Colombia con un peso promedio por fruto fue de 180 gramos. Las frutas fueron lavadas por inmersión durante dos minutos en una solución de NaClO (200 mg/L) y, luego, fueron peladas, descorazonadas y cortadas en rodajas. Seguidamente, se obtuvo cortes de manzana de forma rectangular con dimensiones de 3x2 cm y 5 mm de ancho. El peso promedio de las muestras de manzana fue de 2 g aproximadamente.

Para el estudio de inhibición de pardeamiento por oxidación en las muestras de manzana, se tomó un registro fotográfico inicial y se sumergieron en 20 mL de la solución antioxidante. Luego, se tomó el registro fotográfico cada 30 minutos hasta 2 horas. El tratamiento se realizó a temperaturas de 5 y 25 °C, utilizando ácido ascórbico a 38 mg/L y el extracto polifenólico de la almendra de mango como soluciones antioxidantes. Con el fin de tomar como referencia el comportamiento de la PPO, se evaluó las muestras de manzana sin ningún tipo de tratamiento a 5 y 25 °C.

Se determinó el color en el registro fotográfico de las matrices de manzana sometidas a cada tratamiento por medio del software imageJ en el modo RGB, utilizando la función de histograma el cual permite apreciar el contraste de colores de claro a oscuro en un intervalo de tiempo. La escala del software se maneja con valores en un rango de 0 a 255; siendo los valores cercanos a cero los que se asemejan más a la tonalidad negra y aquellos que representan la pérdida en la tonalidad del color, dando como consecuencia un tono de color más oscuro.

III. Resultados y Discusión

Obtención de extractos polifenólicos

Se determinó el contenido de polifenoles totales en la almendra de mango dando un valor de $19,26 \pm 0,09$ g GAE/ 100 g de muestra seca. Investigaciones realizadas por Dorta *et al.* (2014) y Pitchaon (2011) reportan concentraciones de 28,46 y 28,57 g GAE/100 g de muestra seca, respectivamente siendo mayores que las encontradas en el presente estudio, posiblemente por el tipo de variedad empleado.

Ensayos de pardeamiento sin inhibición

Para la evaluación del pardeamiento en la matriz, se registró histogramas de color a las muestras en tratamiento por medio del software ImageJ® (Figura 1), tomando como referencia las matrices de manzana sin ningún tipo de inhibidor con el fin de analizar el comportamiento natural de la PPO en el

