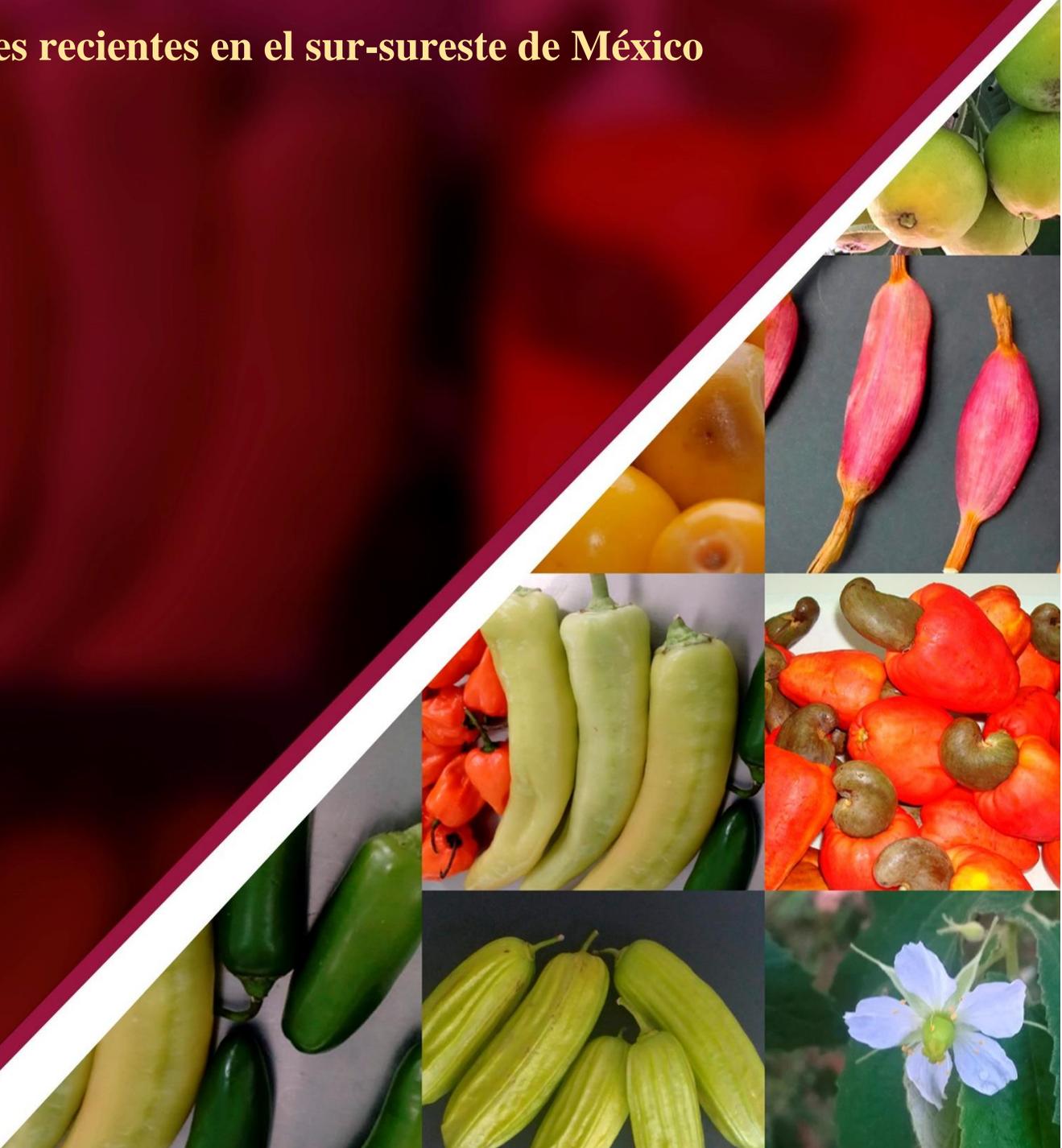


APROVECHAMIENTO DE FRUTOS, PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS TROPICALES

Avances recientes en el sur-sureste de México







APROVECHAMIENTO DE FRUTOS, PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS TROPICALES

Avances recientes en el sur-sureste de México

EDITORES

Neith Aracely Pacheco López
Juan Carlos Cuevas Bernardino
Teresa del Rosario Ayora Talavera

COMPILADORES

Neith Aracely Pacheco López
Juan Carlos Cuevas Bernardino
Teresa del Rosario Ayora Talavera
Sergio Valdivia Rivera
Karina Jiménez Morales
Emanuel Herrera Pool

EDICION PORTADA Y ENCABEZADOS

Jesús Fuentes González
Karen Elizabeth Pérez Beltrán
Neith Aracely Pacheco López

AUTORES

Se presentan al inicio de cada capítulo

Primera edición, 2020

ISBN: 978-607-8734-17-7

**Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), A.C.
Av. Normalistas No. 800 Colinas de la Normal, C.P. 44270 Guadalajara, Jalisco, México
CIA760825**

**Sello Editorial: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.
D.R. © 2020. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.**

**CIATEJ, Subsede Sureste, Serie Frutos Tropicales.
Diciembre del 2020.- Guadalajara, Jalisco.**



PRESENTACIÓN

El presente documento de recopilación de trabajos de investigación científica enfocados a la producción, transformación, aprovechamiento integral, compuestos bioactivos e industrialización de frutos tropicales surge del interés de fomentar la divulgación del conocimiento científico y desarrollo tecnológico con el fin de impulsar la participación de los diversos sectores sociales.

Este documento ha sido posible gracias al Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. (CIATEJ), con recursos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) mediante el fondo Apoyo para Congresos, Convenciones, Seminarios, Simposios, Exposiciones, Talleres y demás eventos relacionados con el fortalecimiento del sector de CTI, convocatoria 2020 a través del proyecto 311540, titulado “Divulgación del conocimiento en el aprovechamiento integral de frutos y subproductos tropicales enfocado a jóvenes y mujeres de comunidades marginadas”. Así como del apoyo del programa de estancias posdoctorales de mujeres indígenas en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas del CONACYT-CIESAS-IDRC a través de la Dra. Soledad Cecilia Pech Cohuo.

Durante la realización del proyecto 311540 se pudieron desarrollar distintas actividades como talleres en comunidades que permitió la transmisión del conocimiento científico y tecnológico en materia de transformación y conservación de frutos tropicales y miel, así como la realización de un simposio presencial y virtual que permitió la interacción de expertos y público en general en diversos temas sobre la producción, transformación, aprovechamiento integral e industrialización de frutos tropicales, con el fin de intercambiar conocimiento y la posible colaboración entre los diversos sectores para la formulación de futuros proyectos, lográndose con éxito una excelente retroalimentación sobre los diversos conocimientos y con ello dar la pauta a posibles colaboraciones entre los diversos actores de la cadena de producción.

Finalmente, queremos expresar un gran agradecimiento a todos los participantes, empresas, instituciones y comunidad académica por su valioso apoyo para la realización con éxito de las actividades del proyecto y principalmente a los autores de los trabajos científicos que permitieron la elaboración del presente documento científico.

Dra. Neith Pacheco López
Investigador Titular “C” Subsede Sureste
Responsable Técnico del Proyecto 311540

**CIATEJ, Subsede Sureste, Serie Frutos Tropicales.
Diciembre del 2020.- Guadalajara, Jalisco.**



Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.

Directora general

Dra. Eugenia Lugo Cervantes

Directora de Subsede Sureste

Dra. Teresa del Rosario Ayora Talavera

Dra. Neith Aracely Pacheco López

Responsable Técnico del Proyecto

Investigadores colaboradores del proyecto

Dra. Soledad Pech Cohuo

Dr. Juan Carlos Cuevas Bernardino

Dra. Teresa del Rosario Ayora Talavera

Dra. Sara Herrera Rodríguez

Dra. Ana Luisa Ramos Díaz

Dra. Julia Cano Sosa

Dra. Tania González Flores

Estudiantes colaboradores del proyecto

M. en C. Sergio Valdivia Rivera

M. en C. Karina Jiménez Morales

M. en C. Iván Emanuel Herrera Pool

M. C. Daniel Castañeda Valbuena

C.M. en C.. Rosa Linda Zapata Luna

C. M. en C. Héctor Alberto Martín López

C. Lic. Karla Jiménez Mukul

CIATEJ - Unidad Sureste.

Parque Científico y Tecnológico de Yucatán

Tablaje catastral No. 31264 Km 5.5

Carretera Sierra Papacal – Chuburná Puerto

CP. 97302 Mérida Yucatán

Tel. 01(999) 9202671

<http://www.ciatej.mx>

CONTENIDO

CAPITULO INTRODUCTORIO

“IMPORTANCIA DEL APROVECHAMIENTO DE FRUTOS, PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS TROPICALES”	7
--	---

CAPITULO 1.

“PRODUCCIÓN DE FRUTOS TROPICALES”	9
---	---

CAPITULO 2.

“TRANSFORMACIÓN DE FRUTOS TROPICALES”	46
---	----

CAPITULO 3.

“APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE FRUTOS TROPICALES”	97
---	----

CAPITULO 4.

“COMPUESTOS BIOACTIVOS”	132
-------------------------------	-----

IMPORTANCIA DEL APROVECHAMIENTO DE FRUTOS, PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS TROPICALES

Neith Aracely Pacheco López y Juan Carlos Cuevas Bernardino

Las frutas tropicales son definidas como aquellos frutos comestibles cosechados a partir de plantas cultivadas en lugares que geográficamente se encuentran localizados entre los trópicos y en ambientes que en su mayoría de tiempo presentan temperaturas medias superiores a los 18°C. Dichas frutas presentan características distintivas que por su sabor, color, aroma, textura y valor nutricional destacan del resto y que comúnmente pueden ser ingeridas frescas una vez que alcanzan la madurez, o bien, sometidas a alguna transformación para ser comercializadas en los mercados regionales, nacionales e internacionales (Gonzalez-Flores 2012). En recientes años, el consumo de frutas tropicales y subtropicales a nivel mundial se ha incrementado, debido a que son muy diversas y contienen una gran cantidad de componentes nutrimentales que se han asociado con la prevención de enfermedades como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, entre otras (Yahia *et al.*, 2011). El efecto de los componentes bioactivos de dichos frutos y sus derivados se han estudiado en la nutrición humana, enfatizando los mecanismos que se llevan a cabo, así mismo el análisis de los compuestos y el efecto sinérgico de los múltiples compuestos bioactivos (Yahia *et al.*, 2011).

Derivado de lo anterior, las fuentes vegetales como los frutos tropicales y los residuos agroindustriales generados a partir de su cosecha o transformación, representan una fuente importante de compuestos fitoquímicos que son usados en un amplio rango de aplicaciones, especialmente aquellos que poseen actividades biológicas (Medina-Torres 2017). En México, existen frutas y plantas nativas ricos en componentes bioactivos tales como: polifenoles, carotenoides, esteroides entre otros, que son conocidos por sus propiedades antioxidantes, anti-inflamatorias y antimicrobiales (Morales Landa *et al.*, 2013), sin embargo, muchos de ellos se encuentran subutilizados a pesar de su potencial como ingredientes funcionales. La integración de frutos que han sido subvalorados en la elaboración de productos alimenticios funcionales, así como los residuos generados a partir del procesamiento de frutos tropicales, puede favorecer la disminución de la generación de residuos proporcionando una fuente de materia prima de compuestos bioactivos de alta importancia. Así mismo, las grandes cantidades de toneladas de desperdicios de alimentos y subproductos derivados de la agroindustria generados a nivel mundial, se convierten en una

fuente potencial de generación de subproductos de alto valor que podrían utilizarse en productos farmacéuticos, cosmeceúticos y alimenticios.

Por otra parte, en México alrededor del 23% de la población sigue siendo rural, con vulnerabilidad social y económica (FAO, 2018). Adicionalmente, existen reportes que indican que una mala nutrición y el desconocimiento de las características nutrimentales de los productos alimenticios, es uno de los retos más importantes a combatir ya que la mayoría de los problemas asociados con la mala nutrición y el sobrepeso están relacionadas con enfermedades crónico degenerativas. Así mismo, el desconocimiento de las características de los productos que se cultivan y la manera de procesarlos para favorecer su conservación, desfavorecen el aprovechamiento integral de frutos y productos altamente nutritivos que pudieran ser una fuente importante de nutrientes y recursos para comunidades vulnerables. En particular, el sureste de México es una región que en los últimos años se ha ido fortaleciendo en sus capacidades para dar valor agregado a los recursos naturales en forma sustentable, conquistando mercados nacionales e internacionales y diversificando sanamente su economía. Esta región es estratégica en la economía nacional pues ha venido generando alrededor del 10% del Producto Interno Bruto (PIB) Nacional en los últimos años, sin embargo, uno de los principales retos que enfrenta la región está relacionado con el combate a la pobreza y pobreza extrema. Si bien, la creación del Parque Científico y Tecnológico de Yucatán ubicado en la Comisaria de Sierra Papacal, al noreste de Mérida ha sido una iniciativa que contribuye eficazmente a disminuir el rezago que se ha venido presentado en la región en materia de desarrollo económico y social, con el fin de transitar de un modelo economía tradicional a una economía basada en el conocimiento, aún se requiere de mucha difusión para lograr la apropiación social de la información, desarrollo tecnológico e innovación (Gonzalez-Flores 2012).

REFERENCIAS

- Morales Landa J.L., Sanchez-Contreras A., Reyes Vazquez N, Pacheco Lopez N., Gastelum Martinez E. , Gonzalez Flores, T. , Flores Montaña, JL, Godoy-Zaragoza M A, Moo Huchim, VM, Gonzalez Martinez M. Rodriguez-Buenfil I. (2013). APLICACION POTENCIAL DE LA PULPA DE MARAÑÓN. Fomix Campeche revista, Vol.15, Pag.34-37.
- González-Flores Tania. (2012). Una década de investigación en el sureste de México. Rodriguez Buenfil I. González Flores T (eds). ISBN 978-607-9060-11-4. 151-175pp.
- ElhadiYahia. (2011). Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. (2011).Vol 3. Cocona to mango.
- Nelly Carolina Medina Torres (2017). Tesis de maestría. Evaluación de la actividad antibacteriana y antioxidante de polifenoles encapsulados con nanopartículas de quitosano, obtenidos de residuos de cáscaras de limón y camarón procedentes de la península de Yucatán.

Capítulo 1.

PRODUCCIÓN DE FRUTOS TROPICALES



AUTORES CAPÍTULO 1

Ayora Talavera Teresa del Rosario
Andueza Noh Rubén Humberto
Cano Sosa Julia del Socorro
Castillo Colli Mauricio Alberto
Cetina Escalante Ricardo
Cuevas Bernardino Juan Carlos
De la Peña Seaman Clelia
Garruña Hernández René
Ibarra Pérez Nuria
López Santiago Blanca Atziry
Jiménez Morales Karina
Martínez Aguilar Gabriela
Medina Dzul Kati Beatriz
Medina Telez Laura
Mis Valdez Yanelly Andreina
Oliva Ruiz Miguel
Pacheco López Neith Aracely
Pech Cohuo Soledad Cecilia
Pereyda González Jade
Ramírez Morillo Ivón
Ramos Díaz Ana Luisa
Ramos López Bernabé Ignacio
Reyes Santiago María del Rosario
Tezara Fernández Wilmer Adolfo
Tun Balam Jacqueline
Vargas Simón Georgina
Villanueva Couoh Eduardo
Yáñez Espinosa Laura

EFECTOS DE LA TEMPERATURA EN FRUTOS DE *Capsicum chinense*

Castillo-Colli Mauricio Alberto¹, Pereyda-González Jade¹, Ramírez-Morillo Ivón³, Yáñez-Espinosa Laura⁴, Garruña-Hernández René².

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico, 97345, Conkal, Yucatán, México.

²CONACYT-Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico, 97305, Conkal, Yucatán, México

³Centro de Investigación Científica de Yucatán. Calle 43 No. 130, Chuburná de Hidalgo, 97205, Mérida, Yucatán, México.

⁴Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Calle Altair No. 200, Col. del Llano, 78377, San Luis Potosí, SLP., México.

*autor para correspondencia: castillo.mauricio87@gmail.com

Resumen. El aumento de la temperatura a causa de los gases de efecto invernadero provocados por el cambio climático pueden afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas, particularmente la fenología reproductiva; si bien temperaturas óptimas permiten un desarrollo idóneo de las plantas y esta resulta un factor importante para llevar a cabo procesos fisiológicos; de acuerdo al IPCC, (2007) la temperatura es uno de los factores determinantes que pueden ocasionar un impacto severo en los cultivos, principalmente los que se realizan a campo abierto, llevando a pérdidas en la producción y económicas, poniendo en riesgo la productividad y la seguridad alimentaria. Debido a lo anterior el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo, evaluar los efectos de la temperatura en los frutos de *Capsicum chinense* a temperaturas elevadas. El estudio se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de Conkal en cámaras de crecimiento con ambientes controlados y diferenciados por las variaciones de temperatura a 30 °C y 40 °C, en plantas de *Capsicum chinense*, que se encontraban en etapa reproductiva (fructificación). Los resultados que se obtuvieron demuestran que, a temperaturas elevadas, el estrés producido por la temperatura puede ocasionar la producción de frutos pequeños y partenocárpicos.

Palabras claves: temperatura, cultivos, frutos, *Capsicum chinense*.

INTRODUCCIÓN

Se estima que debido al cambio climático la temperatura del aire a finales del siglo XXI se incrementará entre 2 a 5 °C; el aumento de la temperatura afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas (Bita y Gerats, 2013), en particular la fenología reproductiva (Garruña- Hernández et al., 2012) alterando la morfología de los órganos reproductores (Polowick et al., 1985), evidenciando que la evaluación del impacto de la temperatura en los cultivos es muy importante, porque arriesga y pone en manifiesto la seguridad alimentaria (IPCC, 2007). Por consiguiente, en este trabajo se evaluó el efecto de la temperatura en frutos de *Capsicum chinense*, en ambientes simulados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en el Instituto Tecnológico de Conkal, de acuerdo con la metodología de Garruña-Hernández et al., (2012). La temperatura fue el factor que diferenció las cámaras, quedando los tratamientos de

la siguiente manera; una cámara con temperatura de 30 °C (óptima para el crecimiento y desarrollo en plantas de *Capsicum*) y la otra con incremento de la temperatura a 40 °C. Se emplearon plantas de *Capsicum chinense* con seis repeticiones por cada tratamiento. En la etapa de fructificación se colectaron 15 frutos por tratamiento y se analizaron, evaluando el tamaño del fruto y la cantidad de semillas. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar, los datos fueron analizados con el programa estadístico InfoStat, realizando un Análisis de Varianza, en donde se usaron las medias para ser comparadas según la prueba Tukey al 95%.

RESULTADOS

Los resultados demostraron que a temperaturas de 30 °C los frutos presentaron una longitud de 47.01 ± 1.04 mm y un diámetro de 33.65 ± 0.98 mm así como un promedio de 38.2 ± 5.5 semillas por fruto ($p=0.0001$); mientras que a temperaturas de 40 °C ($p=0.0001$); la longitud de los frutos fue de 12.44 ± 0.57 , el diámetro de 10.45 ± 0.40 (Tabla 1).

Tabla 1. Morfología del fruto y cantidad de semillas en *C. chinense* expuestas a diferentes variaciones de temperatura. Los valores son las medias y el error estándar. Diferentes letras denotan diferencias estadísticas. (Tukey, $\alpha = 0.05$) $n=15$.

Temperatura	Longitud del fruto (mm)	Diámetro del fruto (mm)	Cantidad de semillas
30 °C	$47.01 \pm 1.04a$	$33.65 \pm 0.98a$	$38.2 \pm 5.5a$
40 °C	$12.44 \pm 0.57b$	$10.45 \pm 0.40b$	0b



Figura 1. Frutos de *Capsicum chinense*.

A) frutos de las plantas expuestas a temperaturas de 30 °C. B) Frutos partenocárpicos de plantas expuestas a temperatura de 40 °C.

Respecto a la producción de semillas en temperatura de 40 °C las plantas produjeron frutos pequeños, partenocárpicos y sin semillas (Figura 1). En trabajos realizados por Pérez-Barraza *et al.* (2007) en mango Ataulfo este fenómeno ocurrió porque se presentó una reducción en la viabilidad del polen y el crecimiento del tubo polínico. Tran y Murakami (2015) observaron en frutos de *C. annuum* que en condiciones de alta temperatura se reduce el número de semillas, debido a la reducción de la viabilidad polínica, lo cual es congruente con nuestros resultados. En las cámaras con temperatura elevada (40 °C) la mayoría de las plantas presentaron aborto floral, del total de plantas evaluadas un 50% de ellas produjeron frutos, de los cuales el 100% fueron pequeños y partenocárpicos; esto puede estar asociado directamente al estrés que ocasiona la temperatura. Un estudio desarrollado por Adams *et al.* (2001) en el cual evaluaron el efecto de la temperatura sobre frutos de tomate, mencionan que se presentó una tendencia de producción de frutos pequeños y partenocárpicos, esto concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio y puede explicarse como una respuesta al

estrés que se produce en las plantas ocasionado por la temperatura; ya que es un factor de suma importancia que influye en el proceso fenológico y fisiológico de la planta durante todo su ciclo de vida, especialmente durante el proceso de maduración.

CONCLUSIONES

El incremento de la temperatura en *Capsicum chinense*, afectó la longitud y el diámetro del fruto, en temperaturas de 40 °C los frutos fueron pequeños y partenocárpicos; mientras que a 30 °C la temperatura favoreció los rasgos evaluados. La temperatura elevada tuvo una influencia significativa en la producción de frutos, ya que el estrés por temperatura puede afectar la productividad ocasionando pérdidas económicas, y considerando la falta de estudios que expliquen la influencia de la temperatura en la producción de frutos partenocárpicos es indispensable realizar más investigaciones al respecto en condiciones controladas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CONACYT por la beca No. 992683 otorgada para realizar estudios de posgrado al primer autor y por financiar el proyecto No. 286756 del Fondo Sectorial de Investigación para la Educación SEP-CONACYT, Investigación Científica Básica 2016.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, S. R., Cockshull, K. E., & Cave, C. R. J. 2001. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Annals of Botany*, 88(5), 869–877. doi:10.1006/anbo.2001.1524.
- Bitá, C. E., & Gerats, T. 2013. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. *Frontiers in plant science*, 4, 273. doi: 10.3389/fpls.2013.00273.
- Garruña-Hernández, R., Canto, A., Mijangos-Cortés, J., Islas, I., Pinzón, L., & Orellana, R. 2012. Changes in flowering and fruiting of Habanero pepper in response to higher temperature and CO₂. *Journal of Food, agriculture & Environment*, 10 (3&4), 802-808.
- IPCC. 2007. Summary for policymakers. In: Solomon, S. et al. (eds). *Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. UK: Cambridge University Press. p. 2- 22.
- Pérez-Barraza, M., Vázquez-Valdivia, V., y Osuna- García, J. 2007. Incidencia de frutos partenocárpicos en mango 'Ataulfo' en huertos comerciales de Nayarit. *Revista Chapingo serie Horticultura*, 13 (2), 149-156. doi: 10.5154/r.rchsh.2007.01.001.
- Polowick, P. & Sawhney, V. 1985. Temperature effects on male fertility and flower and fruit development in *Capsicum annuum* L. *Scientia Horticulturae*. 25, 117-127. doi :10.1016/0304-4238(85)90083-4
- Tran, T., & Murakami, K. 2015. Effect of High Temperature on Fruit Productivity and Seed-Set of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) in the Field Condition. *Jornal of Agricultural Science and Technology A and B & Hue University Journal of Science*. 5, 515-520. doi: 10.17265/2161-6256/2015.12.010.

REVISIÓN SOBRE *Bromelia Pinguin* L. CULTIVO, USO ALIMENTICIO, SOCIAL Y ORNAMENTAL.

Ibarra-Pérez Nuria ¹, Cano-Sosa Julia ^{*2}.

¹ Universidad Politécnica de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa, México.

² Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, subsección Sureste, Mérida, Yucatán, México.

E-mail: jcano@ciatej.mx

Resumen - La familia Bromeliaceae se encuentra distribuida en el territorio mexicano con un total de 363 especies. Las bromelias desempeñan roles fundamentales en áreas como alimentación, economía, salud, medio ambiente y como ornamentales. La importancia de esta familia radica en sus aplicaciones y el impacto positivo que generan. *Bromelia pinguin* L. es una planta con potencial alimenticio, medio ambiental impactado en la dinámica de nutrientes como el carbono y el nitrógeno de suelos y esta reportada su actividad antibacteriana ampliamente utilizada en comunidades rurales. El presente trabajo consistió en la revisión bibliográfica para búsqueda de información sobre compuestos químicos y biológicos presentes en la especie *Bromelia pinguin* L. los cuales son de interés en la industria alimenticia, cosmética, farmacéutica y química.

Palabras clave: Bromelias, usos, importancia, compuestos químicos.

INTRODUCCION

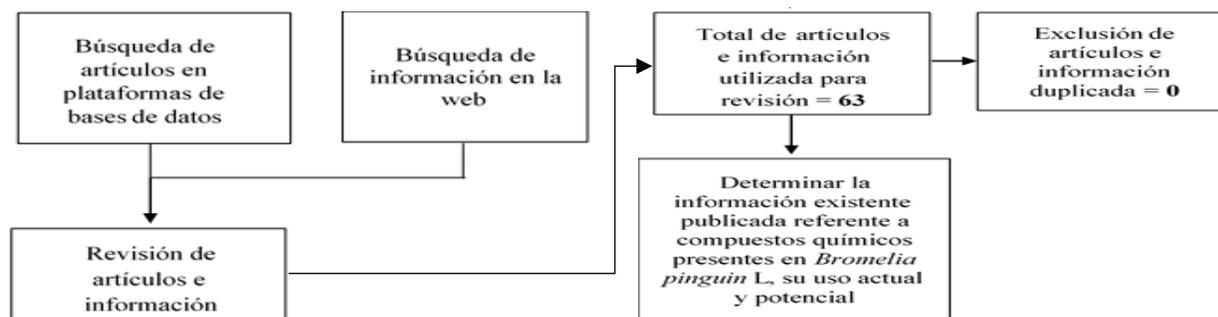
De acuerdo con Espejo y colaboradores (2007) existen aproximadamente 3086 especies de Bromelias, de las cuales 363 se encuentran en el territorio mexicano. La familia Bromeliaceae tiene características comunes: son plantas herbáceas, pueden ser terrestres, litófitas (crecer sobre piedras) o epífitas (crecer sobre árboles). Usualmente no tienen tallo o poseen uno muy corto, sus hojas suelen tener bordes espinosos y al crecer emergen desde el centro de la planta, sus frutos pueden presentarse en diversos colores llamativos.

Las especies más mencionadas en diversos estudios como los de Hornung-Leoni (2011), Aranda-Coello y otros (2012), Moyano y otros (2012), Sosa-Luría y otros (2012), González- Salvatierra y otros (2013) y Espejo-Serna y López-Ferrari (2018) son las que se enlistan a continuación: *Tillandsia eizii* (con uso religioso festivo principalmente en Chiapas)

- *Bromelia karatas* (con uso alimenticio y medicinal)
- *Tillandsia erubescens* (con uso de ornato)
- *Tillandsia recurvata* (con uso como forraje y obtención de fibra)
- *Hechtia montana* (con uso alimenticio)
- *Tillandsia imperialis* (con uso religioso y medicinal)
- *Bromelia pinguin* (con uso alimenticio)
- *Ananas comosus* (con uso alimenticio)

Mondragón y otros (2011) reportan que en México el 32% de las especies tiene un uso o aplicación como: alimento, bebida, cercos (cerca viva), ceremonial, fibra, forraje, medicinal, navideño (heno y pesebres), ornamental. Lo anterior reafirma la importancia de esta familia de plantas, tanto por sus aplicaciones como por el impacto ecológico que tienen. Particularmente, *Bromelia Pinguin* L. es usada en comunidades rurales como antiparasitario y como fuente de alimento. De acuerdo con el estudio realizado por Abreu y colaboradores (2005) el extracto de *Bromelia pinguin* L. tiene valores nutricionales como proteínas, carbohidratos, minerales y fibras dietéticas. Cabe mencionar que el jugo de la pulpa de esta especie tiene actividad antifúngica. Sin embargo, autores como (Payrol & Martínez, 2000) afirman que existe escasa información y estudios que profundicen en esta especie específicamente en actividad enzimática y compuestos químicos presentes. El objetivo general fue realizar una revisión bibliográfica sobre las bromelias mexicanas con énfasis *Bromelia pinguin* L.

MATERIALES Y MÉTODOS



RESULTADOS

De la información consultada hasta el momento se tiene un escrito en redacción en donde se aborda la importancia que tiene en las regiones, los principales usos y/o aplicaciones que se le dan a *Bromelia pinguin* L. dentro del ámbito alimenticio, social y ornamental.

Con la información consultada hasta el momento de los compuestos químicos presentes en *Bromelia pinguin* L. podemos indicar que tiene gran potencial en la industria alimentaria, cosmética, química y farmacéutica reportados a la fecha, ejemplo de esto podemos observarlo en la tabla 1.

Tabla 1. Compuestos químicos identificados en *Bromelia pinguin* L.

Compuestos químicos	Referencia
<ul style="list-style-type: none"> • Ácido ftálico • Ácido cítrico • Ácido oleico • Ácido linolénico • Ácido esteárico 	(Abreu Payrol 2001)
<ul style="list-style-type: none"> • Ácido málico • Ácido láctico • Ácido succínico • Ácido glicólico 	(Abreu Payrol, Miranda Martínez, Castillo García, et al., 2001)

DISCUSIÓN

Bromelia pinguin L. (“piña de ratón”) es una planta ampliamente distribuida en Centroamérica y las islas del Caribe. En diversas regiones se acostumbra a usar a esta planta para proteger suelos y delimitar terrenos con cercas vivas. Además, el fruto de *Bromelia pinguin* L. es una fuente de alimento para comunidades rurales, debido al fácil acceso (Galberto 2017). El extracto de esta planta tiene potencial antibacterial y además inhibe el crecimiento de hongos. Lo anterior proporciona información valiosa para que en el futuro se generen biofármacos que puedan tratar diversas patologías o aditivos con actividad antibacteriana para la industria de alimentos. (Argález et al., 2015). Por otra parte, *Bromelia pinguin* L. contiene una enzima llamada Pinguinain que es clasificada con mecanismo catalítico, misma que podría ser utilizada en la industria. (Rowan et al., 1990). Según estudios realizados se ha demostrado en *Bromelia pinguin* L., la existencia de antioxidantes como compuestos fenólicos (taninos y flavonoides), terpenos, saponinas y ácidos grasos. (Meza- Espinoza et al., 2017).

CONCLUSIONES

De acuerdo con la revisión realizada hasta el momento podemos indicar que en *Bromelia pinguin* L. están reportados compuestos químicos como antioxidantes, compuestos fenólicos, terpenos, saponinas y ácidos siendo estos últimos identificados.

BIBLIOGRAFIA

- Espejo, A., López, R., Martínez, N., & Pulido, E. (2007). Bromeliad flora of Oaxaca, Mexico: richness and distribution
- Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Biología, El Colegio de la Frontera Sur - San Cristóbal de las Casas, Laboratorio. *Acta Botánica Mexicana*, 147, 71–147
- Del, U. A., México, E. D. E., Bromelia, D. E., Análisis, L. Y. S. U., Preliminar, F., Josefina, F., Mondragón, A., Leticia, D., González, B., Villafuerte, J. O., & Rodríguez, J. M. (2016). *ESTABLECIMIENTO DE CULTIVOS IN VITRO*
- *Índice general.*
- Espejo-Serna, A., & López-Ferrari, A. R. (2018). La familia Bromeliaceae en México. *Botanical Sciences* 96(3), 533–554. <https://doi.org/10.17129/botsci.1918>
- Payrol, J. A., & Martínez, M. M. (2000). Plantas medicinales. Estudio farmacognóstico de *Bromelia pinguin* L. *Revista Cubana de Farmacia*, 34(3), 181–186.
- Abreu Payrol, J., Miranda Martínez, M., & Lora García, J. (2001). Extracto etéreo de frutos de *Bromelia pinguin* L. (piña de ratón) por el sistema acoplado CG-EM. *Rev. Cuba. Farm.*
- Abreu Payrol, J., Miranda Martínez, M., Castillo García, O., & Redondo López, D. (2001). Ácidos carboxílicos del fruto de *Bromelia pinguin* L. (piña de ratón) por HPLC. *Rev. Cuba. Farm.*
- Galberto. (2017). Piña de ratón o piñuela (*Bromelia pinguin*), planta silvestre que nos da un postre muy rico llamado Atol de piñuela. 2017, de Steemit Sitio web: <https://steemit.com/spanish/@galberto/pina-de-raton-o-pinuela-bromelia-pinguin-planta-silvestre-que-nos-da-un-postre-muy-rico-llamado-atol-de-pinuela-wild-pineapple-of>
- Argález et al., (2015). La pulpa de 'Bromelia pinguin' tiene alto potencial antibacterial. 2015, de NCYT Sitio web: <https://noticiasdelaciencia.com/art/15125/la-pulpa-de-bromelia-pinguin-tiene-alto-potencial-antibacterial>
- Rowan, A. D., Buttle, D. J., & Barrett, A. J. (1990). The cysteine proteinases of the pineapple plant. *Biochemical Journal*, 266(3), 869–875
- Meza-Espinoza, L., García-Magaña, M. de L., Vivar-Vera, M. de los ángeles, Sáyo-Ayerdi, S. G., Chacón-López, A., Becerra-Verdín, E. M., Muy-Rangel, M. D., & Montalvo-González, E. (2017). Aspectos etnobotánicos, nutricionales y actividad biológica de extractos de frutos del género *Bromelia*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(4), 425–4

Chrysobalanus icaco L. UN RECURSO FRUTAL PROMISORIO

Vargas-Simón Georgina

¹División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.

*autor para correspondencia: gina83@gmail.com

Resumen. En este trabajo se resalta la importancia de un recurso vegetal promisorio, originario de la zona tropical de Latinoamérica y de África. Perteneciente a la familia Chrysobalanaceae, se destaca por ser un arbusto o árbol de hasta 4 m, las plantas de esta especie se caracterizan por tener hojas alternas, simples, coriáceas, de forma orbicular a ovado elíptica, el fruto es una drupa. Este trabajo muestra la experiencia de la autora y además realizó una revisión de las principales fuentes bibliográficas sobre diferentes aspectos de *C. icaco*, que la hacen una especie con múltiples propiedades y que su explotación sustentable pudiera servir para elevar la economía en las zonas rurales. Su principal uso es por sus frutos comestibles, los cuales se consumen en fresco, en jaleas y en almíbar. Los frutos tienen vitaminas y minerales, el pericarpio de frutos rosados y morados contienen antocianinas, flavonoles y flavonas. Su semilla contiene ácidos grasos; así mismo, en sus hojas se han detectado triterpenos, estos metabolitos lo han hecho un potencial anticancerígeno y antiglicémico, aparte de tener otros usos medicinales, en Brasil se venden las hojas secas y como tintura. Ecológicamente, se ha utilizado en programas de restauración en zonas costeras. Como ornamental en setos, si se promueve la síntesis de antocianinas con altas concentraciones de Ca se pueden obtener hojas rojizas. Su propagación es preferentemente por medio de semilla a las cuales se les puede escarificar para una germinación homogénea y vegetativamente se puede promover el enraizamiento por estacas de tallo, utilizando ácido indolbutírico.

Palabras clave. Antocianinas, flavonoles, flavonas, terpenos, propiedades medicinales, restauración ecológica

INTRODUCCION

Todos los estudios sobre los ecosistemas y sus especies clave deben ser una prioridad nacional de la investigación científica para llenar los vacíos en la información (Jiménez-Orocio *et al.*, 2015). Desde tiempos inmemorables, las comunidades siempre están buscando diferentes alternativas de alimentos, medicamentos que mejoren su calidad de vida. Por ello se debe reconocer el papel de los servicios que prestan los bosques para el progreso de la humanidad y la preocupación por el futuro de los ambientes tropicales (Manzanares, 2014), aunque las investigaciones han evolucionado en los últimos años, aún faltan recursos por descubrir y por difundir. Uno de estos casos es *C. icaco*, al que se han descubierto varios usos y propiedades nutricionales y medicinales que es imprescindible revisar en un solo documento. El icaco como comúnmente se conoce, se caracteriza por ser arbusto o árbol, se desarrolla principalmente en zonas arenosas y asociado a vegetación costera y a manglares. Este trabajo tuvo por objetivo mostrar la experiencia de la autora sobre *C. icaco* y de acuerdo a la revisión bibliográfica se muestran sus propiedades, que la hace ser una especie con múltiples atributos y que su explotación sustentable pudiera servir para elevar la economía en las zonas rurales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda de información científica sobre la especie en Google Académico y en el Consorcio Nacional de Recursos de Información Científica y Tecnológica (Conricyt) sobre morfología de la especie, usos y propiedades nutritivas y medicinales, así como formas de propagación, investigaciones y experiencias que servirán para su manejo.

RESULTADOS

Se conocen tres morfotipos de acuerdo a la coloración del exocarpo (amarillo, rosado y morado, Figura 1), mismos que se encuentran en forma silvestre o en huertos familiares (Vargas, 1998) genéticamente son iguales (Jiménez *et al.*, 2011). Independientemente del tipo, tienen una biomasa de $13.5 \text{ g} \pm 3.1$ peso fresco (PF), diámetro ecuatorial de $3.5 \text{ cm} \pm 0.2$ y diámetro polar de $3.2 \text{ cm} \pm 0.2$, valores promedio (Martínez *et al.*, 2016). En la tabla 1. Se observan las características bromatológicas de los frutos. En la tabla 2 se denotan otras características químicas:

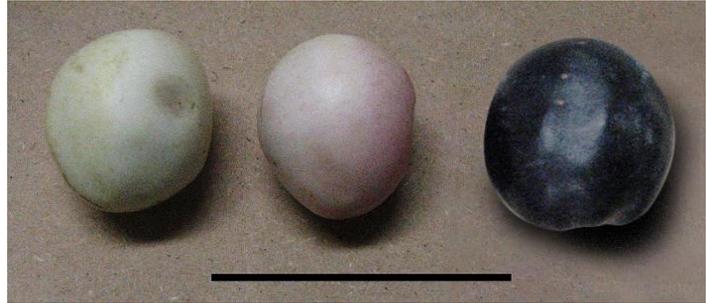


Figura 1. Morfotipos de icaco (*Chrysobalanus icaco*): amarillo, rosado y morado. La línea corresponde a 5 cm.

Tabla 1. Características del contenido de Proteína, Cenizas y Fibra de la pulpa de icaco*

Frutos	Proteína %	Cenizas %	Fibra %
Rojo	0.45±0.0a	0.54±0.0a	0.38±0.1a
Rosado	0.31±0.0b	0.39±0.0b	0.04±0.0b
Blanco	0.38±0.0a	0.53±0.0a	0.06±0.0b

*Martínez *et al.*, 2016. Medias de diferentes letras, difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

Tabla 2. Características Químicas de la pulpa de icaco AT (Acidez Total); AT (Azúcares Totales); AR (Azúcares Reductores).*

Frutos	AT (%A.C)	SST °Brix	pH	AT %	AR %
Rojo	0.20 ±0.0a	10.33 ±1.0a	3.98 ±0.1a	19.6 ±0.0a	0.67 ±0.0a
Rosado	0.02 ±0.0b	15.26 ±0.6b	4.00 ±0.1a	15.90 ±1.0b	0.71 ±0.0a
Amarillo	0.02 ±0.0b	13.83 ±1.3b	3.70 ±0.2b	18.51 ±0.0a	0.72 ±0.0a
Morado¹	0.09	12.7	5.6		

*Martínez *et al.*, 2016. Gonçalves *et al.*, 2017b¹. Medias de diferentes letras, difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

Los frutos tienen vitaminas y minerales (Ca, Fe, tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico) (Duke and Atchley); en cuanto al contenido de compuestos fenólicos, el exocarpo de frutos presentan antocianinas, peculiares en cada morfotipo (rosados, cianidina 3-arabinósido y morados, delphinidina 3,5 diglucósido), flavonoles y flavonas tanto en frutos como en hojas (quercetina 3-arabinósido, miricetina 3-*O*-glucurónido, apigenina 7-*O*-glucósido) (Vargas *et al.* 2000, Vargas *et al.* 2002, Barbosa *et al.* 2006, Gonçalves *et al.*, 2017a).

Su semilla contiene ácidos grasos, principalmente el estearico, 4-oxoparinarico, esteárico y oléico entre otros (Gunstone and Subbarao, 1967); así mismo, en sus hojas se han detectado triterpenos (ácidos betulínico, oleanólico y pomólico), estos metabolitos lo han hecho un potencial anticancerígeno (Neto *et al.* 2013, Pedrete *et al.* 2020), antiglicémico y antiobesidad en pruebas realizadas con ratas (White *et al.*, 2016), aparte de tener otros usos medicinales, entre ellos contra el Virus de Inmunodeficiencia Humana en células, pruebas realizadas *in vitro* (Gustafson *et al.*, 1991). Brasil, es el país donde se comercializan las hojas y las tinturas para los padecimientos señalados.

La especie, es propia de suelos arenosos y asociada a manglar y a vegetación costera (Vargas, 1998), por lo que se ha propuesto como una especie nativa para programas de restauración ecológica (Díaz, *et al.*, 2018), dado que se desarrolla como una especie con crecimiento arbustivo que produce un buen diámetro y funciona muy bien como fijadora en las dunas costeras. Como ornamental, en Venezuela, se ha utilizado como setos (obs. personal); Nissim-Levi *et al.* (2015), aplicaron 500 mL de 3.2. mM de $Mg(NO_3)_2$ para promover la producción de antocianinas en las hojas.

En cuanto a su propagación, puede reproducirse por semillas, es una especie recalcitrante, por lo cual sus semillas no pueden conservarse en contenidos de humedad bajos, por sus cotiledones oleaginosos. Pero se han realizado experimentos en su propagación por enraizamiento de sus estacas semileñosas utilizando ácido indolbutírico comercial a $10,000\text{ mgL}^{-1}$ (Vargas *et al.* 1999, Ramírez *et al.*, 2010). La dispersión de las semillas se realiza por monos, aves y tortugas en el medio acuático.

DISCUSIÓN

En el tamaño y color de los frutos solamente hay diferencias en los frutos amarillos en correspondencia con los rosados y morados, son más pequeños pero son los que se desarrollan en manglares. Se han hecho diferentes descubrimientos sobre los contenidos metabólicos de las especies, aparte las experiencias obtenidas permiten que la especie pueda ser propagada fácilmente.

CONCLUSIONES

Brasil es el único país donde se comercializan en mayor medida las hojas y las tinturas a base del extracto foliar. Su gran plasticidad de ambientes lo hacen una especie de gran capacidad adaptativa y resiliencia que le permite sobrevivir en condiciones de baja fertilidad como son los suelos arenosos o salitrosos como los de manglar. Es una planta promisoriosa para zonas rurales que pudieran explotar sustentablemente para elevar su nivel de vida, ya sea como planta de ornato, de vivero y elaboración de tinturas como complemento medicinal.

BIBLIOGRAFIA

- **Barbosa** WLR, Peres A, Gallori S, Vincieri FF. 2006. Determination of myricetin derivatives in *Chrysobalanus icaco* L. (Chrysobalanaceae). Rev Bras Farmacogn. 16(3): 333-337.
- **Duke** JA, Atchley AA. 1986. Handbook of proximate analysis tables of higher plants, Boca Ratón FL: CRC Press. Inc., ISBN: 0849336341
- **Gonçalves** NP, Lucena E, Bonilla OH, Silveira MRSD, Tavares FJC. 2017a. Bioactive compounds during the maturation of four fruits native to the Restinga forest of Ceara. Rev Bras Frutic. 39(5): e686. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452017686>

- **Gonçalves NP**, Lucena EM, Bonilla O, Tavares FJ. 2017b. Physico-chemical composition of native fruits of the Ceará coast at different development stages. *Rev Bras Eng. Agríc. Ambiental.* 21(9), 640-644. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n9p640-644>
- **Gunstone FD**, Subbarao R. 1967. New Tropical Seed Oils. Part 1. Conjugated trienoic and tetraenoic acids and their oxo derivatives in the seed oils of *Chrysobalanus icaco* and *Parinarium laurinum*. *Chem. Phys. Lipids* 1: 349-359.
- **Jiménez-Orocio, O.**, Espejel, I., & Martínez, M. L. (2015). La investigación científica sobre dunas costeras de México: origen, evolución y retos. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(2), 486-507. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.022>
- **Jiménez GME**, Méndez BES, Leshner G JM., Molina MRFM, Hernández MR. 2011. Una ventana al estudio del genoma del *Chrysobalanus icaco* L. *Kuxulkab.* 17(33): 61-65.
- Manzanares, K. (2014). Use of ecosystem services in the community «La Majagua». *Rev CFORES.* 2(1):45-54
- **Neto FC**, Pilon AC, da Silva BV,...Castro-Gamboa I. 2013. Chrysobalanaceae: secondary metabolites, ethnopharmacology and pharmacological potential. *Phytochemistry reviews*, 12(1), 121-146. doi: 10.1007/s11101-012-9259-z
- **Nissim-Levi A**, Kagan S, Ovadia R, Oren-Shami M. 2003. Effects of temperature, UV-light and magnesium on anthocyanin pigmentation in cocoplum leaves. *The J Hort Sci and Biotechno.* 78(1). 61-64. <http://dx.doi.org/10.1080/14620316.2003.11511588>
- **Pedrete, T. A.**, Hauser-Davis, R. A., Pereira, L. H., Torres, M. B., & Moreira, J. C. (2020). Glutathione and metallothionein as oxidative stress biomarkers in the medicinal plant *Chrysobalanus icaco* L. from different Brazilian regions. *Plant Biol Crop Res.* 3(1): 1015.
- **Ramírez-Villalobos, M.**, Urdaneta-Fernández, A., & Vargas-Simón, G. (2004). Tratamientos con ácido indolbutírico y lesionado sobre el enraizamiento de estacas de icaco (*Chrysobalanus icaco* L.). *Agronomía Tropical*, 54(2), 203-218.
- **Vargas-Simón, G.**, Arellano-Ostoa, G., & Soto-Hernández, R. (1999). Enraizamiento de estacas de icaco (*Chrysobalanus icaco* L.) sometidas a aplicaciones de auxinas. *Bioagro*, 11(3), 103-108.
- **Vargas SG.** 1998. Icaco (*Chrysobalanus icaco* L.), análisis químico de flavonoides y propagación por estacas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad.
- **Vargas SG**, Soto HRM, González MTR. 2002. Análisis preliminar de antocianinas en fruto de icaco (*Chrysobalanus icaco* L.). *Rev Fitotec Mex.* 25(3): 261-264.
- **White PA**, Araújo JM, Cercato LM, Souza LA, Barbosa APO, Quintans-Junior LJ,...Santos MRV. 2016. *Chrysobalanus icaco* L. leaves normalizes insulin sensitivity and blood glucose and inhibits weight gain in high-fat diet-induced obese mice. *J Med Food.* 19(2): 155-160. doi: 10.1089/jmf.2015.003

CIRICOTE: FRUTO NATIVO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, IMPORTANCIA Y POTENCIAL PARA INVESTIGACIÓN.

