

Cambios estructurales de las lipoproteínas de la pacaya por el efecto de diferentes tratamientos térmicos

I. Simental-Astudillo¹, L. González-Cruz, J.A. Hernández-Hernández¹, G. Teniente-Martínez¹ y A. Bernardino-Nicanor*¹

¹ Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Celaya, Departamento de Ingeniería Bioquímica, Antonio García Cubas Pte #600 esq. Av. Tecnológico, Fovissste, C. P. 38010, Celaya, Gto. México.

*aurea.bernardino@itcelaya.edu.mx

RESUMEN

El tepejilote o pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm*), es una planta perteneciente al género palma teniendo principal interés en sus inflorescencias masculinas, se han realizado investigaciones enfocadas al efecto que el tipo de tratamiento térmico tiene sobre ella, el objetivo del presente trabajo está enfocado a determinar el contenido y características estructurales de las lipoproteínas presentes en la harina de la pacaya antes y después de diferentes tratamientos térmicos. Las lipoproteínas se extrajeron teniendo un mayor porcentaje en el tratamiento de microondas. Por otra parte se analizó la interacción proteína-lípido por medio de la técnica espectroscópica FT-IR, encontrando 4 bandas características de las señales de las lipoproteínas ubicadas en 3282 nm, 1744 nm, 1241 nm y 1068 nm.

Palabras clave: Tepejilote, pacaya, espectroscopía, IR, lipoproteínas.

ABSTRACT

The tepejilote or pacaya (*Chamaedorea tepejilote Liebm*), is a plant belonging to the palm genus, having main interest in its male inflorescences, research has been carried out focused on the effect that the type of thermal treatment has on it, the objective of the present work is determine the content and structural characteristics of the lipoproteins present in the pacaya flour before and after different thermal treatments. The lipoproteins were extracted having a higher percentage in the microwave treatment. On the other hand, the protein-lipid interaction was analyzed by means of the FT-IR spectroscopic technique, finding 4 characteristic bands of the lipoprotein signals located at 3282 nm, 1744 nm, 1241 nm and 1068 nm.

Keywords: Tepejilote, pacaya, spectroscopy, IR, lipoproteins.

INTRODUCCIÓN

El tepejilote cuyo nombre científico es *Chamaedorea tepejilote Liebm* se distribuye desde México hasta Colombia, pero se encuentran entre 45 y 50 especies en México, por lo que se considera el país con mayor diversidad de especies de este género. Oaxaca, Chiapas y Veracruz son los estados donde se concentran la mayor parte de las especies mexicanas del género, cuenta con un importante potencial bioeconómico para fines alimentarios, medicinales tradicionales y ornamentales (Castaño *et al.*, 2016). A lo largo de su distribución en México se le conoce con varios nombres como: tepejilote, pacaya, guaya, chi ib, caña verde, ixquil, quib, chimp, bojon, aula-te, chem-chem, ternero pacaya grande y elote de monte. El nombre tepejilote viene del náhuatl y que significa “espiga de monte”, por el parecido de sus inflorescencias masculinas a espigas de maíz (Fuchs *et al.*, 2020).

Es una especie dioica bastante variable con tallos solitarios de entre 2-5 m (a veces hasta 7 m) de altura y de 2-8 cm de diámetro. Sus hojas son pinadas, entre .6 y 1.8 m de longitud, las inflorescencias, ramificadas, aparecen por debajo de las hojas (infrafoliares) envueltas inicialmente por 4 o 5 brácteas erectas y largamente puntiagudas de entre 30 y 60 cm de longitud. (Monaco Nature Encyclopedia, 202; PALMweb, 2018).

Las lipoproteínas se encuentran en el cloroplasto rodeadas por una monocapa lipídica y asociadas con la membrana tilacoide a través de las cuales se encuentran en plastidios que contienen tocoferoles y otros metabolitos derivados de isoprenoides de lípidos, así como proteínas estructurales denominadas plastoglobulinas (Kessler & Wijk., 2007).