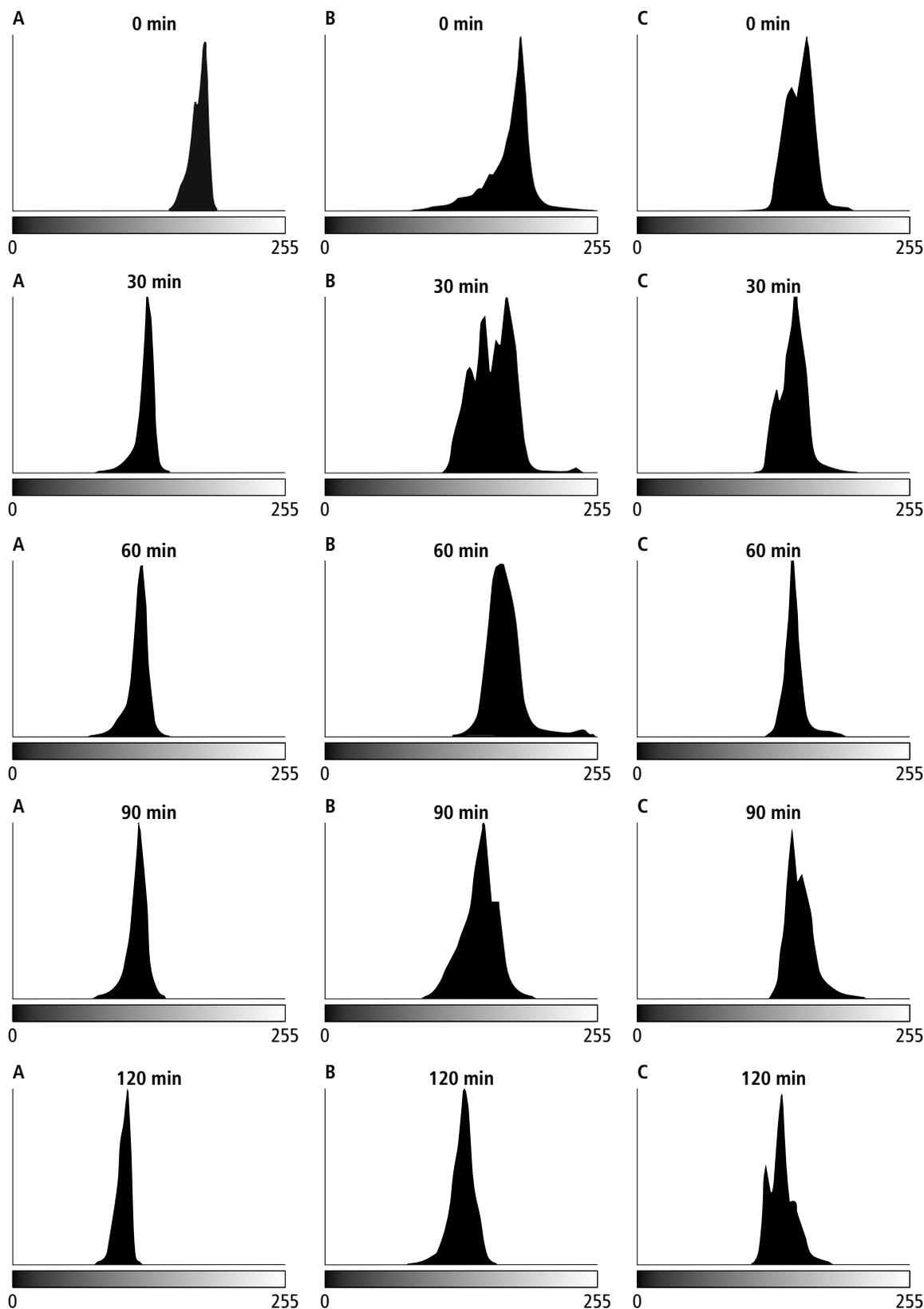


FIGURA I. Histogramas RGB del registro fotográfico de las matrices sometidas a tratamiento a 25 °C. A) sin inhibidor, B) en solución de ácido ascórbico 38 mg GAE/L, C) en extracto polifenólico de la almendra de mango 38 mg GAE/L.

proceso. Los valores RGB del pico máximo en estos histogramas se observan en la Tabla I.

TABLA I. Valores RGB de pico máximo en los histogramas de color obtenidos para el pardeamiento sin inhibidor.

Temperatura (°C)	Valor RGB del pico máximo				
	0 min	30 min	60 min	90 min	120 min
5	187	169	161	128	112
25	182	126	121	119	107

Ensayos de pardeamiento en soluciones inhibidoras

Para la evaluación del pardeamiento en la matriz en soluciones inhibidoras, se registró histogramas de color a las muestras de manzana en tratamiento sumergidas en ácido ascórbico y en extracto polifenólico de la almendra de mango; ambas a una concentración de 38 mg GAE/L. Los valores RGB del pico máximo en estos histogramas se observan en la Tabla II.

TABLA II. Valores RGB de pico máximo en los histogramas de color obtenidos para el pardeamiento de la matriz sumergida en soluciones inhibidoras.