Jiménez-Morales Karina¹, Cuevas-Bernardino Juan C.², Ayora-Talavera Teresa¹, Pech-Cohuo Soledad¹, Pacheco Neith*¹

¹ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, subsele Sureste, Mérida, Yucatán, México.

² CONACYT – Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, subsele Sureste, Mérida, Yucatán, México.

*autor para correspondencia: npacheco@ciatej.mx

Resumen. El ciricote (*Cordia dodecandra* A. DC.) es una planta nativa del sureste de México, amenazada por la sobreexplotación de su madera. Su fruto, a pesar de ser valorado por la cultura maya desde la época prehispánica, ha ido perdiendo importancia en su consumo por diversos factores, volviéndolo un producto subutilizado. Existen pocos estudios que documentan sus características y propiedades fitoquímicas. Dos investigaciones recientes han reportado el potencial de la pulpa del fruto como antioxidante y antimicrobiano, así como de su actividad farmacológica contra asma de extractos de hojas y corteza del árbol. Documentar las investigaciones científicas sobre compuestos o nutrientes fitoquímicos, es relevante para ampliar la investigación multidisciplinaria de la especie, que permita contribuir a la conservación de la especie, fortalecer su valor e importancia, consumo, producción, aprovechamiento, comercialización y diversificación como alimento funcional o fuente de fitoquímicos para la generación de alimentos funcionales.

Palabras clave. Fruto nativo, ciricote, *Cordia dodecandra* A. DC., fitoquímicos, alimento funcional

INTRODUCCION

El fruto de ciricote o siricote, *Cordia dodecandra* A. DC (*Boraginaceae*) nativo de la Península de Yucatán, es una drupa [2], cónica-redondeada, de pulpa ácida y fragante, de color amarillo al madurar. Mide de 3-5 cm de diámetro, pesa de 25-55 g y 3-6 g de peso seco (endocarpio) y contiene de una a dos semillas comestibles (1-1.5 cm) [1]. Su producción es variable durante todo el año, con mayor abundancia en abril y mayo. El ciricote generalmente se cultiva para ornato y sombra, en huertos o traspatios familiares de comunidades rurales, áreas verdes de zonas urbanas y selvas medianas [2, 3]. El fruto de ciricote se consume en conserva, raramente en fresco, y se procesa a pequeña escala. Frutos nativos como el ciricote, actualmente se enfrentan a pérdidas en su variedad biológica, ocasionando su olvido o subutilización. [3, 4]. *Cordia* es un género subutilizado que agrupa plantas con propiedades o agentes terapéuticos y se han reportado propiedades biológicas o antioxidantes para especies como *Cordia dichotoma*, *Cordia myxa* [6] y *Cordia evolutior*. El objetivo de esta investigación documental fue hacer una búsqueda sobre información general y de publicaciones de investigaciones científicas del fruto de ciricote, que reporten sus características fisicoquímicas, componentes fitoquímicos, nutrientes o propiedades funcionales

de interés que agregue valor al fruto, con la finalidad de seguir ampliando o iniciar futuras investigaciones científicas sobre este fruto, que permitan contribuir en su conservación, valor y mejor aprovechamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las actividades que se siguieron para la recopilación de información sobre el fruto de ciricote, fueron la búsqueda en páginas oficiales de gobierno, en revistas científicas indexadas en el *Journal Citation Report* disponibles en bases de datos como: Science Direct, Consorcio Nacional de Recursos de Información Científica y Tecnológica (CONRICyT) y revistas locales de Universidades y Centros de Investigación Oficiales en sitios web Google Académico, en repositorios de tesis de centros de investigación o universidades. Posteriormente, se realizó la recuperación de documentos de interés, se realizó la revisión, análisis, interpretación de información y captura.

RESULTADOS

De la búsqueda de material bibliográfico sobre ciricote, se recuperaron aquellos documentos más recientes y/o disponibles Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de revisión bibliográfica

Páginas oficiales	Revistas			
	Indexadas JCR	Centros de Investigación, Universidades y Gobierno	Libros Editorial	Tesis
CONABIO	Revista mexicana de biodiversidad	Polibotánica	Cabi	Universidad Veracruzana
SAGARPA	Natural Product Research	Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional	Rainen Hampp Verlag	Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C
SEMARNAT	J. of ethnopharmacology	Economía, sociedad y territorio	Red temática sobre Patrimonio Biocultural de México	Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre
SDS Yucatán	Revista Brasileira de Fruticultura Human Ecology	Ciencia y Humanismo en la Salud Red temática de patrimonio biocultural Economía, sociedad y territorio Centro de Graduados e Investigación. ITM Semarnat Sectur-Uady		

De páginas oficiales de gobierno, se encontró información relevante en: La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA), Secretaría de Medio Ambiente y Recurso Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Yucatán (SDS). En revistas científicas indexadas en el *Journal Citation Report* y en revistas de universidades, centros de investigación, y gobierno como: Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto

Tecnológico de Mérida, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C, Centro de Investigación de Estudios Avanzados, Universidad Autónoma de México, Secretaría de Turismo de Yucatán. En tres libros y en dos tesis de maestría de la Universidad Veracruzana y el Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. y una tesis de licenciatura del Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre.

DISCUSIÓN

De la revisión y análisis de la información documental, se encontró que el ciricote es un fruto nativo de México, Guatemala y Belice, y en México su distribución esencial se presenta en la península de Yucatán (Yucatán, Campeche y Quintana Roo) y algunas partes bajas de Chiapas, Tabasco y Veracruz. Es una especie amenazada por la sobreexplotación de su madera [5], siendo una de las más explotadas en Yucatán en el siglo pasado. Actualmente, esta especie se reporta dentro del programa de conservación de frutas nativas por parte del gobierno del estado de Yucatán. No se encontraron estadísticas de producción y consumo, sin embargo, del análisis de la información disponible más reciente, se encontró que el ciricote presenta floración y fructificación variable debido a prácticas de cultivo y terreno, con producciones de 1.4 kg fruto/árbol en promedio en una cosecha, y capacidad de producción de hasta 35 kg fruto/año, en función de la antigüedad del árbol, factores que han impactado su consumo y aprovechamiento [5, 2].

El fruto de ciricote se consume principalmente en conserva, jaleas o dulce típico y se comercializa entre los huertos familiares que cuentan con cultivo de la especie, ciertos mercados locales, sin venta relevante en fresco en mercados regionales [3]. Se encontró que algunas empresas en Yucatán lo comercializan en forma artesanal en conserva [2, 6]. Diversos autores [3, 4] reportan que el fruto de ciricote, ha ido perdiendo importancia en su consumo a pesar haber sido apreciado por generaciones pasadas y de incluirlo actualmente como fruto no convencional, en el plato tradicional maya. Lo cual se ha debido a factores como la preferencia por frutos no nativos con sabores diferentes, disminución de colectas, falta de disponibilidad en mercados más accesibles para los consumidores, disminución de transmisión de su importancia de generaciones pasadas a nuevas, abandono y prácticas no estandarizadas de cultivo, sobreexplotación y deforestación.

De las publicaciones científicas en revistas indexadas y locales [6] reportaron las propiedades fisicoquímicas de extractos de pulpa de fruto de ciricote, demostrando que representan una fuente de compuestos bioactivos (flavonoides, ácidos fenólicos y carotenoides) con capacidad antioxidante y antimicrobiana, así como contenido relevante de calcio y potasio, sugiriendo que se requieren más investigaciones sobre caracterización farmacológica y toxicológica. Sánchez-Rencilla [7] reportaron que extractos obtenidos de hojas y corteza de ciricote presentaron efecto relajante en aislados de tráquea contraídos, información que contribuye a los antecedentes farmacológicos y fitoquímicos que agregan valor al uso tradicional de esta especie. Guillén-Poot [4] reportó estudios realizados a partir de extractos etanólicos de pulpa de ciricote (pulpa con cáscara), contenido de fitoquímicos fenólicos, capacidad antioxidante y antidiabética, concluyendo un uso potencial como alimento funcional y sugiriendo que se requieren más estudios. Suárez-Pool et al. [8] reportaron por otro lado la actividad de la polifeniloxidasas presente en pulpa de ciricote que provoca su oscurecimiento, y resaltaron la importancia de buscar más posibles usos del fruto, así como Méndez-Campo [9] reportó la caracterización fisicoquímica y extracción de compuestos bioactivos del fruto. Se observó que la investigación científica sobre ciricote es limitada y los autores concuerda en la importancia de continuar investigado las propiedades de este valioso fruto para resaltar y revalorar su importancia.

CONCLUSIONES

El fruto de ciricote es un fruto tropical nativo de la Península de Yucatán con potencial uso como alimento o fuente de componentes de compuestos fitoquímicos y funcionales, que requiere más investigación científica para documentar y contribuir a la conservación de la especie, fortalecer su producción, aprovechamiento, resaltar su valor y diversificación o explotación sostenible.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto de “Obtención de películas biodegradables y bioactivas a partir de xilano, quitosano y almidón de semillas de Ramón (*Bromisum alicastrum*) para aplicaciones como embalaje alimenticio” del CIATEJ.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Cordia dodecandra*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). www.biodeversidad.gob.mx, recuperado el 27/09/2020 <https://enciclovida.mx/especies/154535-cordia-dodecandra>,
- [2] Janick, J., & Paull, R. E. 2008. The encyclopedia of fruit and nuts. Indiana, Hawaii, USA. CABI. ISBN 978 0 85199 638 7
- [3] Castilla-Martínez (2013). Estudio integral para la conservación y aprovechamiento sostenible de frutales nativos en Yucatán (Tesis de maestría). Universidad veracruzana, Xalapa, Veracruz.
- [4] Gillén-Poot (2019). La plantas y frutas de la cocina tradicional yucateca como alimentos funcionales en la dieta diaria. (Tesis de maestría). Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
- [5] Yam-Chin, C., Montanez-Escalante, P., & Ruenes-Morales, R. (2014). Growth of young plants of *Cordia dodecandra* (Boraginaceae) in three successional stages of vegetation in Calotmul, Yucatán. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(2), 589-597.
- [6] Pacheco, N., Méndez-Campos, G. K., Herrera-Pool, I. E., Alvarado-López, C. J., Ramos-Díaz, A., Ayora-Talavera, T., ... & Cuevas-Bernardino, J. C. (2020). Physicochemical composition, phytochemical analysis, and biological activity of ciricote (*Cordia dodecandra* A. DC.) fruit from Yucatán. *Natural Product Research*, 1-5. Doi:10.1080/14786419.20220.1774763
- [7] Sánchez-Recillas, A., Rivero-Medina, L., Ortiz-Andrade, R., Araujo-León, J. A., & Flores-Guido, J. S. (2019). Airway smooth muscle relaxant activity of *Cordia dodecandra* A. DC. mainly by cAMP increase and calcium channel blockade. *Journal of ethnopharmacology*, 229, 280-287.
- [8] Suárez-Pool, Vargas-y-Vargas, Moo-Huchin, Loria-Sunza, Herrera-Méndez, Tamayo-Cortez. (2020). Evaluación de la actividad enzimática de la polifenoloxidasas y el contenido de compuestos fenólicos totales en pulpa de ciricote (*Cordia dodecandra*)
- [9] Méndez-Campos, G. K. (2020). Caracterización fisicoquímica, proximal y extracción de compuestos bioactivos del fruto del ciricote (*Cordia dodecandra* A. DC.) de la península de Yucatán. (Tesis de Licenciatura). Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre.

DESARROLLO DE BITÁCORAS DE CAMPO PARA UN PLAN DE TRAZABILIDAD EN EL CULTIVO DE *Theobroma cacao* L. CON DENOMINACIÓN DE ORIGEN

Medina-Telez Laura¹, Cano-Sosa Julia Del Socorro*².

¹Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán, ²Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, subsección Sureste, Mérida, Yucatán, México

*autor para correspondencia: jcano@ciatej.mx

Resumen. El cultivo de *Theobroma cacao* L. con denominación de origen, tiene una alta importancia cultural y económica a nivel nacional, además de ser un producto apreciado mundialmente por el uso de los granos como materia prima en la elaboración de chocolate, lo que implica un extenso proceso en la poscosecha. El objetivo de este trabajo es obtener bitácoras para la gestión del plan de trazabilidad en el cultivo de cacao, que permitan el rastreo en cada uno de los procesos de producción en este cultivo, y que estas a su vez, puedan ser usadas en campo por los productores, ya que actualmente los consumidores exigen, además de calidad, productos capaces de mostrar su origen y la historia detrás de los mismos, ello, debido a la preocupación creciente por minimizar los riesgos en los procesos dentro y fuera de la producción.

Palabras clave. Producción, poscosecha, calidad, rastreo, origen.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) pertenece al género *Theobroma*; vocablo griego que significa “alimento de los dioses”. La palabra cacao deriva del maya cacau; cac = rojo y cau = fuerza y fuego (Batista, 2009).

El cacao es un árbol perenne, que mide de 4 a 8 m de altura, de la familia Malvaceae (Avendaño *et al.*, 2011). Estudios por Pound y Cheesman en 1934, determinan que el cacao es originario de América del Sur, del área del alto Amazonas, que comprende países como Colombia, Ecuador, Perú, y Brasil, donde se ha encontrado una alta variabilidad. Desde este lugar de origen, las especies se fueron difundiendo y evolucionando en dos grupos de cacao con características fenotípicas y genotípicas bien definidas, las cuales corresponden a los cacaos Criollo y Forastero (Batista, 2009).

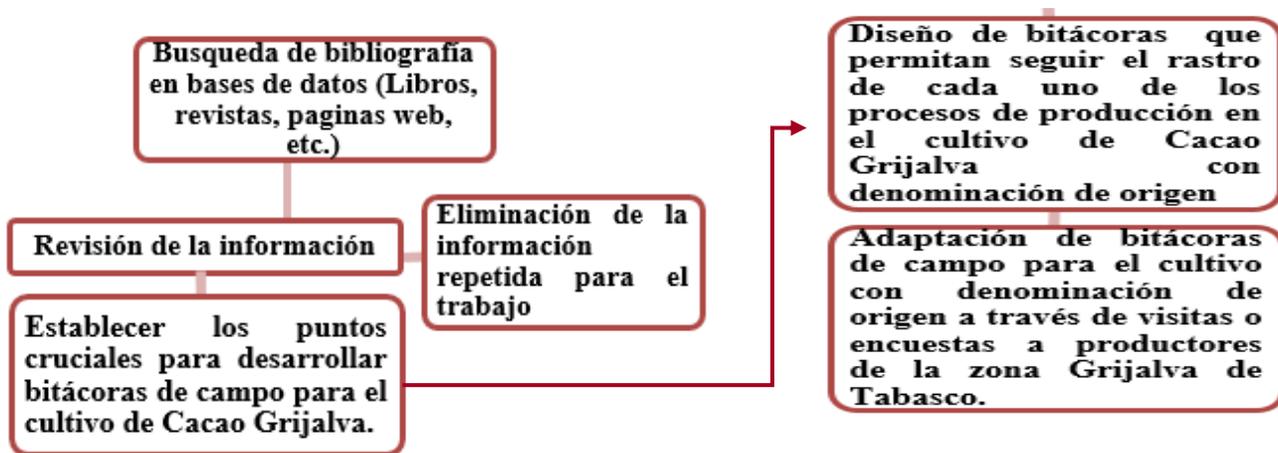
En el estado de Tabasco el cultivo de *Theobroma cacao* L. es una de las actividades comerciales más antigua e importante. La región Grijalva del estado de Tabasco está integrada por tres subregiones: Chontalpa, Sierra y Centro, en donde se produce la totalidad del cacao Grijalva con denominación de origen, publicado en el Diario Oficial de la Federación a través del Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (IMPI) el 29 de agosto de 2016, en el cual se otorgó la protección al cacao verde, tostado o molido de la especie *Theobroma cacao*. Una de las características que otorgan la identidad y la calidad del Cacao Grijalva con denominación de origen es que se

produce gracias al actuar conjunto de la naturaleza y el hombre en lo que se denominan selvas domesticadas (OMPI, 2017).

La región Grijalva en el Estado de Tabasco cuenta con características geográficas y edafoclimáticas que determinan la calidad del cacao, todo lo anterior hace que la región sea el lugar idóneo para dicho cultivo, al reunir todas las condiciones necesarias para su óptimo crecimiento, desarrollo de los frutos y sus características en el sabor y aroma, así como su proceso de poscosecha, por todas estas características hace que la calidad del cacao Grijalva no pueda ser encontrada en otras zonas del mundo (Díaz, 2017). Debido a esto, es un producto apreciado a nivel mundial principalmente por su uso en la elaboración de chocolate (Wickramasuriya & Dunwell, 2018). Hoy en día, la seguridad alimentaria se ha convertido en una preocupación para la población, debido a que en los sistemas de producción agrícola se ha encontrado la presencia de sustancias químicas nocivas por encima de los límites permisibles para alimentos, esto debido al mal uso de agroquímicos entre otros, que pueden amenazar tanto la calidad como la seguridad de los productos (ISO, 2017). Por ello, es importante conocer y trazar la historia de un producto durante todas las etapas de producción agrícola, hasta que este llega a la industria para ser procesada. Para esto existen principios de trazabilidad, que permiten documentar y/o localizar un producto a través de las etapas y operaciones involucradas en la fabricación, procesamiento, distribución y manipulación de piensos y alimentos, desde la producción primaria hasta el consumo, evitando que los productos inseguros lleguen a los clientes (Banerjee, R., & Menon, H. 2015).

Este trabajo tiene la finalidad de desarrollar bitácoras para un plan de trazabilidad, que permitan el rastreo en cada uno de los procesos de producción en el cultivo, y que estas a su vez, puedan ser usadas en campo por los productores de *Teobroma Cacao* L Grijalva con Denominación de Origen. Ya que actualmente en México no se cuenta con un sistema de trazabilidad alineado a este cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS



RESULTADOS

De la revisión realizada hasta el momento sobre el cultivo de cacao se realizaron formatos para bitácoras de campo para la siembra y control-registro de plagas y enfermedades, los cuales serán incorporados a un plan de trazabilidad que se está desarrollando como parte de proyecto global al cual esta inserta esta revisión. (Ver Figura 1 y 2).

BITACORA DE CAMPO (REGISTRO CONTROL PLAGAS Y ENFERMEDADES)									
NUMERO DE IDENTIFICACIÓN DEL TERRENO	FECHA DE TRATAMIENTO	NOMBRE COMERCIAL DEL PRODUCTO UTILIZADO	PRINCIPIO ACTIVO	No. DE REGISTRO FITOSANITARIO	MOTIVO DE LA APLICACIÓN	DOSIS	MODO DE APLICACIÓN	SEGURIDAD	OBSERVACIONES

Figura 1 Bitácora de siembra en el cultivo de cacao.

BITACORA DE CAMPO (SIEMBRA)									
NUMERO DE IDENTIFICACIÓN DEL TERRENO/PARCELA	PRODUCTOR/PERSONA JURIDICA	MUNICIPIO	CULTIVO	VARIEDAD	FECHA DE SIEMBRA	SUPERFICIE SEMBRADA	NÚMERO DE PLANTAS	LOTE/SEMILLAS	OBSERVACIONES

Figura 2 Bitácora para el control-registro de plagas y enfermedades en el cultivo de cacao.

DISCUSIÓN

La implementación de sistemas de trazabilidad involucra, en la mayoría de los casos, la incorporación de nuevas tecnologías de información que puedan posibilitar un registro admisible o fiable de los datos concernientes al proceso productivo en el sector agrícola y su transmisión a los diferentes eslabones que comprende dicha cadena agroalimentaria. Teniendo en cuenta que una cadena de suministro agroalimentaria puede consistir en una serie de entidades vinculadas entre agricultores, proveedores de insumos, cooperativas, empacadoras, transportistas, exportadores, importadores, mayoristas, minoristas y, por último, consumidores. El sistema de trazabilidad para el sector agrícola debe ser fiable, eficiente y a su vez preciso, es decir, debe de responder a las múltiples demandas

de información que pueda ocurrir durante dicho proceso, para poder aplicar medidas correctoras correspondientes (Banerjee, R., & Menon, H. 2015).

A través de los registros en bitácoras, se puede rastrear el movimiento de un producto desde la producción, la cosecha, el almacenamiento, el procesamiento y la comercialización del mismo. El sistema de registro en bitácoras es importante para el aseguramiento de calidad, ya que permite identificar y corregir errores de forma rápida. De esta forma las bitácoras diseñadas para el cultivo de *Teobroma cacao* L, son útiles para el desarrollo del plan de trazabilidad.

CONCLUSIONES

Se ha logrado obtener formatos para bitácoras de campo que podrán ser empleadas por productores de cacao con denominación de origen del estado de Tabasco, bitácoras que formarán parte de un plan de trazabilidad que se pretende desarrollar como parte del proyecto global del que forma parte este estudio.

AGRADECIMIENTOS

Desarrollo de estudios encaminados a contribuir al incremento de la productividad y competitividad del ecosistema del cacao y chocolate en el estado de Tabasco, a través de un estrategia integral y participativa de actores relevantes de los sectores gubernamental, empresarial, social y académico, que incluya la generación, integración, análisis y accesibilidad de información, la implementación de buenas prácticas y técnicas de producción, así como la divulgación de la temática asociada la denominación de origen del Cacao Grijalva y la capacitación especializada para cacoteros y chocolateros tabasqueños.

BIBLIOGRAFIA

- Avendaño ACH, Villareal-FJM, Campos RE, Gallardo MRA, Mendoza LA, Aguirre MJF, Sandoval EA, Espinosa ZS. 2011. Diagnóstico de cacao en México. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 80p.
- Banerjee, R., & Menon, H. 2015. Traceability in Food and Agricultural Products. International Trade Center, 1–48. <http://www.intracen.org/exporters/quality-management/><http://www.intracen.org/exporters/qualitymanagement/>[http://www.intracen.org/uploadedFiles/intracenorg/Content/Exporters/Exporting_Better/Quality_Management/Redesign/EQM Bulletin 91-2015_Traceabil](http://www.intracen.org/uploadedFiles/intracenorg/Content/Exporters/Exporting_Better/Quality_Management/Redesign/EQM_Bulletin_91-2015_Traceabil)
- Batista, L. (2009). Guía Técnica el Cultivo de Cacao en la República Dominicana. Santo Domingo, República Dominicana. CEDAF, 2009. 250p.
- Díaz, A. Y. 2017. La Denominación de Origen del Cacao Grijalva y sus implicaciones para el desarrollo regional. Revista de Análisis de Economía, Comercio y Negocios Internacionales, 11(1), 57–69. http://publicaciones.eco.uaslp.mx/VOL19/Volumen_11.0_4.PDF
- International Organization for Standardization. (2017). ISO and agriculture. 1–22. https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/ISO_agriculture.pdf<https://www.iso.org/publication/PUB100412.html>
- OMPI. (2017), Certificado de Registro Denominación de origen del cacao Grijalva. <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/1782002eceregulation.pdf>
- Wickramasuriya, A. M., & Dunwell, J. M. (2018). Cacao biotechnology: current status and future prospects. Plant Biotechnology Journal, 16(1), 4–17. <https://doi.org/10.1111/pbi.12848>

HUERTOS FAMILIARES COMO OPCIÓN ALIMENTICIA Y PRODUCTIVA FRENTE A LOS EFECTOS DE LA CRISIS POR COVID-19

Reyes-Santiago María del Rosario*¹, López-Santiago Blanca Atziry ², Ramos-López Bernabé Ignacio ³.

¹ El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Unidad Campeche.

² Instituto Tecnológico Superior de Teposcolula Oaxaca.

³ Instituto Politécnico Nacional CHDIR Unidad Oaxaca.

*autor para correspondencia: maria.reyes@ecosur.mx; mariadel.rosario@hotmail.com

Resumen. Para hacer frente a los desafíos que la crisis sanitaria por COVID-19 presenta, se han desarrollado acciones contingentes para proteger y fortalecer los medios de vida; diversificar productos y mercados; fortalecer alianzas, y fomentar la solidaridad a fin de procurar sistemas más resilientes. Se presenta el estudio de caso de San Pedro y San Pablo Teposcolula, Oaxaca, México. Se han utilizado herramientas de Investigación-Acción-Participativa cualitativas; como entrevistas, observación directa, y asesoría de expertos. Se señalan los efectos adversos, pero también las estrategias que la comunidad de San Pedro y San Pablo Teposcolula ha desarrollado para hacer frente a las nuevas condiciones de su entorno enfatizando en el aprovechamiento de diferentes frutos, y otras especies vegetales en huertos familiares. En los resultados se evidencia el “regreso” a una agricultura familiar a pequeña escala de especies alimenticias que se han cultivado tradicionalmente como el maíz, el frijol y las hortalizas; sin embargo, también se propone el cultivo de especies aromáticas y medicinales; las cuales pueden tener otro tipo de aprovechamiento, en la gastronomía, en el ámbito de la salud y de la cosmética, de atractivo para la población y para los visitantes. Cabe señalar que, ante esta situación emergente, la actividad científica en sus diferentes especialidades puede cristalizarse en estrategias y acciones concretas para afrontar los desafíos actuales de la comunidad.

Palabras clave. Desarrollo regional, Turismo sustentable, San Pedro y San Pablo Teposcolula, Oaxaca, Transdisciplinariedad.

INTRODUCCION

La presente investigación se ha desarrollado como un producto del Proyecto: “Capacidades Comunitarias para un Turismo Sustentable en la Mixteca Alta de Oaxaca”, el cual tiene como objetivo generar capacidades que le permitan a las comunidades de la mixteca alta oaxaqueña un mejor aprovechamiento de sus recursos participando en iniciativas de turismo sustentable.

Se reconoce que la actividad turística, como actividad productiva, no se realiza de forma aislada, sino que se inserta en sistemas socio ecológicos, como las comunidades; de forma que en su implementación y desarrollo, las condiciones del medio ambiente, las etapas por las que la comunidad transita, así como la composición y

funcionamiento de sus componentes; pueden impulsar o dificultar la implementación de las actividades económicas en lo general, y de la actividad turística en lo particular.

Frente a los desafíos que presenta la crisis sanitaria por COVID-19, se han desarrollado acciones contingentes para proteger y fortalecer los medios de vida; diversificar productos y mercados; establecer alianzas y fomentar la solidaridad; priorizando la inclusión, y la reducción de las desigualdades a fin de construir sistemas más resilientes (OMT, 2020).

El agroturismo es una forma de diversificar la actividad turística, que puede constituirse como una alternativa para la reactivación de las zonas rurales (Parra-López y Calero-García, 2006); y es especialmente provechoso cuando se realiza en espacios rurales y familiares, pues permite articular una o varias de las fases de producción agropecuaria, con otras actividades como las artesanías o la gastronomía (Blanco y Riveros, 2010).

En las comunidades los huertos familiares de traspatio pueden ser una primera alternativa para iniciar con esta modalidad de turismo. El huerto de traspatio tiene un origen ancestral y ha sido la base de muchas civilizaciones incluyendo las mesoamericanas; y su arreglo y diseño se ha ido adaptando a las condiciones ecológicas de los diversos territorios.

Hoy el huerto se establece en cualquier espacio libre de la casa; y en él se producen: hortalizas, frutas, plantas medicinales, hierbas aromáticas, flores, plantas decorativas, entre otras. Su diseño es muy diverso según la creatividad de los participantes.

Se pueden utilizar, como soporte de las plantas, el suelo in-situ, o diversos sustratos orgánicos o minerales, contenidos en macetas, llantas, cubetas, botes viejos, cajones de madera nueva o usada, troncos, etc.

Como se puede observar hablar de turismo sustentable, en nuestra actualidad, es ampliar las opciones productivas, desarrollar complementariedades, y generar estrategias para la sobrevivencia y desarrollo de las comunidades, atendiendo a los retos de esta situación sin precedentes que nos tocó vivir.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se han utilizado herramientas de Investigación-Acción-Participativa cualitativa como entrevistas, observación directa, y asesoría de expertos. Se ha empleado una metodología de orientación cualitativa que permite acercarnos de manera reflexiva a la práctica para producir conocimiento, y a partir de este poder generar mejoras y transformaciones sociales (Zúñiga-González et al., 2016). Las acciones realizadas permitieron documentar los cambios en la comunidad, a causa de la crisis por COVID-19, evidenciar las acciones emprendidas en el cultivo de alimentos, y proponer pautas de acción para el aprovechamiento de otras especies, en el marco del turismo sustentable.

RESULTADOS

El Municipio de San Pedro y San Pablo Teposcolula, Oaxaca, México; es un “pueblo mágico” que se inserta en la Ruta turística Dominica, cuenta con numerosos atractivos culturales y arqueológicos, se ha identificado como una población con vocación turística en la Mixteca Oaxaqueña; y por sus condiciones de conectividad, movilidad, comercio y servicios se encuentra en tensión entre los espacios rural y urbano.

En este contexto, la situación de la contingencia sanitaria derivada del COVID-19 ha ocasionado que la conectividad entre los centros urbanos y la comunidad de San Pedro y San Pablo Teposcolula se limiten al mínimo; como consecuencia la actividad turística es prácticamente nula y el comercio se encuentra muy limitado; estas condiciones permiten observar los cambios que un escenario sin visitantes ha generado.

Al no tener ingresos por venta de comida las cocineras, y en lo general quienes proveen a la familia, tratan de economizar consiguiendo elementos de la naturaleza, es decir recolectando del monte directamente alimentos como guajes y nopales.

Pero también se comenzaron a realizar huertos para cosechar algunos de los alimentos principales como el maíz, el frijol y las hortalizas.

“...Se está regresando porque antes todo comprábamos...” (Z. García, 2020).

“...empezamos a sembrar en la casa ...” (D. López 2020)

Y entre vecinos se comparten los ingredientes que no hay en el mercado, retomando el trueque como forma de intercambio.

“. Si, ahora ya no se compra todo si lo tenemos en casa mejor de casa, o compartimos...” (R. Cruz, 2020).



Figura 1. Huerto familiar en San Pedro y San Pablo Teposcolula.

DISCUSIÓN

En San Pedro y San Pablo Teposcolula, la actividad agrícola ha resurgido. Se observa el “regreso” a la agricultura a pequeña escala a fin de satisfacer la demanda de productos alimenticios; como un complemento de los ingresos; y como un recurso que posibilita la cercanía entre los miembros de la familia y la comunidad en acciones como el intercambio (trueque); y en la reproducción de las recetas tradicionales de la comunidad.

En los resultados comienzan a evidenciarse algunos de los beneficios de estas prácticas para la sobrevivencia y desarrollo de la comunidad (e.g. Campuzano, 2014). Sin embargo, existen otros cultivos: plantas aromáticas y medicinales; las cuales pueden tener otro tipo de aprovechamiento, en la gastronomía, en el ámbito de la salud y de la cosmética; que son atractivos para la población y para el turismo.

Tomillo, Ruda, Romero, Manzanilla, y Árnica; por mencionar algunos ejemplos, son opciones de cultivos cuyo aprovechamiento no solo puede generar beneficios económicos; también presentan un valor cultural ancestral, que

puede ser utilizado en infusiones, aceites, pomadas etc; y cuya producción y aprovechamiento constituye una alternativa de agroturismo que aún no ha sido considerada.

CONCLUSIONES

En esta investigación se han señalado los efectos adversos que la crisis sanitaria ha originado en la comunidad de San Pedro y San Pablo Teposcolula, pero también se evidencian pautas de acción, y se proponen estrategias, que la comunidad puede desarrollar para diversificar su actividad económica, iniciándose en el ámbito del ecoturismo; y diversificar su oferta de productos y servicios para los visitantes.

Cultivar los alimentos proporciona beneficios económicos, pero también, un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, de la tierra, del agua, del tiempo, de los mismos productos que se cultivan; satisfacción personal, cohesión, lazos de amistad y solidaridad; y acciones innovadoras, como la incursión en nuevos cultivos, que favorecerán la continuidad de la vida comunitaria.

El cultivo de especies alimenticias, aromáticas y medicinales, en el ámbito del turismo pueden eslabonarse a diferentes actividades y subproductos en la forma de: Jardines exóticos o de hierbas, productos y artesanías, ferias agrícolas y locales, eventos especiales, visitas a granjas y huertos, alojamiento y alimentación rural, spas y medicinas alternativas.

En el ámbito de la academia, este es un ejercicio de transdisciplinariedad, en el cual, ante esta situación emergente, de crisis sanitaria por COVID-19, la actividad científica puede cristalizarse en estrategias y acciones concretas para afrontar los desafíos actuales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Programa de Estancias Posdoctorales para Mujeres Indígenas en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas CONACYT-CIESAS—IDRC Canadá por el apoyo brindado durante la realización de esta investigación.

BIBLIOGRAFIA

- Blanco, M., y Riveros, H. 2010. El agroturismo como diversificación de la actividad agropecuaria y agroindustrial. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) (Ed.). San José, Costa Rica. 268 p. ISBN13: 978-92-9248-193-3.
- Campuzano, Anhay Guadalupe. 2014. Huertos familiares una estrategia para la sustentabilidad y seguridad alimentaria aplicado en la comunidad de Santa María del Monte; Zinacantepec, Estado de México. <http://ri.uaemex.mx/handle/123456789/32708>
- OMT. 2020. RECOMENDACIONES DE LA OMT SOBRE TURISMO Y DESARROLLO RURAL Una guía para convertir el turismo en una herramienta de desarrollo rural efectiva. Recuperado el 10 de octubre de 2020 de: <https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284422210>
- Parra-López, E., Calero-García, F .G. 2006. Agrotourism, sustainable tourism and Ultraperipheral areas: The Case of Canary Islands. PASOS. 4: 85-97. <http://www.pasosonline.org/Publicados/4106/PS060106.pdf>
- Zúñiga-González, C., Jarquín-Sáez, M., Martínez-Andrade, E., y Rivas García, J. (2016). Investigación acción participativa: Un enfoque de generación del conocimiento. Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático, 2(1), 218-224. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v2i1.5696>

EVALUACIÓN DEL VALOR ORNAMENTAL DE *Polianthes tuberosa* PRODUCIDO BAJO UN SISTEMA DE CULTIVO ORGÁNICO EN DIFERENTES MEZCLAS DE SUSTRATO.

Tun-Balam Jacqueline¹, Pacheco Neith¹, Cano-Sosa Julia¹, Villanueva-Couoh Eduardo², Ramos-Díaz Ana*¹

¹ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, subsele Sureste, Mérida, Yucatán, México. Carretera Sierra Papacal-Chuburna Puerto. 97302

² Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n Conkal, Yucatán C.P. 97345

*autor para correspondencia: aramos@ciatej.mx

Resumen. El nardo es una planta ornamental de gran importancia económica como flor de corte, en la industria de perfumes y alimentos. La producción de plantas ornamentales mediante sistemas convencionales garantiza altos rendimientos y la calidad de la producción, sin embargo, la aplicación desmedida e inadecuada de productos sintéticos ha ocasionado problemas en el ecosistema y salud humana. Una alternativa que se ha implementado son los sistemas de producción orgánica que emplean prácticas sostenibles con el objetivo de minimizar los efectos negativos. El objetivo de este trabajo fue generar una alternativa de producción del cultivo de nardo estableciendo un sistema orgánico, en donde se evaluó el valor ornamental, para esto se caracterizó fisicoquímicamente mezclas de sustratos locales y comerciales. El resultado de la caracterización fisicoquímica mostró que existen diferencias significativas entre las mezclas evaluadas. El largo de la inflorescencia de la mezcla local (18.74cm) fue mayor comparado con la mezcla comercial (14.37cm). En cuanto a los parámetros de número de botones florales, longitud y diámetro de la vara floral no mostraron diferencia significativa, por lo tanto, el estudio propone que el sustrato local es igual de adecuado que la mezcla del sustrato comercial para el crecimiento y desarrollo del nardo.

Palabras clave. *Polianthes tuberosa*, cultivo orgánico, ornamental, calidad comercial y sustrato local.

INTRODUCCION

El nardo (*Polianthes tuberosa*) es una planta ornamental que se cultiva en áreas subtropicales. Económicamente presenta una demanda alta como flor de corte y en la industria de aceites esenciales y alimentos (Asil *et al.*, 2011; Muriithi *et al.*, 2011; Pérez *et al.*, 2019). SIAP, 2018 reportó un valor de producción total en miles de pesos de 61, 955.94 bajo sistemas convencionales, en donde el proceso de producción se enfoca en aumentar el rendimiento, disminuyendo costos. Para esto se utilizan productos sintéticos de forma inadecuada generando una problemática ambiental y en la salud de los humanos. Una alternativa a este daño desmedido que se genera, son los sistemas de producción orgánica en donde se sustituyen los productos sintéticos y se utilizan enmiendas con abonos y productos que provienen de residuos de la agroindustria como sustratos alternativos (Prado *et al.*, 2018; Andersen *et al.*, 2003; NOM-037 FITO-1995).

La cascarilla de arroz, madera y coco son considerados sustratos alternativos que se obtienen de residuos agroindustriales, estos sustratos se encuentran disponibles, son económicos y no representan un efecto negativo en el ambiente. Sin embargo, para la elaboración de una mezcla adecuada es necesario considerar las características físicas, químicas, el precio y la disponibilidad de los sustratos (Gayosso *et al.*, 2016; Quesada *et al.*, 2005; Sáez, 1999).

La implementación de un sistema de cultivo que considere prácticas de producción orgánica como alternativa para el cultivo de nardo permitirá que el producto sea libre de sintéticos, bajar los costos de producción manteniendo las características morfológicas (diámetro, longitud, largo de la inflorescencia, número de botones de la inflorescencia), días a la floración y número de varas por maceta que se requieren para darle el valor ornamental. El objetivo de este trabajo fue evaluar el valor ornamental de *Polianthes tuberosa* producido bajo un sistema de cultivo orgánico en diferentes mezclas de sustrato.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área experimental se estableció en un invernadero modelo diente de sierra. Los sustratos locales utilizados en este experimento fueron adquiridos dentro de la península de Yucatán greña de coco (GC) y hojarasca (H), los sustratos comerciales fueron adquiridos de forma exterior perlita (P) y peat moss (T). Las mezclas establecidas fueron cuatro GHS1 (1:1:2); GHS2 (1:4:5); PS (1:1); PTS (4:1:5), todas las mezclas fueron combinadas con tierra negra (leptosol lítico; Bautista *et al.*, 2012). Las mezclas se caracterizaron evaluando Densidad real (Dp), Densidad aparente (Db) Capacidad de Retención de Agua (CRA), porosidad (St) Conductividad eléctrica (EC) y pH (Carter *et al.*, 2007).

Los bulbos de nardo (*Polianthes tuberosa* variedad “Valenciana”) fueron comprados en la empresa flores finas de Teya, Yucatán. Para el establecimiento del cultivo se utilizó macetas con capacidad de 8 litros, por cada mezcla se realizaron 40 repeticiones. Se plantaron a una profundidad de 8 cm, a cada maceta se le añadió 10 g de abono (Abono Maya, S.P.R De R.L. De C.V.) y se distribuyeron al azar. La fertilización se realizó cada 15 días con el producto Seven7+ Soil stimulant. Se registró la temperatura, intensidad lumínica y humedad relativa (HR) y se instalaron seis tensiómetros dentro del invernadero. El riego se realizó durante las mañanas o por las tardes cada cuatro días.

La evaluación del valor ornamental consistió en el análisis de las variables de estudio (registro de días a la salida de la vara floral, días a la floración, número de varas por maceta y de los parámetros morfológicos de la flor de corte) comparando con lo reportado bajo un sistema de producción convencional. Se realizó un análisis de varianza con el software Statgraphics, mediante una comparación de medias por LSD. Considerando estadísticamente significativo con un valor de P menor que 0.05.

RESULTADOS

La temperatura registrada durante el experimento fue de 26 a 32 °C, la HR se registró entre 60-90 % y la intensidad lumínica en un rango de 2500 a 11000 lux. Las variables de pH, St y CRA las cuales se tomaron como parámetros mostraron diferencias significativas. Los valores más altos para el pH fueron para GHS1 (5.67) y PTS (6.11). La

St y CRA mostró ser más alta en las mezclas comerciales debido a su contenido de P y T que son sustratos que se caracterizan por retener mayor cantidad de agua a diferencia de la GC y la H (Tabla 1). Comparando las cuatro mezclas propuestas con el cultivo convencional de acuerdo con Lim (2014) y Castell (1990) se obtuvieron rangos adecuados para cubrir con los requerimientos (drenaje alto, rico en materia orgánica y pH entre 5.6-7.5), del cultivo de nardo.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de las mezclas para el cultivo del nardo

Mezcla	pH	Dp (g/ml)	Db (g/ml)	St	EC (ppm)	CRA
GHS1	5.67a	474a	0.60a	1.01ab	0.40a	60.44a
GHS2	5.49b	366a	0.59a	1.01a	0.41a	70.94b
PS	5.53a	362a	0.62a	1.04b	0.40a	84.52c
PTS	6.11c	437a	0.62a	1.02ab	0.38a	82.27c

Letras diferentes indican diferencia significativa $P < 0.05$

El análisis estadístico en donde se evaluó la salida y floración en días no mostro diferencia significativa entre las mezclas de los sustratos lo cual indica que no hay variación al realizar una comparación entre la mezcla local y comercial (Tabla 2).

Tabla 2. Evaluación de salida y floración en días para el cultivo de nardo

Mezcla	Salida vara floral (días)	Floración (días)
GHS1	221.0a	107.7a
GHS2	219.3a	105.4a
PS	227.1a	106.1a
PTS	223.5a	104.2a

Letras diferentes indican diferencia significativa $P < 0.05$

La evaluación del valor ornamental del nardo mostró el largo de la inflorescencia y número de hojas por vara diferencia significativa y los valores más altos se encuentran en las mezclas locales. El número de botones florales, longitud de la vara, diámetro de la vara no mostraron diferencia significativa entre sustratos locales y comerciales (Tabla 3).

DISCUSIÓN

De acuerdo con lo reportado por Lim (2014) y Castell (1990) para la obtención de plantas de calidad, los sustratos deben tener drenaje alto, ricos en materia orgánica y con un pH entre 5.6-7.5, lo cual resulta similar con los rangos obtenidos en este análisis (Tabla 1). Villanueva *et al.* 2010 señala que el uso de sustratos regionales (70% bagazo de henequén + 30% suelo) favoreció el aumento del diámetro de la flor, el peso de materia fresca, seca de follaje, raíz, y área foliar en combinación con diferentes dosis de fertirriego en el cultivo de *Chrysanthemum morifolium* Ramat. Para este estudio las mezclas locales mostraron mayor largo de la inflorescencia y número de hojas de la vara floral, las variables morfológicas no presentan diferencia significativa, este resultado representa una opción para la implementación de un sistema orgánico de nardo.

Tabla 3. Evaluación de las variables para flor de corte del cultivo de nardo

Mezcla	Numero de botones florales	Longitud de la vara (cm)	Diámetro de vara (cm)	Numero de hojas por vara	Largo de la inflorescencia (cm)
GHS1	20.84a	51.83a	4.08a	8.66a	18.74 a
GHS2	20.68a	49.29a	4.05a	9.51ab	17.59ab
PS	15.42a	43.43a	3.55a	7.02ab	13.68ab
PTS	17.91a	47.71a	4.03a	7.71b	14.37b

Letras diferentes indican diferencia significativa $P < 0.05$

CONCLUSIONES

La aplicación de los sustratos locales (GC y H) en el establecimiento del cultivo de nardo demostró ser una alternativa viable para sustituir sustratos comerciales (P y T) que provienen de recursos no renovables y causan daño al ambiente. En los análisis no se observó diferencia significativa en los parámetros morfológicos, por lo tanto, al utilizar sustratos locales se reutilizan residuos de la agroindustria, favoreciendo los costos de producción. En combinación con prácticas sostenibles favorece el crecimiento, desarrollo y el rendimiento del cultivo de nardo, manteniendo el valor ornamental.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por la beca otorgada con número de becario 659169.

Al centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ) Subsele Sureste por la beca complementaria.