Se ha demostrado que sus inflorescencias masculinas presentan actividad biológica, debido a que su consumo se realiza después de un tratamiento térmico, actualmente, se han realizado investigaciones enfocadas al efecto que el tipo de tratamiento térmico tiene sobre la estructura de sus proteínas, encontrándose cambios conformacionales sobre su estructura secundaria, así mismo, se ha observado que también existe efecto sobre las interacciones proteína-lípido, es por ello que el objetivo del presente trabajo está enfocado a determinar el contenido y características estructurales de las lipoproteínas presentes en la harina de la pacaya antes y después de diferentes tratamientos térmicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Vegetal

Se analizaron inflorescencias masculinas de la palma *Chamaedorea tepejilote* (pacaya), las cuales fueron recolectadas en un mercado local, obtenidas de la región cercana al volcán Tacaná, localizado al noreste de la Ciudad de Tapachula, Chiapas, México. Las vainas fueron transportadas al laboratorio de investigación en cajas de cartón a temperatura ambiente.

Acondicionamiento

fueron troceadas en cubos de aproximadamente 0.5 cm de lado. Posteriormente el lote de inflorescencias troceadas, fue dividido en muestras de 300 g aproximadamente, las cuales fueron colocadas en bolsas de polietileno y se sellaron al vacío y almacenadas en refrigeración por no más de 24 h, para su posterior utilización.

Tratamientos térmicos

Fresco

Se utilizó el tepejilote sin tratamiento como control (TF), con la finalidad de comparar el efecto de los tres tratamientos térmicos sobre la estructura de las lipoproteínas de las inflorescencias, así como el efecto de dichas modificaciones sobre sus características biológicas.

Hervido

El procesamiento hidrotérmico se realizó colocando una muestra de 300 g de pacaya empacada bajo vacío en bolsas de PVC en un baño de agua de acero inoxidable (Marca Casandra), previamente acondicionado a 98° C durante 15 min. Después del tratamiento hidrotérmico, las muestras se enfriaron a temperatura ambiente, posteriormente se congelaron a -20° C (Congelador marca Whirlpool), y se dejó establecer la temperatura durante 24 h hasta que llevó a cabo el proceso de liofilización (Hernández-Castillo *et al.*, 2020).

Microondas

Para realizar el tratamiento térmico con vapor a presión y temperatura elevada, una muestra de 300 g de pacaya empacada bajo vacío en bolsas de PVC fué colocada en una charola en una olla de presión marca Presto durante 15 minutos a temperatura de 125° y bajo presión de 124.106 Pa. Posterior al tratamiento de presión, las muestras se enfriaron a temperatura ambiente, posteriormente se congelaron a -20° C (Congelador marca Whirlpool), y se dejó establecer la temperatura durante 24 h hasta que se llevó a cabo el proceso de liofilización (Hernández-Castillo *et al.*, 2020).

Obtención de harina

La muestra sometida al tratamiento hidrotérmico y congeladas a -20°C, fue liofilizada. Una vez que se deshidrató fue molida y tamizada en una malla 80.

Espectroscopía de infrarrojo

Los espectros de las proteínas de las inflorescencias de tepejilote se obtuvieron por medio de espectroscopía de infrarrojo de transformada de Fourier (FT-IR) en un espectrofotómetro Perkin Elmer FT-IR (Perkin Elmer, Inc., MA, EE. UU.), utilizando discos de bromuro de potasio (KBr) preparados a partir de muestras mezcladas con KBr seco. Los espectros se registraron en modo transparente a una resolución de 4000–400 cm⁻¹. (Basilo-Cortés *et al.*, 2019; Bernardino-Nicanor *et al.*, 2017; González-Cruz *et al.*, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de las harinas después de los tratamientos térmicos

Analizando los datos en la tabla 1 podemos observar que no hubo diferencia significativa en cuanto al peso de las harinas obtenidas con y sin tratamiento térmico, registrando el peso en gramos de harina obtenidos a partir de 100 gramos de tepejilote crudo.