Solución inhibidora	Temperatura (°C)	Valor RGB del pico máximo				
		0 min	30 min	60 min	90 min	120 min
Ácido ascórbico	5	184	175	167	156	143
	25	183	171	167	149	130
Extracto polifenólico almendra de mango	5	152	149	149	148	142
	25	156	148	146	145	136

Los resultados de la caracterización fisicoquímica de la almendra de mango variedad magdalena river en la determinación del contenido total de grasa y el porcentaje de humedad por peso constante, fueron 3,67% y 9,13 % respectivamente, estos valores se asemejan a los encontrados por Uribe & Rosso 2011 para la almendra del mango de esta misma variedad, lo que indica que para poder obtener valores más representativos en el proceso de extracción de polifenoles es necesario retirar estos compuestos, ya que altos porcentajes de sustancias lipídicas y de humedad reducen la actividad enzimática y degrada los compuestos fenólicos, sin embargo son los tratamientos que en general, aportan mayor contenido de compuestos fenólicos, esto coincide con lo reportado por otros autores, acerca del alto contenido de estas sustancias presentes en las semillas de esta variedad de mango (Torres-Leon *et al.*, 2016).

La concentración de polifenoles en la almendra del mango en esta investigación es mayor a los reportados por Abdalla *et al.* (2007), Septembre-Malaterre *et al.* (2016) y Abdel-Aty *et al.* (2018), demostrando que la matriz de mango analizada posee una fuente considerable de polifenoles que puede ser aprovechado en aplicaciones futuras como conservante artificial en la industria de alimentos, en la industria farmacéutica y cosmética.

Para el pardeamiento a 5 °C sin inhibidor, se pudo observar que el valor de RGB disminuye gradualmente, observándose un decaimiento de 5% a los primeros 30 minutos del tratamiento. En los histogramas obtenidos para el pardeamiento a 25 °C sin inhibidor, se observó un cambio repentino en el valor RGB del pico máximo, observándose un decaimiento del 31% a los primeros 30 minutos del tratamiento. Sin embargo, después de 120 min, la disminución en el valor RGB es el mismo para los tratamientos a 5 y 25 °C en rango de 75. Esta diferencia es atribuida a que la actividad enzimática de la PPO disminuye a menor temperatura y menor valor de actividad de agua en la matriz, contando con un tiempo inicial mayor para el proceso de pardeamiento. Sin embargo, la enzima no es inactivada por completo y puede llevar a la matriz a un grado de pardeamiento similar a tratamientos sometidos a altas temperaturas en un tiempo prolongado.

Para el pardeamiento de la matriz utilizando ácido ascórbico como solución inhibidora, se pudo observar que, a 5 y 25 °C, el decaimiento de los valores de RGB en los histogramas es menor y menos pronunciado que en los tratamientos sin inhibición. Aunque el comportamiento de estos valores RGB es de tendencia similar, en temperatura, para el tratamiento sin inhibición; la disminución total en el valor RGB para los tratamientos a 5 y 25 °C fue de 41 y 54 respectivamente. Esto se debe a que ya hay presencia de inhibidor de la PPO, que disminuye considerablemente su actividad enzimática y preservando la tonalidad del color de la matriz por más tiempo.

Para el pardeamiento de la matriz a 5 y 25 °C utilizando como solución inhibidora extracto polifenólico de la almendra de mango, el decaimiento de los valores de RGB en los histogramas es mucho menor, mostrándose una disminución total en el valor RGB para los tratamientos a 5 y 25 °C de 10 y 20 respectivamente. Esto se debe a que hay mayor concentración de polifenoles en el tratamiento de la matriz y la enzima PPO disminuye drásticamente su actividad en presencia de estos compuestos polifenólicos, preservando la tonalidad del color de la matriz por un tiempo mucho más prolongado que en inhibidores convencionales como el ácido ascórbico.

En general, los resultados concuerdan con lo reportado por otros autores en el sentido de que el contenido de compuestos fenólicos varía entre variedades de mango (Ma *et al.*, 2011)

IV. Conclusiones

Bajo condiciones controladas y la aplicación de ondas ultrasonido al proceso de extracción, se logró extraer una cantidad considerable de polifenoles de la almendra de mango (*Mangifera indica* L.) var. *Magdalena river*, ya que se obtuvo un valor de 19,26 g GAE/ 100 g de almendra seca. Este valor es superior a los reportados por otras investigaciones y a los reportados en extractos de desechos vinícolas (con concentraciones de 8,80 mg GAE/g muestra, en promedio).