BIBLIOGRAFIA

- Andersen M, Pazderka C. 2003. Es la certificación algo para mí?. Una guía práctica sobre por qué, cómo y con quién certificar productos para la exportación. 1era ed. RUTA/FAO, ISBN: 9968-866-30-X.
- Asil M, Rooin Z, Abbasi J. 2011. Response of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) to Gibberellic acid and Benzyladenine. Horticulture Environment and Biotechnology, 52:46-51. doi: [10.1007/s13580-011-0073-0](https://doi.org/10.1007/s13580-011-0073-0)
- Bautista F, Maldonado D, Zinck A. 2012. La clasificación maya de los cueros. Ciencia y desarrollo, 260:64-70.
- Castell J. 1990. El Nardo. Horticultura, 58: 7-24.
- Carter, M.R. Gregorich, E. 2007. Soil Sampling and Methods of Analysis. 2da ed. Canadian Society of Soil Science. Prensa CRC, ISBN 9780849335860.
- Gayosso-Rodríguez S, Borges-Gómez L, Villanueva-Couoh E, Estrada-Botello M, Garruña-Hernández R. (2016). Sustratos para producción de flores. Agrociencia, 50:617-631.
- Lim T. 2014. Edible medicinal and non-medicinal plants. 1era ed. Springer, Dordrecht, ISBN 9789400773943.
- Muriithi A, Wamocho L, Njoroge B. 2011. Distribution, production and quality characteristics of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cut flower in Kenya. Afr. J. Hort. Sci., 5:26–35.

- Pérez-Arias G, Alia-Tejacal I, Colinas-León M, Valdez-Aguilar L, Pelayo-Zaldívar C. 2019. Postharvest physiology and technology of the tuberose (*Polianthes tuberosa* L.): an ornamental flower native to México. Horticulture Environment, and Biotechnology, 60:281–2931. doi:10.1007/s13580-018-00122-4
- Prado M, García D, Sastre R. 2018. Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. Revista Ecosistemas, 27:81–90. doi:10.7818/RE.2014.27-2.00
- Quesada G, Méndez C. 2005. Análisis fisicoquímico de materias primas y sustratos de uso potencial en almácigos de hortalizas. Rev. Agr. Trop., 35:1–13.
- Sáez J. 1999. Use of Growing Mediums in the Nursery Production. Terra Latinoamericana, 17:231–235.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2018). Atlas agroalimentario. Recuperado el 09 de abril de 2019 de https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario2018.
- Villanueva-Couoh E, Alcántar-González G, Sánchez-García P, Soria-Fregoso M, Larque-Saavedra A. 2010. Nutrición mineral con nitrógeno, fósforo y potasio para la producción de *Chrysanthemum morifolium* Ramat. con sustratos regionales en Yucatán, México. Terra Latinoamericana, 28:43–52.

EL ESQUEMA LEGAL DE PROTECCIÓN *SUI GENERIS* DE LAS MEDICINAS TRADICIONALES EN OAXACA, MÉXICO Y LOS ELEMENTOS BIOCULTURALES ASOCIADOS

Martínez - Aguilar Gabriela*¹

¹ *El Colegio de la Frontera Sur / Unidad San Cristóbal, Chiapas. Posdoctorante dentro del Departamento de Salud e integrante del Programa de Estancias Posdoctorales para Mujeres Mexicanas Indígenas en Ciencia, Tecnología, Ingenierías y Matemáticas*

*autor para correspondencia: negociosintles@gmail.com

Resumen. En México, el esquema de “protección jurídica *sui generis*” parte de un conjunto de estrategias legales reconocidas por el sistema nacional e internacional para la protección de la medicina tradicional y los elementos asociados, entre ellos algunas variedades vegetales. Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo la discusión y análisis de estrategias de protección a dichos elementos y sus aplicaciones en propiedad intelectual en relación con la medicina tradicional oaxaqueña, como prototipo para su extensión al resto de las medicinas tradicionales de México. La investigación es cualitativa, con aproximación a la investigación acción, basada en fuentes primarias en trabajo de campo y secundarias mediante una revisión exhaustiva de fuentes de archivos nacionales e internacionales centrados en el Estado de Oaxaca, México, que abarca los años de 2015 a 2018. Como parte de los resultados se encontró que de las distintas formas a considerarse para una protección de algunos elementos bioculturales asociados a la medicina tradicional en Oaxaca, la protección defensiva podría considerarse para evitar de inicio su apropiación indebida, ilegítima o de explotación. Se concluye finalmente la viabilidad de dicho esquema a partir de una adaptación de sus particularidades, como lo son la documentación y sistematización de las prácticas médicas tradicionales para una protección defensiva, proponiendo la estrategia de las bases de datos para evitar su apropiación indebida, ilegítima o de explotación. Asimismo, el trabajo contribuye a distinguir el derecho individual y el colectivo, así como a favorecer la defensa de los recursos bióticos asociados a la medicina tradicional.

Palabras clave. Conocimientos tradicionales, propiedad intelectual, recursos bióticos.

INTRODUCCION

En México, el esquema de “protección jurídica *sui generis*” parte de un conjunto de estrategias legales reconocidas por el sistema nacional e internacional para la protección de la medicina tradicional y los

elementos asociados, entre ellos algunas variedades vegetales. Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo la discusión y análisis de estrategias de protección a dichos elementos y sus aplicaciones en propiedad intelectual

en relación con la medicina tradicional oaxaqueña, como prototipo para su extensión al resto de las medicinas tradicionales de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es cualitativa, con aproximación a la investigación acción, basada en un primer momento en fuentes primarias como entrevistas a profundidad, semi estructuradas y la observación participante en trabajo de campo sobre prácticas medicinales tradicionales, y en un segundo momento una revisión exhaustiva de archivos nacionales e internacionales que exponen en sus lineamientos la factibilidad del sistema *sui generis* como herramienta legal de protección a las mismas. El tamaño muestral teórico se basó en el abordaje a 20 médicos y médicas tradicionales distribuidos en tres regiones del Estado de Oaxaca, México: Sierra Norte, Istmo de Tehuantepec y Valles Centrales, abarcando curanderos y curanderas *benni za'a*, *mixes* e *ikoots*, que abarca un registro de los años de 2015 a 2018.

RESULTADOS

De las distintas formas a considerarse para una protección de algunos elementos bioculturales asociados a la medicina tradicional en Oaxaca, la protección defensiva podría considerarse para evitar de inicio su apropiación indebida, ilegítima o de explotación. Para tales fines, y en términos de la propiedad intelectual el ostentor del Conocimiento Tradicional es el “titular” materializado por un individuo, una comunidad, pueblo o nación indígena que crea, desarrolla y practica Conocimientos Tradicionales en un contexto tradicional.

El principal esquema de transmisión del conocimiento en medicina, conforme prácticas tradicionales *zapotecas*, *mixes* e *ikoots* de Oaxaca continúa siendo “el oral”. Sin embargo, ya no prescinde del entorno familiar o comunitario para iniciarse en ella, sino que parte de la identificación de quien amerite ser introducido a la medicina tradicional para ejercerla. El contexto comunitario en el ámbito regional se ha convertido también en un método efectivo para el enriquecimiento y preservación de la medicina tradicional.

Los contextos tradicionales bajo los que se practica y se desarrolla la medicina tradicional en Oaxaca están asociados a sistemas normativos consuetudinarios propios, con técnicas de construcción y diseños vernáculos; se desarrollan por el conocimiento relacionado con su medio ambiente; así como en torno a sus expresiones culturales relacionadas a la preparación de alimentos y compuestos medicinales, sus rituales, sus creencias y tratamientos de las enfermedades que al conjuntarse con elementos religiosos católicos conforman el sincretismo que dota la eficacia simbólica a sus procedimientos terapéuticos.

La medicina tradicional ya sea que se ejerza de manera individual o colectiva es sacra y está vinculada a aspectos socio-culturales que le permiten mantener su carácter tradicional. Los rituales que revisten de un carácter sacro y espiritual, una protección se hace necesaria principalmente por el uso de plantas sagradas que además requieren, para su adecuado manejo y sobre todo para que el ritual manifieste en el enfermo la eficacia simbólica que lo sane, un aprendizaje constante de quien las manipule aunado a la legitimidad colectiva de la que deba gozar para realizarla.

DISCUSIÓN

Desde la perspectiva de la propiedad intelectual, el término “protección” implica la utilización de herramientas del Derecho Positivo (LFDA, 1996), en este caso para impedir el uso no autorizado o indebido de los Conocimientos Tradicionales por terceros (OMPI, 2015), por lo que antes de que esto suceda se deberá consultar con su poseedor y mantener con aquél un acuerdo con condiciones pertinentes para su uso o explotación e informarle acerca de las posibles consecuencias del mismo. Partiendo de aquí la protección no es un fin en sí mismo, sino un medio para objetivos de política más amplios que consideran entre otras áreas la creación de riqueza o la pérdida de la biodiversidad biológica (Cámara, 1999). Es por ello que por medio de la legislación internacional, la figura de protección *sui generis*, se ubica como un sistema único concebido exclusivamente para abordar las necesidades e intereses de una cuestión en particular y desde la propiedad intelectual (Donoso, 2007), para proteger derechos que no están contemplados dentro de la doctrina tradicional en el que se insertan los elementos bioculturales, entre ellos variedades vegetales, que conforman el universo de los conocimientos asociados a la medicina tradicional.

Así, en términos del patrimonio biocultural, la protección de un conocimiento tradicional por tanto, implica el reconocimiento y protección total de los derechos de los pueblos indígenas y las comunidades locales a la propiedad y control de su patrimonio biocultural, incluyendo su conservación para asegurar el sustento de vida y la restitución del patrimonio que les haya sido arrebatado.

Continuando con la figura *sui generis*, ésta ha repercutido favorablemente en países con experiencia en esta materia: 9 países del Continente Africano, 3 de Oceanía, 8 del Continente Europeo, de América Central y el Caribe se encuentran 4, en América del Sur están 8, en el Continente Asiático se encuentran los tres países más avanzados dentro de este esquema: China, India y Tailandia y de América del norte se encuentran la mayoría a excepción de México, sugiriendo esto una contradicción relevante dado que se ubica como un país “megadiverso” junto a 17 países más, abarcando todos un 70% de la diversidad mundial de especies, además de ser uno de los tres países megadiversos en el Continente Americano junto a Estados Unidos y Colombia (CONABIO, 2017). Lo que permite inferir que tendría que ser suficiente razón para que en lo federal se promoviera el registro y tratamiento de las especies vegetales, con objeto de brindarles protección legal y no solo para fines de investigación y/o generación de conocimiento.

Por todo lo anterior, se ubican cauces legales iniciales para México respecto a la protección de los elementos bioculturales asociados a los Conocimientos Tradicionales, por medio de una Base de Datos o de un Proceso de Codificación y para que no queden fuera del control de sus ostentores legítimos e incluso se transformen en mecanismos aprovechables por terceros ilegítimos, partiendo de las formas y particularidades donde se ejercen, de las voluntades colectivas para ser documentados y si desean utilizar dichos mecanismos o no, reconociendo en ello su capacidad jurídica y bajo la figura de sujetos de Derecho para promover en el ámbito internacional la protección *sui generis* contra la apropiación indebida, ilegítima o de explotación de sus conocimientos.

Lo anterior debería implicar el uso del Derecho Consuetudinario que cotidianamente ejercen y en que conviven para sus intereses colectivos. Asimismo, deberá generarse su traducción al lenguaje jurídico para su promoción y consecuente elevación a política pública vinculatoria, de la que el Estado mexicano sea garante tanto en territorio mexicano como en el exterior.

CONCLUSIONES

Conforme lo documentado y analizado en esta investigación se ha podido derivar que:

El sistema legislativo mexicano relacionado con la protección de los Conocimientos Tradicionales por los vacíos legales y la falta de vinculación con reglamentos, códigos o normas locales que presenta, resulta insuficiente en materia de propiedad intelectual y no conduce a esquemas procesales específicos para promover la adaptación de una protección *sui generis* de la medicina tradicional, manteniendo en un estado de ambigüedad los criterios jurídicos que faciliten su reconocimiento y protección, aunado al desconocimiento legal de los mismos por parte de sus ostentores en Oaxaca, lo que dificulta que intervengan activamente en la definición de mecanismos específicos para proteger su práctica desde la perspectiva legal.

El esquema *sui generis* de protección inicia con la documentación, sistematización y codificación de los Conocimientos Tradicionales para orientar su tratamiento legal acorde a sus particularidades. La protección defensiva es la herramienta que complementa la protección desde el ámbito internacional para evitar su apropiación indebida, ilegítima o de explotación.

Para fines específicos de protección de la medicina tradicional en Oaxaca, una base de datos con niveles diferenciados de acceso o un proceso de catalogación de la información se convertirían en las expresiones más nítidas de protección *sui generis*, que deben considerarse como evidencias documentales que requieren de “pausar” en el tiempo su documentación y sobre todo no estandarizar el análisis a todas las prácticas culturales, porque se debe datar su vigencia y el reconocimiento como sujetos de protección partiendo del respeto a su carácter dinámico.

Al hacer patente y vigente el aspecto biocultural de la medicina tradicional oaxaqueña contribuimos análogamente a un planteamiento inteligible que facilita su comprensión desde el Derecho positivo para su tratamiento jurídico. Se fundamenta por tanto, la identificación de los Conocimientos Tradicionales dentro de los contextos locales correspondientes a las comunidades ostentoras, cuya promoción para obtener protección legal, hubo de considerar también el análisis de la perspectiva nacional como ruta mínima para un posicionamiento internacional de resguardo de la propiedad intelectual de la nación.

AGRADECIMIENTOS

Investigación realizada con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología como un proyecto de Doctorado dentro del Programa Nacional de Posgrados de Calidad de 2014 a 2018.

BIBLIOGRAFIA

- Cámara Lapuente, S. 1999. Últimas orientaciones internacionales sobre la protección jurídica de las bases de datos. *Revista Chilena de Derecho*, 26(1): 9-61. doi: repositorio.uc.cl/handle/11534/14763
- Donoso Bustamante, S. I. 2007. Hacia la creación de un sistema *sui generis* para la protección de los conocimientos tradicionales en el derecho ecuatoriano. *Iuris Dicitio*, 7(10): 95-111. doi: <http://dx.doi.org/10.18272/iu.v7i10.663>
- Urquidí, E. 2012. Propiedad intelectual y conocimientos tradicionales en Bolivia. *Revista Boliviana de Derecho*, 13(enero): 154-168. Recuperado de <http://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/41906/154-168.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Oficina de la Propiedad Intelectual de la República Popular China. Base de datos de la medicina tradicional China. Recuperado el día 13 de enero de 2016 de <http://www.legislation.gov.hk/eng/home.htm>
- Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad y Uso de la Biodiversidad (s/f). ¿Qué es un país *megadiverso*? Distrito Federal, México.
- Recuperado el 6 de octubre de 2017 de
- <http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees.html>
- Ley Federal del Derecho de Autor (1996). Última reforma publicada DOF 15-06-2018. Distrito Federal, México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios. Recuperado el 8 de noviembre de 2017 de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/122_150618.pdf
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, OMPI (2005). Propiedad intelectual y conocimientos tradicionales. Folleto No. 2. Recuperado el día 24 de abril de 2016 de
- https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/tk/920/wipo_pub_920.pdf. Reglamento de la Ley Federal De Variedades Vegetales (1998). Nuevo Reglamento, DOF, 24-09-1998. Distrito Federal, México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios. Recuperado el día 15 de agosto de 2016 de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LFVV.pdf

CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS, NUTRICIONALES Y NUTRACEÚTICAS DE FRUTOS DE CHILE X´CATIK, DULCE Y SU HÍBRIDO F1 (*Capsicum annuum*)

Yanely A. Mis-Valdez^{1*}, Rubén H. Andueza-Noh², René Garruña-Hernández², Kati B. Medina-Dzul¹

¹Instituto Tecnológico de Conkal. Yucatán, México. Av. Tecnológico s/n, Conkal, Yucatán, México.

²CONACYT-Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n, Conkal. Yucatán, México.

[*nel-1718@hotmail.com](mailto:nel-1718@hotmail.com)

Resumen.

Capsicum annuum es una de las especies de chile más cultivada y consumida a nivel mundial. En México, específicamente en la Península de Yucatán existe una gran diversidad de variedades locales de esta especie que son cultivadas conjuntamente en huertos de traspatio o en las milpas, lo que genera la aparición de nuevos genotipos híbridos como resultado de la cruce natural intraespecífica. Uno de los genotipos híbridos que actualmente ha sido descrito es el obtenido de la cruce natural entre las variedades chile dulce por chile x´catik, conocido localmente como chile bobo, sin embargo, no existe información sobre este fruto. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar las características fenotípicas, nutricionales y nutraceuticas de frutos de chile x´catik, dulce y su híbrido F1 (*Capsicum annuum*). Los resultados mostraron que los frutos de chile x´catik presentaron mayor longitud y grosor de pericarpio, pero menor diámetro con forma cónica alargada, los frutos de chile dulce presentaron una forma redonda con hendiduras irregulares y el híbrido F1 (chile bobo) presentó forma oblonga alargada. Se observó que el chile bobo tiene el mismo rendimiento que sus parentales. Respecto a las características nutricionales, el chile x´catik presentó el mayor contenido de cenizas (8.18%) y proteína (8.90%), mientras que en el chile dulce destacó el contenido de fibra cruda (17.75%) y en el chile bobo se encontró el mayor contenido de hierro (85 mg kg⁻¹). Los frutos de chile x´catik presentaron un alto contenido de fenoles totales y el mayor nivel de flavonoides totales (330.01 ± 36.33 mg EQ 100g⁻¹) se encontró en el chile bobo. Sin embargo, en el contenido de vitamina C los frutos de chile x´catik, dulce y bobo presentaron los valores más bajos. El chile x´catik presento un mayor contenido de capsaicina (791.9.0±31.84 mg kg⁻¹) y dihidrocapsaicina (262.45±22.17 mg kg⁻¹) en comparación con el chile bobo que presento la menor cantidad de capsaicina (433.28 ±26.97 mg kg⁻¹) y dihidrocapsaicina (187.51±12.51 mg kg⁻¹).

Palabras clave. *Capsicum annuum*, composición nutrimental, antioxidantes, capsaicinoides.

CALIDAD DE FRUTO DE TRES VARIEDADES DE TOMATE EN ALTA TEMPERATURA Y CO₂ ELEVADO

Oliva-Ruiz Miguel ^{*1}, Pacheco-López Neith⁵, Garruña-Hernandez René², Cuevas-Bernardino Juan Carlos⁵, Andueza-Noh Rubén Humberto², Tezara-Fernández Wilmer Adolfo⁴, De la Peña-Seaman Clelia³, Pereyda Jade¹, Cetina-Escalante Ricardo¹.

¹Instituto Tecnológico de Conkal. Yucatán, México. Av. Tecnológico s/n, Conkal, Yucatán, México.

²CONACYT-Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n, Conkal. Yucatán, México.

³Unidad de Biotecnología, Centro de Investigación Científica de Yucatán, Mérida, Yucatán México.

⁴Centro de Botánica Tropical, Instituto de Biología Experimental, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

⁵Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, subsede Sureste, Mérida, Yucatán, México.

[*miguel.olivia@itconkal.edu.mx](mailto:miguel.olivia@itconkal.edu.mx)

Resumen.

En los últimos años la concentración de CO₂ en la atmosfera ha aumentado a consecuencia del uso de combustibles fósiles, de la misma forma ha traído un incremento en la temperatura, que se calcula será el más rápido en los últimos cien mil años, hecho que dificultará la adaptación de las plantas, incluyendo las especies cultivadas. Esto comprometerá la producción de alimentos a nivel mundial, de productos como el tomate, que es el cuarto cultivo más importante en el mundo y México se encuentra entre los principales productores. El tomate es uno de los ingredientes culinarios más utilizados en el mundo y contiene compuestos benéficos para la salud como los antioxidantes. Las temperaturas óptimas para este cultivo se encuentran entre los 15 y 35 °C, cuando las plantas son sometidas a temperaturas superiores, se producen cambios fisiológicos y bioquímicos que afectan su crecimiento, y reducen la calidad del fruto. Por el contrario, las altas concentraciones de CO₂ son benéficas debido a que las plantas muestran un incremento en la fotosíntesis y mejora la calidad de fruto. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de temperaturas altas y CO₂ elevado en la calidad de fruto de tomate del híbrido Pony expés, y dos criollos uno tipo arriñonado y otro tipo Cherry. Se utilizó una cámara cerrada (16 m³) con condiciones controladas por cada tratamiento (T1 = 30 °C y 400 ppm; T2 = 30 °C y 1200 ppm; T3 = 40 °C y 400 ppm; T4 = 40 °C y 1200 ppm). Los datos fueron analizados con un ANOVA ($p \leq 0.05$) y comparación de medias de LSD Fisher ($\alpha = 0.05$). Debido a que las plantas del T3 no fructificaron, y que en Cherry los frutos no fueron suficientes, únicamente se evaluó el T1 y T2 para los tres genotipos y en el T4 solo el híbrido y el arriñonado. En el tratamiento control (T1) es el híbrido el que tiene mayor cantidad de fenoles totales respecto a los criollos, al incrementar el CO₂ (T2), el Cherry y el arriñonado superan a la variedad, y al incrementar ambos factores (T4) la variedad y el arriñonado son superiores al resto de los tratamientos. En cuanto a la actividad antioxidante, en el tratamiento control (T1), las tres variedades son estadísticamente iguales, al incrementar el CO₂ (T2) el Cherry disminuye, y al incrementar ambos factores (T4) la variedad y el arriñonado superan al resto de los tratamientos. De modo que al aumentar la concentración de CO₂ la calidad de los genotipos criollos aumenta y disminuye la de la variedad, y al incrementar ambos factores la calidad de fruto es mayor respecto a los otros tratamientos en ambos genotipos.

Palabras clave. Calentamiento global, cambio climático, producción agrícola, calidad de fruto, antioxidantes, flavonoides y fenoles.

Capítulo 2.

TRANSFORMACIÓN DE FRUTOS TROPICALES



AUTORES CAPÍTULO 2

Ayora Talavera Teresa del Rosario
Alday Gómez Jonathan Jesús
Borrás Enríquez Anahi Jobeth
Burgos Jiménez Miriam Noemí
Canche Escamilla Gonzalo
Carrillo Díaz Guillermo
Catzim Navarrete Pedro Rogelio
Cervantes Uc José Manuel
Cuevas Bernardino Juan Carlos
Chan Gómez Josué Israel
García Fajardo Jorge
García Navarro Brian
González Canché Nancy Guadalupe
González Escobar Jorge Luis
González Hau Evelin
González Herrera Silvia Marina
González Pech Pedro Ángel
Hernández Colula Jovani
Loeza Peraza Jacinto Alberto
López Fuentes Zugey Xiomara
Madera Santana Tomas Jesús
Martínez Núñez Yésica Yudith
Meraz Jiménez Antonio de Jesús
Montoya Ballesteros Luz del Carmen
Morales Landa Juan Luis
Moo Tun Nora
Moscosa Santillán Mario
Obregón Solís Efraín
Ochoa Martínez Luz Aracelí
Pacheco López Neith Aracely
Pech Cohuo Soledad Cecilia
Peraza Ku Silvia Argelia
Pérez Cabrera Laura Eugenia
Robles Osuna Luis Enrique
Romo Zamarron Karla Fabiola
Rosas Flores Walfred
Rutiaga Quiñones Olga Miriam
Tecante Coronel Alberto
Ucán Rodríguez Fany Elizabeth
Uribe Calderón Jorge Alonso
Valente Morales Yulinali
Vargas Medrano Elizabeth Celeste

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LAS SEMILLAS DE *Enterolobium cyclocarpum*.

Chan-Gómez Josué Israel¹, Burgos-Jiménez Miriam Noemí¹, Loeza-Peraza Jacinto Alberto¹,
Ucán Rodríguez Fany Elizabeth¹, Catzim-Navarrete Pedro Rogelio¹, González-Pech, Pedro
Ángel¹

¹ Instituto Tecnológico Superior del Sur del estado de Yucatán, Departamento de Bioquímica, Oxkutzcab, Yucatán, México.

*autor para correspondencia: burgos_77@hotmail.com

Resumen. Se tiene el antecedente que *Enterolobium cyclocarpum* es una de las leguminosas más importantes por su gran contenido de proteínas, y representa una gran versatilidad geográfica ya que se puede encontrar en varios estados de la república. Tradicionalmente, en los años de mala cosecha, los huastecos y los chiapanecos sustituyen el maíz por el consumo de las semillas de pich (como se le conoce en el estado de Yucatán); también, en los estados de Morelos, Guerrero y Michoacán, las consumen tostadas, molidas o mezcladas con diferentes carnes en salsa de chile. Los resultados obtenidos de la caracterización química de las semillas demostraron que los mayores componentes nutricionales presentes son proteínas, minerales, carbohidratos y grasas; mientras que los componentes minoritarios son la fibra y humedad.

Palabras clave. Proteínas, funcional, aprovechamiento, pich, nutritivo.

INTRODUCCION

El árbol de *Enterolobium cyclocarpum* tiene una distribución natural desde México, América Central y las Antillas hasta el norte de Sudamérica, alcanza hasta 30 m de altura y desarrolla una copa muy extendida, en algunos casos, más de 20 m de ancho (Jiménez *et al.*, 2011). Esta especie tiene gran importancia económica y social por ser un árbol de usos múltiples en sistemas agroforestales, proporciona productos utilizables en forma de bienes y servicios en las regiones rurales (Viveros-Viveros *et al.*, 2017). *E. cyclocarpum* es una leguminosa mimosoidea tropical de rápido crecimiento, cuyo principal valor reside en sus semillas comestibles y su madera semipreciosa, la cual es apreciada por sus buenas características (García *et al.*, 2009). Además, puede tener múltiples aplicaciones por sus propiedades alimenticias, ecológicas, agroindustriales, químicas y medicinales (Serratos *et al.*, 2008). Su fruto consiste en una vaina circular indehiscente, de 7 a 15 cm de diámetro, aplanada y enroscada, leñosa, moreno oscuro, brillante y de sabor dulce; ricas proteínas y minerales (Zamora *et al.*, 2001). Las semillas maduras tienen una testa dura e impermeable, de modo que pocas veces son atacadas por insectos (Jiménez *et al.*, 2011); son ovoides y planas, de 14.5 a 17.5 mm de largo, de 7.8 a 11.2 mm de ancho y de 6.2 a 7.2 mm de grosor, además, el valor nutricional de las semillas enteras radica en su gran contenido proteico (200–400 g/kg).

En los últimos años se han redescubierto las ventajas del consumo de leguminosas, por sus propiedades benéficas para la salud como son la gran cantidad de proteínas, minerales, vitaminas, antioxidantes, folatos, fibras solubles e insolubles que contienen, y por su bajo índice de energía (Serratos *et al.*, 2008). Debido a lo anterior el objetivo

de este trabajo es determinar los principales componentes nutrimentales de las semillas de *Enterolobium cyclocarpum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La composición química proximal de las semillas de *E. cyclocarpum* se determinó por triplicado de acuerdo a los métodos planteados en NMX-F-083-1986 para humedad, NMX-F-066-S-1978 para cenizas, NMX-F-068-S-1980 para proteínas (Kjeldahl-Gunning), NMX-F-089-S-1978 para grasas (método Soxhlet); el contenido de fibra cruda se determinó por digestión acida-alcalina de acuerdo a NMX-F-090-S-1978 y el contenido de carbohidratos totales se calculó por diferencia.

RESULTADOS

Se obtuvo una concentración alta de proteínas (21.77 g / 100 g) y de minerales (12.21 g / 100 gramos); también se puede observar una cantidad considerable de grasas (11.58 g / 100 g), esto se debe a que las semillas por naturaleza concentran su aceite y otros tipos de grasas en su estructura. La baja proporción de humedad (0.99 g / 100 g) es favorable para conservar el producto por largos periodos de tiempo y sin la aparición de hongos. Hubo presencia de fibras (5.96 g / 100 g) y carbohidratos (47.49 g / 100 g), los cuales se interpretan como almidones de la semilla (Ver tabla 1).

Tabla 1. Composición química de las semillas de Enterolobium cyclocarpum

Componentes	Resultados
Proteína	21.77 %
Minerales	12.21 %
Grasas	11.58 %
Fibra	5.96 %
Humedad	0.99 %
Carbohidratos	47.49 %

DISCUSIONES

Los resultados registran claramente que la relevancia de este estudio se encuentra en el alto contenido proteico de las semillas de la planta de Pich (*Enterolobium cyclocarpum*), estos resultados son similares a los reportados por Cubero (1983) en donde analizó una amplia variedad de leguminosas y se observó que el garbanzo posee un contenido proteico alrededor del 21% y la lenteja entre 21 y 25%.

Las semillas de Pich tienen un amplio potencial de aplicaciones, una de estas radica en la elaboración de bebidas similares al café, de ser así, presentaría una gran ventaja en cuanto a contenido proteico, debido a que las semillas de café poseen tan solo el 10% de contenido proteico.

La información obtenida brindará más oportunidades para la creación de proyectos futuros que solucionen problemáticas que aquejen a la sociedad, así como preservar las tradiciones primitivas de nuestra zona. También se abren nuevas oportunidades de comercio en la región pues el cultivo, recolección y venta de las semillas de *E. cyclocarpum* pueden ser aceptados gracias a las ventajas nutricionales que proporcionan.

CONCLUSIONES

Dado que la semilla de *Enterolobium cyclocarpum* contiene un gran contenido de proteínas puede ser utilizado como complemento alimenticio o aditivo alimenticio, no sin tener en cuenta las otras características químicas que contiene, por otra parte, no debe ser ingerida directamente por personas con diabetes por el alto contenido de carbohidratos presentes, esto puede alterar de manera perjudicial al nivel de la glucosa sanguínea. La calidad nutritiva de las semillas evaluadas permite afirmar que se trata de una buena opción como complemento proteico (además costeable) en la dieta.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán por facilitar las instalaciones del laboratorio de Bioquímica para realizar la investigación.

BIBLIOGRAFIA

- García, X., Velasco, E., Rodríguez, B., Gónzales, A. y Camacho, F. (2009). Evaluación de la siembra aérea con *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb en el ejido Leona Vicario, Quintana Roo. *Revista mexicana de ciencia*, 1 (2). 109-119.
- Jiménez, J., Meneses, F., Rosendo, J., Vivar, M., Bello, L. y García, F. (2011). Extracción y caracterización del almidón de las semillas de *Enterolobium cyclocarpum*. *Journal of Food*, 9 (2). 89-95.
- Serratos, J., Carreón, J., Castañeda, H., Garzón de la mora, P. y García, J. (2008). Composición químico-nutricional y de factores antinutricionales en semillas de parota (*enterolobium cyclocarpum*). *Interciencia*, 33 (11). 850-854.
- Viveros-Viveros, H., Quino-Pascual, K., Velasco-García, M., Sánchez-Viveros, G. y Velasco, E. (2017). Variación geográfica de la germinación en *Enterolobium cyclocarpum* en la costa de Oaxaca, México. *Bosque* 32(2). 317-326.
- Zamora, S., Garca, J., Bonilla, G., Aguilar, H., Harvey, C., Ibrahim, M. (2001). ¿Cómo utilizar los frutos de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), genízaro (*Pithecellobium saman*) y jícaro (*Crescentia alata*) en alimentación animal?. *Agroforestería en las Américas* 8 (31). 45-49.

EVALUACIÓN DE PARÁMETROS REOLÓGICOS, TÉRMICOS, MORFOLÓGICOS Y TECNOFUNCIONALES EN ALMIDÓN DE CAMOTE NATIVO Y MODIFICADO.

Alday-Gómez Jonathan Jesús^{1*}, Ochoa-Martínez Luz Araceli¹, Rosas-Flores Walfred¹,
González-Herrera Silvia Marina¹, Rutiaga-Quiñones Olga Miriam¹

¹Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México/ I. T. Durango, Durango, Dgo. México.

19040517@itdurango.edu.mx

Resumen. El presente trabajo de investigación evaluó los cambios en los parámetros del almidón de camote (*Ipomoea batatas* L.) una vez que se ha aplicado algún tratamiento para su modificación. Se realizó extracción y la modificación del almidón de camote de pulpa naranja utilizando diferentes tiempos y longitudes de onda en el caso de la modificación con ultrasonido y diferentes tiempos y temperaturas en el caso del tratamiento térmico. Se llevó a cabo la caracterización fisicoquímica y tecno funcional del almidón en su estado nativo y de las muestras una vez que se les aplicó el proceso de modificación previo. Esto con la finalidad de resaltar los cambios en la estructura del gránulo del almidón cuando se le han aplicado diferentes condiciones de tratamiento y a su vez indicando un efecto del tratamiento previo del almidón sobre su composición y comportamiento en una matriz alimenticia.

Palabras clave: almidón, ultrasonido, tratamiento, camote naranja.

INTRODUCCIÓN

El camote (*Ipomoea batatas* L.) es una raíz con atributos positivos como variedad geográfica en términos de producción, adaptabilidad a condiciones marginales, un ciclo de producción corto, un alto contenido nutricional y versatilidad sensorial en términos de color sabor y textura. En México se producen aproximadamente 77,000 toneladas al año de camote (1). El almidón es ampliamente utilizado en la industria alimentaria con el fin de lograr propiedades tecnológicas particulares, sin embargo, el almidón nativo posee propiedades no óptimas para su uso en la industria por lo que es importante aplicar un método de modificación. De esta manera, los gránulos de almidón nativos pueden modificarse aplicando modificaciones físicas, químicas o enzimáticas (2). A través de estas modificaciones, el almidón se obtiene y caracteriza para explorar su funcionalidad y versatilidad (3).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este proyecto se utilizó camote de pulpa morada el cual fue adquirido en el mercado de abastos de la ciudad de Durango, Dgo. se utilizaron 20 kilogramos de camote al cual al momento de adquirirlo se le realizaba una inspección visual para trabajar con camotes tiernos; se buscaba que tuvieran una piel tersa y una consistencia firme, ya que al ser camotes jóvenes la cantidad de almidón extraída sería mayor. La extracción de almidón fue realizada mediante el método húmedo (4). Para el análisis reológico, se utilizó la técnica de “*pasting*” o prueba de pegajosidad en un Reómetro Híbrido Discovery 3 Siguiendo la metodología de Lemos *et al.* (2015), también se realizó una prueba de amplitud, oscilación dinámica, barrido del tiempo y relajación.

Para el análisis tecno funcional se utilizaron las siguientes metodologías: Almidón resistente- *Kit Megazyme* (2010), Contenido de amilosa- Método colorimétrico con afinidad al yodo (5), Solubilidad (6), Claridad de las pastas de almidón (7), Capacidad de retención de agua y aceite

La evaluación de las propiedades térmicas fue realizada por calorimetría diferencial de barrido en el equipo DSC TA Q2000 (TA Instruments, USA) utilizando como condiciones de operación, una rampa de calentamiento de calentamiento de 10°C/min en un intervalo de barrido de 25-200°C y una charola de aluminio vacía como referencia. Se realizó un análisis de resultados con el software SigmaPlot 14.0.

RESULTADOS

De acuerdo a los resultados del análisis reológico y térmico, en la Figura 1, se presenta el comportamiento reológico de las pastas formadas con almidón de camote y donde se observa el aumento de viscosidad con respecto al tiempo, así como la formación de un gel débil. En la figura 2 se muestra el calor requerido para que el almidón pueda pasar de un estado sólido a un estado gomoso. En la tabla 1 se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica en el que se observan valores de temperatura de fusión y entalpía mayores en comparación con otros almidones, en cuanto al almidón resistente es un valor alto, la solubilidad es un valor bajo y el resto de los parámetros son similares a lo ya reportado.

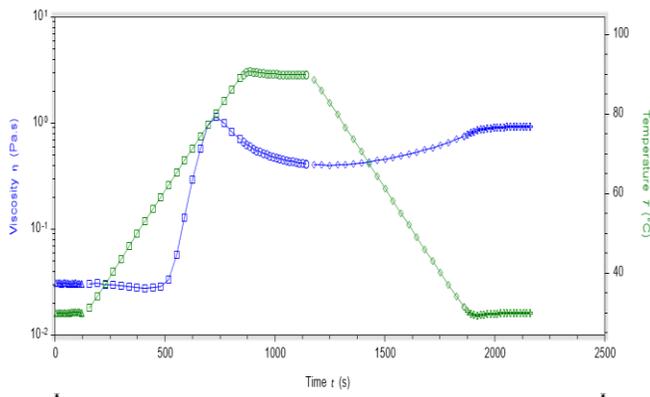


Figura 1. Perfil de formación de pasta de almidón de camote de pulpa naranja

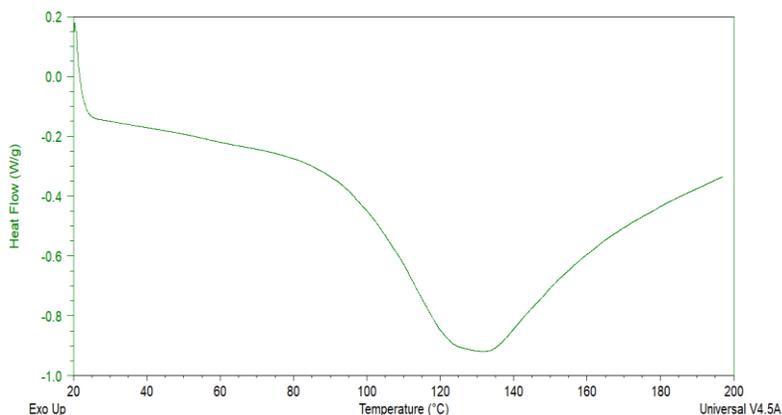


Figura 2. Comportamiento térmico del almidón de camote de pulpa naranja

Tabla 1. Resultados de la caracterización fisicoquímica del almidón nativo de camote de pulpa naranja.

Parámetros	Almidón de camote de pulpa naranja
Temperatura de fusión- T_m	130.85 ± 1.138 °C
Entalpía- ΔH_m	155.4 ± 0.989 J/g
Almidón resistente	10 ± 0.791
Claridad de las pastas	78.22 ± 0.106
Solubilidad	1.63 ± 0.084
Capacidad de retención de agua	0.60 ± 0.014 g/L
Capacidad de retención de aceite	0.84 ± 0.035 g/L

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la parte de calorimetría se determina que los polímeros con bajo peso molecular, en este caso las moléculas de la amilosa, empiezan a separarse del gránulo del almidón. Conforme la temperatura aumenta, los gránulos del almidón comienzan a colapsar hasta que finalmente la parte amorfa (amilosa) queda totalmente solubilizada, mientras que la parte cristalina del almidón se mantiene en la solución acuosa (8).

En la formación de las pastas en reología; en la etapa de calentamiento la viscosidad aumento de manera gradual hasta llegar a su valor máximo. El almidón nativo presento un pico de viscosidad mayor que las muestras tratadas previamente. La viscosidad aumenta durante la etapa de enfriamiento debido a la reorganización de las cadenas lineales lixiviadas durante las etapas de calentamiento (9).

CONCLUSIONES

En base a la caracterización realizada se encontró que el almidón nativo forma un gel débil, esto en comparación con el resultado obtenido de las muestras de almidón tratadas con ultrasonido y con temperatura en el caso del tratamiento térmico; estas muestras forman geles más fuertes y difíciles de romper incluso al aplicar fuerza con la geometría en el reómetro, los geles se deforman pero en algunos caso no llegan a romperse. En cuanto al análisis térmico las muestras tratadas en menor tiempo y menor longitud de onda y en menor tiempo y en menor temperatura muestran una curva con un intervalo de temperatura de transición vítrea más corto en comparación con las demás muestras y en comparación con el almidón nativo. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos se obtuvo una solubilidad muy baja, resaltando así la necesidad de llevar a cabo una modificación del almidón. Respecto al resto de los otros parámetros analizados, los valores se encontraron dentro de los rangos ya reportados pero con algunas diferencias con respecto a las muestras tratadas y a su vez para otro tipo de almidones.

AGRADECIMIENTOS

Beca CONACyT. No. de beca 959382 para manutención

REFERENCIAS

- SAGARPA (2019). Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
- J. Singh, L. Kaur, O.J. McCarthy, (2007). *Food Hydrocol.* 21: 1–22.
- L.M. Fonseca, J.R. Gonçalves, S.L.M. El Halal, V.Z. Pinto, A.R.G. Dias, A.C. Jacques, E. da Rosa, Zavareze, (2015). *LWT-Food, Sci. Technol.* 60: 714–720.
- Hernández-medina, M., Torruco-uco, J. G., Chel-guerrero, L., & Betancur-ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán , México. 2008(002894), 718–726.
- Boukhelkhal, M., & Moulai-Mostefa, N. (2017). Physicochemical characterization of starch isolated from soft acorns of holm oak (*Quercus ilex* subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) grown in Algeria. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(4), 1995–2005. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9582-6>
- Santhalakshmy, S., Don Bosco, S. J., Francis, S., & Sabeena, M. (2015). Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. *Powder Technology*, 274, 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2015.01.016>
- Estrada-León, R. J., Moo-Huchin, V. M., Ríos-Soberanis, C. R., Betancur-Ancona, D., May-Hernández, L. H., Carrillo-Sánchez, F. A., Cervantes-Uc, J. M., & Pérez-Pacheco, E. (2016). The effect of isolation method on properties of parota (*Enterolobium cyclocarpum*) starch. *Food Hydrocolloids*, 57, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.01.008>
- Álzate Carvajal, E. N., Quintero Castaño, V. D., & Lucas Aguirre, J. C. (2013). Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto. *Temas Agrarios*, 18(2), 21. <https://doi.org/10.21897/rta.v18i2.714>
- Casarrubias-Castillo, M. G., Méndez-Montealvo, G., Rodríguez-Ambriz, S. L., Sánchez-Rivera, M. M., & Bello-Pérez, L. A. (2012). Diferencias estructurales y reológicas entre almidones de frutas y cereales. *Agrociencia*, 46(5), 455–466

OBTENCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE SEMILLAS DE RAMÓN (*Brosimum alicastrum*) Y SU POTENCIAL APLICACIÓN EN MATERIALES BIODEGRADABLES

Hernandez-Colula Jovani^{1*}, Pacheco-López Neith Aracely², González-Canché Nancy Guadalupe³, Cuevas-Bernardino Juan Carlos⁴, Ayora-Talavera Teresa del Rosario², Pech-Cohuo Soledad Cecilia².

¹ Universidad Interserrana del Estado de Puebla – Chilchotla, Av. Miguel Hidalgo s/n, 75070, Chilchotla, Puebla.

² Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco-Subsede Sureste, Tablaje Catastral 31264 Km 5.5 Carretera Sierra Papacal-Chuburna Puerto Parque Científico Tecnológico de Yucatán, 97302, Mérida, Yucatán.

³ Centro de Investigaciones en Óptica-Unidad Aguascalientes, Calle Prol. Constitución 607 Fraccionamiento Reserva Loma Bonita, 20200 Aguascalientes, Aguascalientes.

⁴ CONACyT-Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco-Subsede Sureste, Tablaje Catastral 31264 Km 5.5 Carretera Sierra Papacal-Chuburna Puerto Parque Científico Tecnológico de Yucatán, 97302, Mérida, Yucatán.

*autor para correspondencia: jovani_hernandez@gmail.com

Resumen. El almidón es un polisacárido que se encuentra como reserva energética en las plantas; en tallos, hojas, frutos, raíces y semillas. El ramón (*Brosimum alicastrum*) una planta nativa de América, distribuida principalmente en Centroamérica, en México tiene una amplia distribución en Yucatán donde esta planta fue destinada para la alimentación y como forraje para los animales debido a que es un árbol perennifolio y sus hojas contienen una gran cantidad de nutrientes esenciales. El ramón tiene un gran auge debido a que toda la planta es utilizada, puede utilizarse para la obtención de etanol, materiales biodegradables y alimento, y una forma más de aprovechar mejor esta planta es utilizando sus semillas para la obtención de almidón. Estas semillas son comestibles hervidas o tostadas, y se comen solas o con maíz, miel o plátano, o en forma de bebidas fermentadas o calientes como el atole. Tostadas y molidas, las semillas se usan como sustituto de café; y la harina también se puede aprovechar para elaborar pan o tortillas. En este trabajo se utilizaron dos métodos como medios de extracción del almidón, agua y solución de hidróxido de sodio. Se obtuvieron rendimientos de 28 y 31.9% en la extracción de almidón con los diferentes tratamientos.

Palabras clave. Polisacárido, reserva energética, fruto nativo, biopolímero.

INTRODUCCION

El ramón (*Brosimum alicastrum*) es un árbol nativo de América Tropical, dominante en las selvas de Centroamérica y tiene una amplia distribución en Yucatán. Las investigaciones antropológicas señalan que fue cultivado intensamente por los mayas para diversos fines como la alimentación, y la medicina tradicional (Pérez-

Pacheco et al., 2014), quienes por su cultura suelen usar todas sus partes: hojas, tallo, semillas, fruto y látex (Torres-Acosta et al., 2016) El uso de especies como el ramón es limitado por la falta de conocimiento sobre su manejo y forma de preparación para el consumo. Las semillas de ramón hervidas o tostadas son comestibles, y se comen solas o con maíz, miel o plátano, o en forma de bebidas fermentadas o calientes como el atole (Sánchez, Muschler, Prins, Solano, & Astorga, 2014). Tostadas y molidas, las semillas se usan como sustituto de café; además, de las semillas molidas se hace una harina negra usada para elaborar pan o tortillas (Sánchez, Muschler, Prins, Solano, & Astorga, 2014). La semilla de ramón es de alta digestibilidad, con un considerable contenido de taninos y de fibra (Castro-González, Alayón-Gamboa, Ayala-Burgos, & Ramírez-Avilés, 2008), lo que la hace una fuente de ingredientes funcionales, como la fibra dietética y los antioxidantes.

Recientemente, la semilla del árbol de ramón ha cobrado importancia comercial por dos razones: primero, debido a sus propiedades nutricionales esta planta podría constituir una fuente de alimento para la población y, segundo, para la obtención de bioetanol. El almidón de semilla de ramón se ha propuesto como ingrediente alimentario, así como para la fabricación de materiales biodegradables termoplásticos (Domínguez et. al 2019).

El almidón, reserva energética de las plantas, es almacenado de forma granular y se puede encontrar de manera abundante en semillas, raíces, tubérculos, tallos y hojas (Jiménez et ál., 2015). Este polímero está compuesto principalmente por amilosa y amilopectina, en una relación 18-33% y 72-78%, respectivamente (Masina et ál., 2017). En este trabajo se pretende obtener almidón para futuras aplicaciones en la elaboración de materiales biodegradables.