Tabla I. Rendimiento de harinas después de los tratamientos térmicos

Tratamiento	Peso (g)
Harina fresco	15.2 ± 0.4 ^a
Harina hervido	14.8 ± 0.5 ^a
Harina vapor a presión elevada	14.7 ± 0.5 ^a
Harina microondas	14.8 ± 0.4 ^a

Media de tres repeticiones \pm desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa a $p < 0.05$

Espectroscopía de Infrarrojo de transformada de Fourier

Se analizaron por espectroscopía IR las muestras de harina fresca y las tratadas térmicamente, ajustando los datos por los métodos de deconvolución Gauss y Lorentz (figura 1).

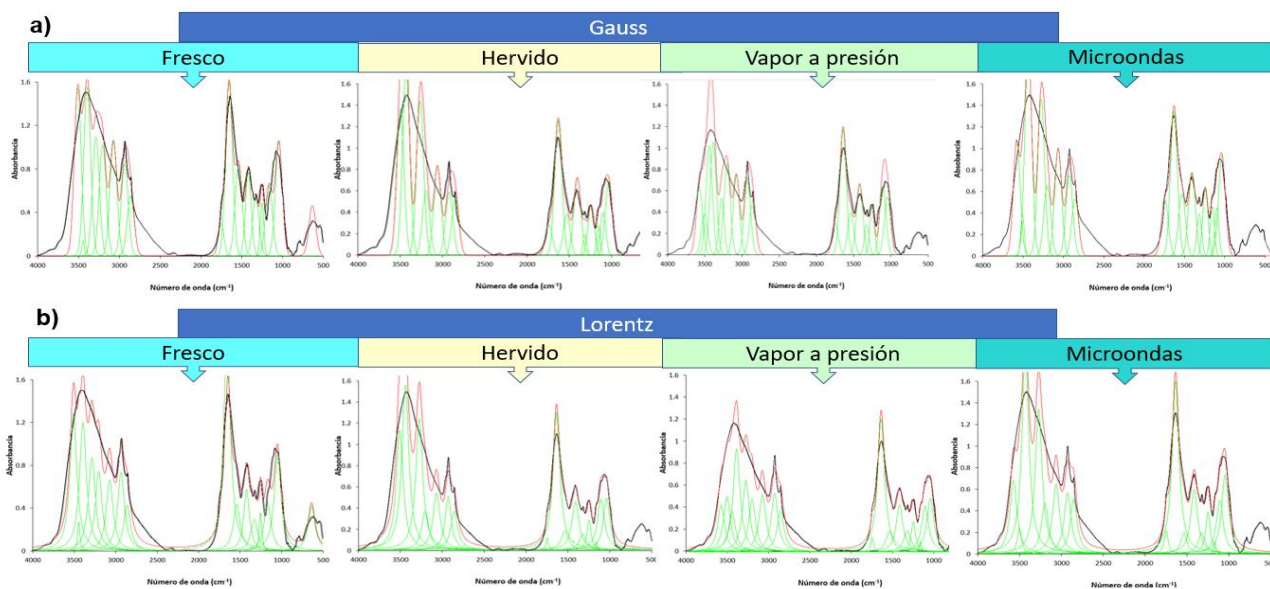


Figura 1. Ajuste de gráficas con deconvolución. **a)** ajuste por el método de Gauss, **b)** ajuste por el método de Lorentz.

Encontrando 22 señales referentes a lipoproteínas, enfocándonos a 4 señales de bandas importantes y específicas de lipoproteínas.

A continuación, veremos cada una de estas señales de lipoproteínas, observando los cambios que se tienen por los tratamientos térmicos. En la tabla 2 podemos observar la señal 3282 con un área es 124.4 unidades, encontrando un incremento significativo en los tratamientos de hervido y microondas con 38.2 % y 43.9 % comparando con el tratamiento de hervido y microondas respectivamente, mientras que en el tratamiento de vapor a presión existe una pérdida promedio de 4.5% de estos componentes.