En el tratamiento de pardeamiento a la matriz de manzana (*Malus domestica*) var. *Royal gala*, se obtuvieron mejores resultados utilizando el extracto polifenólico obtenido de la almendra de mango y aplicado a la matriz. Los valores RGB del pico máximo mostraron una disminución total de 10 y 20 para los tratamientos a 5 y 25 °C, respectivamente, después de 120 min. Esto indica que, aplicando este tratamiento y sumado a menores temperaturas de almacenamiento, se puede obtener resultados de inhibición de pardeamiento por oxidación muy satisfactorios, frente a otras soluciones inhibidoras comerciales.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Universitario de La Paz por la realización de la presente investigación y del trabajo de campo.

V. Referencias

- Abdalla, A. E. M., Darwish, S. M., Ayad, E. H. E., & El-Hamahmy, R. M. (2007). Egyptian mango by-product I. Compositional quality of mango seed kernel. *Food Chemistry*, 103(4), 1134-1140. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.017>.
- Abdel-Aty, A. M., Salama, W. H., Hamed, M. B., Fahmy, A. S., & Mohamed, S. A. (2018). Phenolic-antioxidant capacity of mango seed kernels: Therapeutic effect against viper venoms. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 28(5), 594-601. <https://doi.org/10.1016/j.bjfp.2018.06.008>.
- Alean, J., Chejne, F., & Rojano, B. (2016). Degradation of polyphenols during the cocoa drying process. *Journal of Food Engineering*, 189, 99-105. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.05.026>.
- Alonso-Salces, R. M., Korta, E., Barranco, A., Berrueta, L. A., Gallo, B., & Vicente, F. (2001). Pressurized liquid extraction for the determination of polyphenols in apple. *Journal of Chromatography A*, 933(1-2), 37-43. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)01212-2](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)01212-2).
- Arbizu-Berrocá, S. H., Kim, H., Fang, C., Kreněk, K. A., Talcott, S. T., & Mertens-Talcott, S. U. (2019). Polyphenols from mango (*Mangifera indica* L.) modulate PI3K/AKT/mTOR-associated micro-RNAs and reduce inflammation in non-cancer and induce cell death in breast cancer cells. *Journal of Functional Foods*, 55, 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.01.035>.

- Belizón, M., Fernández-Ponce, M. T., Casas, L., Mantell, C., & Martínez de la Ossa-Fernández, E. J. (2018). Supercritical impregnation of antioxidant mango polyphenols into a multilayer PET/PP food-grade film. *Journal of CO₂ Utilization*, *25*, 56-67. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2018.03.005>.
- Cheema, S., & Sommerhalter, M. (2015). Characterization of polyphenol oxidase activity in Ataulfo mango. *Food Chemistry*, *171*, 382-387. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.011>.
- Dorta, E., González, M., Lobo, M. G., Sánchez-Moreno, C., & de Ancos, B. (2014). Screening of phenolic compounds in by-product extracts from mangoes (*Mangifera indica* L.) by HPLC-ESI-QTOF-MS and multivariate analysis for use as a food ingredient. *Food Research International*, *57*, 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.012>.
- Fernández-Ponce, M. T., Medina-Ruiz, E., Casas, L., Mantell, C., & Martínez de la Ossa-Fernández, E. J. (2018). Development of cotton fabric impregnated with antioxidant mango polyphenols by means of supercritical fluids. *The Journal of Supercritical Fluids*, *140*, 310-319. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.06.022>.
- Ferreira, S., Araujo, T., Souza, N., Rodrigues, L., Lisboa, H. M., Pasquali, M., Trindade, G., & Rocha, A. P. (2019). Physicochemical, morphological and antioxidant properties of spray-dried mango kernel starch. *Journal of Agriculture and Food Research*, *1*, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2019.100012>.
- Flórez Montes, C., & Rojas González, A. F. (2019). Aprovechamiento potencial de residuos de la agroindustria caldense según su composición estructural. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, *14*(2), 143-151. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3411>.
- Garzón, M. A. G., Rojano, B. A., & Guerrero, C. A. (2012). Inhibición de la polifenoloxidasas extraída del banano (cavendish) por medio de algunos derivados del isoespintanol. *Corporación Universitaria Lasallista*, *1*, 193-247. <http://hdl.handle.net/10567/148>
- Maldonado-Celis, M. E., Yahia E. M., Bedoya R., Landázuri P., Loango N., Aguillón J., Restrepo B. & Guerrero-Ospina J. C. (2019). Chemical Composition of Mango (*Mangifera indica* L.) Fruit: Nutritional and Phytochemical Compounds. *Front. Plant Sci*, *10*, 1-21. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.01073/full>.
- Morales, M., Zapata, K., Sagaste, C. A., Angulo, A. A., & Rojano, B. (2020). Optimization of the ultrasound-assisted extraction of polyphenol, mangiferin, and its antioxidant expression in mango peel (*Mangifera indica*) using response surface methodology. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, *19*(1), 5-14. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.0733>.
- Navarro, M., Arnaez, E., Moreira, I., Hurtado, A., Monge, D., & Monagas, M. (2019). Polyphenolic Composition and Antioxidant Activity of Uncaria tomentosa Commercial Bark Products. *Antioxidants*, *8*(9), 339. <https://doi.org/10.3390/antiox8090339>.
- Nyangena, I. O., Owino, W. O., Imathiu, S., & Ambuko, J. (2019). Effect of pretreatments prior to drying on antioxidant properties of dried mango slices. *Scientific African*, *6*, e00148. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00148>.