MATERIALES Y MÉTODOS

La harina de semillas de ramón se obtuvo de la empresa Kishur (Mérida, Yucatán, México). El aislamiento de almidón se llevó a cabo utilizando dos metodologías con diferentes sistemas de extracción: 1) agua destilada y 2) NaOH. Ambos métodos se basaron en lo reportado por Palacios-Fonseca et al., (2017) con modificaciones. En el primero, la harina de ramón se remojó en agua destilada en una relación 500 g/L durante 24 h, la harina húmeda se mezcló a alta velocidad. La suspensión se lavó usando tamices número 100, 200 y 300. Luego se centrifugó a 2500 rpm durante 20 min a 25° C, el sobrenadante resultante se decantó. El almidón se lavó tres veces con agua destilada y luego se secó en un horno de vacío a 40 ° C durante 24 h. Para el método alcalino la harina se sumergió en NaOH al 1% en una relación 500 g/L durante 24 h, posteriormente se realizaron los pasos ya descritos. Los rendimientos se calcularon con el material seco.

RESULTADOS

De la extracción de almidón a partir de harina de semillas de ramón, se obtuvo un polvo blanco visualmente similar al almidón de maíz. El rendimiento calculado al utilizar agua destilada fue de 28% y al emplear NaOH fue de 31.9 %.

Tabla 1. Rendimiento de almidón

Tratamiento	Peso (g)	Rendimiento (%)
Agua destilada	34.8 ± 1.30	28 ± 1.04
NaOH	39.9 ± 2.17	31.9 ± 1.71

DISCUSIÓN

Tovar (2008) reportó rendimientos de 29.76% a 41.03% durante la extracción de almidón de maíz. Por otra parte, Pérez-Pacheco et al (2014) obtuvo un rendimiento del 30%, muy similar al obtenido en este trabajo con un rendimiento del 28% con agua destilada y el que más se asemeja es del 31.9% con NaOH. En cuanto a la morfología, se espera que la morfología del almidón obtenido sea ovalado-esférico, con dimensiones de 15µm aproximadamente similar a lo reportado por Pérez-Pacheco et al (2014). El almidón de semillas de ramón se considera un material prometedor para su aplicación en la elaboración de materiales biodegradables debido a que presenta buenas propiedades térmicas (Pérez Pacheco et al, 2014). Su resistencia térmica es superior a los 95°C a diferencia del almidón de maíz con una temperatura de 80° C (Moo-Huchin et al, 2015), lo cual indica que es necesario una mayor cantidad de calor para fundir la fase cristalina del almidón de ramón (Pérez Pacheco et al, 2014). Por lo tanto, puede ser ampliamente utilizado como refuerzo en materiales compuestos que necesitan estar expuestos a altas temperaturas, por ejemplo, durante su procesamiento (Pérez Pacheco et al, 2014).

CONCLUSIONES

En este trabajo se obtuvo almidón a partir de semillas de ramón (*Brosimum alicastrum*) aplicando dos metodologías con diferentes sistemas de extracción con un rendimiento de 28% para agua destilada y de 31.9% para NaOH. Lo cual hace a esta planta una potencial fuente de almidón para la elaboración de materiales biodegradables.

AGRADECIMIENTOS

A la Beca del Programa de Estancias Posdoctorales para Mujeres Mexicanas Indígenas en Ciencia, Tecnología Ingenierías y Matemáticas, de CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología)- Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS)- Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo-Canadá (IDRC).

BIBLIOGRAFIA

- Pérez-Pacheco, E., Moo-Huchin, V. M., Estrada-León, R. J., Ortiz-Fernández, A., May-Hernández, L. H., Ríos-Soberanis, C. R., & Betancur-Ancona, D. (2014). Isolation and characterization of starch obtained from *Brosimum alicastrum* Swartz Seeds. *Carbohydrate polymers*, **101**: 920-927.

- Domínguez Zárate, P. A., García Martínez, I., Güemes-Vera, N., Totosaus, A. (2019). Textura, color y aceptación sensorial de tortillas y pan producidos con harina de ramón (*Brosimum alicastrum*) para incrementar la fibra dietética total. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(3), 699-719
- Torres-Acosta, J. F., P. G. González-Pech, G. I. Ortiz-Ocampo, I. Rodríguez-Vivas, J. Tun-Garrido, J. Ventura-Cordero, G. S. Castañeda-Ramírez, G. I. Hernández-Bolio, C. A. Sandoval-Castro, J. I. Chan-Pérez y A. Ortega-Pacheco. 2016. Revalorizando el uso de la selva baja caducifolia para la producción de rumiantes. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 19(1):73-80.
- Jiménez, J., Ochoa, J., Pava, S., y Bernal, C. (2015). Diseño de una máquina clasificadora, por dimensiones, de la semilla de quinua usando una energía alternativa (tesis de pregrado). Fundación Universidad de América, Bogotá D. C., Colombia.
- Masina, N., Choonara, Y., Kumar, P., du Toit, L., Govender, M., Indermun, S., y Pillay, V. (2017). A review of the chemical modification techniques of starch. *Carbohydrate Polymers*, 157, 1226-1236. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.09.094>
- Sánchez, D. V., Muschler, R., Prins, C., Solano, W., & Astorga, C. (2014). Diversidad de especies vegetales alimenticias en la microrregión de Cacahuatique Sur de El Salvador: un enfoque en especies comestibles subutilizadas y conocimiento local. *Agroecología*, 9(1-2), 101-109. Recuperado de <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300681/216101>.
- Castro-González, A., Alayón-Gamboa, J. A., Ayala-Burgos, A., & Ramírez-Avilés, L. (2008). Effects of *Brosimum alicastrum* and mixtures on voluntary intake, nutrient digestibility and nitrogen balance in sheep fed tropical pastures. *Animal Feed Science and Technology*, 141(3-4), 246-258. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2007.06.033.
- Tovar, T. (2008). Caracterización Morfológica y térmica del almidón de maíz (*Zea mays* L) Obtenido por diferentes métodos de aislamiento. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado a partir de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/508>
- Moo-Huchin, V. M., Cabrera-Sierra, M. J., Estrada-León, R. J., Ríos-Soberanis, C. R., Betancur-Ancona, D., Chel-Guerrero, L., ... Pérez-Pacheco, E. (2015). Determination of some physicochemical and rheological characteristics of starch obtained from *Brosimum alicastrum* swartz seeds. *Food Hydrocolloids*, 45, 48–54. doi:10.1016/j.foodhyd.2014.11.009

MICROENCAPSULACIÓN DE JUGO DE ZARZAMORA (*Rubus spp.*) MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN

Zugey Xiomara Lopez Fuentes*¹, Anahi Jobeth Borrás Enríquez², Jorge Luis González Escobar², Mario Moscosa Santillán³

¹ Instituto Tecnológico de México campus Tuxtla Gutiérrez, Chis; ² Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C; ³ Universidad Autónoma de San Luis Potosí, SLP.

*autor para correspondencia: zugey106@gmail.com

Resumen. Los jugos de fruta ayudan a reducir de manera considerable las enfermedades crónicas, como cáncer o enfermedades cardiovasculares. Este efecto de protección ha sido asociado con una variedad de constituyentes nutrientes y no nutrientes en las frutas. Tal es el caso de la zarzamora, la cual presenta un alto contenido de vitamina C y flavonoides, lo cual repercute positivamente en la salud del consumidor. Por esta razón el objetivo de este trabajo fue desarrollar micro cápsulas funcionales del jugo de zarzamora mediante secado por aspersión y evaluar el efecto más beneficioso de los agentes acarreadores: goma arábica, maltodextrina e inulina en sistemas que prolongue la conservación de los compuestos bioactivos de los jugos de zarzamora.

El jugo de zarzamora se mezcló con tres agentes encapsulantes: maltodextrina, goma arábica e inulina, basado en un diseño de mezclas simplex con centroide. Las condiciones de secado para todos los experimentos se ajustaron: temperatura de alimentación de 25°C, con un flujo de alimentación de 3 ml / min a 21 psi de presión de atomización y una temperatura de entrada de aire caliente de 160°C para generar temperaturas de salida de 60°C. Se cuantificaron en el polvo de zarzamora (*Rubus spp*) compuestos como antocianinas, fenoles totales y ácido ascórbico en donde además se evaluaron las características fisicoquímicas propias de un alimento en polvo como: solubilidad, contenido de humedad, entre otros.

Los resultados muestran que todos los sistemas de agentes encapsulantes presentaron un importante porcentaje de retención de compuestos bioactivos.

Palabras clave. Compuestos bioactivos, agentes acarreadores, alimento en polvo, micro capsulas, alimento funcional.

INTRODUCCION

Los jugos de fruta ayudan a reducir de manera considerable las enfermedades crónicas, como cáncer o enfermedades cardiovasculares. Este efecto ha sido asociado con una variedad de constituyentes nutrientes y no nutrientes, siendo muchos de ellos caracterizados por sus propiedades antioxidantes (Hassimotto et al., 2008). Tal es el caso de la zarzamora, la cual presenta un alto contenido de vitamina C y flavonoides. (Acosta et al., 2010).

Sin embargo, los responsables del valor nutricional en los jugos de zarzamora son termosensibles, y el uso de tratamientos inapropiados para su concentración puede provocar pérdidas considerables de vitaminas, el deterioro del color, del aroma y del sabor (Ávila de Hernández et al., 2013). Por lo que la microencapsulación mediante secado por aspersión podría ser una alternativa para la obtención de un producto que mantenga las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y funcionales contenidos en los jugos de zarzamora.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zarzamora (*Rubus spp*) se recolectó en estado de maduración comercial, fue obtenida en la central de abastos del estado de San Luis Potosí, San Luís Potosí. El jugo de zarzamora (*Rubus spp*) fue extraído con agua potable a razón de 1:1 (p/p) mediante un extractor marca Oster. Después de obtener el jugo del fruto se separaron los sólidos más grandes mediante tamices y luego una centrifugación. El sobrenadante obtenido fue tomado como muestra final del fruto, se le determinó el pH y se almacenó en congelación a -17° para su posterior uso. Se empleó un mini secador por aspersión (Modelo B-290, Buchi, Switzerland) diseñado para manipular de forma segura disolventes orgánicos puros o mezclas con agua, operado de manera co-corriente. Las condiciones de secado para todos los experimentos se ajustaron de la siguiente manera: temperatura de alimentación de 25°C, con un flujo de alimentación de 3 ml / min a 21 psi de presión de atomización y una temperatura de entrada de aire caliente de 160°C para generar temperaturas de salida de 60°C. El jugo de zarzamora fue encapsulado mediante secado por aspersión empleando diferentes agentes encapsulantes como: maltodextrina, goma arábica e inulina, trabajando sistemas de concentración individuales, binarios y ternarios.

Tabla 1. Sistemas para la microencapsulación del jugo de zarzamora por secado por aspersión

Experimento	Concentración de Maltodextrina (%)	Concentración de Goma arábica (%)	Concentración de inulina (%)
1	20	0	0
2	0	20	0
3	0	0	20
4	10	10	0
5	10	0	10
6	0	10	10
7	3.33	8.33	8.33
8	8.33	3.33	8.33
9	8.33	8.33	3.33
10	6.66	6.66	6.66

Luego del secado por aspersión, los polvos se mantuvieron en frascos de polietileno con tapa. Para determinar los cambios en las características fisicoquímicas de los polvos obtenidos se realizaron las siguientes determinaciones:

Densidad aparente

Se determinó siguiendo el método Goula and Adamopoulos, (2005) con algunas modificaciones. De acuerdo con el método, se llenó una probeta graduada de 10ml con 1 g de los polvos de zarzamora y se mantuvo en un vórtex durante 1 min. La proporción de masa del polvo y el volumen ocupado en el cilindro determinan el valor de densidad aparente (g / ml).

Solubilidad

Se determinó mediante la técnica de filtrado al vacío. Se tomó 0.5 g de muestra de polvo y se disolvió con 50 ml de agua destilada. De acuerdo con la técnica se emplea un embudo Buchner, el cual posee una placa con huecos para soportar el papel de filtro. A continuación, se colocó el papel de filtro sin dejar bordes levantados en las paredes y se humedeció con la mezcla. Después el papel filtro se llevó a 100°C en estufa por 5 min. Finalmente se restó el peso final del peso inicial del papel filtro para conocer el valor de polvos disueltos en el agua (g / ml).

Higroscopicidad

Se determinó siguiendo el método descrito por Tonon, Brabet y Hubinger, (2008) con algunas modificaciones. Se colocó un peso de 1 g de muestra de polvo en un recipiente hermético que contenía una solución saturada de NaCl (75,29% HR) a 30°C. Después de un mes, la muestra se pesó y la higroscopicidad se expresó como gramos de humedad adsorbida por 100 g Muestra (g / 100 g) y el método se determinó por duplicado en las muestras.

Actividad de agua

El dispositivo empleado para determinar es un medidor de actividad de agua (Aqualab Series 4TE) para medir la actividad de agua (aw) de las muestras de los polvos. El fundamento del equipo se basa en un punto de rocío mediante la técnica del espejo enfriado y medición infrarroja de la temperatura de la muestra que permite medidas de alta exactitud en menos de 5 min. Se determinó la actividad de agua de la muestra de queso utilizando 2 g de este a 25°C realizando la prueba por duplicado (AOAC, 1998).

Contenido de humedad

Se procedió a determinarla por el método de termobalanza (Termobalance model MB-023, Ohahus, USA) según el método de Standard secando la muestra de 1 g a 160°C durante 4 min hasta alcanzar un peso constante. Todos los análisis se realizaron por duplicado.

Componentes fenólicos totales

Fueron determinados usando el reactivo de Folin-Ciocalteu. De acuerdo con este método, se colocó en un agitador 1g de los polvos secados por aspersión con 3 ml de agua destilada por una hora. A continuación, se agitó por 15 min una alícuota de 0.2 ml de la muestra con 0.8 ml de etanol al 100% luego de esto se centrifugó a 2000 x g por 15 min, a 0.1 ml de sobrenadante se le agregó 0.5 ml de reactivo de Folin –Ciocateu (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO) y se dejó reaccionar por 5 min. Después de ello, se le añadió a la mezcla 0.4 ml de solución saturada de carbonato de sodio (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO) y se mantuvo por 2 hrs en un cuarto a 37°C. El complejo azul aparente fue determinado a un λ_{max} 765 nm utilizando un espectrofotómetro (Multiskan Go, Thermo Fisher Scientific, Inc., Waltham, MA, U.S.A.) los compuestos fenólicos totales se expresaron en miligramos de ácido gálico por gramo de muestra (mg GAE / g) y los análisis se realizaron por triplicado.

Ácido ascórbico

Se determinó usando el método de titulación (AOAC, 2000). De acuerdo con el método, se agitó 1 g de muestra de polvo en 3 ml de agua destilada durante 1 h. A continuación, una alícuota de 2 ml se transfirió a un matraz volumétrico y se añadieron 10 ml de 0,4% (p / v) ácido oxálico (Fluka, Darmstadt, Germany). La mezcla se tituló con una solución de 2,6- Diclorofenolindofenol al 0,025% (p / v) (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO) hasta que se

observó el vire de color rosa. Se construyó una curva calibración utilizando diferentes concentraciones de ácido ascórbico (Asia-Pacífico Specialty, Nueva Gales del Sur, Australia), a continuación, se realizaron los análisis del contenido de ácido ascórbico (mg / ml) por triplicado.

Antocianinas totales

El análisis de las antocianinas totales siguió el método de Lee, Durst y Wrolstad, (2005) con algunas modificaciones. Se agitó 1 g de muestra de polvo con 10 ml de agua destilada durante 5 min y se centrifugó a 1000 g durante otros 10 min. Posteriormente, se añadieron 0,2 ml de sobrenadante en un tubo de precipitado con 1,8 ml de PH 1,0 (Cloruro de potasio (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO): 0,03 M, 1,9 g de KCl en 980 ml de agua destilada) y en un tubo de precipitado con 1,8 ml de pH 4,5 (Acetato de sodio (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO): 0.4 M, 54.4 g CH3CO2NA3 en 960 ml de agua destilada) Después de esto, se midió una absorbancia de cada solución a 520 y 700 nm. Se calculó la concentración (mg / 100 g) de antocianinas totales con la ecuación (1) y que se expresa como equivalente de cianidina 3-glucósido.

$$\text{Total de antocianinas} = (A \times MW \times DF \times 103) / \epsilon \times l \quad (1)$$

Donde A es la absorbancia $= (A_{\lambda_{vis-max}})_{pH 1.0} - (A_{\lambda_{vis-max}})_{pH 4.5}$; MW es el peso molecular (g / mol) = 449.2 g/mol para cianidina 3-glucósido; DF es el factor de disolución (0.2 ml de muestra diluida en 2 ml, DF=10); ϵ es el coeficiente de extinción para cianidina 3-glucósido, donde l (es la longitud de trayectoria en cm) = 1. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con paquete estadístico MODDE, con un nivel de probabilidad $p \leq 0.05$ y un análisis de regresión múltiple con una confiabilidad del 95 %.

RESULTADOS

El jugo de zarzamora se caracterizó para la determinación de antocianinas, compuestos fenólicos, ácido ascórbico, ente otros datos de relevancia (tabla 2); mismos que se tomaron como punto de referencia para el análisis de los polvos secados por aspersión a partir del jugo zarzamora.

Tabla 2. Caracterización fisicoquímica del jugo de zarzamora antes del secado por aspersión

Análisis	Contenido
Rendimiento (Kg de muestra/Lt)	95 % (1:1)
pH	3.15 ± 0.02
Antocianinas (mg / 100g)	230.78
Componentes fenólicos (mg / 100g)	1520 ± 0.38
Ácido Ascórbico (mg / ml)	17

El jugo de zarzamora presentó un rendimiento de un 95% a una proporción 1:1 (pulpa: agua), el cual contenía un pH de 3.15 identificado como una sustancia ácida. Asimismo, presentó un contenido de 230.78 mg / L de antocianinas; la presencia de antocianinas en los frutos se encuentra ligada a los pigmentos o coloración de las

frutas como es el caso de la zarzamora. Asimismo, se observó la presencia de compuestos fenólicos de 185 mg / g y ácido ascórbico de 17 mg / ml.

Rendimiento y actividad de agua del proceso de microencapsulación mediante secado por aspersión.

El jugo de zarzamora fue encapsulado mediante secado por aspersión empleando diferentes agentes encapsulantes como: maltodextrina, goma arábica e inulina, trabajando sistemas individuales, binarios y ternarios, los resultados evaluados en rendimiento y actividad de agua se resumen en la tabla 3. Los polvos encapsulados de jugo de zarzamora presentaron rendimientos que oscilan entre 43.88% y 63.75% (ver Tabla 3)

Tabla 3. Rendimiento y actividad de agua de los polvos de zarzamora

Exp	Maltodextrina (%)	Goma arábica (%)	Inulina (%)	Rendimiento (%)	Actividad de agua (aw)
1	20	0	0	61.00 ± 0.70	0.23 ± 0.006
2	0	20	0	56.50 ± 4.24	0.24 ± 0.007
3	0	0	20	43.88 ± 5.83	0.23 ± 0.004
4	10	10	0	62.13 ± 0.88	0.19 ± 0.08
5	10	0	10	52.13 ± 0.53	0.27 ± 0.004
6	0	10	10	63.75 ± 3.18	0.23 ± 0.04
7	3.3	8.3	8.3	59.00 ± 3.88	0.20 ± 0.05
8	8.3	3.3	8.3	48.13 ± 1.94	0.26 ± 0.04
9	8.3	8.3	3.3	60.75 ± 1.76	0.23 ± 0.05
10	6.6	6.6	6.6	55.88 ± 2.72	0.17 ± 0.006

Según el análisis de varianza, la concentración de los agentes encapsulantes fue significativa (P<0.05) en el rendimiento de los polvos micro encapsulados.

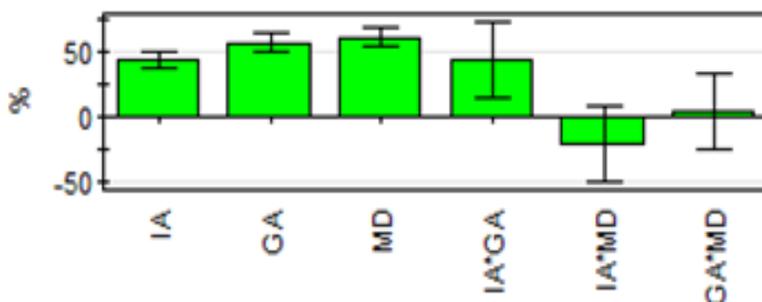


Figura 1. Análisis de varianza estadística de los rendimientos de los polvos de jugo de zarzamora.

Los sistemas individuales presentan mejor rendimiento sobre los sistemas binarios y ternarios (Figura 1). Se observó que el polvo de zarzamora producido con maltodextrina (MD) mostró el mejor rendimiento de los sistemas

individuales (Figura 1); mientras que los polvos de zarzamora producidos con las concentraciones goma arábica 10% con inulina 10 % (IA*GA) son los que representan el mejor rendimiento en los sistemas binarios.

Actividad de agua

El análisis estadístico de los valores de actividad de agua no presentó diferencias significativas de los polvos micro encapsulados con los diferentes sistemas individuales, binarios y ternarios.

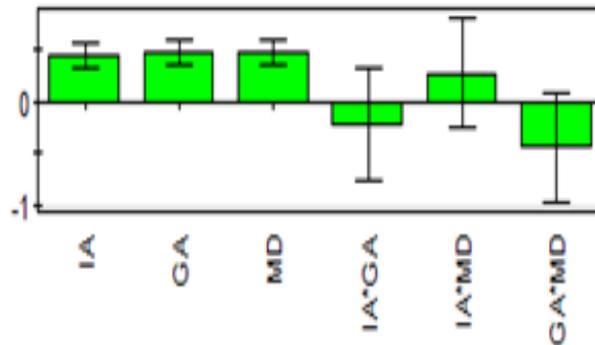


Figura 2. Análisis de varianza estadística de actividad de agua de los polvos de jugo de zarzamora.

La actividad de agua de los polvos encapsulados varía de 0.17 a 0.27. De esta manera se observó un comportamiento similar de la actividad de agua respecto a los sistemas en general.

DISCUSIÓN

Caracterización fisicoquímica de polvos encapsulados de zarzamora

Las propiedades fisicoquímicas de los polvos de zarzamora usando los diferentes sistemas (individuales, binarios y ternarios) de encapsulamiento se resumen en la tabla.

De acuerdo con los resultados de los polvos de zarzamora existe un efecto significativo en el contenido de humedad, el menor contenido de humedad (4.20) se obtuvo en el sistema individual Inulina al 20% mientras que en los sistemas binarios y ternarios el valor de humedad varió de 4.25 a 5.97 %. Estudios anteriores revelan que la humedad de microcápsulas con maltodextrina presentó valores entre 4.04 y 5.5 %, varios autores (Escalona, 2004; Ersus y Yurdagel, 2007; Valduga et al., 2008; Fang y Bhandari, 2011). Bakowska-Barczak y Kolodziejczyk (2011) reportaron que el contenido de humedad varió desde 1.8 hasta 3.9 en extractos de antocianina de Grosella negra micro encapsulados con maltodextrina. Resultados similares obtenidos en este trabajo.

Tabla 4. Análisis de las propiedades fisicoquímicas de polvos encapsulados del jugo de zarzamora

Exp	Contenido de humedad	Densidad aparente	Higroscopicidad	Solubilidad
1	4.58 ± 0.07	0.41 ± 0.02	12.01 ± 1.27	99.50 ± 0.70
2	5.97 ± 0.13	0.59 ± 0.09	18.15 ± 2.08	90.00 ± 2.82
3	4.20 ± 0.02	0.51 ± 0.04	28.85 ± 4.53	95.50 ± 0.70
4	4.73 ± 0.78	0.48 ± 0.04	14.80 ± 3.36	98.50 ± 0.70
5	5.20 ± 0.01	0.56 ± 0.02	23.11 ± 4.58	97.50 ± 0.70
6	5.01 ± 0.08	0.60 ± 0.01	34.68 ± 2.46	98.00 ± 1.41
7	5.16 ± 0.41	0.65 ± 0.01	24.80 ± 9.92	97.00 ± 1.41
8	5.40 ± 0.13	0.62 ± 0.01	29.57 ± 2.25	99.50 ± 0.70
9	5.28 ± 0.07	0.54 ± 0.02	28.48 ± 7.50	99.00 ± 1.41
10	4.25 ± 0.08	0.53 ± 0.01	17.23 ± 7.43	98.50 ± 0.70

Los polvos de zarzamora producidos usando mezclas de los tres diferentes agentes encapsulantes mostraron mayor densidad aparente, mientras que el uso individual de maltodextrina dio como resultado los valores más bajos. Según Tonon et al., (2010) observaron mayores valores de densidad aparente para polvo secado por aspersión, cuando se empleó almidón de tapioca como agente encapsulante. Los autores atribuyeron el comportamiento más alto a los polvos producidos con almidón de tapioca en comparación con la maltodextrina y goma arábica. Concluyendo que cuanto más pesado sea el material, más fácilmente se acomoda entre los espacios de las partículas, ocupando mayor espacio y como resultando valores de densidad aparente más altos.

Los resultados presentan la higroscopicidad con datos que varían de 12.01 a 34.68 y solubilidad que va de 90 a 99.50 %. Sin embargo, los valores de estas propiedades fisicoquímicas no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para los sistemas individuales, binarios y ternarios.

Fitoquímicos- funcionales del polvo de zarzamora secado por aspersión

Las propiedades fitoquímicas de los polvos de zarzamora usados en los diferentes sistemas (individuales, binarios y ternarios) de encapsulamiento se resumen en la tabla 5. Con el fin de poder comparar los valores obtenidos en los polvos con los valores fitoquímicos iniciales del jugo de zarzamora (Ver tabla 1).

Los resultados presentan antocianinas con datos que varían de 0.73 a 1.01 mg/g y ácido ascórbico que va de 0.32 a 0.45 mg/g. Sin embargo, los valores de estas propiedades fisicoquímicas no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para los sistemas individuales, binarios y ternarios. Por otro lado, los valores obtenidos del contenido de fenoles cuantificados se encuentran resultados significativos obteniendo un valor promedio de 2.6 mg/g.

Tabla 5. Propiedades fitoquímicas del polvo de zarzamora

Exp	Antocianinas (mg/g)	Componentes fenólicos (mg/g)	Ácido Ascórbico (mg/g)
1	0.76 ± 0.01	3.10 ± 0.06	0.43 ± 0.04
2	0.88 ± 0.02	2.74 ± 0.05	0.40 ± 0.05
3	1.01 ± 0.01	3.37 ± 0.09	0.41 ± 0.03
4	0.97 ± 0.07	2.25 ± 0.01	0.32 ± 0.17
5	1.01 ± 0.05	2.44 ± 0.05	0.43 ± 0.01
6	0.98 ± 0.05	2.20 ± 0.02	0.45 ± 0.05
7	0.98 ± 0.03	2.54 ± 0.03	0.40 ± 0.03
8	0.80 ± 0.02	2.77 ± 0.09	0.42 ± 0.02
9	0.73 ± 0.02	2.59 ± 0.05	0.40 ± 0.04
10	0.74 ± 0.01	2.51 ± 0.01	0.44 ± 0.04

AGRADECIMIENTOS

Debo agradecer de manera especial y sincera a la Dra. Anahí Borrás Enríquez por aceptar para realizar esta tesis de licenciatura bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar ideas ha sido un aporte invaluable. Le agradezco también al Dr. Mario Moscota Santillán por haberme facilitado los medios e instalaciones para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis. Finalmente, mi más sincero agradecimiento al Dr. Jorge González Escobar por su importante aporte y participación en el desarrollo de esta tesis. Debo destacar que su paciencia y dedicación ha enriquecido ampliamente el trabajo realizado.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta-Montoya O, Vaillant F., Cozzano S., Mertz C., Perez A.M., Castro M. V. 2010. Phenolic content and antioxidant capacity of tropical Highland blackberry (*Rubus adenotrichus*) during three edible maturity stages. *Food Chemistry*, 119: 1497-1501
- Ayala-Zavala, Fernando; et al. Microencapsulation of cinnamon leaf (*Cinnamomum zeylanicum*) and garlic (*Allium sativum*) oils in α -cyclodextrin. En: *J. Inclusion. Phenom. Macrocycl. Chem.* 2008. Vol. 60. p. 359-368. 25.
- Bakowska-Barczaka, A. M. y P. P. Kolodziejczyk, Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation. *Industrial Crops and Products* 34: 1301-1309 (2011).
- Benvenuti S., Pellati F., Melegari M., D Bertelli 2004. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of *Rubus*, *Ribes*, and *Aronia*. *Journal of food Science*, 69:C164-C169.
- Bertolini, A., A. Siani and R. Grosso. 2001. Stability of monoterpenes encapsulated in gum arabic by spray-drying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49(2): 780-785.
- Buffo, R. and Reineccius, G. A. Optimization of gum acacia/modified starches/maltodextrin blends for the spray drying of flavors. En: *Perfumer & Flavorist*. 2000. Vol. 25. p. 37-49.
- Cissé M., Vaillant F., Acosta O., Dhuique Mayer C. Dornier M. 2009. Thermal degradation kinetics of anthocyanins from blood orange, blackberry, and roselle using the Arrhenius, Eyring and Balls model. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
- Compañía editorial continental, S.A. de C.V. 3ra ed. MÉXICO. Pág. 57

- Crittenden R. (1999). Prebiotics In: Tannock J., editor. Probiotics: A critical review. Norfolk, England: Horizon Scientific Press. 141-156.
- Crittenden R. and Playne M. (1996). Commercially available oligosaccharides. *International Dairy Bull Federation*. 313:10-22
- Ersus S. y U. Yurdagel, Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucuscarota L.*) by spray drier. *Journal Food Engineering*. 80: 805-812 (2007).
- García, G., M. González, M. Ochoa y H. Medrano. 2004. Microencapsulación del jugo de cebada verde mediante secado por aspersión. *Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria* 4(4): 262-266.
- Geankoplis, C. J. 1998. *Proceso de Transporte y Operaciones Unitarias*.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., Saurel, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40: 1107–1121. 2007.
- Hassimotto, N.M.A., Da Mota, R.V., Cordenunsi, B.R., Lajolo, F.M. 2008. Physico-chemical characterization and bioactive compounds of blackberry fruits (*Rubus sp.*) grown in Brazil. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28(3): 702-702 708.
- Ichianagi, T., N. Terahara, M. Rahman y T. Konishi, Gastrointestinal uptake of nasunin, acylated anthocyanin in eggplant. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: (15): 5306-5312 (2006).
- Murúa-Pagola, B., Beristain Guevara, C., Martínez Bustos, F. Preparation of starch derivatives using reactive extrusion and evaluation of modified starches as shell materials for encapsulation of flavoring agents by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 91: 380-386. 2009.
- Norma Mexicana. NMX-F-591-SCFI-2010. Alimentos-Fructanos de Agave- Especificaciones, Etiquetado y Métodos de Ensayo.
- Pedroza-Islas, R. Alimentos Microencapsulados: Particularidades de los procesos para la microencapsulación de alimentos para larvas de especies acuícolas. En: "Avances en Nutrición Acuícola VI". Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Cancún, Quintana Roo, México. Septiembre 2- 6. 2002.
- Quek, S.Y., Chok, N. K., Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spraydried watermelon powder. *Chemical Engineering and Processing*, vol. 46 No. 5, pp. 386-392.
- Silva, M., H. Rogez y Y. Larondelle, Optimization of extraction of phenolics from *Inga edulis* leaves using response surface methodology. *Separation and Purification Technology* 55 (3): 381- 387 (2010).
- Silva, P., P. Stringheta, R. Teófilo y I. Nolasco, Parameter optimization for spray drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. *Journal of Food Engineering*. Artículo en impresión (2013).

DESARROLLO DE UN PRODUCTO TIPO MERMELADA A BASE DE CASCARAS DE PIÑA

Brian García Navarro¹, Karla Fabiola Romo Zamarrón¹, Laura Eugenia Pérez Cabrera*¹,
Alberto Tecante² Antonio de Jesús Meraz Jiménez¹

¹ *Departamento de Ciencias de los Alimentos, Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 20131 Aguascalientes, México.*

² *Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM, 04510 Ciudad de México*

**autor que presenta la ponencia: brian_42436@live.com, leperez@correo.uaa.mx*

Resumen. En la búsqueda de aprovechar los subproductos agroindustriales y de contribuir a la disminución de la contaminación medio ambiental, así como de crear alimentos procesados, el presente trabajo tuvo como objetivo el desarrollar y caracterizar fisicoquímicamente productos tipo mermelada utilizando como ingredientes cascaras de piña y quitosano, ambos obtenidos de residuos provenientes de procesadoras locales del Estado de Aguascalientes. Se formularon cuatro tipos de mermelada utilizando dos diferentes métodos de deshidratación: secado por aire caliente (MAC) o liofilización (MLIO) para las cascaras de piña y con dos diferentes tipos de coadyuvantes para promover la geleficación del producto: pectina (MACP y MLIOP) y quitosano (MACQ y MLIOQ). Se determinaron las características fisicoquímicas: contenido de sólidos solubles (°Bx), pH, a_w , consistencia Bostwick, acidez titulable, color CIE-L*a*b* y propiedades mecánicas (la fuerza de gel y fuerza de ruptura). Los resultados indican que es posible el desarrollo de un producto mermelada a base de polvos de cascaras de piña, teniendo características fisicoquímicas propias de un producto original (mermelada) de calidad. Se registran diferencias significativas el parametro de color, debido al tipo de deshidratación (AC/LIO) y en los parámetros de pH, humedad, acidez, consistencia y propiedades mecánicas debido al tipo de coadyuvante gelificante pectina / espesante quitosano utilizado.

Palabras clave. piña, subproductos, tipo mermelada, quitosano

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el uso eficiente y respetuoso con el medio ambiente de los subproductos de la industria agroalimentaria minimiza el impacto ambiental y es altamente rentable por las propiedades que los mismos presentan (Dina *et al.*, 2009). Los subproductos alimenticios al no ser tratados adecuadamente desencadenan una gran contaminación medioambiental (Banerjee *et al.*, 2017). La piña es uno de los frutos que más se comercializan durante todo el año, por sus cualidades nutricionales y diuréticas, de la cual cerca de un 30 a 40% de su peso aproximadamente es considerado como subproducto no destinado al consumo humano (Martínez *et al.*, 2012). Por otro lado el quitosano es un aminopolisacárido, el cual es el principal derivado N-desacetilado de la quitina aislada de los desechos de crustáceos y se han identificado usos como aditivo alimentario como espesante, gelificante y emulsificante (Rhazi,

et al., 2004). El uso eficiente de subproductos de piña y de camarón, puede ser una gran alternativa para el cuidado del medio ambiente y para la generación de ingresos obteniendo materias primas de buena calidad para crear productos con valor agregado. El objetivo de este trabajo fue el desarrollo y caracterización fisicoquímica de un producto tipo mermelada utilizando cascaras de piña y quitosano para dar valor agregado a residuos agroalimentarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los exoesqueletos de camarón provenientes de una procesadora local se deshidrataron a 60°C durante 24h, posteriormente se molieron y tamizaron para continuar con el proceso termoalcalino de obtención de tres etapas: desproteinización, desmineralización y desacetilación descrito por Velasco-Reyes *et al.*, (2019). Las cascaras de piña fueron desinfectadas durante 15 min con una solución (4 mL/10 L de agua) de Nicom PQ a 90 °C, se centrifugaron y se separaron en dos lotes, el primero se deshidrato con aire caliente (Excalibur Products, 3500) a 60 °C y el segundo se liofilizó (Labconco, FreeZone® Legacy, 7752020) a 0.0099 °C y 610.5 Pa de vacío. Las cáscaras deshidratadas se molieron y se tamizaron. Para la formulación se elaboró un jarabe (60°Brix) y se añadió el 5% de polvos obtenidos de la deshidratación de cáscaras de piña por aire caliente (MAC) y por liofilización (MLIO), gelificante: pectina al 0.5% (MACP y MLIO P) y espesante: quitosano 1% (MACQ Y MLIOQ) para todas las formulaciones se utilizó el 0.6% de ácido cítrico. Se determinaron las características fisicoquímicas: contenido de sólidos solubles (°Bx) en un refractómetro (Atago, H-93) a 20 °C. El pH con un potenciómetro (Hanna Instruments, HI99163) previamente calibrado y a 25 °C. La actividad del agua (aw) en un medidor Decagon (AquaLab Series 3TE) previamente calibrado y a 25 °C. La consistencia adecuando la metodología de Castillo (2003) con un Consistómetro Bostwick de acero inoxidable con escala graduada de 24 cm (ZXCON), se niveló el equipo y llenó el compartimento con 100 mL de muestra a una temperatura de 25°C, el recorrido de la muestra se midió por un lapso de 30 segundos. Acidez titulable se determinó adecuando NMX-F-102-S-1978 utilizando NaOH 0.1 N y se expresaron como miliequivalentes ácido cítrico. El color se determinó con un colorímetro (CR-400) con iluminante D65, observador 2° y se obtuvieron las coordenadas luminosidad (L*), croma (C*) y tono (h*). Las propiedades mecánicas se determinaron utilizando el protocolo Marmelade Test (P/0.5R) obteniéndose la fuerza de gel y fuerza de ruptura se determinaron en un analizador de textura (Texture Analyzer TA-XT2)

RESULTADOS

En la Tabla 1. se muestran la caracterización fisicoquímica de los productos tipo mermelada, para todos los parámetros a excepción de actividad de agua presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) principalmente asociadas al tipo de coadyuvante gelificante/espesante utilizado (pectina/quitosano).

Para los sólidos solubles todas la formulaciones desarrolladas se encuentran en el rango (60 – 65%.) de la NMX-F-127-1982 y del CODEX STAN 296-2009. El contenido de humedad para formulaciones con quitosano es significativamente menor asociándose a una mayor retención de agua, y para el porcentaje de acidez es significativamente mayor en tipo mermeladas con quitosano, teniendo asociación con la capacidad de retención de agua. El valor de pH esta significativamente influenciado por el tipo de deshidratación, resultando pH menores

en desarrollos con cascaras liofilizadas (MLIOP y MLIOQ). Para consistencia Bostwick los productos tipo mermelada que contienen pectina son significativamente ($p < 0.05$) más altos en comparación con los productos elaborados con quitosano teniendo estos un mayor recorrido en la escala del consistómetro, dándonos esto como resultado que los productos elaborados con pectina tienen una tasa de flujo mayor.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas de productos tipo mermelada

Análisis	MACP	MLIOP	MACQ	MLIOQ	Anova
aw	0.866± 0.001	0.868± 0.000	0.867± 0.004	0.873± 0.004	0.8084
pH	3.0± 0.00	2.8± 0.10	3.4± 0.10	3.3± 0.10	0.0001
Solidos solubles (°Bx)	60.5± 0.23	61.3± 0.17	61.8± 0.05	61.7± 0.11	0.0001
Consistencia Bostwick (cm/30s)	5.93± 0.11	6.07± 0.11	9.37± 0.11	9.27± 0.05	0.0001
Acidez (%)	0.26± 0.005	0.24± 0.010	0.31± 0.010	0.30± 0.011	0.0001
Humedad (%)	21.56± 0.96	22.04± 0.61	15.75± 0.45	15.92± 0.46	0.0001

En la Figura 1 se muestran el color de los productos desarrollados con polvos liofilizados obtuvieron una L* y un C* significativamente diferentes a MAC independientemente del tipo de coadyuvante utilizado (pectina/quitosano), las MLIO resultaron ser más luminosas y claras y con tonalidades más verde-amarillas y menor cromaticidad. En la Figura 2 se observa que la fuerza de gel y de ruptura son significativamente menores para ($p < 0.05$) muestras que contienen quitosano, siendo geles más débiles y con menor resistencia y consistencia.

Muestra	L*	h*	C*
MACP 	25.89±0.30	79.06±0.47	9.59±0.05
MLIOP 	34.10±0.09	88.18±1.62	2.66±0.03
MACQ 	24.23±0.01	86.56±0.55	6.52±0.03
MLIOQ 	34.04±0.07	88.85±1.48	2.66±0.05
Anova			

Figura 1. Color de productos tipo mermelada

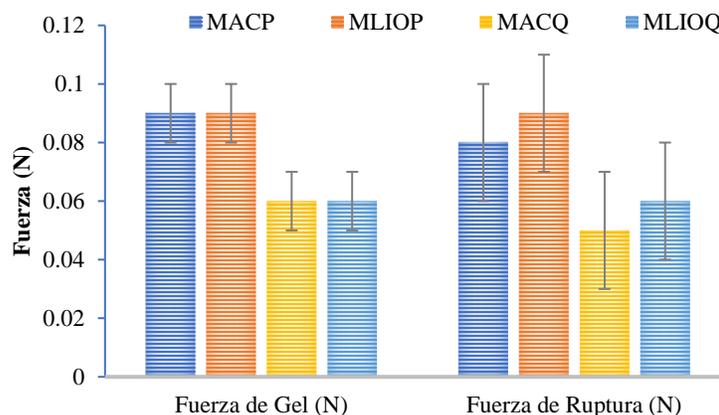


Figura 2. Propiedades mecánicas de productos tipo mermelada

DISCUSIÓN

El uso de residuos agroalimentarios (cascaras de piña y quitosano) como ingredientes del desarrollo de un producto tipo mermelada es potencialmente viable, es necesario continuar su caracterización nutricional y funcional para evaluar su capacidad antioxidante y contenido de fibra dietaría.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que los polvos de cascaras de piña obtenidos por deshidratación aire caliente y liofilización son aptos para la elaboración de un producto tipo mermelada, aportando las características fisicoquímicas de calidad de un producto similar a una mermelada. En cuanto a la sustitución de pectina con quitosano, se logró determinar que existen diferencias significativas con respecto a la consistencia y propiedades mecánicas en las formulaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Benerjee, J., Singh, R., Vijayaraghavan, R., MacFarlane, D., Patti, A. F., & Arora, A. (2017). Bioactives from fruit processing wastes: Green approaches to valuable chemicals. *Food Chemistry*, 225, 10–22. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.093>
- Castillo, M. J. (2003). Elaboración y caracterización de masa cocida a partir de siete variedades de plátano banano verde sometidas a diferentes tiempos y temperaturas de cocción. Tesis de licenciatura. Universidad Tecnica Particular de Loja, Quito.
- Dina, A., Nassima, C., Meriem, B., Karima, A., Hakima, L., & Hania, B. (2009). Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chemistry*, 112, 303–309. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.077>
- Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2012). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry*, 135, 1520–1526. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.057>
- Rhazi M, Desbrieres J, Tolaimate A, Alagui A, Vottero P. (2004). Investigation of different natural sources of chitin: influence of the source and deacetylation process on the physicochemical characteristics of chitosan. *Polymer International*, 49: 337-44. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0126\(200004\)49:4<337::AID-PI375>3.0.CO;2-B](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-0126(200004)49:4<337::AID-PI375>3.0.CO;2-B)
- Velasco Reyes, J. F. Díaz Narváez, G. C., Ramírez Carrillo, R. E., y Pérez Cabrera, L. E. (2019) Producción de quitosano a partir de desechos de camarón generados del procesamiento industrial. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 4:897-901.

USO DE CASCARAS DE PAPAYA PARA EL DESARROLLO DE GOLOSINAS GELIFICADAS

Karla Fabiola Romo Zamarrón¹, Laura Eugenia Pérez Cabrera*¹, Alberto Tecante²

¹ *Departamento de Ciencias de los Alimentos, Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 20131 Aguascalientes, México.*

² *Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM, 04510 Ciudad de México*

**autor que presenta la ponencia: leperez@correo.uaa.mx*

Resumen. Se evaluó el efecto de la adición de polvos de cáscaras de papaya sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y funcionales de golosinas gelificadas (GG). Las cáscaras de papaya fueron deshidratadas por liofilización o circulación de aire caliente y utilizadas como ingredientes en la elaboración de GG Sustituídas (GGS), partiendo de una formulación control (GGC) y a las GGS se les sustituyó azúcar, colorante y saborizante por un 6% de los polvos de cáscaras papaya: liofilizados (GGSL), y circulación de aire caliente (GGSC). Existieron diferencias significativas entre las GGC y GGS en el color y las propiedades mecánicas, las GGS fueron menos luminosas con un color anaranjado más saturado que las GGC, así como más firmes y elásticas. Los panelistas expresaron que las GGC eran justo como les gusta en todos los atributos menos en sabor, mientras que las GGS resultaron ser menos ácidas y con un color más fuerte de lo que les gusta. Las GGS presentaron diferencias significativas con respecto a las GGC con un mayor contenido de FDI y FDS; el método de extracción por digestión fisiológica total in vitro presentó una mayor actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos solubles totales. De manera general es posible utilizar los polvos de cáscaras de papaya como ingredientes en la elaboración de las GG, ayudando a prescindir del uso de saborizantes y colorantes artificiales, además de aportar fibra, actividad antioxidante y compuestos fenólicos.