Tabla II. Señal de lipoproteína LDL encontrada en las harinas de la pacaya

Banda Característica	FRESCO		Hervido		Dif. Con fresco (%)	Vapor a presión		Dif. Con fresco (%)	Microondas		Dif. Con fresco (%)
	Banda Fresco	Área (u)	Banda Hervido	Área (u)		Banda Vapor	Área (u)		Banda Microondas	Área (u)	
3282	3280	115.5	3271	154.7 ^b	33.9	3274	46.2 ^d	-60.0	3274	156 ^a	35.1

Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos

3282.0	3280.0	133.3	3271.0	190 ^b	42.5	3274.0	100 ^d	-25.0	3274.0	203.7 ^a	52.8
		124.4			38.2			-42.5			43.9

En la tabla 3 podemos observar la banda 1744 con un área de 19.04 unidades, teniendo un incremento significativo en el tratamiento de microondas y pérdidas en sus componentes en los tratamientos de hervido de 19.4% y vapor a presión de 9.7%.

Tabla III. Señal de lipoproteína de Fosfolípidos encontrada en las harinas de la pacaya

Banda Característica	FRESCO		Hervido			Vapor a presión			Microondas		
	Banda Fresco	Área (u)	Banda Hervido	Área (u)	Dif. Con fresco (%)	Banda Vapor	Área (u)	Dif. Con fresco (%)	Banda Microondas	Área (u)	Dif. Con fresco (%)
1744	1746	25.4	1745	30.4 ^c	19.7	1745	31 ^b	22.0	1745	56.3 ^a	121.7
1744	1746	13	1745	5.4 ^d	-58.5	1745	7.6 ^c	-41.5	1745	18.3 ^a	40.8
		19.2			-19.4			-9.7			81.2

En la tabla 4 observamos que la banda 1241 el promedio de 23.4 unidades, teniendo un incremento significativo en todos los tratamientos térmicos, en hervido con 47.8%, vapor a presión con 31% y el tratamiento de microondas con un 92.3%.

Tabla IV. Señal de Lipoproteína de colesterol encontrada en las harinas de la pacaya

Banda Característica	FRESCO		Hervido			Vapor a presión			Microondas		
	Banda Fresco	Área (u)	Banda Hervido	Área (u)	Dif. Con fresco (%)	Banda Vapor	Área (u)	Dif. Con fresco (%)	Banda Microondas	Área (u)	Dif. Con fresco (%)
1241	1244	25.7	1246	44.4 ^b	72.8	1245	35.5 ^c	38.1	1244	51 ^a	98.4
1241	1244	21	1246	25.8 ^c	22.9	1245	26 ^b	23.8	1244	39.1 ^a	86.2
		23.4			47.8			31.0			92.3

En la tabla 5 se observa la banda 1068 con un promedio de 123.6 unidades, teniendo una pérdida en todos los componentes, en el tratamiento de hervido con un 41.1%, vapor a presión elevada con un 46.6% y por último el de microondas con un 14%.

Banda Característica	FRESCO		Hervido			Vapor a presión			Microondas		
	Banda Fresco	Área (u)	Banda Hervido	Área (u)	Dif. Con fresco (%)	Banda Vapor	Área (u)	Dif. Con fresco (%)	Banda Microondas	Área (u)	Dif. Con fresco (%)

1068	1037	110.9	1037	73.6 ^c	-33.6	1038	57.5 ^d	-48.2	1039	100 ^b	-9.8
1068	1037	135.6	1037	69.7 ^d	-48.6	1038	75 ^c	-44.7	1039	111 ^b	-18.1
		123.3			-41.1			-46.4			-14.0

Tabla V. Señal de Lipoproteína de fosfolípidos encontrada en las harinas de la pacaya

Conforme los resultados obtenidos podemos ver que existen modificaciones en la estructura, por ende en la interacción lípido-proteína afectando el contenido de las lipoproteínas presentes en la harina las cuales algunas fueron afectadas por los diferentes tratamientos térmicos (Hernández-Castillo *et al.*, 2020, sin embargo, en donde hubo aumento quiere decir que los tratamientos térmicos al mismo tiempo aumentaban su disponibilidad.

CONCLUSIÓN

Los tratamientos térmicos no afectan el rendimiento de las harinas de tepejilote, en cambio sí afectan la disponibilidad de las lipoproteínas, encontrando cambios en su estructura principalmente en las proteínas y contenido de las lipoproteínas.