- Ojha P., Raut S., Subedi U., Upadhaya N. (2019). Study of Nutritional, Phytochemicals and Functional Properties of Mango Kernel Powder. *J. FoodSci. Technol. Nepal*, 11, 32-38. <https://doi.org/10.3126/jfstn.v11i0.29708>.
- Pérez-Jiménez, J., Neveu, V., Vos, F., & Scalbert, A. (2010). Identification of the 100 richest dietary sources of polyphenols: An application of the Phenol-Explorer database. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(3), 112-120. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.221>
- Pico Hernández, S. M., Jaimes Estévez, J., López Giraldo, L. J., & Murillo Méndez, C. J. (2019). Supercritical extraction of bioactive compounds from Cocoa husk: Study of the main parameters. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 91. <https://doi.org/10.17533//udea.redin.n91a09>.
- Pitchaon, M. (2011). Antioxidant capacity of extracts and fractions from mango (*Mangifera indica* Linn.) seed kernels. *International Food Research Journal*, 18, 523-528.
- Porras, O., González, G., Castellanos, A., Ballesteros, J., & Pacheco, M. (2011). Efecto de la aplicación de ondas de ultrasonido sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de pulpa de mango (*Mangifera indica* L.). *Revista Alimentos Hoy*, 20(23), 53-78.
- Rincon-Ramirez, M., Rincon Lizardo, N., Mata Alvarez, J., & Chirinos, I. (2014). Biodegradabilidad de residuos de alimentos preparados bajo condiciones mesofílicas y termofílicas utilizando un reactor anaeróbico de mezcla completa. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 24(1), 29-48. <https://doi.org/10.18359/rcin.6>.
- Septembre-Malaterre, A., Stanislas, G., Douraguia, E., & Gonthier, M.-P. (2016). Evaluation of nutritional and antioxidant properties of the tropical fruits banana, litchi, mango, papaya, passion fruit and pineapple cultivated in Réunion French Island. *Food Chemistry*, 212, 225-233. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.147>.
- Toro-Urbe, S., López-Giraldo, L. J., & Decker, E. A. (2018). Relationship between the Physicochemical Properties of Cocoa Procyanidins and Their Ability to Inhibit Lipid Oxidation in Liposomes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(17), 4490-4502. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b01074>.
- Villamizar-Jaimes, A. R., & López-Giraldo, L. J. (2017). Cáscara de cacao fuente de polifenoles y fibra: Simulación de una planta piloto para su extracción. *Respuestas*, 22(1), 75-83. <https://doi.org/10.22463/0122820X.821>.