Palabras clave. papaya, subproductos, golosinas gelificadas, funcionalidad

INTRODUCCIÓN

La papaya es de las frutas de mayor consumo debido a sus cualidades sensoriales y nutricionales (Pull *et al.*, 2011). Sin embargo, alrededor del 20 al 25% de la masa de la papaya (Koubala *et al.*, 2014), se considera subproducto no utilizado para consumo humano (Samson, 1986). Las cáscaras son una fuente de fibra dietética y antioxidantes (Ajila *et al.*, 2010). Actualmente no hay informes sobre el uso de estos subproductos en la elaboración de golosinas gelificadas. Es relevante porque México es el sexto productor y consumidor de confitería en el mundo y el segundo en América Latina. Sin embargo, el alto consumo de tales productos carece de valor nutricional, por el alto contenido de edulcorantes cuyo consumo aumenta el riesgo de diabetes y obesidad (Nambiar *et al.*, 2018), el consumo de colorantes artificiales por encima de los límites permitidos causa problemas respiratorios, alergias, hiperactividad y dolor abdominal (Nambiar *et al.*, 2018). Por lo que, el objetivo fue elaborar golosinas gelificadas reemplazando el colorante, y una porción del edulcorante y del saborizante, con polvos de cáscaras de papaya, para evaluar su contribución en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y funcionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las cáscaras de papaya se recolectaron de una empresa local (Jugos y Chocos Tony®) y se separaron en dos lotes, el primero se deshidrató con aire caliente (Excalibur Products, 3500) a 57 °C y el segundo se liofilizó (Labconco, FreeZone® Legacy, 7752020) a 0.0099 °C y 610.5 Pa de vacío. Las cáscaras deshidratadas se molieron y se tamizaron. Para la elaboración de las golosinas gelificadas control (GGC) se utilizó la formulación de general para las golosinas gelificadas sustituidas (GGS) se realizó una adaptación.

Tabla 1. Formulaciones de las golosinas gelificadas

Ingrediente	GGC	GGS
Grenetina	5.30	5.3
Agua	23.38	23.38
Sacarosa	33.20	28.82
Glucosa	36.50	36.50
Ácido cítrico	1.28	1.00
Colorante	0.04	0
Saborizante	0.30	0.1
Cáscaras papaya	0	6

Se determinó el contenido de sólidos solubles (°Bx) (Atago, H-93), pH (Hanna Instruments, HI99163), actividad del agua (a_w) (AquaLab Series 3TE), color (Konica Minolta, CR-400) y textura (Texture Analyzer TA-XT2 Gummy confectionery Test y GMIA). Se realizó una prueba afectiva, con un panel no entrenado de cincuenta consumidores habituales en un rango de 18-25 años. Se utilizó una escala hedónica *JAR* de cinco puntos para expresar cuán cercanos eran la intensidad del color, firmeza, elasticidad, sabor a papaya/chamoy, dulzor y acidez, a lo preferido por los panelistas, es decir, *1=demasiado débil*, *2=un poco débil*, *3=tal como me gusta*, *4=un poco fuerte*, *5=demasiado fuerte*. El contenido de fibra dietética soluble (FDS) e insoluble (FDI), se determinó por triplicado con el método enzimático gravimétrico (AOAC 991.43 y AACC 32-07.01). Se realizaron dos tipos de extracciones de los compuestos bioactivos: 1) Extracción orgánico-acuosa (compuestos bioactivos totales) 2) Extracción fisiológica total in vitro (compuestos bioaccesibles). A los extractos, se les evaluó la capacidad antioxidante equivalente a Trolox, utilizando dos métodos: TEAC-DPPH y TEAC-ABTS. Los compuestos fenólicos solubles totales se determinaron con ácido gálico como patrón. Las determinaciones se realizaron por triplicado en las curvas patrón y en las muestras, se calcularon y reportaron microgramos equivalentes de Trolox por gramo de muestra para actividad antioxidante y microgramos equivalentes de ácido gálico/ gramo de muestra para compuestos fenólicos solubles totales.

RESULTADOS

No existen diferencias ($p < 0.05$) en el contenido de sólidos solubles (° Bx) entre las GGS y las GGC, el pH de las GGS fue significativamente ($p < 0.05$) más alto que las GGC, sin embargo, el rango de pH de las GG fue de 3.6 a 3.9. Las GG mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) para la a_w . La luminosidad, el tono y el croma de las GGC y las GGS fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$), GGC tuvieron una mayor luminosidad, pero el croma y el tono indican un color naranja menos saturado con respecto a las GGS. Las GGS fueron más firmes y elásticas, pero con menor resistencia, que las GGC. Para firmeza, elasticidad y sabor no existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las GGC y las GGS. Sin embargo, los panelistas expresaron que el color de las GGC y GGSL es tal como les gusta, mientras que el de las GGSC fue un poco fuerte. Para el dulzor y la acidez, los panelistas expresaron que las GGC fueron tal como les gusta y las GGS fueron un poco débiles. Existen diferencias significativas para FDI y FDS las GGC presentaron un contenido nulo, mientras que las GGS presentaron un

contenido aproximado de 2g entre ambos tipos de fibras en una porción de 100g, lo que equivalente a un 8% de la dosis diaria recomendada de fibra, obteniendo así GGS clasificada como “fuente de fibra”. Además de ser libres colorantes, los que están ligados a problemas de la conducta como déficit de la atención en niños (Nambiar *et al.*, 2018). Existen diferencias significativas en ambos tipos de extracción, presentando mayor capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos solubles las GGSL. Al comparar los valores de la actividad antioxidante y de los compuestos fenólicos, de ambos métodos de extracción, se observa que estos valores son mayores en la extracción fisiológica in vivo. En este sentido, es interesante destacar cómo las extracciones químicas habitualmente efectuadas pueden llevar a una subestimación de la capacidad antioxidante (Serrano, *et al.* 2007).

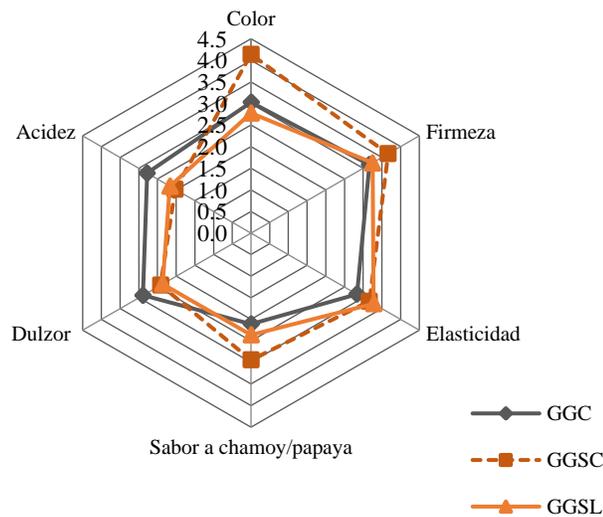


Figura 1. Análisis de aceptación de los atributos de las GG.

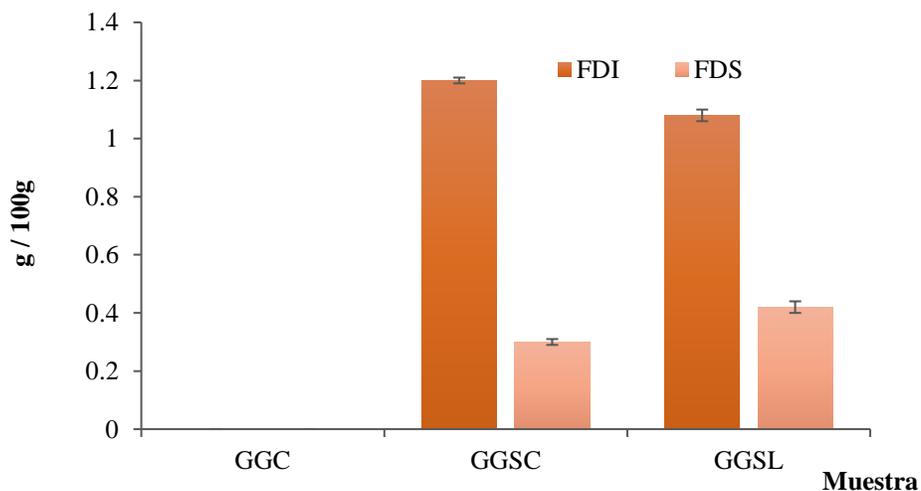


Figura 2. Contenido de fibra dietética insoluble y soluble.

Tabla 2. Compuestos bioactivos totales y compuestos bioaccesibles de las GG

Muestra	DPPH ($\mu\text{g ETrolox/}$ 100 g)	ABTS ($\mu\text{g ETrolox/}$ 100 g)	Fenoles Solubles ($\mu\text{g EAG/}$ 100 g)
<i>Método de extracción orgánico-acuosa</i>			
GGC	43.00 \pm 1.20 ^a	10.18 \pm 0.04 ^{ab}	102.07 \pm 4.40 ^a
GGSC	315.90 \pm 1.49 ^b	16.21 \pm 0.02 ^a	396.52 \pm 2.00 ^b
GGSL	386.40 \pm 3.26 ^b	17.87 \pm 0.04 ^c	492.75 \pm 4.20 ^b
ANOVA	0.0001	0.0001	0.0001
<i>Método de extracción fisiológica</i>			
GGC	285.38 \pm 11.60 ^{ab}	19.21 \pm 1.72 ^a	153.85 \pm 23.70 ^a
GGSC	784.81 \pm 20.10 ^b	34.26 \pm 0.91 ^b	513.43 \pm 10.71 ^b
GGSL	849.93 \pm 64.40 ^b	36.35 \pm 1.41 ^b	587.54 \pm 23.51 ^c
ANOVA	0.0001	0.0089	0.0001

DISCUSIÓN

La fibra dietética insoluble de los polvos interfiere en el color de las GGS, generando productos con colores más intensos (Selani *et al.*, 2016). Estos resultados son consistentes con los reportados por Cappa *et al.* (2015), quienes desarrollaron caramelos de fruta en forma de gel (GLFC) a base de manzana y arándano modificado con polvo de piel de uva de diferentes tamaños de partículas, utilizando pectina como agente gelificante. Estos autores demostraron que los polvos modifican la textura instrumental del GLFC.

CONCLUSIONES

De las GGS las GGSL presentaron las mejores características de color y textura; así como mayor contenido de fibra, actividad antioxidante y compuestos fenólicos solubles. Estos resultados son consistentes con el análisis sensorial, ya que los panelistas expresaron que estas son más parecidas a lo que les gusta.

BIBLIOGRAFÍA

- Ajila C.M., Aalami, M., Leelavathi, K. & Prassada Rao, U.J.S. (2010). Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11: 219–224.
- Cappa, C., Lavelli, V. & Mariotti, M. (2015). Fruit candies enriched with grape skin powders: physicochemical properties. *LWT-Food Science and Technology*, 62: 569–575.
- Koubala, B. B., Christiaens, S., Kansci, G., Van-Loey, A. M., & Hendrickx, M. E. (2014). Isolation and structural characterization of papaya peel pectin. *Food Research International*, 55: 215–221.
- Nambiar, A. P., Sanyal, M., & Shrivastav, P. S. (2018). Simultaneous densitometric determination of eight food colors and four sweeteners in candies, jellies, beverages and pharmaceuticals by normal-phase high performance thin-layer chromatography using a single elution protocol. *Journal of Chromatography A*, 1572, 152–161.
- Paull, R. & Duarte, O. (2011). Tropical fruits. In: 2nd ed., *Crop production science in horticulture* (edited by C.A.B. International). Pp. 18-30. Wallingford, UK: Cambridge, MA: CABI.
- Samson, J. (1986). Tropical fruits. In: 2nd ed., *Tropical agriculture series*. Pp. 229- 233. New York: Langman Scientific & Technical.
- Selani, M. M., Shirado, G. A. N., Margiotta, G. B., Saldaña, E., Spada, F. P., Piedade, S. M. S., Contreras-Castillo, C.J. & Canniatti-Brazaca, S. G. (2016). Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. *Meat Science*, 112, 69–76.
- Serrano, J., Goñi, I., & Saura-Calixto F. (2007). Food antioxidant capacity determined by chemical methods may underestimate the physiological antioxidant capacity. *Food Research Internacional*, 40: 15-21.

OBTENCIÓN DE NANOCRISTALES DE CELULOSA DEL BAGAZO DE *Agave tequilana weber* Y FIBRAS DE *Agave fourcroydes*

Pech-Cohuo Soledad*¹, Gonzalez -Hau Evelin¹, Moo-Tun Nora¹, Canche-Escamilla Gonzalo¹, Uribe-Calderón Jorge.

¹ Centro de Investigación Científica de Yucatán, Unidad de Materiales, Mérida, Yucatán, México.

* autor para correspondencia: spehc@hotmail.com

Resumen. Los nanocristales de celulosa (NCC's) son nanopartículas que pueden obtenerse de diversas fuentes, una de ellas son los desechos agrícolas. En México uno de los residuos agrícolas que más se generan es el bagazo del agave azul (*Agave tequilana weber*) (BATW) que se obtiene después de que las piñas de agave fueron cocidas, exprimidas, y molidas. Por lo general, el bagazo de agave es incinerado o colocado en un relleno sanitario. En un cultivo Yucatán que se ha desaprovechado y se puede usar para la obtención de NCC's, es el de henequén (*Agave fourcroydes*). Por lo que la utilización de estos en la elaboración de productos naturales es una propuesta muy atractiva para reducir la acumulación del bagazo y promover el uso del henequén para la producción sustentable de nuevos materiales. Este trabajo explora la obtención mediante hidrólisis ácida de NCC's a partir de celulosa de BATW y de henequén. Se obtuvieron rendimientos de 22.42 y 16.73% para NCC's de BATW y de henequén, respectivamente.

Palabras clave. Hidrólisis ácida, materiales biodegradables, henequén, nanopartículas

INTRODUCCION

La celulosa es el polímero orgánico y renovable más abundante en el planeta, se encuentra en paredes celulares vegetales, y puede ser producida por animales y algunos tipos de bacterias (Sharma et al., 2019). Este biopolímero es una cadena lineal con moléculas de anillos de glucosa (C₆H₁₀O₅) ligada a través de un enlace covalente de oxígeno al C1 de un anillo de glucosa y al C₄ del anillo adyacente. Múltiples cadenas de celulosa están unidas entre sí por puentes de hidrógeno formando fibrillas de celulosa que tienen regiones desordenadas (amorfias) o altamente ordenadas (cristalinas). Las regiones amorfas de las fibrillas de celulosa pueden ser selectivamente hidrolizadas por ácido, dejando las regiones cristalinas (menos reactivas), de tamaño nanométrico llamados whiskers, nanocristales o nanofibras de celulosa. La hidrólisis ácida es un proceso usado para remover las regiones amorfas (Gan et al., 2016) que consiste en añadir a las fibras un ácido de alta concentración, como por ejemplo ácido sulfúrico (H₂SO₄), a un tiempo de reacción determinado, dando como resultado partículas más pequeñas con superficies cargadas negativamente, resultado de la esterificación de grupos hidroxilo por iones sulfato. La celulosa hidrolizada con H₂SO₄ presenta esterificación de los grupos hidroxilo que produce un "medio éster-ácido" o también llamado "sulfato de celulosa". La presencia de estos grupos resulta en superficies cargadas negativamente por encima del pH ácido (Xie et al., 2019).

Los NCC's son monocristales muy delgados que ofrecen muchas ventajas como partículas de refuerzo en compuestos de matrices poliméricas ya que tienen una alta relación de aspecto. Poseen también alto grado de perfección cristalina, una alta rigidez y propiedades mecánicas que están en el intervalo de los materiales típicos de refuerzo (Pech-Cohuo et al., 2018).

Una de las fuentes disponibles para la obtención de celulosa lo constituyen los desechos agroindustriales, un ejemplo de ello son los residuos de *Agave tequilana weber* (BATW), que es una planta con un alto contenido de fibras lignocelulósicas (Pech-Cohuo et al., 2018) En México se genera gran cantidad de residuos del BATW, producto de la extracción de la bebida alcohólica denominada Tequila. Este residuo es normalmente incinerado o acumulado en los patios de las tequileras. Por lo que se puede aprovechar como una fuente para la obtención de NCC's (Espino et al., 2014). En Yucatán un cultivo que se puede aprovechar para la obtención de NCC's, es el henequén (*Agave fourcroydes*), una planta que fue de gran importancia para la economía del estado, su cultivo decayó desde su crisis en la década de 1970, al ser sustituida en sus aplicaciones tradicionales (fibras duras) por materiales sintéticos. Debido a lo anterior, se han buscado nuevas formas de aprovechamiento del henequén, a través de alternativas tecnológicamente viables que reditúen beneficios económicos (Dzul-Cervantes et al., 2017)

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó celulosa producida mediante el método descrito por Pech-Cohuo et al (Pech-Cohuo et al., 2018) a partir de fibras del bagazo de *Agave tequilana weber* (BATW, Sol y Agave de Arandas, S.A. de C.V., Arandas, Jalisco), así como también de celulosa de *Agave fourcroydes* (henequén) (Desfibradora de Yucatán S.A. de C.V.). Se utilizó ácido sulfúrico (H₂SO₄, A.C.S. Fermont al 98%), y agua desionizada (A.D) para la obtención de los NCC's. Se preparó una suspensión con una relación 1 g de celulosa/10 ml A.D. en vaso de precipitado. Con ayuda de un decantador, se añadió H₂SO₄ a la suspensión en un baño con hielo para evitar que la temperatura se eleve súbitamente, hasta que la concentración llegó a 63.5% p/p. La suspensión se colocó en un baño con agua a 43°C, y se mantuvo en agitación constante durante 130 minutos. La reacción de hidrólisis se detuvo utilizando 2 veces el volumen de agua desionizada, de lo usado en la reacción de hidrólisis, la suspensión se dejó reposar por 24 hrs. Posteriormente, se realizaron lavados por centrifugación de 15 minutos a 3500 rpm. Se almacenó el sobrenadante de la segunda y la tercera centrifugación y se colocó dentro de membranas para diálisis. Las membranas se cubrieron con agua y se mantuvieron hasta que se alcanzó pH neutro. La suspensión se sonicó usando una punta sónica por 5 minutos en un baño de hielo en intervalos de 10s cada 50s en un equipo Vibra Cell 505 (Sonics materials, inc). Lo obtenido se congeló y se liofilizó, para determinar el rendimiento del proceso.

RESULTADOS

El procedimiento de hidrólisis ácida se realizó 3 veces con la celulosa del *Agave tequilana Weber* y de la pulpa del *Agave fourcroydes* (henequén). En la figura 1a se muestran las fibras de celulosa de BATW antes de la hidrólisis ácida, estas presentan apariencia fibrilar, blanca y aglomerada. En la figura 1b se observan los NCC's con un color marrón oscuro. En la figura 1c) están las fibras de celulosa de henequén antes de la hidrólisis ácida, similar a la apariencia de la celulosa de BATW. En la figura 1d) se observan los NCC's que presentan un color marrón más oscuro de los de BATW. Con los materiales liofilizados se determinó el rendimiento con respecto a la cantidad de celulosa inicial en la tabla 1.

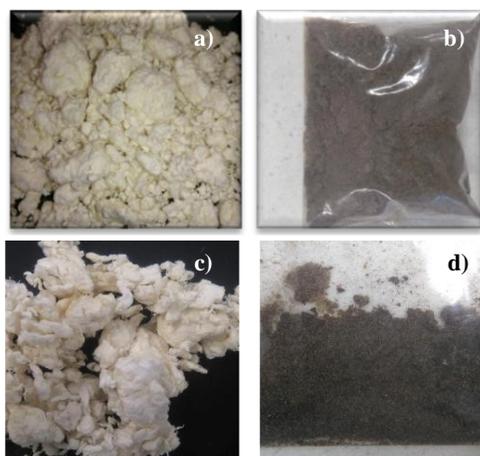


Figura 1. a Fibras de celulosa de BATW, b NCC's recuperados después de la hidrólisis ácida de BATW, c) Fibras de celulosa de henequén, d) NCC's de henequén recuperados después de la hidrólisis ácida.

Tabla 1. Rendimiento de los NCC's obtenidos

Muestra NCC	Masa recuperada (g)	Rendimiento(%)
BATW	4.57 ± 0.27	22.42 ± 1.37
Henequén	3.41 ± 0.13	16.73 ± 0.64

DISCUSIÓN

Bondeson et al (Bondeson et al., 2006) obtuvo un rendimiento del 30% a partir de madera de Pícea de Noruega, Hamad y Hu (Hamad & Hu, 2010) obtuvieron un rendimiento de entre 21 y 38 % a partir de pulpa de madera, éste es similar al obtenido en este estudio debido a que se tuvo un rendimiento del $22.42 \pm 1.37\%$ de NCC's de BATW, por otro lado se obtuvo un rendimiento del $16.73 \pm 0.64\%$ de NCC's de henequén. Comparando los resultados de ambas especies, se determinó que los NCC's de BATW tienen un mejor rendimiento que los NCC's de henequén los cuales se obtuvieron en las mismas condiciones, esto es posible que se deba a las diferentes propiedades que posee cada especie.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron los nanocristales de celulosa por medio de hidrólisis ácida así como también se determinó el rendimiento de ambas especies estudiadas. Los nanocristales de celulosa de BATW tuvieron un rendimiento del $22.56 \pm 5.61\%$ siendo este el de mayor proporción a comparación de los nanocristales de celulosa de henequén los cuales tuvieron un rendimiento del $16.76 \pm 2.67\%$.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT por la beca otorgada para la realización de estudios de doctorado de Soledad Cecilia Pech Cohuo (Número de becario: 264884).

BIBLIOGRAFIA

- Bondeson, D., Mathew, A., & Oksman, K. 2006. Optimization of the isolation of nanocrystals from microcrystalline cellulose by acid hydrolysis. *Cellulose*, 13(2): 171–180. <https://doi.org/10.1007/s10570-006-9061-4>
- Dzul-Cervantes, M., Herrera-Franco, P. J., Tábi, T., & Valadez-Gonzalez, A. 2017. Using Factorial Design Methodology to Assess PLA-g-Ma and Henequen Microfibrillated Cellulose Content on the Mechanical Properties of Poly(lactic acid) Composites. *International Journal of Polymer Science*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/4046862>
- Espino, E., Cakir, M., Domenek, S., Román-Gutiérrez, A. D., Belgacem, N., & Bras, J. 2014. Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from industrial by-products of Agave tequilana and barley. *Industrial Crops and Products*, 62: 552–559. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.09.017>
- Gan, S., Zakaria, S., Ng, P., Chia, C. H., & Chen, R. S. 2016. Effect of acid hydrolysis and thermal hydrolysis on solubility and properties of oil palm empty fruit bunch fiber cellulose hydrogel. *BioResources*, 11(1): 126–139. <https://doi.org/10.15376/biores.11.1.126-139>
- Hamad, W. Y., & Hu, T. Q. 2010. Structure-process-yield interrelations in nanocrystalline cellulose extraction. Article in *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 88(3): 392–402. <https://doi.org/10.1002/cjce.20298>
- Pech-Cohuo, S. C., Canche-Escamilla, G., Valadez-González, A., Fernández-Escamilla, V. V. A., & Uribe-Calderon, J. 2018. Production and Modification of Cellulose Nanocrystals from Agave tequilana Weber Waste and Its Effect on the Melt Rheology of PLA. *International Journal of Polymer Science*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3567901>
- Sharma, A., Thakur, M., Bhattacharya, M., Mandal, T., & Goswami, S. 2019. Commercial application of cellulose nano-composites – A review. In *Biotechnology Reports* .21, e00316. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00316>
- Xie, H., Zou, Z., Du, H., Zhang, X., Wang, X., Yang, X., Wang, H., Li, G., Li, L., & Si, C. 2019. Preparation of thermally stable and surface-functionalized cellulose nanocrystals via mixed H₂SO₄/Oxalic acid hydrolysis. *Carbohydrate Polymers*, 223, 115116. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115116>

MODIFICACIÓN DE LA CELULOSA PROVENIENTE DEL ÁRBOL DE *Ceiba pentandra* PARA SU POSIBLE USO COMO SISTEMA DE LIBERACIÓN DE FÁRMACOS

Peraza-Ku Silvia Argelia, Cervantes-Uc José Manuel, Uribe-Calderón Jorge Alonso*

Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. Mérida, Yucatán, México.

*autor para correspondencia: jorge.uribe@cicy.mx

Resumen. La fibra de celulosa proveniente del fruto del árbol de *Ceiba pentandra* (CP) se modificó mediante entrecruzamiento químico y se le incorporó el antibiótico diacetato de clorhexidina (CHX) para estudiar su posible uso como sistema de liberación de fármacos. Para el proceso de entrecruzamiento se utilizó ácido cítrico (CA) como agente entrecruzante a diferentes relaciones másicas fibra-entrecruzante (20:1 y 5:1). Los resultados de los análisis FTIR, TGA y SEM demuestran que las fibras se entrecruzaron exitosamente, obteniéndose mejores resultados con la relación másica 5:1. Los índices de cristalinidad de las fibras se calcularon en 41.60% para fibras crudas y de 55.77% para fibras pretratadas. Los índices de cristalinidad de las fibras entrecruzadas no tuvieron mucha variación respecto a las no entrecruzadas, indicando que el proceso de entrecruzamiento ocurre sólo a nivel superficial de la fibra sin afectar la estructura cristalina de la celulosa. El fármaco se agregó en solución a diferentes concentraciones (4, 8 y 16% p/p); la cantidad máxima de CHX liberada en 24 h se determinó mediante UV-Vis, encontrando que la fibra pudo liberar hasta 23.6 mg/g de CHX. Los estudios de liberación *in vitro* mostraron que el sistema tiene una liberación tipo ráfaga en las primeras 3 h y el modelo que se ajusta mejor al sistema es el de Korsmeyer-Pepas con un exponente de ajuste n menor a 0.5. Los resultados indican que las fibras de celulosa entrecruzada provenientes de CP pudieran ser material factible para emplearse como sustratos para liberación de fármacos.

Palabras clave. Entrecruzamiento, ácido cítrico, clorhexidina.

INTRODUCCION

La *Ceiba pentandra* es un árbol de gran distribución que se encuentra en Centroamérica, Sudamérica y África occidental. Sus frutos producen grandes cantidades de fibras largas y lanosas que protegen a las semillas en su interior [1]. Dichas fibras son un material biocompatible y biodegradable cuya morfología tubular, de dimensiones micrométricas [2], las hace atractivas para la encapsulación y liberación de fármacos. Este trabajo explora la posibilidad de emplear la estructura tubular de CP para desarrollar sistemas de liberación de fármacos utilizando diacetato de clorhexidina como fármaco modelo. Además, se analizó el efecto de la hidrofobicidad de las fibras sobre la liberación de fármaco utilizando fibras crudas y pretratadas (libres de ceras y aceites). Conjuntamente, se realizó

un entrecruzamiento químico utilizando ácido cítrico (CA) para mejorar las propiedades físicas de las fibras y mejorar la retención del fármaco.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada se puede dividir en 4 etapas: pretratamiento, entrecruzamiento químico, adición del fármaco y estudios de liberación.

En el pretratamiento se siguió el procedimiento TAPPI 209 con el objetivo de eliminar las ceras y aceites que recubren a las fibrillas, distinguiendo fibras crudas (FC) de fibras extraídas (FE).

Para el entrecruzamiento, 5 g de fibras molidas se dispersaron en 500 mL de agua destilada. Durante la agitación, se agregaron diversas cantidades de ácido cítrico en una relación fibra-entrecruzante de 20:1 ó 5:1, con su respectiva cantidad de catalizador. Posteriormente, las fibras se secaron y curaron a 180 °C durante 5 min. Las fibras entrecruzadas se retiraron del horno y se les dejó enfriar hasta lavarlas y secarlas.

Para la adición del fármaco, 500 mg de fibras previamente entrecruzadas se colocaron en 100 mL de agua destilada, con agitación magnética durante 30 min. Por otra parte, se disolvieron diversas cantidades de CHX (4, 8 y 16% del peso de la fibra) en 15 mL de agua destilada. Ambas soluciones se mezclaron durante 24 h. Finalmente, las fibras se filtraron y secaron.

Por último, los estudios de liberación se realizaron colocando 30 mg de fibra con CHX en 40 mL de PBS y la disolución se mantuvo en agitación magnética a 37 °C. 5 mL de muestra se retiraron cada hora durante 8 h, reemplazando cada alícuota con el mismo volumen de un medio de disolución fresco. Las alícuotas se analizaron por espectroscopía UV-Vis para determinar el contenido de CHX. A partir de los perfiles de liberación, se utilizaron cinco modelos para estudiar la cinética de liberación de CHX: orden cero, primer orden, modelo Higuchi, modelo Hixon-Crowell y modelo de Korsmeyer-Peppas. Para caracterizar las fibras se realizaron análisis SEM, FTIR, XPS, XDR, análisis elemental y TGA.

RESULTADOS

En los análisis SEM se muestra la estructura tubular y superficie lisa de las fibras (figura 1). Los análisis FTIR mostraron un aumento en las bandas 1732 cm^{-1} relacionado con el grupo carbonilo, y junto con los análisis XPS confirmaron un mayor aumento de enlaces O-C=O (ésteres) en las muestras extraídas modificadas con una relación másica 5:1.

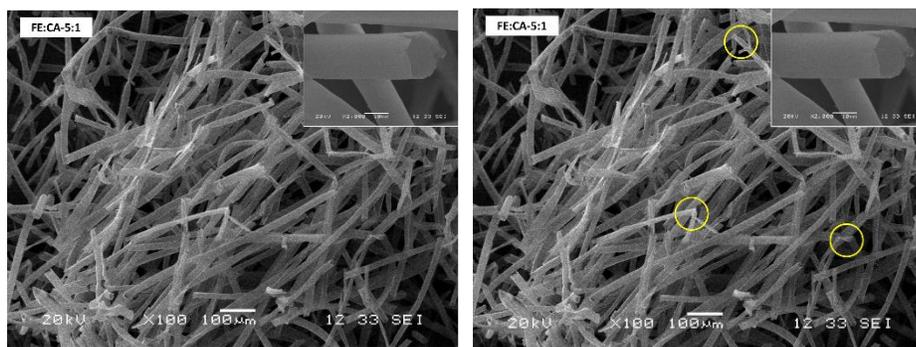


Figura 1. Imagen SEM de fibra entrecruzada con CA

El análisis XDR determinó la cristalinidad de la fibra cruda en 42% y de la fibra extraída en 56%. No se observaron cambios después del entrecruzamiento. Los análisis TGA y DTGA mostraron una disminución de la resistencia térmica de las fibras a medida que aumentaba la cantidad de entrecruzamiento utilizado.

El contenido de nitrógeno se utilizó para estimar la cantidad de fármaco retenido en las fibras entrecruzadas (tabla 1); las fibras lograron retener desde 5.67% hasta 10.53%, encontrando los mayores resultados con las fibras extraídas.

Tabla 1. Contenido de nitrógeno y CHX en fibras entrecruzadas obtenido mediante análisis CHNS.

Muestra	CHX añadido	Nitrógeno (% masa)	CHX retenido (% masa)
FE:CA-20:1	4%	1.63 ± 0.03	7.27
	8%	1.71 ± 0.14	7.62
	16%	1.97 ± 0.10	8.81
FE:CA-5:1	4%	1.69 ± 0.32	7.57
	8%	1.42 ± 0.54	6.34
	16%	2.36 ± 0.62	10.53

Los perfiles de liberación mostraron una liberación tipo “ráfaga” en las primeras tres horas (figura 2). El modelo matemático que mejor se ajustó al perfil de liberación fue Korsmeyer-Peppas.

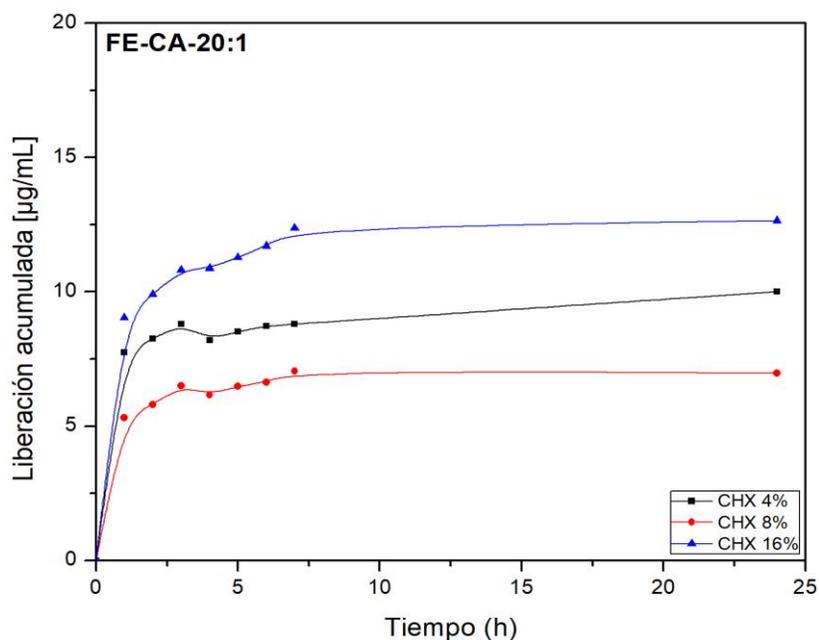


Figure 2. Perfil de liberación de fibra entrecruzada con CA a una relación 20:1

DISCUSIÓN

Las muestras de mejor entrecruzamiento fueron las fibras pretratadas y entrecruzadas a una relación 5:1 fibra-entrecruzante. El utilizar una menor relación másica fibra-entrecruzante generó un sistema mejor entrecruzado y consolidado resultando en un material poroso que, aunado con la estructura hueca de la celulosa, permite que mayores cantidades de fármaco penetren en el material y se retengan con mayor facilidad.

La estructura tubular y la cristalinidad de las fibrillas se conservaron después del entrecruzamiento, indicando que la reacción sólo ocurre a nivel superficial sin afectar la estructura química de la celulosa. La disminución a la resistencia térmica después del entrecruzamiento se atribuye a la degradación de la celulosa catalizada por los ácidos carboxílicos al momento de curado [3].

En los estudios de liberación se distinguen dos tipos de comportamientos: en las primeras 3 h de la prueba, la clorhexidina se libera rápidamente dando un comportamiento lineal, esto asociado a la clorhexidina que se encuentra sobre la superficie de la fibra que puede liberarse fácilmente al medio de la solución, el segundo comportamiento es una liberación mucho más lenta, que corresponde a la clorhexidina que logró incorporarse dentro de la estructura de la fibra.

Los buenos ajustes obtenidos con el modelo de Korsmeyer-Peppas sugieren que la liberación de la clorhexidina depende de la difusión a partir del material poroso obtenido del entrecruzamiento de las fibras [4].

CONCLUSIONES

Las fibras se entrecruzaron exitosamente utilizando ácido cítrico, de acuerdo a los análisis FTIR y XPS, los mejores entrecruzamientos se lograron utilizando una relación másica 5:1 fibra-entrecruzante. La clorhexidina se añadió exitosamente a las fibras entrecruzadas, el análisis elemental mostró que las fibras retuvieron hasta 10.53% de fármaco, haciéndolas un material factible para la liberación de fármacos. Los estudios de la cinética de liberación mostraron una liberación inmediata en las primeras 3 h, el modelo que mejor se ajusta al sistema es el de Korsmeyer-Peppas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo técnico del Q.I Santiago Duarte Aranda (SEM), Dr. Wilberth Herrera Kao (FTIR y TGA) y del M. C. José Martín Baas López (CHNS). Los análisis XRD se realizaron en el Laboratorio Nacional de Nano y Biomateriales (LANNBIO) del CINVESTAV, unidad de Mérida. Los autores agradecen a la Dra. Patricia Quintana por el acceso a LANNBIO al M. en C. Daniel Aguilar por el apoyo técnico en los análisis XRD y al M. C. Wilian Cauch Ruiz por el apoyo técnico en los análisis XPS:

BIBLIOGRAFIA

- [1] Vázquez Yanes, C. *et al.* (1999) *Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación.*, Reporte técnico del proyecto J084.
- [2] Huang, X. and Lim, T. (2006) 'Performance and mechanism of a hydrophobic – oleophilic kapok filter for oil/water separation', *Desalination*, 190(1), pp. 295–307. doi: 10.1016/j.desal.2005.09.009.
- [3] Yang, C. Q. and Qian, L. (2001) 'Mechanical Strength of Durable Press Finished Cotton Fabric. Part IV: Abrasion Resistance.', *Textile Research Journal*, 71(6), pp. 543–548. doi: 10.1177/004051750107100612.
- [4] Expósito Harris, R. (2010) *Quitosano, un bpolímero con aplicaciones en sistemas de liberación controlada de fármacos.* Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid.

EXTRACCIÓN DE ACEITE DE COCO (*Cocos nucifera* L.) EN TRES ESTADOS DE MADURACIÓN POR PRENSA SPELLER

Carrillo-Díaz Guillermo¹, Morales-Landa Juan², Obregón-Solís Efraín², García-Fajardo Jorge*²

¹Tecnológico Nacional de México campus Acapulco, Acapulco, Guerrero, México

²Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, subsede Noreste, Apodaca, Nuevo León, México.

*autor para correspondencia: jgarcia@ciatej.mx

Resumen. Se evaluó el rendimiento de extracción de aceite de coco en tres estados de maduración (Tierno, Término Medio y Maduro) cosechado en Petatlán, Guerrero, México. La extracción se realizó con una prensa tipo tornillo modelo M70 Oil Press con un rendimiento de 10.1%, 11.6% y 11.2% respectivamente, se comparó con extracción Soxhlet con un 17.9%, 20.2% y 38.9% en copra con la misma madurez; la calidad de los aceites extraídos se comparó con los parámetros de la NMX-F-014-SCFI-2006 para aceite de coco, la mayoría se encuentran por debajo de los límites permisibles 252.7 mg KOH/g aceite en índice de saponificación, 12.5 % en materia insaponificable, 15 g I₂ /100 g aceite en índice de yodo y 1.4 meq/kg en índice de peróxido, sin diferencia significativa ($p > 0.05$) entre ambos métodos de extracción. Sin embargo, el índice de acidez sobrepasa el límite establecido de 0.05%, con un valor de 0.63% en el más elevado siendo el aceite de coco tierno obtenido mediante equipo Soxhlet y 0.38 % en el mejor resultado con el aceite de coco maduro obtenido mediante prensado, por su parte conforme a los estados de maduración se observa como a mayor maduración los resultados van disminuyendo los parámetros acercándose a resultados similares a un aceite comercial. El perfil de ácidos grasos del aceite extraído de los diferentes estados de maduración y métodos de extracción, se encontró dentro de los intervalos conocidos para este aceite siendo los más altos el ácido láurico con 49.08% y mirístico con 20.44%.

Palabras clave. Copra, Agrorecursos, Calidad Físicoquímica, Guerrero

INTRODUCCION

El cultivo del coco (*Cocos nucifera* L.) en México es cerca de 1,600,000 Ton, siendo el estado de Guerrero el principal productor [1,288,555 toneladas (SIAP, 2018)]. Muchos productos son obtenidos a partir del cocotero, en la industria alimentaria se usa para consumo o como materia prima para la elaboración de alimentos industrializados; y la industria farmacéutica, oleoquímica y cosmética obtienen diversos productos con el aceite de coco; producto de alto valor gracias a sus bondades nutricionales y antioxidantes (Hee *et al.*, 2017). Industrialmente el aceite es obtenido de coco maduro después de pasar un tratamiento de descascarado, triturado y secado (copra). Existen diversos métodos para la extracción de aceites vegetales, a nivel industria, a escala piloto o laboratorio, como el prensado mecánico, extracción química, maceración dinámica, extracción con fluido CO₂ supercrítico o métodos combinados como la extracción asistida con enzimas, microondas o ultrasonido (Li *et al.*, 2018). Por ende, se obtienen distintas calidades rendimientos; también intervienen factores biológicos y ambientales como la variedad genética de la planta, las condiciones del cultivo, climáticas y geográficas (Alves *et al.*, 2019).

En el presente trabajo se planteó un método de extracción física con una prensa Speller o prensado tipo tornillo y comparar el rendimiento de extracción con el método químico de Soxhlet en tres estados de maduración de la copra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Coco de plantaciones de Petatlán, Guerrero en diferente maduración Tierno (T) 7-8 meses, Termino Medio (TM) 9-10 meses y Maduro (M) 11-12 meses, fueron reducidos en tamaño ($\leq 2 \text{ cm}^3$) y deshidratación (60°C, 5% de humedad).

Extracción química. 50 gr de coco se extrajeron en equipo Soxhlet 250 ml, con 2 gr de Na₂SO₄ anhídrido y 400 ml hexano, en reflujo a 75° C, 48 horas, se eliminó el solvente por rotoevaporación y se calculó el rendimiento (NMX-F-615-NORMEX-2018).

Extracción física. 200 gr de coco fueron prensados por una prensa Speller tipo tornillo rotatorio modelo M70 Oil Press a 27 °C inicial y 40 rpm. Del proceso se obtuvo una torta gastada y un extracto oleaginoso donde se recuperó el aceite por centrifugación a 9000 rpm. A la torta de extracción se cuantificó el aceite residual con extracción Soxhlet.

Análisis fisicoquímico. A cada aceite se determinó su calidad fisicoquímica por AOAC: 920.160-Saponification, 933.08-unsaponifiable, 920.158- Iodine, 965.33- Peroxide y 940.28-Fatty acids (free).

Determinación de perfil de ácidos grasos. La determinación de ácidos grasos, se realizó con un cromatógrafo de gases con detector de masas Agilent Technologies 7890A de acuerdo con el método modificado de Jarrete *et al* 2013. Se obtuvieron los datos por método SCAN, identificación por espectrometría de masas (librería NIST 2008), cuantificación con porcentajes de áreas de cada pico.

Análisis estadístico. ANOVA (95% ($p < 0.05$), Kolmogorov Smirnov. STATISTICA® versión 8.0.

RESULTADOS

El aceite de coco obtenido de frutos en 3 etapas de maduración, se caracterizó como transparente de apariencia oleosa con olor característico de intensidad suave. Se determinaron diferencias significativas en el rendimiento en los tres estados de maduración ($F=20.7$; $p < 0.05$) con dos métodos de extracción ($F=25.3$; $p < 0.05$) (Figura 1). A mayor maduración aumenta el porcentaje de aceite ($F=319.9$; $p < 0.05$). El método mecánico de prensa Speller solo alcanzó rendimientos del $10.9 \pm 0.8 \%$, en comparación con el método químico de referencia (Soxhlet) de hasta un 40% en el coco maduro.

La calidad fisicoquímica de los aceites de coco extraídos por ambos métodos en diferentes estados de maduración (Tabla 1) no mostraron diferencias significativas ($F=1.82$; $p > 0.05$), con valores referencia de aceptación respecto a normas mexicanas. Las propiedades fisicoquímicas de los aceites extraídos con el prensado no influyó con el estado de maduración ($p > 0.05$), están dentro de los valores establecidos. El perfil cromatográfico de ácidos grasos no hay diferencia significativas con el método de extracción (Figura 2).

DISCUSIÓN

El rendimiento de extracción de aceite en tres estados de maduración por prensado mecánico alcanzó porcentajes cercanos al 12 %, los bajos rendimientos obtenidos son debidos a la naturaleza bioquímica de la copra en función con la madurez, concentración de aceite, y la composición química de la copra, que ocasionó endurecimiento de la torta de extracción que impide el paso continuo en el tornillo mecánico reteniendo gran parte del aceite en la

torta de extracción, como se puede observar en la Figura 1. El uso de este método de extracción, no demerita la calidad del aceite para su comercialización. El índice de acidez se vio afectado posiblemente hidrólisis por el efecto mecánico. El aceite obtenido es considerado como aceite extra virgen y dependiendo su uso posterior, refinar para incrementar sus parámetros de calidad. Implementar nuevas alternativas de extracción como las enzimáticas podría incrementar la rentabilidad del proceso. Se propone evaluar otros métodos para su implementación en comunidades productoras de coco en el estado de Guerrero.

CONCLUSIONES

La prensa Speller tipo tornillo para la obtención de aceite de coco en tres estados de maduración, fue un proceso con 10.1 % de extracción sin alterar la calidad fisicoquímica.

Tabla 1. Análisis fisicoquímico del aceite de coco en diferentes estados de maduración: Tierno (T), Término Medio (TM) y Maduro (M) por el método químico Soxhlet, prensado mecánico por prensa Speller, comparado coco sin deshidratar (R1) Prapun, et al., 2016, Aceite de coco comercial “El pueblito” (R2) y límites de referencia LR (NMX-F-014-SCFI-2006).

	Extracción Soxhlet			Prensa mecánica Speller			Referencia		
	T	TM	M	T2	TM2	M2	R1	R2	LP
IS	247.8±0.8	252.5±2.7	251.7±4.0	251.1±2.1	251.2±1.9	252.7±1.	269.2±2	240	Max265
MI	12.5 ± 0.8	10.4 ± 0.7	8.4 ± 0.8	9.7 ± 0.2	9.7 ± 0.1	9.0 ± 0.5	ND	9.0	Max15
PA	0.6 ± 0.04	0.6 ± 0.04	0.4 ± 0.04	0.6 ± 0.01	0.5 ± 0.04	0.4 ± 0.01	0.16 ± .01	0.06	Max 0.05
IY	16.0 ± 0.3	12.9 ± 0.1	7.9 ± 1.3	11.9 ± 0.8	11.2 ± 1.7	8.1 ± 0.4	7.6 ± .01	12	Max 15.0
IP	1.4 ± 0.1	1.2 ± 0.1	0.6 ± 0.1	1.4 ± 0.2	1.2 ± 0.1	1.0 ± 0.1	0.53 ± 0.1	1	Max 2.0

IS= Índice de saponificación (mg KOH/g aceite), MI= Materia insaponificable (%), PA= Porcentaje de acidez (%), IY= Índice de yodo (g I₂ /100 g aceite), IP= Índice de peróxido (meq/kg), ND= no determinado.

Tabla 2. Perfil cromatográfico del porcentaje de ácidos grasos en aceite de coco extraído por método Soxhlet y prensado con prensa Speller tipo tornillo (2) en tres estados de maduración: Tierno (T), Término Medio (TM) y Maduro (M).