BIBLIOGRAFÍA

- Basilio Cortes, Ulin & González-Cruz, Leopoldo & Velazquez, Gonzalo & Teniente-Martínez, Gerardo & Gomez-Aldapa, Carlos & Castro-Rosas, Javier & Bernardino-Nicanor, Aurea. (2019). Effect of Dual Modification on the Spectroscopic, Calorimetric, Viscosimetric and Morphological Characteristics of Corn Starch. *Polymers*. 11. 333. 10.3390/polym11020333
- Bernardino-Nicanor, A., Acosta-García, G., Güemes-Vera, N. *et al.* Fourier transform infrared and Raman spectroscopic study of the effect of the thermal treatment and extraction methods on the characteristics of ayocote bean starches. *J Food Sci Technol* **54**, 933–943 (2017). <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2370-1>
- Bréhélin C, Kessler F, van Wijk KJ. Plastoglobules: versatile lipoprotein particles in plastids. *Trends Plant Sci*. 2007 Jun;12(6):260-6. doi: 10.1016/j.tplants.2007.04.003. Epub 2007 May 10. PMID: 17499005.
- Castaño, Felipe & Marquínez-Casas, Xavier & Crèvecoeur, Michèle & Collin, Myriam & Stauffer, Fred & Tregear, James. (2016). Comparison of Floral Structure and Ontogeny in Monoecious and Dioecious Species of the Palm Tribe *Chamaedoreae* (*Arecaceae*; *Arecoideae*). *International Journal of Plant Sciences*. 177. 000-000. 10.1086/684262.
- Fuchs, E. J., Cascante-Marin, A., Madrigal-Brenes, R., Harvey, N., & Quesada, M. (2020). Isolation and characterization of microsatellites for the neotropical dioecious palm *Chamaedorea tepejilote* (*Arecaceae*) and cross-amplification in other *Chamaedorea* species. *Molecular Biology Reports*, 47(8), 6385-6391.
- González-Cruz, L., Montañez-Soto, J. L., Conde-Barajas, E., Negrete-Rodríguez, M. de la L. X., Flores-Morales, A., & Bernardino-Nicanor, A. (2018). Spectroscopic, calorimetric and structural analyses of the effects of hydrothermal treatment of rice beans and the extraction solvent on starch characteristics. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107, 965–972. doi:10.1016/j.ijbiomac.2017.09.074.

- Hernández-Castillo, J. B. E., Bernardino-Nicanor, A., Vivar-Vera, M. D. L. Á., Montañez-Soto, J. L., Teniente-Martínez, G., Juárez-Goiz, J. M. S., & González-Cruz, L. (2020). Modifications of the protein characteristics of pacaya caused by thermal treatment: A spectroscopic, electrophoretic and morphological study. *Polymers*, 12(5), 1016.
- Lent-Schochet D, Jialal I. Biochemistry, Lipoprotein Metabolism. StatPearls. Treasure Island (FL): 2020. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NB...>
- Monaco Nature Encyclopedia. 2021: Discover the biodiversity Online. *Chamaedorea tepejilote Liebm.* Pietro Puccio. 2013. <https://www.monaconatureencyclopedia.com/chamaedorea-tepejilote-2/?lang=es>
- PALMweb. 2018. Palmweb: Palms of the World Online. *Chamaedorea tepejilote Liebm.* Riquett-Robles, D. y Solórzano-Carranza, E. 2013. Actividad hipoglucemiante de *Chamaedorea tepejilote Liebm.* (pacaya). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 18(1), 27-33.
- Pérez G, C., Zavala S, M. A., Ventura R, E., Pérez G, S., & Ponce M, H. (2008). Evaluation of anti-tussive activity of *Chamaedorea tepejilote*. *Journal of ethnopharmacology*, 120(2), 138-140.
- Riquett Robles, D. J., & Solórzano Carranza, E. R. (2013). Actividad hipoglucemiante de *Chamaedorea tepejilote Liebm.*(pacaya). *Rev. cuba. plantas med*, 27-33.
- Rojas Ramos, K. M. (2019). Obtención y extracción de aceites vegetales. 59. http://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/1899/T025_46253683T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vieira, S. A., Zhang, G., & Decker, E. A. (2017). Biological implications of lipid oxidation products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(3), 339-351.