	Extracción Soxhlet			Prensa Speller		
	Porcentaje (%)					
	T	TM	M	T	TM	M
C6:0	0.43	0.40	0.41	0.39	0.42	0.43
C8:0	7.73	7.31	7.63	7.56	7.73	7.60
C10:0	6.75	6.63	6.69	6.61	6.67	6.45
C12:0	46.76	49.1	47.52	49.07	46.37	47.09
C14:0	19.82	19.96	20.24	19.67	20.44	20.29
C16:0	9.06	8.80	9.15	8.77	9.62	9.34
C18:0	2.50	5.49	2.62	2.48	2.36	2.50

C6:0= Ácido caproico, C8:0= Ácido caprílico, 10:0= Ácido cáprico, 12:0= Ácido laurico, C14:0= Ácido mirístico, C16:0= Ácido palmítico C18:0= Ácido esteárico, C18:1= Ácido oleico

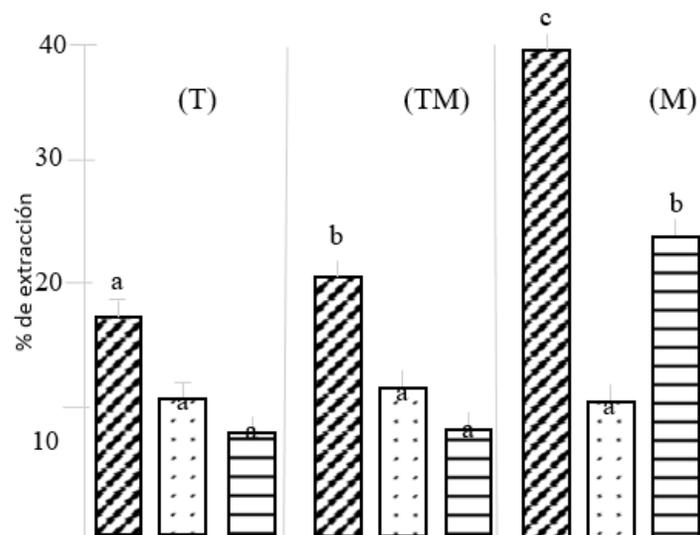


Figura 1. Porcentaje de aceite de coco (*Cocos nucifera* L.) extraído en tres estados de maduración: Tierno (T), Término Medio (TM) y Maduro (M), por el método de Soxhlet, prensa Speller y aceite residual de la torta de prensado

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto CONACyT-FORDECyT No. 296195

BIBLIOGRAFIA

- Alves-Ferreira J, Manchado-Santos J, Breikreitz MC, Santos-Ferreira JM, Pontes-Lins PM, Cohen-Farias S, Rodrigues do Moras D, Nogueira-Eberlin M, Grespan-Bottoli CB. 2019. Characterization of the lipid profile from coconut (*Cocos nucifera* L.) oil of different varieties by electrospray ionization mass spectrometry associated with principal component analysis and independent component analysis. *Food Research International* 123:189-197. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.052>
- Hee YY, Tan CP, Rahman RA, Noranizan M, Smith Jr RL, Chong GH. 2017. Production of virgin coconut oil microcapsules from oil-in-water emulsion with supercritical carbon dioxide spray drying. *The Journal of Supercritical Fluids* 130:118-124 <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2017.07.037>
- Li X, Martínez-Padilla LP, Xu XQ, Zisu B, Juliano P. 2018. Heating and megasonic interventions for improvement of aqueous-based oil extraction from fresh and cold stored coconut meat. *Journal of Food Engineering* 222: 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.010>
- Jarret, R. L., Levy, I. J., Potter, T. L., & Cermak, S. C. (2013). Seed oil and fatty acid composition in *Capsicum* spp. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30(2), 102-108. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.02.005>

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA FIBRA DE MESOCARPIO DE COCO (*Cocos nucifera*) VAR. ALTO PACÍFICO

Y. Valente-Morales^{1,2*}, Y.Y. Martínez Núñez¹, L.E. Robles Osuna¹, L.C. Montoya Ballesteros¹, T.J. Madera-Santana²

¹ Laboratorio de Ingeniería de Alimentos. Centro de Investigación de Alimentación y Desarrollo, A.C. 83304, México.

² Laboratorio de Envases. Centro de Investigación de Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, 83304, México.

*e-mail: vm.yuli3@gmail.com

Resumen. La fibra de coco es obtenida a partir del mesocarpio, también conocido como como estopa o bonote, es de color café claro tornándose más oscura a medida que avanza su maduración. En este trabajo se realizó la caracterización físicoquímica de las fibras del mesocarpio de coco (FMC) var. Alto del Pacífico proveniente de San Crisanto, Yucatán, México, obteniéndose una humedad del 7.5%, 4.59% de cenizas, 0.65% de extracto etéreo, y 3.10 de proteína. Así mismo, en su composición elemental los elementos principales son C y O y otros elementos presentes son Cl, Na, K y Si, presenta un contenido de 50.30 ± 1.6 mg ác. gálico/g de fenoles totales, en la espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) presenta bandas características de las estructuras de celulosa y lignina.

Palabras clave: Análisis proximal, composición elemental, espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR), fenoles totales, ácido gálico.

INTRODUCCION

El fruto de la palma de coco (*Cocos nucifera*) es botánicamente una drupa. Se compone de tres regiones distintas: epicarpio (con distintos tonos de verde, marrón o color amarillo, dependiendo de la variedad), mesocarpio fibroso, conocido también como “bonote” o “estopa” de coco y el endocarpio lignificado o “nuez” que encierra a la semilla. El mesocarpio de coco representa el 35% del total del fruto está compuesto por numerosas fibras que recorren el fruto en sentido longitudinal a éste. Las fibras largas, cortas y polvo del tejido medular; en cada coco contienen aproximadamente 125 g de fibra seca y 250 g de polvo medular, dando como resultado un peso aproximado de entre 375 g a 400 g de mesocarpio seco por coco (Niral *et al.*, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

La composición proximal se desarrolló de acuerdo a los métodos oficiales por la Association of Official Analytical Chemistry (AOAC) 2005. La determinación de contenido de fenoles totales se realizó por el método de Folin-Ciocalteu, utilizando la metodología descrita por la NOM-003-SAG/GAN-2017 con algunas modificaciones. Para determinar la composición elemental se usó el equipo JEOL EDS ISM 7900 FSEM, con una aceleración de 16

keV. En la espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) se realizó utilizando el accesorio de reflexión total atenuada (ATR-FTIR), usando espectrofotómetro de Thermo Nicolet Nexus 670-FTIR (Madison, WI). Los espectros obtenidos de la FMC se obtuvieron a una resolución de 4 cm^{-1} desde un rango de 4000 a 600 cm^{-1} .

RESULTADOS

El análisis proximal de la fibra del mesocarpio de coco de la variedad Alto Pacífico en base seca, se consideró la determinación de humedad, cenizas, extracto etéreo y proteína. Los resultados obtenidos de cada uno de los componentes de esta variedad se muestran en la Tabla 1. En la Figura 1 se puede apreciar los datos obtenidos del análisis morfológico y de composición elemental. En la cuantificación de contenido de fenoles totales la fibra de mesocarpio de coco se obtuvo un resultado de $50.30 \pm 1.6\text{ mg ác. gálico/g}$. En la Figura 2 se muestra el espectro de FTIR.

Tabla 1. Análisis proximal de las fibras del mesocarpio de coco.

Parámetro	Contenido (% en peso b.s.)
Humedad	7.5
Cenizas	4.59
Extracto etéreo	0.65
Proteína	3.10

b.s.: base seca.

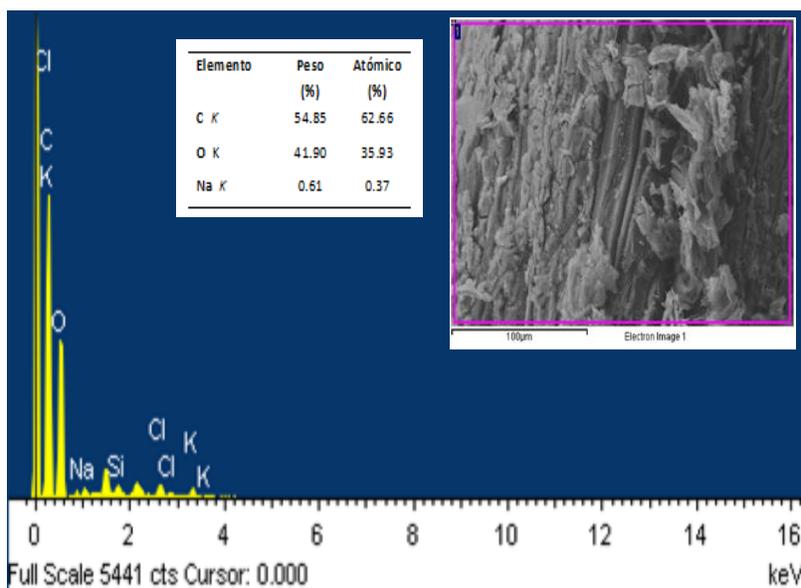


Figura 1. El rectángulo magenta en la micrografía de la fibra del mesocarpio de coco muestra la zona inspeccionada. La tabla presenta los porcentajes de los elementos más abundantes en la zona seleccionada. El espectro revela la presencia de trazas de otros elementos.

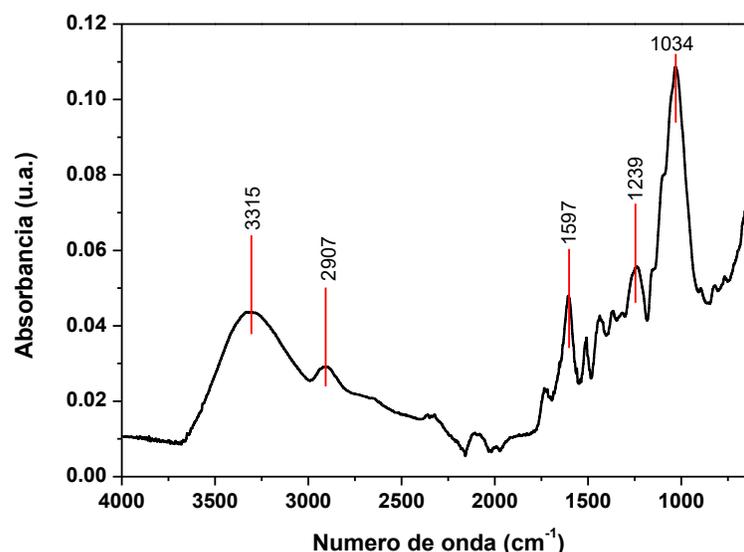


Figura 2. Espectro FTIR de la fibra de mesocarpio de coco.

DISCUSIÓN

Los resultados del análisis proximal realizado al material se presentan en la Tabla 1. La FMC presenta porcentajes bajos de extracto etéreo y proteína, por lo que no se considera una fuente proteica; con respecto al contenido de cenizas, se puede señalar que es abundante su composición, sin embargo, este contenido puede variar con el paso del tiempo; si la fibra está expuesta al medio ambiente, los minerales se van perdiendo por el proceso de lixiviación. El análisis morfológico y de composición elemental de la FMC se presenta en la Figura 1. La tabla insertada en la figura, indica como elementos principales al C y al O; sin embargo, otros elementos presentes como Cl, Na, K y Si. Esto se atribuye a la zona de cultivo y tipo de suelo en donde se cultivaron ya que las muestras fueron colectadas en un municipio de la costa de Yucatán. De acuerdo al resultado que se obtuvo, la fibra de mesocarpio de coco contiene 50.30 ± 1.6 mg ác. gálico/g, comparándolo con otros residuos como cáscara de nuez (58.17 ± 2.64 mg ác. gálico/g) y cáscara de café (52.57 - 97.44 mg ác. gálico/g), son ligeramente mayor a lo que se reporta de la fibra de coco. Por lo contrario, el orujo de uva (10.60 ± 0.40 mg/g) y cáscara de naranja (33.24 ± 4.10 mg ác. gálico/g) presentan valores menores (Hernández, 2016; Fonseca *et al.*, 2014; Molina *et al.*, 2010; Soto *et al.*, 2014).

En la Figura 2 se muestra el espectro FTIR de la fibra, se percibe una banda grande en 1034 cm^{-1} esto se debe a las vibraciones de estiramiento en grupos C-O, C-C, presentes en el anillo glucósido de la celulosa (Abraham *et al.*, 2013). Se observa una banda amplia de absorción a 3315 cm^{-1} esta señal está asignada a los polisacáridos como lo son: la lignina, celulosa y hemicelulosa, las bandas ubicadas a 1615 cm^{-1} y a 1597 cm^{-1} corresponden a la molécula de lignina (Célino *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

En estudio fisicoquímico de la fibra de mesocarpio de coco mostro que tiene una amplia aplicación ya sea por su contenido de celulosa y lignina, compuestos fenólicos o composición elemental, por lo que esta fibra podría ser utilizada como material de refuerzo o carga de matrices poliméricas o podrían conferir propiedades bioactivas a los materiales compuestos.

AGRADECIMIENTOS

Dra. Montoya Ballesterero y Dr. Madera Santana gracias por su apoyo en la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Abraham, E; Deepa, B; Pothen, L.A; Cintil, J; Thomas, S; John, M.J; Anandjiwala, R; Narine, S.S. 2013. Environmental friendly method for the extraction of coir fibre and isolation of nanofibre. Carbohydrate Polymers. 92: 1477-1483. doi: [10.1016/j.carbpol.2012.10.056](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.10.056)
- Céline A; Goncalves O; Jacquemin F; Fréour S.2013. Qualitative and quantitative assessment of water sorption in natural fibres using ATR FTIR spectroscopy. Elsevier, Carbohydrates polymers. 101: 163-170. doi: [10.1016/j.carbpol.2013.09.023](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.023)
- Fonseca García L; Calderón Jaimes L; E. Rivera M. 2014. Capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales en café y subproductos del café producido y comercializado en Norte de Santander (Colombia). 21:3. ISSN 0121-4004
- Hernández Vázquez J.B.2016. Caracterización de los compuestos polifenólicos de la cascara de nuez pecaría (*Carya illinoensis*). Tesis de grado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Molina Quijada D.M; Medina Juárez L.A; González Aguilar G.A; Robles Sánchez R.M; Gámez Meza. 2010. Phenolic compounds and antioxidant activity of table grape (*Vitis vinifera* L.) skin from northwest Mexico. CyTA - Journal of Food, 8:57-63. doi: [10.1080/19476330903146021](https://doi.org/10.1080/19476330903146021)
- Soto Ibarra, G.P; Basilio Heredia, J; Carrillo Lopez, A; Zazueta Morales, J.J. 2014. Cuantificación de compuestos fenolicos en cascara, pulpa y semilla de naranjita (*Citrus mitis*). Primer congreso internacional de alimentos funcionales y nutraceuticos.
- V. Niral y B.A. Jerad. 2019. Botany, origin and genetic resources of coconut. The coconut palm (*Cocos nucifera* L.). Research and development. India. Springer. doi: [10.1007/978-981-13-2754-4_3](https://doi.org/10.1007/978-981-13-2754-4_3)

EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y TÉRMICAS, DE LÁMINAS CAMOTE-MANZANA SUPLEMENTADAS CON AGAVINAS DE *Agave durangensis* y *Agave tequilana*

Vargas-Medrano Elizabeth Celeste^{1*}, González-Herrera Silvia Marina¹, Rosas-Flores Walfred², Ochoa-Martínez Luz Araceli², Rutiaga-Quiñones Olga Miriam.

¹Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México/ I. T. Durango, Durango, Dgo. México.

13040843@itdurango.edu.mx

Resumen. En el presente trabajo se evaluaron las propiedades fisicoquímicas de láminas de camote-manzana suplementadas con agavinas de *Agave durangensis* y *Agave tequilana*. Se evaluó la humedad de las láminas, así como la actividad de agua de las mismas, encontrando como resultado del análisis diferencias significativas entre las láminas suplementadas con Agavinas con respecto a la lámina control. Además, se evaluó el perfil de carbohidratos de las láminas por cromatografía en capa fina (TLC) donde se observó que la presencia de fructanos de alto grado de polimerización en las láminas adicionadas con *Agavinas de Agave tequilana*, mientras que en las láminas que fueron suplementadas con Agavinas de *Agave durangensis* se observó una baja concentración de dichos fructanos y una alta concentración de fructanos de bajo grado de polimerización. En cuanto a la determinación de fructanos totales por Kit enzimático se encontró una concentración de 145.96 mg/g en lámina suplementada con Agavinas de *Agave tequilana* mientras que para la lámina que fue suplementada con Agavinas de *Agave durangensis* se encontró una concentración de 33.53 mg/g. Por otra parte, fueron evaluadas las propiedades térmicas de las láminas por Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), mediante esta técnica se determinó que las Agavinas no influyeron en las temperaturas de fusión en las láminas, sin embargo, estas si influyeron de manera similar en la entalpía de fusión de las mismas, presentando valores superiores respecto a la lámina control.

Palabras clave. Agavinas, *Agave tequilana*, *Agave durangensis*, fructanos, DSC.

INTRODUCCION

La demanda del consumo de alimentos que proporcionan beneficios a la salud, ha tenido un incremento explosivo en los últimos años, debido a que los consumidores tienen una mayor conciencia acerca de los alimentos que consumen y el impacto que estos tienen en su salud (1). Sin embargo, los compuestos bioactivos que se adicionan a dichos alimentos también confieren características tecnológicas diferentes a las matrices alimenticias (2). Cada ingrediente que es agregado a una matriz alimenticia modifica la estructura de ésta, jugando un papel clave en las

propiedades físicas de la matriz e incluso en otras propiedades más complejas como pueden ser la liberación de sabores o bien la biodisponibilidad de algunos nutrientes (3).

Uno de los potenciales ingredientes en los alimentos funcionales son los fructanos y su uso continúa creciendo en la industria alimentaria debido a sus beneficios tales como sus propiedades prebióticas y de fibra dietética, además de sus funciones tecnológicas (estabilizador, edulcorante, hidratante, gelificante, entre otros) (4). Estos se encuentran como carbohidratos de reserva en diversas plantas de interés como el Agave, denominados en 2006 como agavinas (5).

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de láminas: se elaboraron láminas de camote-manzana (20-80% respectivamente) con diferente fuente de agavinas. Las formulaciones fueron las siguientes: LAD fue suplementada con 6% (p/p) de agavinas de *Agave durangensis*, LAT suplementada con 6% (p/p) de agavinas comerciales de *Agave tequilana* y LC como lámina control.

Propiedades fisicoquímicas: a las tres formulaciones se les evaluaron las siguientes propiedades fisicoquímicas. La actividad de agua (A_w) se determinó con el equipo Rotronic modelo A_w BIO Hygrolab, la humedad de las láminas se terminó con la balanza de humedad Moisture, Analyzer A&D ML50 M. El perfil de carbohidratos se determinó por cromatografía en capa fina. Para la visualización de las agavinas las placas se rociaron con anilina-difenilamina-ácido fosfórico en acetona (6). Posteriormente se realizó la determinación de fructanos totales con el kit enzimático Megazyme International Ireland Ltd.

Propiedades térmicas: la evaluación de las propiedades térmicas fue realizada por calorimetría diferencial de barrido en el equipo DSC TA Q2000 (TA Instruments, USA) utilizando como condiciones de operación, una rampa de calentamiento de 5°C/min en un intervalo de barrido de 25-250°C y una charola de aluminio vacía como referencia. Se realizó un análisis de varianza con comparación de medias utilizando la prueba de Dunnet ($p < 0.05$) con el software Statistica 12.0

RESULTADOS

Los resultados obtenidos del análisis de actividad de agua y humedad de las láminas se muestran a continuación en la tabla 1, obteniendo valores superiores en ambos análisis para las láminas que fueron suplementadas con agavinas.

Tabla 1. A_w y humedad de las láminas formuladas.

Lámina	Actividad de agua	Humedad (%)
LC	0.49±0.003 ^a	11.1±0.5 ^a
LAD	0.62±0.004 ^b	14.73±0.16 ^b
LAT	0.53±0.008 ^b	14.53±0.2 ^b

Los resultados obtenidos en el análisis de fructanos totales por Kit enzimático se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Fructanos totales en láminas

Fructanos (mg/g)	
LAT	LAD
145.96±5.83	33.56±2.54

Respecto al perfil de carbohidratos obtenido se observó la presencia de fructanos de alto grado de polimerización en la lámina adicionada con agavinas de *Agave tequilana*, mientras que en la lámina adicionada con agavinas de *Agave durangensis* se observa una mayor presencia de fructanos de bajo grado de polimerización (Fig. 1).

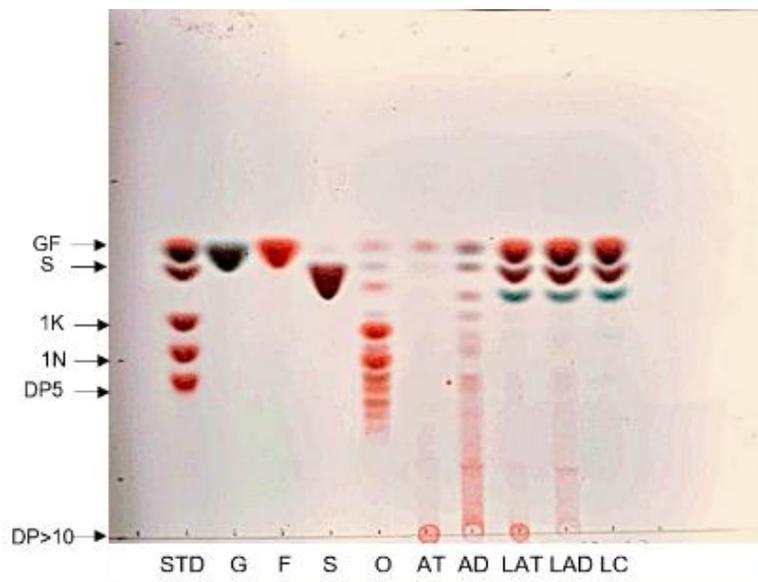


Fig. 1. Perfil de carbohidratos de extractos de láminas camote-manzana.

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en el análisis calorimétrico de las láminas donde no se observaron diferencias significativas con respecto al control en cuanto a la temperatura de fusión, sin embargo, en la entalpía de fusión si se obtuvieron diferencias significativas.

Tabla 2. Propiedades térmicas de láminas camote-manzana

Láminas	Tm (°C)	Entalpía de fusión
LC	138.3 ^a	175.65 ^a
LAD	142.6 ^a	215.6 ^b
LAT	139.9 ^a	231.2 ^b

DISCUSIÓN

Propiedades fisicoquímicas

Los valores obtenidos de actividad de agua y humedad de las láminas suplementadas con agavinas (Tabla 1) mostraron diferencias significativas con respecto a la lámina control, esto se puede atribuir a que la estructura de las agavinas, es compleja y ramificada, la cual cuenta con diversos grupos hidroxilo libres que pueden crear enlaces con las moléculas de agua elevando de esta manera los valores de humedad y A_w . Estos resultados son similares a los obtenidos por González-Herrera y colaboradores en 2016 (7) donde se analizó una lámina de manzana.

Los valores obtenidos en el análisis de fructanos totales por Kit enzimático (Tabla 2) se observa que la concentración de fructanos en la lámina adicionada con agavinas de *A. durangensis* es menor lo cual podría deberse a la edad de la planta de la cual fueron extraídas las agavinas, ya que a mayor edad mayor concentración de fructanos (8).

Propiedades térmicas

Los resultados obtenidos en el análisis térmico evidencia que las agavinas no mostraron influencias en las temperaturas de fusión de las láminas, sin embargo, sin influyeron en la entalpía de fusión, aumentando los valores de esta propiedad en las láminas que fueron suplementadas con agavinas, lo cual podría deberse a que dada la complejidad de las moléculas los fructanos de *Agave* y las uniones que estos hacen con otras moléculas de agua debido a que contienen diversos grupos hidroxilo libres, se produce un efecto plastificante en la lámina, por lo cual es necesaria una mayor cantidad de energía para producir el cambio de estado (9).

CONCLUSIONES

Las agavinas de *A. durangensis* y *A. tequilana* influyen de manera similar en las propiedades fisicoquímicas de las láminas aumentando el valor de A_w y humedad. Sin embargo, éstas no influyen en la temperatura de fusión de las láminas, aunque si influyen de manera similar en la entalpía de fusión de las mismas. El presente estudio servirá de base para las futuras aplicaciones de agavinas de *A. durangensis* en la industria alimentaria.

AGRADECIMIENTOS

Beca Conacyt

BIBLIOGRAFIA

1. Urala, N., & Lähteenmäki, L. (2007). Consumers' changing attitudes towards functional foods. *Food Quality and Preference*, 18(1), 1–12.
2. Aguilera J.M., Lillford P.J. (2008) Structure–Property Relationships in Foods. In: Aguilera J.M., Lillford P.J. (eds) *Food Materials Science*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71947-4_12
3. Aguilera, J.M. (2005). Why food microstructure? *J. Food Eng.* 67, 3–11. Aguilera,
4. Ritsema, T. y Smeekens, S. (2003). Fructans : beneficial for plants and humans. *Current Opinion in Plant Biology*, 6(3), 223–230. [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(03\)00034-7](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(03)00034-7)
5. Mancilla-Margalli, N. A. y Lopez, M. G. (2006). Water-Soluble Carbohydrates and Fructan Structure Patterns from *Agave* and *Dasyliirion* Species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 7832–7839. <https://doi.org/10.1021/jf060354v>

6. Anderson, K. L. (2000). Diphenylamine-aniline-phosphoric acid reagent, a versatile spray reagent for revealing glycoconjugates on thin-layer chromatography plates. *Analytical Biochemistry*, 287,337e339
7. González-Herrera Silvia-Marina, Rutiaga-Quñones Olga-Miriam, Aguilar Cristobal-Noé, Ochoa-Martínez Luz-Araceli, Contreras-Esquivel Juan-Carlos, López Mercedes-G, Rodríguez-Herrera Raúl. (2016). *LWT- Food Sci. Technol.* vol (65): 1059-1065.
8. Mellado-Mojica, E., & López, M. G. (2012). *Fructan Metabolism in A. tequilana Weber Blue Variety along Its Developmental Cycle in the Field. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(47), 11704–11713.
9. Ross Yrjö H. (2010). *Food Sci. Technol.* vol (1):469-496.

Capítulo 3.

APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE FRUTOS TROPICALES



AUTORES CAPÍTULO 3

Ayora Talavera Teresa del Rosario
Borrás Enríquez Anahi Jobeth
Canché Escamilla Gonzalo
Cano López Norberto Carlos
Castañeda Valbuena Daniel
Cuevas Bernardino Juan Carlos
Duarte Aranda Santiago
Gaitán Durán Fidelia
García Cruz Norberto Ulises
Joaquín Cruz Elvia
Lizardi Jiménez Manuel
Medrano Roldán Hiram
Méndez Campos Gloria Kimberly
Meza Gordillo Rocío
MorenoVilet Lorena
Pacheco López Neith Aracely
Pámanes Carrasco Gerardo Antonio
Reyes Jáquez Damián
Reyes Santiago María del Rosario
Reyes Ventura Elizabeth
Román Guerrero Angélica
Rodríguez Betancourt Diana Judith
Valdivia Rivera Sergio

APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE MAÍZ AZUL EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO Y SAN PABLO TEPOSCOLULA OAXACA, MÉXICO.

Gaitán-Durán Fidelia ^{*1}, Cano-López Norberto Carlos ², Reyes-Santiago María del Rosario ³

^{1,2} Instituto Tecnológico Superior de Teposcolula

³ El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Unidad Campeche

*Autora para correspondencia: gaitan.ing21@gmail.com

Resumen. La presente investigación es un estudio de caso del aprovechamiento del maíz azul (*Zea mays L*) en el municipio de San Pedro y San Pablo Teposcolula, Oaxaca, México. Ante la escasez de alimentos, los altos precios y la falta de oportunidades laborales el cultivo del maíz proporciona de forma principal o como complemento los ingresos necesarios para la subsistencia de las familias campesinas; sin embargo, su aprovechamiento va más allá de lo económico, pudiendo identificarse beneficios ambientales y sociales de su cultivo. En el municipio de San Pedro y San Pablo Teposcolula, en el cultivo de maíz azul prevalecen prácticas ancestrales para la selección de la semilla; sin embargo, en la actualidad se cuentan con diferentes opciones para continuar con la siembra del maíz azul, en la presente investigación se ahonda en la relación entre practicas ancestrales de selección de semilla y las nuevas alternativas que se están empleando, para ello se han utilizado herramientas como la observación directa y el análisis estadístico. En los resultados se muestra que existe una relación positiva y significativa entre los saberes tradicionales y las nuevas formas de conocimiento. Esta investigación es de interés, en el aspecto académico al analizar variables útiles para un mejor aprovechamiento del maíz azul y para la comunidad.

Palabras clave. *Zea mays L.*, selección, nuevas alternativas, análisis estadístico.

INTRODUCCION

El maíz (*Zea mays L.*), es el cultivo más significativo en México por el área que se destina para su producción y por considerarse un centro de origen. Se confirma su importancia por la diversidad de condiciones climatológicas y geográficas a las que se adapta esta especie, aunada a la variedad de usos que se le atribuyen y razas existentes (Wellhausen *et al.*,1951).

En el Estado de Oaxaca, del 100% de superficie que se le destina para su producción, aproximadamente el 90% se siembra con maíces criollos de diferentes razas, textura, ciclo de cultivo o color; siendo el maíz blanco el de mayor uso por la disponibilidad de variedades y hábitos de consumo y sólo un pequeño sector de la población prefiere consumir productos elaborados de granos azules (Aragón *et al.*, 2006).

Existe el interés por preservar el maíz criollo y nativo, claro ejemplo ha sido la colecta realizada en la Heroica ciudad de Tlaxiaco, Oaxaca, donde se clasificó la variación fenotípica en base a la dinámica de los hogares, los sistemas locales de producción de maíz y mediante la caracterización morfológica (Chávez *et al.* 2011).

A pesar de la gran diversidad que se tiene en México en cuanto a razas y variedades de maíz criollo o nativo, son pocos los trabajos publicados sobre su aprovechamiento integral, el cual debe realizarse de manera controlada, para evitar la pérdida o poner en riesgo el material genético correspondiente a los diversos ecosistemas (Antuna *et al.*, 2008). Y más reducido aún es el número de estudios sobre maíces pigmentados como es el azul, actualmente se ha valorizado por su contenido de antocianinas y valor nutricional.

Sin embargo, es necesario ampliar este tipo de estudios que aporten mayor conocimiento sobre los factores que influyen en la selección de semilla por sus características físicas-químicas en relación con las mejores prácticas de siembra-cosecha; siendo este el objetivo primordial de la presente investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se consideraron todos los productores del municipio, enfocando el estudio en 41 productores específicamente del maíz azul en el municipio de San Pedro y San Pablo Teposcolula dividido en 5 agencias y 7 barrios. El rango de edades va desde 20 a 85 años; el 9% tienen una profesión, el 89% de la población terminaron el nivel básico, secundaria y bachillerato, mientras que el 2% no tienen estudios. El 88% de los productores son casados y el 12% son solteros o viudos.

La investigación es de tipo cuantitativo y de observación directa, utilizando técnicas estadísticas; con un alcance exploratorio-descriptivo. Se utilizó como instrumento de recolección de datos un cuestionario tipo Likert delimitada con 4 reactivos (siempre, a veces, rara vez, nunca), 61 preguntas y dos variables (selección y mejores prácticas). La información obtenida en campo se analizó en el modelo de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM) del programa Smart PLS versión 3.0.

RESULTADOS

El modelo externo reflectivo se evaluó mediante el cálculo de la consistencia interna, la validez convergente y la validez discriminante. La consistencia interna indicada por el Alpha de Cronbach con valores menores a .7, es considerado como un nivel modesto.

Tabla 1: Coeficiente PATH

Variables	Muestra original (B)	Desviación estándar (STDEV)	Estadísticos t ((O/STDEV)	P Valores	F ²	R ²	Q ²
Selección-mejores prácticas	.565	.563	.207	.006	.470	.320	.09

El Valor Dijkstra-Henseler's y la Fiabilidad Compuesta, valores mayores a 0.8 son adecuados para fiabilidad estricta (Hair *et al.*, 2011; Hair *et al.*, 2017); sin embargo, la presente investigación arrojó valores cercanos a 0.7 siendo estos aceptables.

La validez convergente es medida por el AVE (Average Variance Extracted), se obtuvieron resultados en la variable "selección" un valor de .616 y mejores prácticas de .562; esto significa que cada constructo o variable explica al menos el 50% de la varianza de los indicadores (Sarstedt *et al.*, 2014; Hair *et al.*, 2017). S

Y la validez discriminante se evaluó por medio del análisis de cargas cruzadas, el criterio de FornellLarcker y HTMT (heterotrait-monotrait ratio) (Sarstedt *et al.*, 2014; Henseler, Hubona, & Ray, 2016). En un modelo bien

ajustado, las correlaciones heterotrait deberían ser más pequeñas que la correlaciones monotrait, por lo que la ratio HTMT debe ser menor a 1 de forma significativa (Henseler, *et al.*, 2016) el valor en la investigación es de **1.073**.

El coeficiente PATH (tabla 1), muestra el coeficiente de determinación (R^2), el cual representa los efectos combinados de las variables latentes exógenas sobre la variable latente endógena; entre 0.1 y 0.25 indica potencia de explicación débil, menor a 0.5 moderada y entre 0.5 a 0.75 puede considerarse bueno (Henseler *et al.*, 2016; Hair *et al.*, 2011). También se calculó la Relevancia Predictiva del Modelo: para medir la relevancia predictiva de las variables latentes endógenas se utiliza el estadístico (Q^2) el cual mide la predicción de los datos observados a través del modelo de ruta valores inferiores a 0.25, indican una precisión predictiva pequeña, entre 0.25 y 0.5, una precisión media y mayores de 0.5, una precisión grande (Hair *et al.*, 2017).

DISCUSIÓN

Con base a artículos recientes se reafirma que el modelo de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM), es un análisis riguroso y confirmatorio (Cepeda y Roldán, 2005). La importancia de este modelo estadístico reincide en confirmar la parte teórica de la investigación., en donde se confirmó la relación entre las variables latentes: selección y mejores prácticas; propiciando el aprovechamiento de la semilla del maíz azul para su conservación y acrecentar la soberanía y seguridad alimentaria de la población.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que existe una relación positiva y significativa entre la selección de semillas con las nuevas o mejores prácticas del maíz azul. Lo cual nos indicó que el aprovechamiento integral va más allá de lo económico, se han encontrado beneficios ambientales y sociales de este cultivo. La selección de la semilla del maíz azul (características morfológicas, valor nutricional) influye en la adopción de nuevas alternativas (sistemas tecnificadas, métodos de riego) optimizando las prácticas ancestrales, lo cual propicia el aseguramiento de la conservación de las semillas criollas y nativas de maíz azul de la población, pero sobre todo de la región.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico Superior de Teposcolula. A los coautores.

BIBLIOGRAFIA

- Antuna G O, S A Rodríguez H, G Arámbula V, A Palomo G, E Gutiérrez A, A Espinosa B, E F Navarro O, E Adrio E, 2008. Calidad nixtamalera y tortillera en maíces criollos de México. Rev. Fitotec. Mex. 31:23-27.
- Aragón CF, S. Taba, JM Hernández C., JD Figueroa C., V Serrano A., FH Castro C, 2006. Catálogo de maíces criollos de Oaxaca. INIFAP-SAGARPA. Libro técnico No. 6. Oaxaca, México, 344 p.
- Cepeda, G. y J. L. Roldan, 2005. Aplicando en la práctica la técnica PLS en la administración de empresa, Universidad de Sevilla, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Sevilla. Recuperado el 4/octubre/2020. <https://ciberconta.unizar.es/doctorado/PLSGabrielCepeda.pdf>.
- Chávez J.L.; Diego FP, Carrillo RJ, 2011. Variación fenotípica de una muestra de maíces de la región de Chalcatongo de Hidalgo. Oaxaca Ciencia. Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, México vol. 19, núm. 3. 251-257 pp.
- Hair, JF, Ringle CM, & Sarstedt, M, 2011. PLS-SEM: Indeed a silver bullet. Journal of Marketing theory and Practice, 19(2), 139-152. Recuperado el día 03/Octubre/2020. <https://doi.org/10.2753/MTP1069-6679190202>.
- Hair, JF, Hult, G T M, Ringle C & Sarstedt, M, 2017. A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). Los Angeles, USA; Sage publications.

- Henseler, J, Hubona, G, & Ray PA, 2016. Using PLS path modeling in new technology research: updated guidelines. *Industrial management and data systems*, 116(1), 2-20. Recuperado el día 03/octubre/2020. <https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2015-0382>.
- Salinas MY, FJ Cruz C., SA Díaz O, F Castillo G, 2012. Granos de maíces pigmentados de Chiapas, características físicas, contenido de antocianinas y valor nutraceútico. *Rev. Fitotéc., Mex.* 35:33-41.
- Sarstedt, M., Ringle, C. M., Smith, D., Reams, R., & Hair Jr, JF, 2014. Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): A useful tool for family business researchers. *Journal of Family Business Strategy*, 5(1), 105-115. Recuperado el día 03/octubre/2020. <https://doi.org/10.1016/j.jfbs.2014.01.002>
- Wellhausen E. J., L.M. Roberts, E. Hernández X., PC Mangelsdorf , 1951. Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución. In: *Xolocatzia. Obras de Efraín Hernández Xolocatzí. Rev. Geogr. Agríc, II: 609-732.*

APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE MANGO DE TRASPATIO DE LA REGIÓN DEL SOCONUSCO, CHIAPAS

Borrás-Enríquez Anahi Jobeth*¹, Reyes-Ventura Elizabeth¹, Moreno-Vilet Lorena

1

¹ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, subsede Zapopan, Jalisco, México.
*autor para correspondencia: ajborras_al@ciatej.edu.mx

Resumen. La región del Soconusco al sur del Estado de Chiapas, presenta una producción importante de Mangos; siendo el mango Ataulfo, el más reconocido. El mango variedad Payasito es un fruto de traspatio que su consumo es local y se estima que cerca del 60% de su producción es desechada, por su bajo consumo. Una estrategia para incrementar el valor comercial del cultivo es dar valor agregado a la producción. Este trabajo transformó la pulpa del mango variedad payasito en diversos productos como salsa, adobo, almíbar y jalea; así mismo, se realizó la extracción de compuestos bioactivos como polifenoles y flavonoides de los residuos del mango, cáscara, hueso y almendra, y se analizó su actividad antioxidante. Los productos presentaron se determinó un nivel de aceptabilidad elevado por parte de los consumidores. Respecto a la extracción de compuestos bioactivos de los residuos, la cáscara del mango presentó un mayor contenido de polifenoles y mayor actividad antioxidante mientras que la almendra presentó mayor contenido de flavonoides totales, dichos valores mostraron ser similares a otras variedades de Mango. Este trabajo permitió el uso total de los componentes del mango no comercial con la intención de plantear opciones para fomentar su consumo y generar una fuente de ingresos a personas de bajos recursos.

Palabras clave. Payasito, residuos, no comercial, productos, bioactivos

INTRODUCCION

El mango (*Mangifera indica* L.) es una fruta de interés económico. El estado de Chiapas participa con una producción de 112 mil 470 toneladas por año a partir de la producción de Mango Ataulfo (*Mangifera indica* var. *Ataulfo*) y Manila (*Mangifera indica* var. *Manila*); sin embargo, en la región del Soconusco existen alrededor de 17 variedades de mango conocidas como de traspatio, donde cerca del 60% de su cosecha es desechada debido al desconocimiento y uso que se le puede generar.

Los mangos son un producto atractivo al consumidor por su aroma y sabor (Karihaloo *et al.*,2003), por lo que el desarrollo de productos a partir de mango es una alternativa viable para su aprovechamiento. Así mismo, el uso de los residuos como la cáscara, hueso y almendra es viable, debido a que diversos estudios indican que dichos residuos presentan cantidades importantes de compuestos bioactivos como polifenoles y flavonoides (Morales *et al.*,2014), mismos que pueden ser extraídos y presentan un interés por parte de la industria para ser incorporados en los alimentos y/o en productos farmacéuticos. Es por ello que el presente trabajo tuvo como objetivo el

desarrollar productos a partir de pulpa de mango como salsa, adobo, almíbar y jalea; así como extraer y cuantificar los compuestos bioactivos presentes en los residuos de mango (cáscara, hueso y almendra).

MATERIALES Y MÉTODOS

El mango variedad Payasito fue recolectado en las cercanías del municipio de Tapachula, Chiapas (Fig. 1). Se recolectó en estado verde y se dejó madurar 4 días para posteriormente procesarlo. Los componentes del mango (pulpa, cáscara, hueso y almendra) fueron separados. La pulpa fue refrigerada a 4°C, para su posterior procesamiento. Los residuos (cáscara, hueso y almendra) fueron deshidratados a 50°C por 24 horas en un horno por convección; seguidamente, fueron molidos hasta obtener un tamaño de partícula de 60 μ m.



Fig. 1. Mango variedad Payasito

La pulpa fue mezclada con los diferentes ingredientes para su elaboración de acuerdo a las Normas Mexicanas de salsa (CODEX-STAN 160-1987), adobo (NMX-F-422-1982), almíbar (NMX-F-104-1981) y jalea (NMX-F-146-1968); dichos ingredientes son: azúcar, pectina, chile habanero, chile bravo, cardamomo, jugo de naranja, vinagre, cebolla, pulpa de tamarindo sal, ajo, paprika y comino) y se prosiguió con la metodología presentada en la figura 2.

La extracción de polifenoles y flavonoides se llevó a cabo por maceración utilizando una relación 1:1 (etanol:agua) a una agitación de 350 rpm durante 24 horas. La presencia de polifenoles se cuantificó mediante método de Folin-Ciocalteu (Singleton & Rossi *et al.*, 1965) para flavonoides totales se empleó la técnica con tricloruro de Aluminio (Tounsi *et al.*, 2011) y la actividad antioxidante se determinó a partir de las técnicas de ABTS (Kuskoski *et al.*, 2004) y DPPH (Puerta *et al.*, 2005).

RESULTADOS

Se realizó el proceso de elaboración de productos a partir de mango variedad payasito (fig.1). Los productos generados fueron salsa, adobo, almíbar y jalea, mismos que resultaron viables, sin embargo, se realizaron modificaciones en las metodologías para lograr obtener el producto deseado, mismas que no afectaron el producto final.

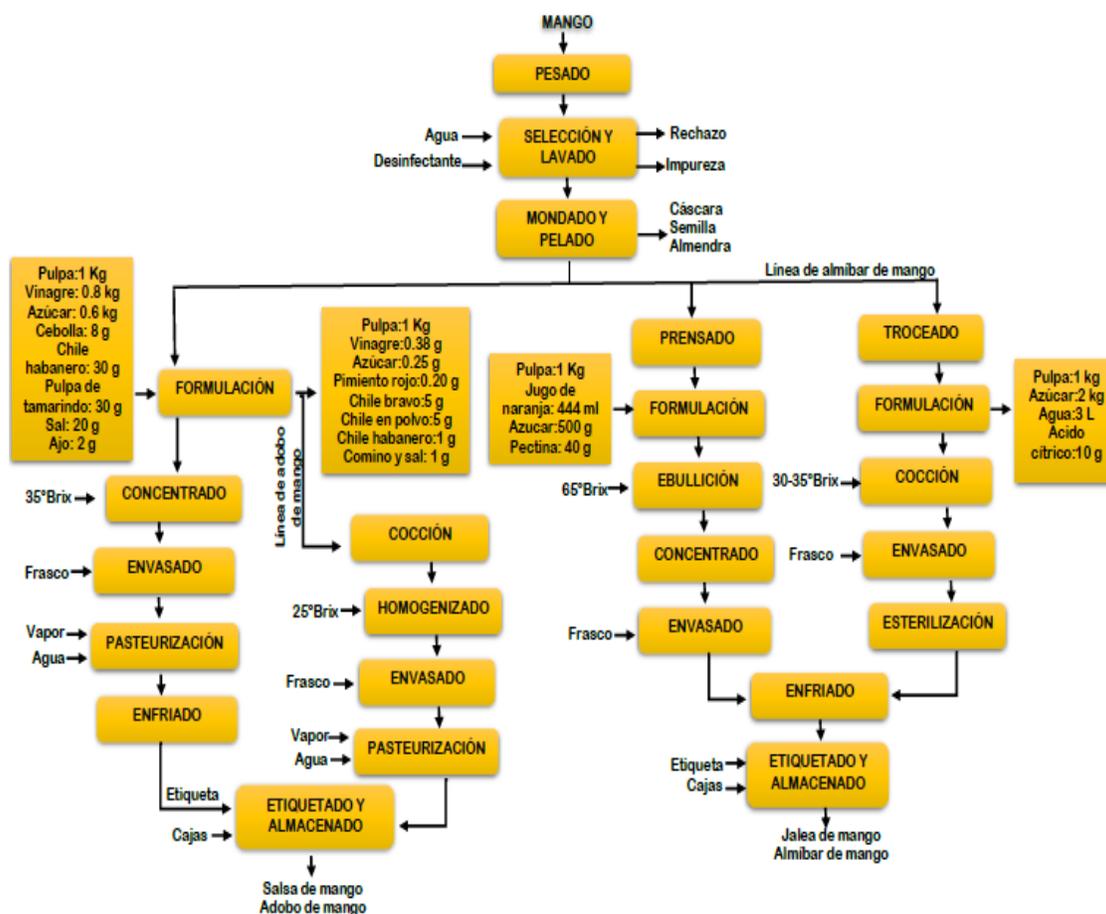


Fig. 2. Diagrama de flujo de productos a partir de la pulpa de mango de la variedad payasito

Los compuestos bioactivos (polifenoles y Flavonoides) presentes en los residuos de mango (cáscara, hueso y almendra) se presentan en la tabla 1. Se observó que la cáscara de mango presentó mayor contenido de polifenoles mientras que para el caso de los flavonoides fue la almendra la que mostró mayor contenido. El residuo que presentó mayor porcentaje de inhibición debido a su actividad antioxidante fue la cáscara seguido por la almendra. El hueso presentó cantidades muy bajas de compuestos bioactivos.

Tabla 1. Análisis de compuestos bioactivos presentes en Mango variedad payasito

	Polifenoles	Flavonoides	ABTS	DPPH
Área	mg EAG/ 100 g	mg EQ/ 100 g	% inhibición	% inhibición
Cáscara	1361	468	81.82	67.14
Hueso	201	128	7.76	3.15
Almendra	411	680	50.15	46.65

DISCUSIÓN

Los productos generados como salsa y adobo empleando la pulpa de mango variedad payasito, resultó favorable, al proveer un sabor y aroma único a los productos. Para el caso de los productos dulces, como almíbar y jalea, la pulpa del mango variedad payasito mostró un excelente acoplamiento en ambas tecnologías. Los cuatro productos presentan metodología e ingredientes similares al desarrollo de productos presentado por Soler *et al.*, (1996), dichos productos fueron realizados a partir de mango Tommy Atkins.

Respecto a la extracción de compuestos bioactivos de los residuos, la cáscara del mango presentó un mayor contenido de polifenoles (1361 mg EAG/100 g), esta concentración resulta cerca de un 50% menor, comparada a lo reportado en las cáscaras de mango var. Tommy Atkins (3185 mg GAE/100g) (Sogi *et al.*,2013) y mango var. Ataulfo (3331 mg EAG/100g) (García *et al.*,2013). Estas variaciones pueden atribuirse a factores tales como características genéticas, ambientales, etapa de madurez y prácticas agrícolas, que afectan de manera significativa a cada variedad de mango (Torres-León *et al.*,2016). Sin embargo, los valores obtenidos en este trabajo, son mayores a los reportados por Zulkifli *et al.*, (2012) quienes reportaron valores de 53 mg EAG/100g de peso seco a partir de la cáscara de mango Ubá.

La almendra presentó mayor contenido de flavonoides totales, dichos valores mostraron ser ligeramente inferiores a otras variedades de Mango de la India, como Raspuri y Badami (Ajila *et al.*,2007).

La actividad antioxidante resultó similar a lo reportado en otros trabajos, de acuerdo con Escamilla *et al.*, (2000), este poder antioxidante es debido al contenido de compuestos fenólicos principalmente flavonoides como los glicósidos de quercetina y mangiferina, el cual se encuentra reportado en cáscara y almendra de mango; resultado que concuerda a lo observado en este trabajo.

CONCLUSIONES

El presente trabajo permitió el uso total de los componentes del mango no comercial con la intención de plantear opciones para fomentar su consumo y generar una fuente de ingresos a personas de bajos recursos.

AGRADECIMIENTOS

Este Trabajo agradece el financiamiento al proyecto CIESAS CEAR2018-06.

BIBLIOGRAFIA

- Karihaloo, J. L., Gailwa, & Galkwand, A. B. 2003. Analysis of genetic diversity of Indian mango cultivars using RAPD markers. The journal of horticultural science & biotechnology, 285-289. doi:[10.1080/14620316.2003.11511619](https://doi.org/10.1080/14620316.2003.11511619)
- Morales, P., Ferreira, I., C, F. R., Carvalho, A. M., Sánchez-Mata, M. C., & Camara, M. 2014. Mediterranean non-cultivated vegetables as dietary sources of compounds with antioxidant and biological activity. Food sci technol, 389-396. doi: [10.1016/j.lwt.2013.08.017](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.08.017)
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 144-158.

- Tounsi, M. S., Wannas, W. A., Ouerghemmi, I., Jegham, S., Ben, N., Handaoui, G., & Zemmi, H. 2011. Juice components and antioxidant capacity of four Tunisian Citrus varieties. *Journal of the science of food and agriculture*, 51-142. Doi:[10.1002/jsfa.4164](https://doi.org/10.1002/jsfa.4164)
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., & García, M. C. 2004. Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. *Rev BrasCienc Tecnol Alim*, 691-693. Doi:[10.1590/S0101-20612004000400036](https://doi.org/10.1590/S0101-20612004000400036)
- Sogi, D., Siddiq, M., Greiby, I., & Dolan, K. 2013. Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of Tommy Atkins mango peel. *Food Chem*, 2649-2655. Doi:[10.1016/j.foodchem.2013.05.053](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.053)
- García, M., García, H., Bello, L., Sáyago, S., & Doca, M. 2013. Functional properties and dietary fiber characterization of mango processing by-products (*Mangifera indica* 3422 L., cv. Ataulfo and Tommy Atkins). *Plant Foods Human Nutr*, 254-258. Doi:[10.1007/s11130-013-0364-y](https://doi.org/10.1007/s11130-013-0364-y)
- Zulkifli, K. S., Abdullah, N., Abdullah, A., Kamarudin, W. S., & Aziman. 2012. Bioactive Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Selected Fruit Peels. *Int Conf Environ Chem Biol*, 49: 66-70.
- Ajila, C., Bhat, S., & Rao, U. P. 2007. Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food chemistry*, 1006-1011. doi.: [10.1016/j.foodchem.2006.06.036](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.036)
- Escamilla, J. C., Cuevas, M. E., & Guevara, F. J. 2010. Flavonoides y sus acciones antioxidantes. *Revista de la facultad de medicina*, 1726-1742.
- Torres-León, C., Rojas, R., Contreras-Esquivel, J. C., Serna-Cock, L., Belmares-Cerda, R. E., & Aguilar, C. N. 2016. Mango seed: Functional and nutritional properties. *Trends in Food Science and Technology*, 109-117. Doi: [10.1016/j.tifs.2016.06.009](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.06.009)

APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LA PALMA ACEITERA: CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS OBTENIDOS EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DEL FRUTO

Canché-Escamilla-Gonzalo*, Duarte-Aranda-Santiago

Centro de Investigación Científica de Yucatán, Calle 43 no. 130, Col. Chuburná, 97205 Mérida Yucatán

*autor para correspondencia: gcanche@cicy.mx

Resumen. En este trabajo se caracterizaron los residuos lignocelulósicos generados durante el proceso de extracción de aceite a partir de los frutos de la palma aceitera, con el fin de tener un aprovechamiento integral de los residuos mediante la producción de materiales y/o energía. Se obtuvo un 18-27% de extraíbles totales, contenidos de lignina de 26% y de 55-48% de holocelulosa. El alto contenido de holocelulosa indica que los residuos pueden ser una fuente de celulosa, mientras que los altos contenidos de lignina indican que los residuos se pueden utilizar para la producción de carbón. Sin embargo, con el proceso de pulpeo usado en este trabajo solamente se pudo obtener celulosa de la parte fibrosa del fruto, ya que la estructura rígida de la cáscara que rodea a la parte carnosa del fruto no permite la desestructuración del complejo lignina-hemicelulosa-celulosa. Los residuos presentaron una estabilidad térmica mayor de 200 °C, por lo que se podrían usar como refuerzo en la obtención de materiales compuestos con matriz termoplástica. Se obtuvo una fracción carbonosa del 30% de los residuos a 500 °C. La estructura porosa del carbón obtenido sugiere que la cáscara rígida puede ser utilizada en la producción de carbón activado.

Palabras clave. Agroindustria, carbón activado, energía, *Elaeis guineen*, celulosa.

INTRODUCCION

La gran cantidad de residuos sólidos generados por las actividades agroindustriales resulta importante, ya que puede contribuir en forma notable a la problemática de contaminación ambiental, cuando su disposición final no es la adecuada, debido a que el principal producto de su degradación biológica es el metano, que es un gas de efecto invernadero [1]. Debido a lo anterior, en los últimos años se ha incrementado el aprovechamiento integral de los residuos agroindustriales tanto para la producción de materiales como para la obtención de energía [2,3].

Elaeis guineensis, palma africana o palma aceitera es uno de los cultivos que contribuyen a la economía de países como Malasia, Indonesia, Tailandia, Colombia, etc., debido al alto contenido de aceite de sus frutos [4,5]. La producción de aceite crudo se ha incrementado en los últimos años y como consecuencia también la generación los residuos. Los residuos del beneficio del fruto que generan un interés técnico y económico son el raquis, la parte fibrosa del fruto y la cáscara rígida de la nuez, que en total representan un 70-74% en peso de los residuos generados [6]. El aprovechamiento de subproductos agroindustriales, ya sea en producción de materiales, energía, etc. requiere una caracterización de dichos residuos.

En este trabajo se caracterizaron los residuos fibrosos y la cáscara de la nuez con el fin de usarlos en la obtención de materiales compuestos y carbón activado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización de la fibra entera incluyó su composición química mediante la determinación del contenido de extraíbles en benceno:etanol 2:1 y etanol (Tappi 204), seguida por extracción en agua (Tappi 207) y lignina Klason (Tappi 222). La validación de los grupos funcionales de cada una de las fracciones extraídas se determinó por FTIR en un equipo Nicolet Protege 8700 en modo transmisión en soporte de KBr. La celulosa fue extraída mediante un proceso de pulpeo que consta de las siguientes etapas sucesivas: hidrólisis ácida-cloración-tratamiento alcalino-blanqueo. Las fibras de celulosa observaron en microscopio óptico y en un microscopio electrónico.

La estabilidad térmica de las fibras y de la celulosa se determinó por duplicado, mediante termogravimetría en un TGA-8000 de Perkin Elmer, haciendo barridos de temperatura de 50 a 700°C con una rampa de calentamiento de 10°C/min con un flujo de 20 mL/min de N₂. El residuo carbonoso se observó en un microscopio electrónico de barrido modelo JL5400 de JEOL.

RESULTADOS Y DISCUSION

El residuo obtenido del proceso de extracción de aceite a partir de los frutos de palma aceitera, consiste en un bagazo obtenido del prensado de los frutos y consiste de un material fibroso que cubre a la nuez o corozo y un material sólido rígido que cubre la almendra rica en aceite (Figura 1).



Figura 1. Fruto de la palma aceitera

En la figura 2 se muestra la composición química de los residuos. Se observa que los residuos tienen contenidos de lignina del 26-27%, de holocelulosa de 55-48% y de extraíbles totales 18-27%. Los compuestos de baja y mediana polaridad representaron más del 50% de los extraíbles totales y entre 19-26% del peso del residuo. En los espectros FTIR (no mostrados en poster) se observaron bandas características de cadenas hidrocarbonadas y grupos ésteres, lo que se podría atribuir a la presencia de restos de aceite en los residuos después de la extracción del mismo, así como otras moléculas no polares. En la fracción acuosa se observa la presencia de grupos característicos de polisacáridos. El contenido de holocelulosa (celulosa + hemicelulosa) del residuo fibroso del 54%, indica que puede ser una fuente de materia prima para la obtención de celulosa. El alto contenido de lignina también sugiere que los residuos se pueden usar para la obtención de carbón mediante procesos de pirolisis. En este caso, también se podrían obtener aceites pirolíticos.

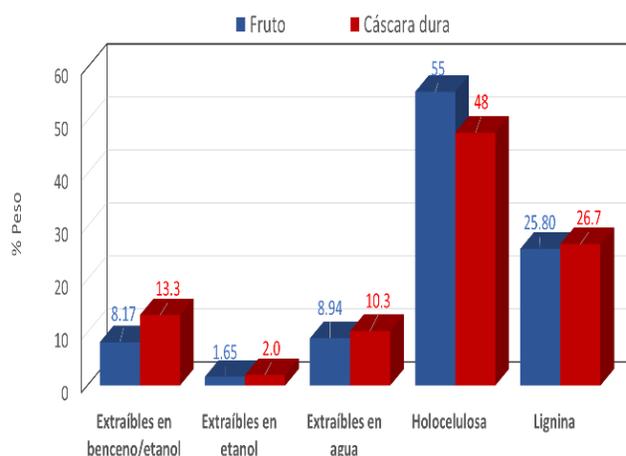


Figura 2. Composición química de residuos lignocelulósicos obtenidos de los frutos de palma aceitera

La celulosa obtenida del residuo fibroso presentó diámetros de 9.2 ± 3.0 micras y longitudes de 0.2 a 1.5 mm (figura 2), similar a fibras de celulosa obtenidas de fibras naturales como henequén, bagazo de agave, etc. También se observó la presencia de fibras enteras que no lograron desestructurarse debido al alto contenido de lignina que presentaron las muestras, por lo que se requieren métodos más agresivos que el usado en este trabajo.



Figura 3. Celulosa obtenida de la fracción fibrosa del fruto de palma aceitera

En el caso de las cáscaras rígidas, no se pudo obtener pulpa celulósica, lo que se podría atribuir a la estructura más compleja de la lignina y celulosa que dificulta la reparación de fibras.

En la figura 4 se observa que la mayor pérdida de masa se observa en el rango de 250-400 °C que se debe a la degradación térmica de la celulosa y hemicelulosa. A temperaturas mayores de 410 °C ocurre la degradación de la lignina y la carbonización de la muestra, obteniendo una masa residual del 30% a 500 °C. En la figura 4 se aprecia que los carbones mantienen su estructura original con un incremento en su área superficial por espacios (huecos) debidos a la volatilización de compuestos durante la degradación térmica.

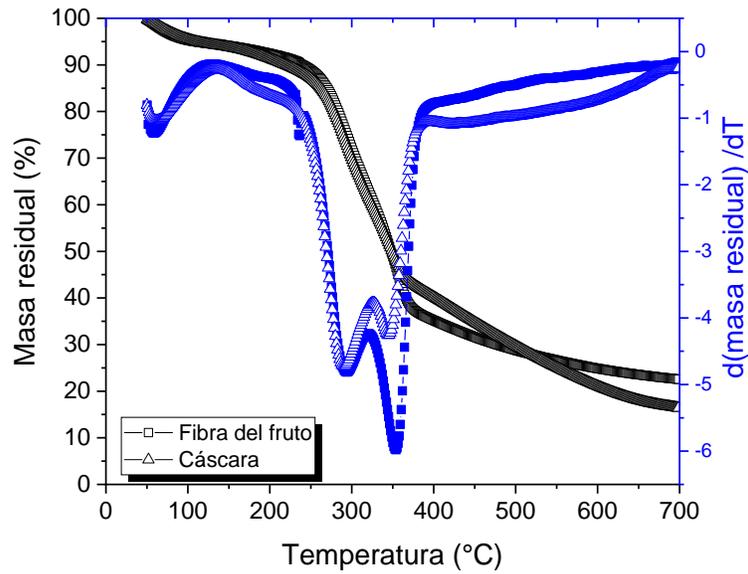


Figura 4. Termograma de TGA y DTGA de los residuos lignocelulósicos obtenidos de los frutos de palma aceitera

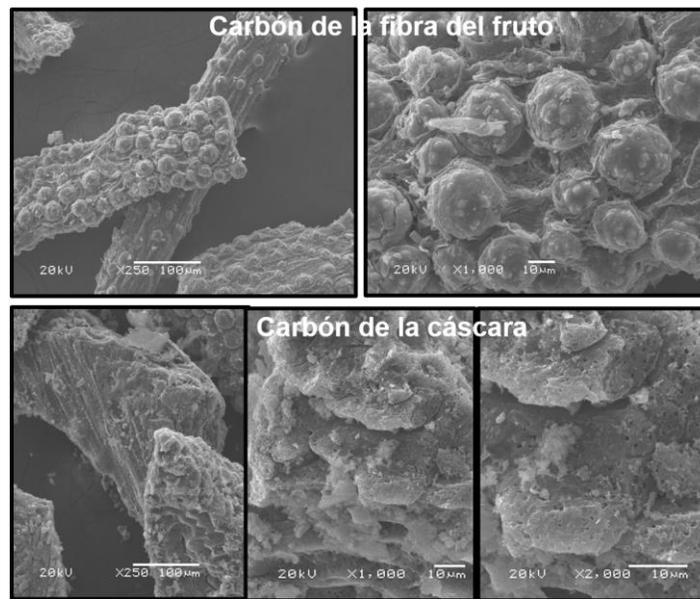


Figura 5. Microfotografías de SEM de carbones obtenidos de los residuos lignocelulósicos de los frutos de palma aceitera

CONCLUSIONES

Los residuos producidos en la obtención de aceite del fruto de la palma de aceite, presentan características físicas y químicas que los hace viables para aplicaciones diversas. Se pueden obtener materiales compuestos fibroreforzados usando la fibra entera o la celulosa obtenida de la misma. El alto contenido de extraíbles favorece la formación de bioaceite mediante la pirólisis. Así mismo, el carbón obtenido de este proceso tuvo un aumento

en su área superficial, por la aparición de poros debidos a la evaporación de compuestos volátiles, lo que lo hace prometedor como material base para la producción de carbón activado.

BIBLIOGRAFIA

1. Zhang Y, Gan T, Luo Y, Zhao X, Hu H, Huang Z, Huang A, Qin X. 2014. A green and efficient method for preparing acetylated cassava stillage residue and the production of all-plant fibre composites. *Composites Science and Technology*. 102: 139-144. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2014.07.028>.
2. Huzir NM, Aziz MA, Ismail SB, Abdulla B, Mahmood N, Umor NA, Muhammad S. 2018. Agro-industrial waste to biobutanol production: Eco-friendly biofuels for next generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 94: 476-485. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.036>
3. Fiorelli, J., Galo, R.G., Castro Junior, S.L. et al. Multilayer Particleboard Produced with Agroindustrial Waste and Amazonia Vegetable Fibres. *Waste Biomass Valor* 9, 1151–1161 (2018). <https://doi.org/10.1007/s12649-017-9889-x>
4. Lamaming J, Hashim R, Leh CP, Sulamian O. 2017. Properties of cellulose nanocrystal from pil palm trunk isoleted by total chlorine free method. *Carbohydrate Polymers*. 156: 202-208. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.09.053>
5. Kurnia J, Jangam SV, Akthar S, Sasmito AP, Mujumdar AS. 2016. Advances in biofuel production from oil palm and palm oil processing wastes: A review. *Biofuel*, 9:332-346. DOI: 10.18331/BRJ2016.3.1.3.
6. Ali MM, Muhadi NA, Hashim N, Abdullah AF, Mahadi MR. 2020. Pulp and paper production from oil palm empty fruit bunches: A current direction in Malaysia. *J. Agricul. Food Process*. 2:0017. DOI: <http://doi.org/10.37865/jafe.2020.0017>

EVALUACIÓN DE FORRAJE DE AJO (*ALLIUM SATIVUM*) PARA SU APLICACIÓN EN LA OBTENCIÓN DE NANOCRISTALES DE CELULOSA

Rodríguez-Betancourt Diana Judith^{1*}, Reyes-Jáquez Damián¹, Medrano-Roldán Hiram¹,
Pámanes-Carrasco Gerardo Antonio¹,

¹Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México/ I. T. Durango, Durango, Dgo. México.

19040519@itdurango.edu.mx

Resumen. La presente investigación analizó las variables de procesamiento para la extracción de nanocristales de celulosa obtenidos a partir del forraje de ajo (*Allium Sativum*). Se realizó la optimización de las etapas del tratamiento alcalino y de blanqueamiento, encontrando como condiciones óptimas una concentración de NaOH al 2.09%, tiempo de deslignificación de 8 h y tiempo de blanqueamiento de 1 h a una temperatura de 70° C. Se caracterizó químicamente la materia prima antes de comenzar con el procesamiento y optimización de las etapas, mostrando un contenido de celulosa del 33.13% en peso de celulosa, 12.70% en peso de hemicelulosa y 6.58% en peso de lignina, con un contenido de cenizas del 14.48% y extractos del 2.04%. Además, se analizaron las muestras obtenidas después de los tratamientos mediante difracción de rayos X, observando la existencia de cambios en los patrones de difracción correspondientes a las zonas cristalinas y amorfas de la celulosa, mostrando un aumento en los porcentajes de cristalinidad con porcentajes de 32.05% para la fibra sin procesar, para la fibra después del tratamiento alcalino 42.8% y para el forraje después del tratamiento de blanqueo 50.8%, indicando un efecto del procesamiento de la materia sobre la composición química y estructura de los cristales.

Palabras clave. Celulosa, nanocristales, forraje, difracción, extracción, tratamiento.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la demanda de nuevos materiales con propiedades mecánicas mejoradas ha despertado interés en el desarrollo de agentes de refuerzo que ayuden a mitigar problemas de sostenibilidad y que a su vez ofrezcan un potencial de renovación (1). Existen investigaciones (2, 3) donde se ha llevado a cabo la evaluación de nanocompuestos que pueden ser obtenidos de biomasa celulósica, centrándose en la explotación de diferentes residuos celulósicos (4). El ajo, uno de los productos que ha mostrado un continuo crecimiento en el mercado, ha sido utilizado principalmente para fines culinarios y usos medicinales haciendo uso de los bulbos o dientes de la planta principalmente (5), sin embargo, el forraje, que es cerca del 75% de la totalidad de la planta cuenta con un contenido celulósico considerable (2), lo cual abre el panorama para la obtención de nanocristales de celulosa (NCC) de este subproducto agrícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación de la composición química del forraje se determinó mediante las técnicas Association of Analytical Communities (AOAC 973.18; AOAC 2002:04; AOAC 967.04, 1990; AOAC 930.09, 1990; AOAC 973.18; AOAC 2002:04). Para la optimización de los tratamientos se empleó una superposición de superficie de respuesta con un diseño central compuesto (DCC), aplicada en los procesos de deslignificación en el tratamiento álcali y de

blanqueamiento. Para la obtención de los nanocristales de celulosa, se llevó a cabo la purificación de las fibras de celulosa mediante un tratamiento alcalino con NaOH y posteriormente, las fibras pretratadas se blanquearon mediante un método convencional (3). Las muestras se examinaron utilizando un difractor MiniFlex 600 a temperatura ambiente con una fuente de radiación monocromática de Cu K α ($\lambda = 0.154$ nm), el índice de cristalinidad se calculó usando la ecuación de Segal (6).

RESULTADOS

Los valores obtenidos del análisis del forraje se muestran en la Tabla 1.

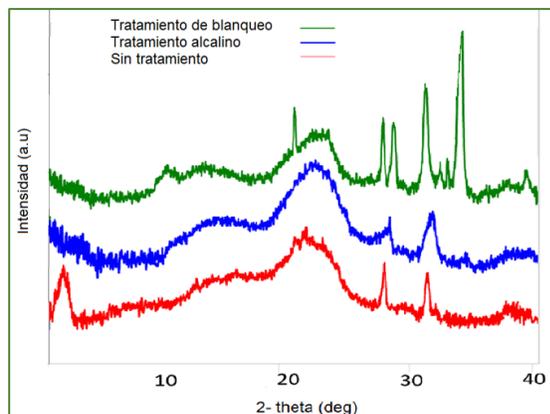
Tabla 1. Análisis químico proximal (g/100 g de Materia Seca)

Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Cenizas	Extractos
33.13 \pm 0.253	12.70 \pm 1.531	6.58 \pm 0.417	14.48 \pm 0.421	2.04 \pm 0.063

Comparando los valores obtenidos con los datos de otros estudios desarrollados con subproductos agroalimentarios se observa que los valores son similares, aunque con pequeñas fluctuaciones, las cuales se atribuyen principalmente a la diferencia de las técnicas usadas, y, en segundo término, a la diferencia de especie y procedencia de las fuentes de biomasa, sin embargo los valores obtenidos siguen manteniéndose dentro del rango reportado de contenido de celulosa (35-50%) para biomasa lignocelulósica (7,8). El diseño arrojó como condiciones óptimas: concentración de NaOH de 1.67%, tiempo de deslignificación de 8 h y tiempo de blanqueamiento de 1 h a temperatura de 70°C.

Las muestras evaluadas en el difractor de rayos X revelan ligeros cambios en los patrones de difracción, observándose aumentos de las zonas cristalinas y decrementos de las zonas amorfas mostrando un comportamiento similar al reportado en otros trabajos donde también se llevó a cabo el estudio de la evaluación de nanocristales de celulosa por medio de la técnica de DRX (9-11) (Figura 1). La celulosa extraída muestra 3 picos a $2\theta \sim 12,4^\circ$, $20,2^\circ$ y $22,2^\circ$ correspondientes a la estructura de la celulosa tipo II (12); sin embargo, es posible observar algunos picos superpuestos correspondientes a celulosa tipo I ($2\theta = 15,2^\circ$, $22,6^\circ$).

Los porcentajes de cristalinidad basados en los difractogramas bajo el método Sengal fueron: 32.05% para el forraje sin tratamientos, 42.8% después del tratamiento alcalino y 50.8% para el forraje después del tratamiento de blanqueo.



CONCLUSIONES

Las condiciones óptimas de procesamiento para los tratamientos alcalino y de blanqueamiento fueron: concentración de deslignificación de 8 h y tiempo de blanqueamiento de 1 h a 70°C. El diseño establecido logró una optimización en cuanto al gasto en reactivos, y a su vez se justifica al disminuir los tiempos y la temperatura de extracción, reduciendo así la cantidad de energía requerida para la extracción. Por otra parte, los difractogramas indican que se está llevando a cabo una modificación en la composición del forraje después de cada tratamiento, ya que se lograron apreciar cambios tanto en las zonas cristalinas como amorfas de los patrones correspondientes a la celulosa, obteniendo porcentajes de cristalinidad de 32.05% para el forraje previo a tratamientos, un 42.8% de cristalinidad para el forraje después del tratamiento alcalino y un 50.8% para el forraje después del blanqueo

REFERENCIAS

1. Moon RJ, Martini A, Nairn J, Simonsen J, Youngblood J. Cellulose nanomaterials review: structure, properties and nanocomposites. *Chem Soc Rev*. 2011;40(7):3941-94. Doi 10.1039/c0cs00108b
2. Kallel F, Bettaieb F, Khiari R, García A, Bras J, Chaabouni SE. Isolation and structural characterization of cellulose nanocrystals extracted from garlic straw residues. *Industrial Crops and Products*. 2016;87:287-96. Doi 10.1016/j.indcrop.2016.04.060
3. Bettaieb F, Khiari R, Hassan ML, Belgacem MN, Bras J, Dufresne A, et al. Preparation and characterization of new cellulose nanocrystals from marine biomass *Posidonia oceanica*. *Industrial Crops and Products*. 2015;72:175-82.
4. García A, Gandini A, Labidi J, Belgacem N, Bras J. Industrial and crop wastes: A new source for nanocellulose biorefinery. *Industrial Crops and Products*. 2016;93:26-38. Doi 10.1016/j.indcrop.2016.06.004
5. De La Cruz Medina J, & García, H. S. Garlic: Post harvest Operation. *INPhO Post-harvest Compendium Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. 2007:1-43.
6. Segal, L., Creely, J., Martin Jr, A., & Conrad, C. (1959). An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer. *Textile research journal*, 29(10), 786-794. Doi.org/10.1177/004051755902901003.
7. Phanthong, P., Reubroycharoen, P., Hao, X., Xu, G., Abudula, A., & Guan, G. (2018). Nanocellulose: Extraction and application. *Carbon Resources Conversion*, 1(1), 32-43. Doi:10.1016/j.crcon.2018.05.004
8. Sella Kapu, N., & Trajano, H. L. (2014). Review of hemicellulose hydrolysis in softwoods and bamboo. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 8(6), 857-870. Doi:10.1002/bbb.1517
9. Flauzino Neto, W. P., Silvério, H. A., Dantas, N. O., & Pasquini, D. (2013). Extraction and characterization of cellulose nanocrystals from agro-industrial residue – Soy hulls. *Industrial Crops and Products*, 42, 480-488. Doi:10.1016/j.indcrop.2012.06.041
10. Ju, X., Bowden, M., Brown, E. E., & Zhang, X. (2015). An improved X-ray diffraction method for cellulose crystallinity measurement. *Carbohydr Polym*, 123, 476-481. Doi:10.1016/j.carbpol.2014.12.071
11. Rosa, M. F., Medeiros, E. S., Malmonge, J. A., Gregorski, K. S., Wood, D. F., Mattoso, L. H. C., . . . Imam, S. H. (2010). Cellulose nanowhiskers from coconut husk fibers: Effect of preparation conditions on their thermal and morphological behavior. *Carbohydrate Polymers*, 81(1), 83-92. Doi:10.1016/j.carbpol.2010.01.059
12. Flauzino Neto, W. P., Silvério, H. A., Dantas, N. O., & Pasquini, D. (2013). Extraction and characterization of cellulose nanocrystals from agro-industrial residue – Soy hulls. *Industrial Crops and Products*, 42, 480-488. doi:10.1016/j.indcrop.2012.06.041

INTRODUCCIÓN AL APROVECHAMIENTO DE FRUTOS, PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS TROPICALES.

Valdivia-Rivera Sergio¹, Ayora-Talavera Teresa¹, Lizardi-Jiménez Manuel², Cuevas-Bernardino Juan³, García-Cruz Ulises⁴, Pacheco-López Neith*¹.

¹ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, subsección Sureste, Mérida, Yucatán, México.

² CONACYT-Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.

³ CONACYT- Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, subsección Sureste, Mérida, Yucatán, México

⁴ Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Mérida, Mérida, Yucatán, México.

* autor para correspondencia: npacheco@ciatej.mx

Resumen. El presente documento es de carácter introductorio y tiene como objetivo orientar a quienes deseen incursionar en el aprovechamiento de frutos, productos y subproductos tropicales. En el trabajo se abordó una metodología documental para identificar conceptos y definiciones clave en el tema, tales como las razones para el aprovechamiento integral de los frutos, las definiciones de residuo y desperdicio que son comúnmente usadas en el tema, los tipos de subproductos que se pueden obtener de los frutos, la utilidad comercial de estos, algunas estrategias para su valorización, así como los beneficios y problemas actuales en el aprovechamiento de los frutos y subproductos. Finalmente, se discuten las implicaciones de la información recopilada, la utilidad de la misma y el público al que va dirigida.

Palabras clave. Desperdicio de alimentos, valorización de desperdicios, desperdicio de frutas, frutos tropicales, subproductos de desechos, metodologías de valorización.

INTRODUCCIÓN

La presente revisión consiste en la definición de objetivos, técnicas y conceptos clave en el aprovechamiento de frutos, productos y subproductos tropicales, con la finalidad de facilitar esta labor y orientar a estudiantes, empresarios, investigadores y público en general que incursione en el área.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se siguió el proceso reportado por Gregg et al., 2020 para realizar la investigación, con algunas modificaciones: Se determinó el propósito de la investigación; se establecieron palabras clave; se realizó búsqueda bibliográfica en “google”, “google scholar”, “scopus”, “science direct” y “researchgate”; se validó la calidad de las publicaciones encontradas verificando la indexación de las revistas, el factor de impacto y/o la confidencialidad de la fuente; finalmente se abstraigo y sintetizó la información requerida en el presente documento.

RESULTADOS

El incremento de la población mundial y sus hábitos de consumo, sumado a cadenas de suministro con diversos problemas en la poscosecha, transportación y almacenamiento, contribuyen a la generación de residuos y desperdicios alimenticios con consecuencias en la economía y el medio ambiente (Yukesh Kannah et al., 2020). Por lo anterior, la Organización de las Naciones Unidas ha establecido Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para 2030, que en su conjunto fijan como metas el prestar especial atención a la gestión de desechos, al uso eficiente de los recursos, reducir el desperdicio de alimentos per cápita mundial y las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro, duplicar la productividad agrícola e incrementar los ingresos de los productores de alimentos (Caldeira et al., 2020; ONU, 2015). Por lo tanto, la valorización de los residuos y desperdicios de frutos tropicales adquiere gran relevancia en la consecución de los ODS.

Algunos conceptos que tienden a repetirse y confundirse en la literatura referente al aprovechamiento integral de frutos son el residuo y el desecho. El término “residuo” hace referencia a pérdidas cuantitativas y cualitativas en los frutos durante la cadena de suministro, antes de llegar a su procesamiento o al consumo humano (Teigiserova et al., 2020). “Desperdicio”, por otra parte, se refiere a cualquier sustancia o parte del fruto que es descartado, es decir, puede incluir la cáscara, la pulpa y/o la semilla, y puede ser generado durante su procesamiento industrial (generación de productos) o en el consumo directo del fruto (Kringel et al., 2020). En consecuencia, la terminología correcta dependerá del momento durante las cadenas de producción y suministro donde se genere la pérdida del fruto.

Con el objetivo de reducir la generación de residuos y desperdicios, se ha buscado el desarrollo de procesos de producción limpios y el aprovechamiento de subproductos, mediante la utilización de diversas técnicas de valorización de los frutos y la adición de valor a los mismos (Esparza et al., 2020). Algunas estrategias para la valorización de frutos consisten en una mezcla de pretratamientos físicos, químicos y biológicos, tales como tratamientos mecánicos, hidrotérmicos, enzimáticos, fermentativos, con solventes o líquidos iónicos (Song et al., 2021). La estrategia por emplear debe ser cuidadosamente pensada con la finalidad de no dañar los compuestos de interés en el fruto. Además, algunas características químicas y fisicoquímicas que suelen evaluarse tanto en el fruto como en el subproducto son el contenido de humedad, densidad a granel, pH, conductividad eléctrica, contenido de materia volátil, cenizas, fibra, lípidos, proteínas y carbohidratos, así como la cantidad de carbono, hidrogeno, nitrógeno, oxígeno y azufre e impurezas (Yukesh Kannah et al., 2020).

Los frutos tropicales suelen ser ricos en compuestos de interés industrial (subproductos), tales como el almidón, pectina, compuestos fenólicos, antioxidantes, carotenoides, lípidos, vitaminas y otros, sin embargo, existe una gran cantidad (entre el 20 y 50% de la producción) de residuos y desperdicios de frutos como la piña (*Ananas comosus*), mango (*Mangifera indica L.*), kiwi (*Actinidia spp.*), lichi (*Litchi chinensis*), tamarindo (*Tamarindus indica L.*), níspero (*Eriobotrya japonica*), achiote (*Bixa orellana L.*), yaca (*Artocarpus heterophyllus L.*), aguacate (*Persea americana Mill*), manzana (*Malus domestica*), plátano (*Musa paradisiaca*), entre otros (Barcelos et al., 2020; Kringel et al., 2020). Las aplicaciones industriales en las que los subproductos de los frutos pueden ser aprovechados incluyen, pero no se limitan, al área médica, farmacéutica, ambiental, alimentaria, química, energética, agrícola, de construcción y de comercio (Gregg et al., 2020).

Además de las áreas beneficiadas del uso de subproductos de los frutos, el aprovechamiento integral de estos ayuda a reducir costos en la cadena de suministro, a mejorar el impacto ambiental de los residuos y desperdicios, y a volver sustentables los sistemas de producción y distribución de alimentos (Otle et al., 2015). Sin embargo, el aprovechamiento de frutos, productos y subproductos tropicales se enfrenta a diversos problemas, principalmente de índole económicos y logísticos. Algunos de estos problemas son el costo de transporte a plantas de procesamiento, la necesidad de métodos de conservación para retardar la descomposición y degradación que sufren desde su generación hasta su procesamiento, lo que incrementa los costos y el consumo energético, además, existe dificultad para el escalamiento de la tecnología o procesos de aprovechamiento, dificultando la obtención de su viabilidad económica (Esparza et al., 2020).

DISCUSIÓN

La información recopilada en la sección de resultados puede ser de utilidad para obtener un panorama general y actual del aprovechamiento de frutos, productos y subproductos tropicales que, en primera instancia, pretende orientar a quienes revisen el tema por primera ocasión. Por lo tanto, es importante resaltar el carácter introductorio del documento y alentar a los lectores a expandir la información de este, mediante la replicación de la metodología empleada y la actualización constante de sus fuentes de información, así como el aprovechamiento de la información recopilada en el texto.

CONCLUSIONES

El aprovechamiento integral de frutos va acorde a los objetivos de sustentabilidad mundiales, actuales y futuros, generando además beneficios palpables a diversas áreas con impacto económico en la sociedad. Si bien existen hoy en día diversas estrategias para la valorización y aprovechamiento de los frutos, así como una gran cantidad de trabajo detrás, es necesario enfocar esfuerzos para superar los retos y problemas logísticos y económicos que aun enfrenta el aprovechamiento de frutos y subproductos, con la finalidad de alcanzar las metas de sustentabilidad deseadas.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para estudios de posgrado.

BIBLIOGRAFÍA

- Barcelos MCS, Ramos CL, Kuddus M, Rodriguez-Couto S, Srivastava N, Ramteke PW, Mishra PK, Molina G. 2020. Enzymatic potential for the valorization of agro-industrial by-products. *Biotechnol Lett.* 42: 1799-1827. doi: [10.1007/s10529-020-02957-3](https://doi.org/10.1007/s10529-020-02957-3)
- Caldeira C, Vlysidis A, Fiore G, De Laurentiis V, Vignali G, Sala S. 2020. Sustainability of food waste biorefinery: a review on valorization pathways, techno-economics constraints, and environmental assessment. *Bioresour Technol.* 312. doi: [10.1016/j.biortech.2020.123575](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123575)
- Esparza I, Jiménez-Moreno N, Bimbela F, Ancín-Azpilicueta C, Gandía LM. 2020. Fruit and vegetable waste management: Conventional and emerging approaches. *J Environ Manage.* 265. doi: [10.1016/j.jenvman.2020.110510](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110510)

- Gregg JS, Jürgens, J, Happel MK, Strøm-Andersen N, Tanner AN, Bolwig S, Klitkou A. 2020. Valorization of bio-residuals in the food and forestry sectors in support of a circular bioeconomy: A review. *J Clean Prod.* 267: 13. doi: [10.1016/j.jclepro.2020.122093](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122093)
- Kringel DH, Guerra Dias AR, da Rosa Zavareze E, Avila Gandra E. 2020. Fruit wastes as promising sources of starch: extraction, and properties applications. *Starch.* 72. doi: [10.1002/star.201900200](https://doi.org/10.1002/star.201900200)
- ONU (25 de septiembre de 2015). Objetivos de desarrollo sostenibles. Organización de las Naciones Unidas. Recuperado el 12 de octubre de 2020 de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Otles S, Despoudi S, Bucatariu C, Kartal C. 2015. Food waste management, valorization, and sustainability in the food industry. En Galanakis CM (Ed.), *Food Waste Recovery: Processing Technologies and Industrial Techniques* (pp. 3-23). Science Direct.
- Song B, Lin R, Lam CH, Wu H, Tsui TH, Yu Y. 2021. Recent advances and challenges of interdisciplinary biomass valorization by integrating hydrothermal and biological techniques. *Renew Sust Energ Rev.* 135. doi: [10.1016/j.rser.2020.110370](https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110370)
- Teigiserova DA, Hamelin L, Thomsen M. 2020. Towards transparent valorization of food surplus, waste and loss: clarifying definitions, food waste hierarchy, and role in the circular economy. *Sci Total Environ.* 706. doi: [10.1016/j.scitotenv.2019.136033](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136033)
- Yukesh Kannah R, Merrylin J, Poornima Devi T, Kavitha S, Sivashaunmughan P, Gopalakrishnan K, Rajesh Banu J. 2020. Food waste valorization: Biofuels and value added product recovery. *Bioresour. Technol.* 11. doi: [10.1016/j.biteb.2020.100524](https://doi.org/10.1016/j.biteb.2020.100524)

BIOREFINERÍAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Castañeda-Valbuena Daniel*¹, Ayora-Talavera Teresa², Meza-Gordillo Rocío¹

1 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Carretera Panamericana Km. 1080, CP 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

2 Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, subsele Sureste, Mérida, Yucatán, México.

**autor que presenta la ponencia: dacasval@gmail.com*

Resumen.

La necesidad de implementar un nuevo modelo económico en el sector agroindustrial se deriva de las múltiples preocupaciones que el modelo actual genera en términos económicos, sociales y ambientales. Una alternativa que permitiría la integración de conceptos como la bioeconomía y el desarrollo sostenible es el de las biorefinerías. Bajo este concepto de biorefinerías, el sector agroindustrial en general, puede dinamizarse no solo para reducir las huellas de carbono y de agua en sus procesos, sino que además podría proyectarse como alternativa para la reducción del uso de combustibles fósiles en otros sectores económicos. Adicionalmente a estos beneficios ambientales, la implementación de modelos de biorefinería, podría generar un gran impacto sobre la sociedad, al propiciar la creación de nuevas empresas que propendan por brindar empleos nuevos, impulsando el desarrollo sostenible del sector.

Palabras clave: Biorefinerías, aprovechamiento, residuos agroindustriales

INTRODUCCIÓN

La agroindustria, como la actividad económica que comprende la producción, industrialización y comercialización de productos agropecuarios, forestales y otros recursos naturales (FIRCO, 2017), representando así un renglón importante de la economía a lo largo y ancho del mundo. Sin embargo, el modelo económico actual del sector, la continua y creciente demanda de alimentos, así como los ineficientes mecanismos de aprovechamiento de la biomasa generada, han convertido esta actividad en el impulsor más importante del cambio ambiental (Godfray y Garnett, 2014). Razón por la cual, el sector agroindustrial debe realizar una reforma estructural en el modelo económico para ayudar en la mitigación de la degradación ambiental, la cual debe estar encaminada hacia el cumplimiento de los 17 objetivos del desarrollo sostenible (ODS) propuestos (United Nations, 2015a, United Nations, 2015b; FAO, 2017).

Diferentes autores han planteado que una de estrategias para conseguir adaptar el sector agroindustrial para el cumplimiento de los ODS, consiste en la implementación de modelos de economía circular y bioeconomía en los distintos eslabones de las cadenas productivas de este sector (Núñez-Cacho et al., 2018, Duque-Acevedo et al., 2020). La implementación de estos modelos en el sector agroindustrial, puede ser relativamente fácil ya que la agroindustria genera enormes cantidades de biomasa subutilizada o inutilizada en su totalidad, la cual no solo es

rica en compuestos de interés para múltiples industrias como la alimentaria, farmacéutica, medicinal, textil entre otras (Duan et al., 2020), sino que representa el principal componente para la bioeconomía en la sustitución de combustibles fósiles (McCormick y Kautto, 2013). Dentro de esta biomasa generada encontramos 3 grandes grupos de productos de interés, el primero de ellos corresponde a los alimentos no aprovechados, los cuales son ricos en compuestos (Fenoles, proteínas, enzimas, biopolímeros, etc) (Duan et al., 2020); un segundo grupo corresponde a la biomasa vegetal generada mayoritariamente en las fincas, cuya composición la realizan tallos, hojas, vainas, tortas, residuos lignocelulósicos etc, residuos ricos en compuestos como los pigmentos, fibras, celulosa, enzimas, ácidos grasos, etc; finalmente tenemos un tercer grupo conformado por la biomasa residual de los grupos mencionados anteriormente, la cual representa una fuente de energía renovable.

El aprovechamiento integral de la biomasa generada en el sector agroindustrial, puede realizarse mediante la implementación de sistemas de producción basados en el concepto de biorefinería, el cual se define como un proceso sostenible basado en el fraccionamiento de recursos renovables a través de procesos físicos, químicos y bioquímicos para la producción de un espectro de productos y energía de base biológica comercializables (Patteraki, 2011; Satchatippavarn et al., 2016; Sadhukhan et al., 2016). En la implementación de sistemas de biorefinería, se ha avanzado considerablemente durante las últimas décadas, lo que ha permitido el desarrollo de diferentes procesos de la biotransformación de una cantidad de biomasa en combustibles, electricidad y productos de valor agregado, entre otros (Ferreira, 2017). Dentro de estos métodos de separación se encuentran, la pirólisis, incineración, carbonización, gasificación, licuefacción hidrotermal, transesterificación, la digestión aeróbica y anaeróbica, tecnología microbiana electroquímica y el empleo de enzimas (Ubando et al., 2020).

Debido a lo anterior y a la necesidad de implementar nuevas estrategias para garantizar la sostenibilidad del sector agroindustrial, el objetivo de esta comunicación consistió en análisis de publicaciones de orden científico, que permitieran el esclarecer las técnicas y tecnologías, así como los diferentes subsectores agroindustriales en los que se han empleado un enfoque de biorefinería para el aprovechamiento de residuos.

METODOLOGÍA

La valoración de la literatura científica relativa al campo de estudio se realizó mediante un análisis bibliométrico, empleando la base de datos SCOPUS como principal fuente de documentación. Las palabras clave empleadas en la búsqueda del material científico fueron: Biorefinery, agricultural, agroindustry and circular economy. Tras la revisión y búsqueda, se seleccionaron 8 trabajos que presentaran de la manera más integral un aprovechamiento de la biomasa agroindustrial, partiendo de materias primas obtenidas en la agricultura y de materias primas obtenidas del proceso de elaboración de alimentos.

RESULTADOS

Se encontraron más de 9000 artículos científicos relacionados con el tema de interés, representando el año 2020 el año en el que más publicaciones (1194) se han relacionado con el término de biorefinería. Estos artículos representan diferentes enfoques de la aplicación de modelos de biorefinería, bioeconomía y o economía circular, encontrándose una mayor cantidad (19.4%) en revistas relacionadas con la ingeniería química, seguid por revistas que publican artículos con temas de energía (17.3%). Aspecto que claramente demuestra que la gran clave de la implementación de los modelos de biorefinería, se basa en un aprovechamiento óptimo para la generación de energía a partir de la biomasa generada en la agroindustria.

El trabajo de Duan et al., (2020), plantea el modelo de biorefinería desde distintos mecanismos para el aprovechamiento integras de los residuos generados en la agroindustria China. Uno de los ejemplos más significativos, consiste en el aprovechamiento de residuos orgánicos sólidos producidos en las fincas, en la industria y por los hogares, para la generación de fertilizantes agrícolas y energía mediante el uso de compostas y pirolisis. Los autores, plantean el uso de los productos en el ciclo productivo agrícola (bioagronomía) y de esta manera reducir el uso de combustibles fósiles, disminuir el uso de fertilizantes obtenidos a partir de petroquímicos, disminuyendo de manera sustancial la huella de carbono generada en la producción agrícola.

Específicamente, un trabajo enfocado a la valorización de los residuos lignocelulósicos generados en diferentes sistemas productivos, es el trabajo de Paone et al., (2019), en el cual se destacan los avances recientes en la valorización de biomasa lignocelulósica centrándose en reacciones catalíticas involucradas en la extracción y despolimerización de la lignina, así como en la estabilización de las unidades fenólicas obtenidas. Un enfoque de biorefinería planteado para la industria de las microalgas, evalúa tres rutas de aprovechamiento, todas basadas en la ruta de biorrefinería basada en lípidos, para la producción económica de biocombustible de microalgas y productos valorizados. La primera ruta implica la producción de biodiésel, pigmentos y piensos para animales. Otra ruta propicia por la producción de biogás y pigmentos y la fermentación en dos etapas, y la tercera ruta de la biorrefinería implica biohidrógeno y pigmentos (Banu et al., 2020).

Particularmente en la producción de alimentos, un equipo de investigación propone un enfoque de economía circular implementando un modelo de biorrefinería para mejorar el valor de la cadena de producción del maní (*Arachis hypogaea* L.), en particular mediante la exploración de tecnologías verdes para la recuperación de sustancias valiosas de subproductos (vitaminas, ácidos grasos, biopolímeros, compuestos fenólicos entre otros) subestimados (Sorita et al., 2020).

Finalmente, un gran trabajo de investigación, que ha producido tres trabajos de investigación científica fue desarrollado por la universidad Nacional de Colombia y algunos colaboradores, cuyo objetivo fue la aplicación de tecnologías emergentes para la valorización de subproductos industriales del mango (*Mangifera indica* L.) para la obtención de ingredientes alimentarios con características funcionales. Uno de los trabajos relata el aprovechamiento de los carotenos para la inclusión en aceites comestibles de girasol como agentes antioxidantes y empleo de la fibra residual en la formulación de una barra comestible funcional (Sánchez-Camargo et al., 2019). Otros dos manuscritos demuestran la valorización de las semillas de mango tras la obtención de compuestos bioactivos con propiedades anticancerígenas y antiproliferativas; y el empleo de la biomasa residual como fuente de energía para el funcionamiento de la planta productora de mango (Ballesteros-Vivas et al., 2019 a b).

Conclusión

El análisis de la literatura obtenida permite concluir que, para conseguir un sector agroindustrial sostenible en el tiempo, fundamentado en un modelo económico circular y con un aprovechamiento energético de base bioeconómica, es necesaria la implementación de modelos de biorefinería en los diferentes niveles del sector agroindustrial. En este sentido, es evidente que la academia está cumpliendo con su deber, sin embargo, hace falta una mayor integración del sector académico tanto con el sector empresarial como con el sector gubernamental, para que se desarrollen políticas y programas que permitan y direccionen la transformación del sector agroindustrial en un sector amigable con el medio ambiente, con la sociedad y que aporte al desarrollo económico.

REFERENCIAS

- Ballesteros-Vivas, D., Álvarez-Rivera, G., Morantes, S. J., del Pilar Sánchez-Camargo, A., Ibáñez, E., Parada-Alfonso, F., & Cifuentes, A. (2019)a. An integrated approach for the valorization of mango seed kernel: Efficient extraction solvent selection, phytochemical profiling and antiproliferative activity assessment. *Food Research International*, 126, 108616.
- Ballesteros-Vivas, D., Alvarez-Rivera, G., Ocampo, A. F. G., Morantes, S. J., Camargo, A. D. P. S., Cifuentes, A., ... & Ibanez, E. (2019)b. Supercritical antisolvent fractionation as a tool for enhancing antiproliferative activity of mango seed kernel extracts against colon cancer cells. *The Journal of Supercritical Fluids*, 152, 104563.
- Banu, J. R., Kavitha, S., Gunasekaran, M., & Kumar, G. (2020). Microalgae based biorefinery promoting circular bioeconomy-techno economic and life-cycle analysis. *Bioresource technology*, 302, 122822.
- Duan, Y., Pandey, A., Zhang, Z., Awasthi, M. K., Bhatia, S. K., & Taherzadeh, M. J. (2020). Organic solid waste biorefinery: Sustainable strategy for emerging circular bioeconomy in China. *Industrial Crops and Products*, 153, 112568.
- Duque-Acevedo, M., Belmonte-Ureña, L. J., Cortés-García, F. J., & Camacho-Ferre, F. (2020). Agricultural waste: Review of the evolution, approaches and perspectives on alternative uses. *Global Ecology and Conservation*, 22, e00902.
- Ferreira, A.F., 2017. Biorefinery Concept. In: Rabaçal, M., AF, Ferreira, Silva, C.A.M., Costa, M. (Eds.), *Biorefineries: Targeting Energy, High Value Products and Waste Valorisation*. Springer International Publishing, Cham, pp. 1–20.
- Fideicomiso de Riesgo Compartido. (2017). Agroindustria en México. 26 /10/2020, de FIRCO Sitio web: <https://www.gob.mx/firco/articulos/agroindustria-en-mexico?idiom=es&text=Este%20sector%20Implica%20la%20agregaci%C3%B3n,la%20silvicultura%20y%20la%20pesc>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) **Food and Agriculture. Driving Action across the 2030 Agenda for Sustainable Development** (2017). <http://www.fao.org/3/a-i7454e.pdf>, Accessed 27th Oct 2020
- Godfray, H. C. J., & Garnett, T. (2014). Food security and sustainable intensification. *Philosophical transactions of the Royal Society B: biological sciences*, 369(1639), 20120273.
- McCormick, K., & Kautto, N. (2013). The bioeconomy in Europe: An overview. *Sustainability*, 5(6), 2589-2608.
- Núñez-Cacho, P., Górecki, J., Molina, V., & Corpas-Iglesias, F. A. (2018). New measures of circular economy thinking in construction companies. *J. EU Res. Bus*, 2018, 909360.
- E. Paone, T. Tabanelli, F. Mauriello, The Rise of Lignin Biorefinery, Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2019.11.004>.
- Sadhukhan, J., Lloyd, J. R., Scott, K., Premier, G. C., Eileen, H. Y., Curtis, T., & Head, I. M. (2016). A critical review of integration analysis of microbial electrosynthesis (MES) systems with waste biorefineries for the production of biofuel and chemical from reuse of CO2. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 116-132.
- Sanchez-Camargo, A., Gutierrez, L. F., Vargas, S. M., Martinez-Correa, H. A., Parada-Alfonso, F., & Narvaez-Cuenca, C. E. (2019). Valorisation of mango peel: Proximate composition, supercritical fluid extraction of carotenoids, and application as an antioxidant additive for an edible oil. *The Journal of Supercritical Fluids*, 152, 104574.
- Satchatippavarn, S., Martinez-Hernandez, E., Hang, M. Y. L. P., Leach, M., & Yang, A. (2016). Urban biorefinery for waste processing. *Chemical Engineering Research and Design*, 107, 81-90.
- Sorita, G. D., Leimann, F. V., & Ferreira, S. R. S. (2020). Biorefinery approach: Is it an upgrade opportunity for peanut by-products?. *Trends in Food Science & Technology*.
- Ubando, A. T., Felix, C. B., & Chen, W. H. (2020). Biorefineries in circular bioeconomy: A comprehensive review. *Bioresource technology*, 299, 122585.
- United Nations Unesco Scince Report. Towards 2030 (2015). <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/unesco-science-report-towards-2030-part1.pdf>, Accessed 27th Oct 2020.
- United Nations The Millennium Development Goals Report 2015. (2015). [https://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG 2015 rev \(July 1\).pdf](https://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%2015%20rev%20(July%201).pdf), Accessed 27th Oct 2020

PELÍCULAS COMESTIBLES A BASE DE QUITOSANO CON EXTRACTO DE *Ardisia compressa* K.

Joaquín-Cruz Elvia¹; Román Guerrero Angélica¹;

¹*Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Cd. de México, 09340, México.*

*autor que presenta la ponencia: elviajoce@gmail.com

Resumen. El mayor desafío al que se enfrenta la industria de los alimentos es la pérdida de calidad de los productos alimenticios durante el almacenamiento. Las películas comestibles son conocidos como una potencial alternativa para proteger la calidad de los alimentos y mejorar la vida útil al retrasar el deterioro microbiano y proporcionar propiedades de barrera contra la humedad y los gases. En los alimentos se pueden aplicar recubrimientos directamente sobre el alimento o película preformada envuelta alrededor del producto alimenticio. En este trabajo se estudió la obtención y caracterización de películas de quitosano (Q) con extracto del fruto de *Ardisia compressa* K. (ACK). Se obtuvieron películas con características aceptables, de color púrpura a tiempo 0 y a los 46 días presentó un verde olivo; Mostraron ΔE por arriba de 3. El Q-30-30 fue el que presentó mayor solubilidad en pH 5 y 7. Los valores obtenidos para fuerza tensible fue de 5.99 ± 0.88 a 9.30 ± 1.81 y para % de elongación fue de 4.04 ± 1.87 a 10.47 ± 2.17 .

Palabras clave. películas comestibles, *Ardisia compressa* K., bioactivos

INTRODUCCIÓN

El empaque con bioactivos es una alternativa potencial para proteger los productos perecederos durante su preparación, almacenamiento y distribución para aumentar su vida útil. Las películas y recubrimientos comestibles mejoran las propiedades de calidad, seguridad, y estabilidad de los alimentos frescos. Los principales materiales utilizados en la preparación de películas y recubrimientos comestibles son hidrocoloides (polisacáridos y proteínas), lípidos, y su mezcla (Han, 2014). Por otro lado, México se encuentra entre los primeros cinco países con mayor diversidad de plantas del mundo. Formando parte de esta diversidad está el género *Ardisia* que pertenece a la familia Myrcinaceae. *Ardisia compressa* Kush es un arbusto que crece en las regiones tropicales y subtropicales del país y produce frutos pequeños, de color púrpura y sabor agridulce. Chagalapoli es el nombre común en las regiones de los Tuxtlas, Ver. (Joaquín-Cruz *et al.*, 2015). El quitosano se considera un derivado de quitina con propiedades versátiles que incluyen actividad antioxidante, efecto antimicrobiano y capacidad de formación de película, lo que lo convierte en un interesante biocompuesto activo y conservante para su aplicación en las ciencias farmacéuticas y alimentarias (Gu *et al.*, 2019; Zareie *et al.*, 2010).

El objetivo de este trabajo fue la obtención y caracterización de películas comestibles a base de quitosano, a diferentes concentraciones de glicerol y extracto de *Ardisia compressa* K., Se caracterizó mediante variables físicas, mecánicas y de solubilidad a pH 3, 5 y 7.

METODOLOGÍA

Obtención del extracto del fruto de *Ardisia compressa* K. Se realizó con base en la metodología reportada por Joaquín Cruz *et al.*

Formación de las películas comestibles: Una solución filmogénica de Quitosano (Q: Sigma Aldrich) al 1.5 % se les incorporó el glicerol como agente plastificante en una proporción de 20 y 30 % respecto de los sólidos totales del Q. Las SF se pusieron en agitación a 200 rpm en baño María a 80°C durante 30 min. Pasado ese tiempo se dejaron enfriar, se agregó el extracto de ACK (20-30%) y se degasificaron con vacío, enseguida se midió el pH. Finalmente se vació un volumen de 25 mL de SF en moldes de poliuretano y se dejaron secar por 24 h en estufa de aire forzado a 50°C.

Caracterización de las películas

Grosor: El espesor se midió con un micrómetro digital (Mitutoyo, IP 65 COOLANT PROOF) en diferentes posiciones de la película y se calculó el valor promedio. El grosor de cada película fue el promedio de diez puntos seleccionados al azar, se usaron muestras por triplicado para cada película. Dicho valor fue empleado en los cálculos posteriores.

Color: Los parámetros de color L *, a * y b * se determinaron de acuerdo con Pająk *et al.* (2019) en el sistema CIELAB (10 ° / D65 - iluminante / observador, geometría d / 8 °) con un colorímetro.

Solubilidad: el porcentaje de solubilidad en agua se realizó con base en la metodología descrita por Pająk *et al.*, 2019 con algunas modificaciones.

Propiedades mecánicas: las propiedades mecánicas de las películas se evaluaron mediante pruebas de tensión (TS) y elongación (EAB) empleando un texturómetro (Instron, Estados Unidos) equipada con una celda de carga de 8 kg, de acuerdo al método reportado por (Wang *et al.*, 2018)

RESULTADOS

Se obtuvieron películas con buenas características de color morado intenso. En la Fig. 1 se muestra el contraste en el color a tiempo 0 y a los 46 días.

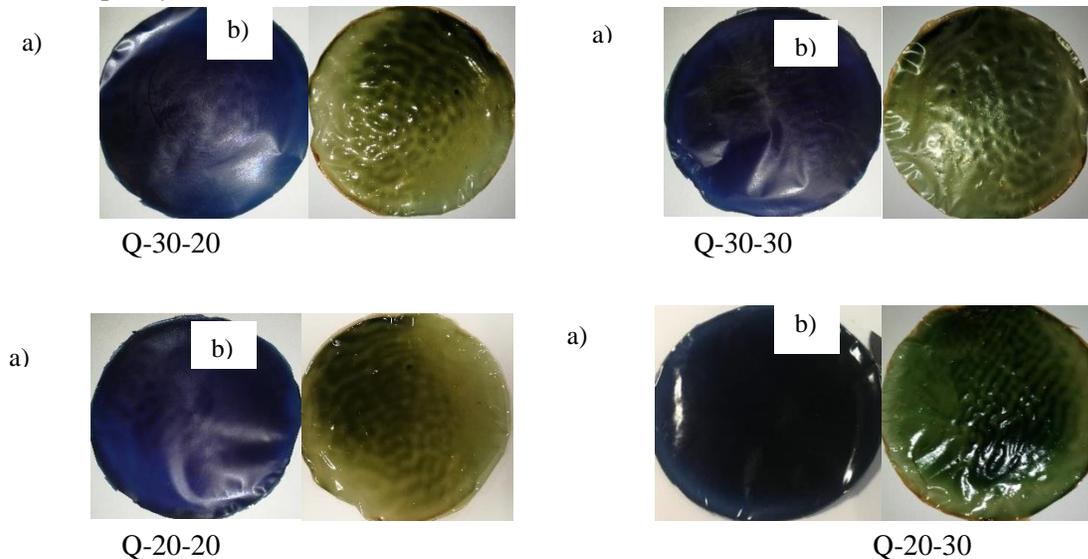


Figura 1. Películas comestibles a base de quitosano y extracto de ACK a) tiempo 0 y b) 46 días.

A pH 3 el Q-20-20 fue el que presentó mayor solubilidad y el Q-30-30 fue el que presentó mayor solubilidad a pH 5 y 7. En cuanto a las propiedades mecánicas como es la fuerza de tensión el Q-20-30 fue el que prestó el valor

más alto; en cuanto al porcentaje de elongación el valor más alto fue el Q-30-20. Estos valores están por arriba de los reportados por Zareie *et al.*, 2020.

Cuadro 1. Variables físicas, de solubilidad a pH 3, 5 y 7: y propiedades mecánicas de las películas de quitosano con extracto de ACK.

Muestra	pH(SF)	Peso	Grosor	Solubilidad			Prop. Mecánicas	
				pH=3	pH=5	pH=7	TS (MPa)	%EAB
Q-20-20	4.11±0.02	0.44±0.02	0.058±0.010	72.53±2.34	48.50±3.09	34.83±1.76	5.99±0.88	4.04±1.87
Q-20-30	4.16±0.02	0.43±0.01	0.053±0.009	71.35±3.12	59.04±2.67	54.98±4.02	9.30±1.81	5.19±0.87
Q-30-20	4.20±0.02	0.48±0.03	0.059±0.019	63.39±1.98	57.23±3.09	66.96±3.17	8.04±0.60	10.47±2.17
Q-30-30	4.18±0.02	0.42±0.04	0.063±0.024	68.08±2.51	61.99±2.87	70.80±3.12	7.34±0.90	6.27±1.71

Los atributos de color se muestran en el Cuadro 2. A tiempo 0 y a los 33 días. El ΔE a los 33 días fue de 16.92 para el Q-30-20, valor más alto de todos los tratamientos.

Cuadro 2. Atributos de color de las películas de quitosano con extracto de ACK.

	Muestra	L*	a*	b*	C	h	Delta E (ΔE)
T=0d	Q-20-20	10.64±1.40	0.09 ±1.51	- 1.39±1.05	2.55 ±1.44	250.13± 14.69	-
	Q-20-30	10.28± 0.99	-0.02 ±2.48	-1.70 ±6.64	3.60 ±2.98	256.55± 29.32	-
	Q-30-20	11.91± 1.48	-2.65 ±4.26	- 5.53 ±4.84	7.34 ±5.07	238.68 ±12.46	-
	Q-30-30	13.18± 2.81	-3.17±3.94	- 3.15 ±2.92	5.18 ±3.86	224.26 ±5.56	-
T=33d	Q-20-20	19.01± 0.89	-12.16± 1.45	-4.55± 1.26	13.08± 0.89	200.87 ±7.79	15.16±0.42
	Q-20-30	10.68± 0.66	-5.36± 0.17	-2.67± 0.43	6.16± 0.42	209.46± 10.44	5.43±0.76
	Q-30-20	21.27±4.02	-8.68 ±5.99	7.61± 6.59	13.36± 0.11	138.33± 20.15	16.92±0.67
	Q-30-30	13.25± 1.63	- 4.75± 1.17	0.01± 0.64	5.67± 1.28	139.10± 3.03	3.53±0.48

CONCLUSIONES

Se obtuvieron películas de Q con extracto de ACK con buenas características. Con propiedades mecánicas por arriba de lo reportado en bibliografía y con una solubilidad por arriba del 50% a pH 3, 5 y 7.

REFERENCIAS

- AOAC Association of Official Analytical Chemists. (2000). Official Methods of Analysis. Maryland, USA.
- Gu, X., Cao, R., Li, Y., Liu, S., Wang, Z., Feng, S., ... Lyu, S. (2019). Three-component antibacterial membrane of poly (butylene carbonate), poly (lactic acid).
- Han, J. H. (2014). Edible Films and Coatings. Innovations in Food Packaging, 213–255. DOI:10.1016/b978-0-12-394601-0.00009-6
- Joaquín-Cruz, E.; Dueñas, M.; García-Cruz L.; Salinas-Moreno, Y.; Santos-Buelga, C. & García-Salinas C. (2015). Anthocyanin and phenolic characterization, chemical composition and antioxidant activity of chagalapoli (*Ardisia compressa* K.) fruit: A tropical source of natural pigments. Food Research International. 70 (2015) 151–157.

- Pająk Paulina, Przetaczek-Rożnowska Izabela, Juszczyk Lesław. (2019). Development and physicochemical, thermal and mechanical properties of edible films based on pumpkin, lentil and quinoa starches *International Journal of Biological Macromolecules*, 441-449. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2019.07.074 0141-8130/
- Wang Xuejiao, Guo Chaofan, Hao Wenhui, Ullah Niamat, Chen Lin, Li Zhixi, Feng Xianchao. (2018). Development and characterization of agar-based edible films reinforced with nano-bacterial cellulose. *Development and characterization of agar-based edible films reinforced with nano-bacterial cellulose*. 118. 722-730.
- Zareie, Z., Yazdi, F. T., y Mortazavi, S. A. (2020). Development and characterization of antioxidant and antimicrobial edible films based on chitosan and gamma-aminobutyric acid-rich fermented soy protein. *Carbohydrate Polymers*, 116491. doi:10.1016/j.carbpol.2020.116491

VALORIZACIÓN DE HARINA DEL ENDOSPERMO DE CIRICOTE (*Cordia dodecandra* A. DC.)

Méndez-Campos Gloria^{1,2*}, Pacheco Neith¹, Ayora-Talavera Teresa¹, Cuevas-Bernardino Juan Carlos^{3*}

¹ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Subsede Sureste, Mérida, Yucatán, México.

² Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Martínez de la Torre, Veracruz, México.

³ CONACYT-CIATEJ, Subsede Sureste, Mérida, Yucatán, México.

*Autores de correspondencia: (M.C.G) KimberMC6@gmail.com; (C.B.J.C.) jcuevas@ciatej.mx

Resumen. Los parámetros del análisis químico proximal de la harina del endospermo del ciricote (*C. dodecandra* A. DC.) fueron evaluados para su posible valorización integral y uso para la elaboración de harina o para consumo directo, con la intención de aprovechar completamente al fruto. Los resultados de análisis químico proximal indicaron altos porcentajes de compuestos de interés tales como: proteína (29.97 %), lípidos (47.31 %) y fibra cruda (23.51 %). Los datos de la harina del endospermo de ciricote indicaron mejores rendimientos comparados con valores de endospermos diferentes, tales como: girasol, calabaza, mango y guanábana. Por lo anterior, la harina del endospermo de ciricote puede ser considerada como una fuente alternativa en la industria alimentaria para el desarrollo de alimentos fortificados.

Palabras clave. *Cordia dodecandra* A. DC., fruto tropical, endospermo de ciricote, químico proximal.

INTRODUCCION

El aprovechamiento integral de frutos tropicales poco valorizados es una de las actividades que ha tenido mayor énfasis en la investigación e innovación de nuevos productos alimenticios, esto debido al gran interés de industrias alimentarias en el uso potencial de compuestos bioactivos y biomoléculas. El ciricote (*Cordia dodecandra* A. DC.) es un fruto tropical conocido en la región sur de México y es utilizado en la Península de Yucatán como dulce típico de la región (Méndez-Campos, 2020).

El ciricote podría considerarse como una fuente potencial de compuestos bioactivos y biomoléculas, lo cual podría ser valorizado por los productores locales de dicho cultivo. Recientemente, se ha reportado la caracterización fisicoquímica, fitoquímica y actividad biológica de frutos de ciricote (Pacheco et al., 2020), evidenciando de esta forma su posible potencial alimenticio. Sin embargo, no hay reportes sobre la caracterización de harina del endospermo de ciricote. Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio fue evaluar los parámetros químico proximal de la harina del endospermo de ciricote, así como comparar los resultados con semillas comerciales para su posterior valorización como subproducto de fruto tropical.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. Los frutos de ciricote con un estado de maduración seis, las frutas fueron obtenidas un huerto establecido en la localidad de Sotuta de Peón, municipio de Tecoh, Yucatán, México. Los reactivos grado analítico fueron: hidróxido de sodio, ácido sulfúrico, ácido bórico y éter de petróleo, todos fueron comprados de Sigma Aldrich (México).

Elaboración de la harina. Las semillas de frutos de ciricote fueron extraídas manualmente y lavadas con abundante agua, con el fin de eliminar los residuos de la pulpa con ayuda de un rallador metálico (Fig. 1). Posteriormente se separó de la semilla al endospermo de forma manual y este último después fue llevado a secado en un horno de vacío durante 5 h a 65 °C. En seguida, las muestras fueron molidas con ayuda de un mortero hasta obtener una harina. Finalmente, las muestras fueron guardadas en envases herméticos y almacenados a 25 °C hasta su posterior análisis.



Figura 1. Semillas y endospermo de fruto de ciricote.

Análisis químico proximal. La humedad de la harina se llevó a cabo de acuerdo a lo estipulado en la NMX-F-428-1982. Las cenizas de las muestras fueron cuantificadas en base a la NMX-F-066-S-1978, mediante la incineración en mufla. El contenido de proteína cruda en las muestras de harina fue realizado mediante el método Kjeldahl (AOAC, 2005). El contenido del extracto etéreo de la muestra fue cuantificado por el método Soxhlet de acuerdo a la NMX-F-089-S-1978. La cuantificación de la fibra cruda fue analizada, siguiendo el protocolo de la AOAC.

RESULTADOS

Los resultados del análisis químico proximal de la harina del endospermo de ciricote fueron comparados con datos presentados en otros estudios de semillas y endospermos convencionales tales como: girasol (Melgarejo, 2003) y calabaza (Rezig et al., 2012), así como también con el endospermo de frutos tropicales como: mango (Chaparro-Acuña et al., 2015) y guanábana (Soífs-Fuentes et al., 2010) (Fig. 2-6). Los resultados obtenidos de la

caracterización químico proximal de la harina del endospermo de ciricote fueron: lípidos ($47.31 \pm 0.37 \%$), proteína cruda ($29.97 \pm 0.55 \%$), fibra cruda ($23.51 \pm 0.39 \%$), cenizas ($4.82 \pm 0.07 \%$), humedad ($1.43 \pm 0.15 \%$).

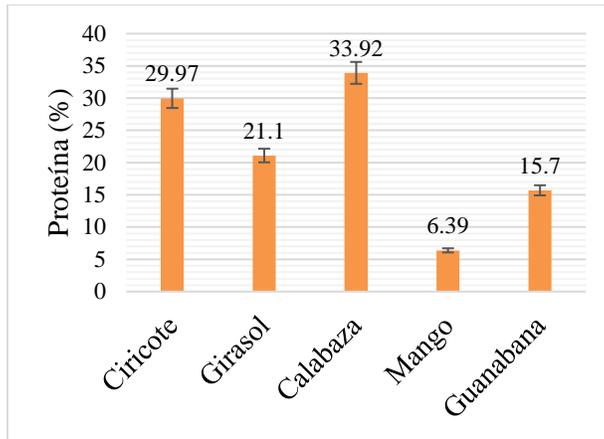


Figura 4.- Comparación de porcentaje de proteína entre endospermos.

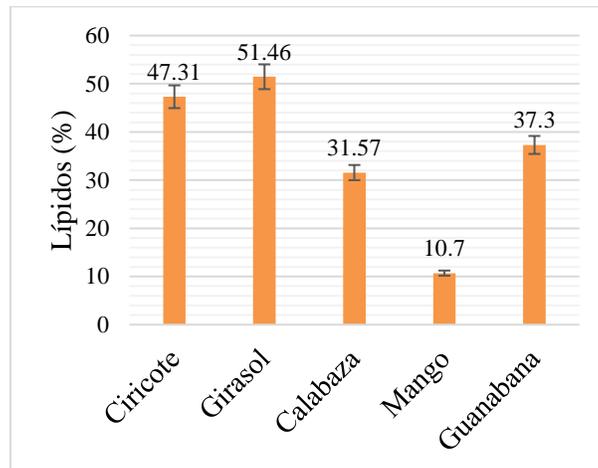


Figura 5.- Comparación de porcentaje de lípidos entre endospermo.

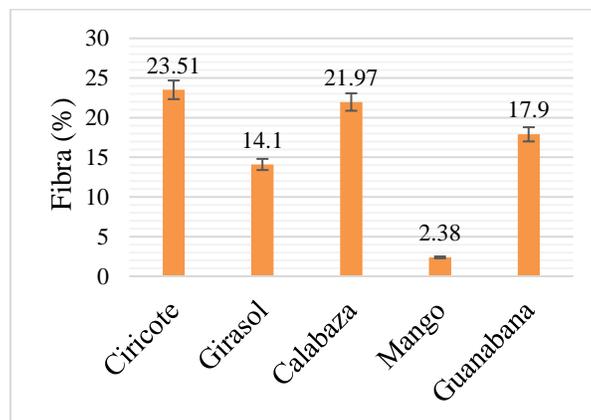


Figura 6.- Comparación de porcentaje de fibra entre endospermos.

DISCUSIÓN

El consumo de semillas y/o endospermos en la alimentación humana es importante, debido a que son una fuente prometedora de proteínas, fibras y grasas saludables. Los datos obtenidos de la harina del endospermo de ciricote indican que poseen altos contenidos de proteína, lípidos y fibra cruda similares e incluso superiores a los datos presentados en estudios de endospermos mucho más comerciales como el girasol y calabaza, por lo tanto, se puede indicar que dicha harina puede ser una importante alternativa para el consumo, así como materia prima para el desarrollo de alimentos. Actualmente, los tecnólogos en alimentos están buscando alternativas de biomoléculas de fuentes naturales para el desarrollo de alimentos funcionales o fortificados que puedan contribuir en la alimentación de sectores específicos.

Se recomienda realizar perfiles de aminoácidos y ácidos grasos, con el fin de detectar aminoácidos esenciales y ácidos grasos poliinsaturados, para proporcionar mayor valor agregado y por consiguiente su valorización de dichos residuos agroindustriales.

CONCLUSIONES

La harina del endospermo de ciricote presentó altos contenido de lípidos, proteínas y fibra cruda comparados con otras semillas y endospermos más comunes que actualmente tienen un alto valor comercial y son bien reconocidos, lo que convierte esta harina una interesante alternativa para la agroindustria alimentaria y la creación de alimentos potenciales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa Cátedras CONACyT (Proyecto no. 1039), así como al proyecto no. 2018-040-1 Texas A&M University - CONACyT.

BIBLIOGRAFIA

- Chaparro Acuña, S. P., Lara Sandoval, A. E., Sandoval Amador, A., Sosa Suarique, S. J., Martínez Zambrano, J. J., & Gil González, J. H. (2015). Functional Characterization of Mango Seeds Kernel (*Mangifera indica* L.). *Ciencia En Desarrollo*, 6(1), 67. <https://doi.org/10.19053/01217488.3651>
- Melgarejo, M. (2003). *Girasol Usos*. ASAGIR. Asociación Argentina de Girasol.
- Méndez-Campos, G. K. (2020). Caracterización fisicoquímica, proximal y extracción de compuestos bioactivos del fruto del ciricote (*Cordia dodecandra* A. DC.) de la península de Yucatán. Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre.
- Pacheco, N., Méndez-Campos, G. K., Herrera-Pool, I. E., Alvarado-López, C. J., Ramos-Díaz, A., Ayora-Talavera, T., Talcott, S. U., & Cuevas-Bernardino, J. C. (2020). Physicochemical composition, phytochemical analysis and biological activity of ciricote (*Cordia dodecandra* A. D.C.) fruit from Yucatán. *Natural Product Research*, 1–5. <https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1774763>
- Rezig, L., Chouaibi, M., Msaada, K., & Hamdi, S. (2012). Chemical composition and profile characterisation of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 82–87. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.12.004>
- Soñfs-Fuentes, J. A., Amador-Hernández, C., Hernández-Medel, M. R., & Durán-de-Bazúa, M. C. (2010). Caracterización fisicoquímica y comportamiento térmico del aceite de “almendra” de guanábana (*Annona muricata*, L). *Grasas y Aceites*, 61(1), 58–66. <https://doi.org/10.3989/gya.064309>

Capítulo 4.

COMPUESTOS BIOACTIVOS



AUTORES CAPÍTULO 4

Ayora Talavera Teresa del Rosario

Cuevas Bernardino Juan Carlos

Chan Paz Anahi

Espinosa Andrews Hugo

Herrera Pool Ivan Emanuel

Jimenez Mukul Karla

Martín López Héctor Alberto

Pacheco López Neith Aracely

Pech Cohuo Soledad Cecilia

Ramos Díaz Ana Luisa

Ruiz Ruiz Jorge Carlos

Zapata Luna Rosa Linda

EFECTO DEL ÁCIDO CÍTRICO Y DEL QUITOSANO BIO-QUÍMICO SOBRE BIOPELÍCULAS A BASE DE ALMIDÓN DE *Phaseolus polyanthus*.

Zapata-Luna, Rosa*¹, Pacheco, Neith¹, Ayora-Talavera, Teresa¹, Cuevas-Bernardino, Juan C.*²

¹ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, subsede Sureste, Mérida, Yucatán, México.

² CONACYT – Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, subsede Sureste, Mérida, Yucatán, México.

*autores para correspondencia: (Z.L.R.) rozapata_al@ciatej.edu.mx; (C.B.J.C.) jcuevas@ciatej.mx

Resumen. Actualmente, se ha prestado mucha atención al desarrollo de películas comestibles y biodegradables basadas en materiales de fuentes renovables que abundan en la naturaleza, siendo los más utilizados el almidón y el quitosano por sus propiedades únicas en la formación de biopelículas. Sin embargo, existen otros componentes que ayudan a mejorar las propiedades fisicoquímicas de las películas. El ácido cítrico es uno de ellos, pero sus efectos deben ser bien estudiados. El propósito de este trabajo fue evaluar el efecto de incorporar ácido cítrico en las propiedades fisicoquímicas de películas de almidón de frijol *Phaseolus polyanthus* con diferentes concentraciones de quitosano bio-químico. Los resultados mostraron que el aumento de la concentración de quitosano disminuye la humedad y los valores a^* y aumenta los de b^* de las biopelículas. El ácido cítrico aumenta el grosor y la opacidad y disminuye la humedad, el grado de hinchamiento y la luminosidad de las biopelículas. Se sugiere la realización de más estudios con mayores concentraciones de quitosano y ácido cítrico, así como pruebas que evalúen las propiedades mecánicas de las biopelículas.

Palabras clave. Ácido cítrico, biopelícula, *Phaseolus polyanthus*, polisacáridos, propiedades fisicoquímicas.

INTRODUCCION

En los últimos años se ha prestado mucha atención al desarrollo de películas comestibles y biodegradables basadas en materiales de fuentes renovables que abundan en la naturaleza (Wu *et al.*, 2019). Los estudios se han centrado en la elaboración de películas de almidón con el objetivo de evaluar sus características para poder ser utilizadas como empaques, sin embargo, las películas de almidón exhiben varios inconvenientes, como su carácter hidrofílico y malas propiedades mecánicas. La incorporación con otros biopolímeros como el quitosano ayudan a mejorar las características de la película debido a que este último presenta baja permeabilidad al oxígeno, propiedades mecánicas apropiadas y permeabilidad selectiva al intercambio de CO₂ y O₂ (Pacheco *et al.*, 2019). Recientemente se ha propuesto el uso del ácido cítrico (C), un ácido policarboxílico de base biológica presente en las frutas, como reticulante debido a su naturaleza de bajo costo, nula toxicidad y su capacidad para reaccionar y estabilizar materiales polisacáridos con alta eficiencia (García, *et al.*, 2017). Sin embargo, la incorporación de este reticulante sobre las propiedades fisicoquímicas de las películas debe ser mejor descritas. Respecto a la combinación de almidón de frijol nativo con quitosano bio-químico y C para la preparación de películas, no existen estudios

previos. Así, el propósito de este trabajo fue evaluar el efecto de incorporar C sobre las propiedades fisicoquímicas de películas de almidón de *Phaseolus polyanthus* con diferentes concentraciones de quitosano bio-químico.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El almidón fue aislado de semillas de frijol Ibes (*P. polyanthus*) compradas en un mercado local en San Cristobal de las Casas, Chiapas, México. El quitosano bio-químico fue donado por el Laboratorio de Inocuidad y Trazabilidad Alimentaria del CIATEJ. Glicerol, ácido acético, C y bromuro de sodio (NaBr) fueron comprados en Sigma-Aldrich (México). El agua utilizada en los experimentos fue doble destilada.

Preparación de las soluciones *stock*.

Las soluciones *stock* se realizaron de acuerdo con la metodología descrita por Pacheco *et al.* (2019) con algunas modificaciones. La solución de almidón (4% p/p) se preparó mediante agitación y calentamiento a 90 °C durante 30 min. Soluciones de quitosano bio-químico (1.5% y 2% p/p) fueron preparadas en solución de ácido acético (1% p/v) con agitación magnética durante 24 h.

Preparación de las soluciones formadoras de películas (SFP) y formación de las biopelículas.

Las SFP se prepararon de acuerdo con la metodología descrita por Wu *et al.* (2019) con algunas modificaciones. Se mezclaron las soluciones *stock* de almidón y quitosano en proporción 1:1 (p/p) (concentración de biopolímero total (BT) 2.75% y 3%). Se adicionó glicerol (15% BT). Las mezclas se calentaron a 40°C en agitación constante durante 30 min. Finalmente, se agregó el C (15% BT), se agitaron durante 30 min y se sometieron a un tratamiento de sonicación durante 10 min. Las biopelículas (AQ_{0.75}, AQ_{0.75}C, AQ_{1.0} y AQ_{1.0}C) fueron elaboradas con la metodología propuesta por Daudt *et al.* (2016), con ligeras modificaciones. Se vaciaron 0.2 g de SFP por cm² de caja Petri y se secaron en estufa convencional a 45 °C durante 48 h. Se colocaron en desecador durante 48 h en humedad relativa del 50% con NaBr.

Caracterización de las biopelículas.

Se evaluaron las propiedades físicas, como el grosor, contenido de humedad, grado de hinchamiento (GH) y ópticas, como la opacidad y el color de acuerdo con la metodología descrita por Pacheco *et al.* (2019).

Análisis estadístico

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante un diseño experimental completamente al azar. Se llevó a cabo un ANOVA simple con comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$) mediante el *software Statgraphics Centurion XVI* (Statistical Graphics Corp., Manugistics, Inc., Cambridge, MA, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El grosor de las películas depende en gran medida de la naturaleza y de su composición (Oropeza-González *et al.*, 2016). Los valores de grosor de las películas elaboradas en el presente estudio se presentan en la Tabla 1. Los valores oscilaron entre 48.250 µm y 63.4523 µm, siendo la película AQ_{0.75} la que presentó el valor más bajo, mientras que el más alto lo presentó AQ_{1.0}C. Se puede indicar que con la adición del C se aumenta el grosor. Wu *et al.* (2019) reportaron valores de 82.67µm en películas almidón de papa/quitosano adicionadas con 15% de C, en las que también se observó un aumento del grosor con el aumento de C.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de biopelículas de almidón y quitosano con y sin C.

Película	Grosor (μm)	Humedad (%)	GH (%)
AQ _{0.75}	48.25 \pm 1.13 ^c	11.87 \pm 0.74 ^a	242.12 \pm 10.33 ^{ab}
AQ _{0.75} C	61.49 \pm 0.15 ^{ab}	10.51 \pm 0.13 ^{ab}	169.50 \pm 11.11 ^b
AQ _{1.0}	54.36 \pm 2.66 ^{bc}	9.49 \pm 0.03 ^b	243.97 \pm 23.41 ^a
AQ _{1.0} C	63.45 \pm 3.94 ^a	7.33 \pm 0.12 ^c	240.15 \pm 22.94 ^{ab}

Datos Promedio \pm Desviación estándar.

Los resultados se presentan en base seca.

Letras diferentes en la misma columna representan diferencia estadísticamente significativa con $p < 0.05$.

Respecto al contenido de humedad de las biopelículas, este osciló entre 7% y 12% presentándose una disminución tanto con el aumento de quitosano como con la incorporación de C (Tabla 1). Wu *et al.*, (2019) reportan valores de 16% de humedad cuando se adiciona C a una concentración del 15% con respecto al BT en películas de almidón de papa y quitosano, en las que también disminuye este parámetro con la incorporación o el aumento del C.

De acuerdo con Thakur *et al.* (2017) el GH es la absorción de moléculas de agua dentro de la región cristalina amorfa bien organizada del almidón cuando se calienta en una dispersión acuosa. En el presente estudio se reportan valores entre 170% y 244% de las biopelículas (Tabla 1). Se observó que existe un mayor efecto en la incorporación del C en películas con concentración más baja de quitosano. Pacheco *et al.* (2019) reportan valores de 263% en películas de almidón de maíz/quitosano bio-químico. Los valores de opacidad se presentan en la Tabla 2. De acuerdo con Li *et al.* (2019) los cambios de opacidad pueden ser atribuidos a la reacción entre el reticulante (C) y la matriz, lo que resulta en mayor opacidad. Los resultados para este parámetro mostraron que existe un aumento en la opacidad cuando el C es incorporado, teniendo un efecto mayor en la biopelícula AQ_{0.75}.

Los valores de L* oscilaron entre 89.77 y 90.21 y se muestran en la Tabla 2. El valor más bajo lo presentó la AQ_{1.0}C. Solo se observó diferencia significativa entre las películas AQ_{1.0}C y AQ_{0.75} por lo que se podría atribuir una menor luminosidad al aumento de la concentración de quitosano y a la adición de C. Los valores de a* (rojo-verde) fueron negativos entre -1.142 y -0.910 por lo que podría atribuirse una tendencia a los tonos verdes en todas las biopelículas. En cuanto a los valores b* se observaron valores positivos entre 4.28 y 6.24 lo que indica que las biopelículas tienden a ser de color amarillo. De acuerdo con Pacheco *et al.* (2019) la presencia de un color amarillo puede considerarse una característica natural de las películas de quitosano, ya que este color está asociado con la presencia de unidades repetidas de β - (1-4) -2 amino-2-desoxi-D-glucopiranosas.

Respecto a ΔE se observa que la adición del C no genera un cambio de color en la película mientras que el aumento en la concentración de quitosano presentó un efecto sobre las biopelículas finales. Se sugiere la realización de más estudios con mayores concentraciones de quitosano y C, así como pruebas que evalúen las propiedades mecánicas de las biopelículas.

Tabla 2. Opacidad y color de las biopelículas de almidón *P. polyanthus* y quitosano con y sin C.

Película	Opacidad (A mm ⁻¹)	Color			ΔE
		L*	a*	b*	
AQ _{0.75}	1.352±0.038 ^c	90.213±0.100 ^a	-0.910±0.00 ^a	4.773±0.021 ^b	10.706±0.090 ^b
AQ _{0.75} C	2.035±0.204 ^a	90.027±0.142 ^{ab}	-0.867±0.006 ^a	4.280±0.017 ^c	10.764±0.135 ^b
AQ _{1.0}	1.471±0.080 ^{bc}	90.045±0.033 ^{ab}	-1.142±0.031 ^c	6.246±0.078 ^a	11.353±0.044 ^a
AQ _{1.0} C	1.617±0.064 ^b	89.768±0.240 ^b	-0.968±0.008 ^b	4.820±0.020 ^b	11.148±0.228 ^a

Datos Promedio ± Desviación estándar.

Los resultados se presentan en base seca.

Letras diferentes en la misma columna representan diferencia estadísticamente significativa con $p < 0.05$.

CONCLUSIONES

Se formaron biopelículas de almidón de frijol *P. polyanthus*, quitosano bio-químico con y sin C. El aumento en la concentración de quitosano disminuye la humedad, los valores de a* y aumenta los de b* de las biopelículas. El C aumenta el grosor y la opacidad y disminuye la humedad, el GH y la luminosidad de las biopelículas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a CONACYT por la beca 904827 otorgada al primer autor, así como a los proyectos Cátedras CONACYT (No. 1039) y FORDECYT (No. 292474).

BIBLIOGRAFÍA

- Daudt, R, Avena-Bustillos, R., Williams, T, Wood, D., Kulkamp-Guerreiro, I., Marczak, L. y T. McHugh. (2016). Comparative study on properties of edible films based on pinhão (*Araucaria angustifolia*) starch and flour. *Food Hydrocolloid* 60:279–287.
- García, D. R., Contreras, A. G., Hernández, J. R., y Palestino, G. (2017). Thermal and kinetic evaluation of biodegradable thermo-sensitive gelatin/poly (ethylene glycol) diamine crosslinked citric acid hydrogels for controlled release of tramadol. *European Polymer Journal*, 89, 42–56.
- Li, K., Zhu, J., Guan, G., y Wu, H. (2019). Preparation of chitosan-sodium alginate films through layer-by-layer assembly and ferulic acid crosslinking: Film properties, characterization, and formation mechanism. *International Journal of Biological Macromolecules*, 122, 485–492.
- Oropeza-González, R., Montes, A. y Padrón, C. (2016). Películas biodegradables a base de almidón: propiedades mecánicas, funcionales y biodegradación. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 7 (1): 065-093.
- Pacheco, N., Naal-Ek, M. G., Ayora-Talavera, T., Shirai, K., Román-Guerrero, A., Fabela-Morón, M. y Cuevas-Bernardino, J. (2019). Effect of bio-chemical chitosan and gallic acid into rheology and physicochemical properties of ternary edible films. *International Journal of Biological Macromolecules* 125: 149–158.
- Wu, H., Lei, Y., Lu, J., Zhu, R., Xiao, D., Jiao, C...Li, M. (2019). Effect of citric acid induced crosslinking on the structure and properties of potato starch/chitosan composite films. *Food Hydrocolloids*, 97, 105208.

LA MIEL COMO AGENTE FUNCIONAL EN RECUBRIMIENTOS NATURALES PARA FRUTOS

Martín-López Héctor¹, Cuevas-Bernardino Juan Carlos², Ayora-Talavera Teresa¹, Espinosa-Andrews Hugo³, Ramos-Díaz Ana¹, Pacheco Neith*¹.

¹ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, subsede Sureste, Mérida, Yucatán, México.

² CONACYT – Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, subsede Sureste, Parque Científico Tecnológico de Yucatán, Km 5.5. Carretera Sierra Papacal - Chuburná Puerto, Mérida, Yucatán 97302, México.

³ CIATEJ Unidad Zapopan, Camino Arenero 1227, El Bajío del Arenal, 45019 Zapopan Jalisco, México.

* autor para correspondencia: npacheco@ciatej.mx

Resumen. Los requerimientos para empaques o recubrimientos de frutos frescos y conservas del consumidor actual toman en cuenta las necesidades del mercado con un enfoque ecológico, generando un reto para la industria de alimentos, llevado a la búsqueda de materiales naturales con características estructurales y mecánicas para usarse como embalajes y desplacen a los plásticos, que toman hasta 150 años en degradarse; sin embargo, características como la resistencia y fácil manejabilidad de los plásticos dificultan la implementación de los biopolímeros, pues estos tienden a formar materiales frágiles y es necesario adicionar compuestos con capacidad antimicrobiana, antioxidante o plastificante que permitan el paso selectivo de gases o vapor de agua. El uso de mieles como plastificante biofuncional en estos materiales supone mejoría de la capacidad mecánica y biológica de recubrimientos para frutos, y aunque se han evaluado diversas mezclas, estas se han dirigido al área biomédica generando recubrimientos para el tratamiento de quemaduras y mejorar la cicatrización, un menor número de estudios se han enfocado al desarrollo de materiales con miel como preservante, por ello este trabajo tiene como fin presentar a este alimento como potencial agente funcional en el futuro mercado de los empaques alimenticios.

Palabras clave. Biopolímeros, Empaques comestibles, Prolongación de vida de anaquel, Compuestos bioactivos.

INTRODUCCIÓN

Las frutas y vegetales frescos conforman el 44% de los alimentos desechado anualmente en el mundo, entre estas pérdidas el producto en mercado implica la mayor inversión pues el alimento no apto para el consumo debe ser retirado del anaquel (Mahajan *et al.*, 2021). Son diversos los factores que influyen en el deterioro del fruto fresco, la pérdida de agua del 5% - 10% con respecto al peso inicial impide la comercialización pues da inicio al pardeamiento, pérdida de la textura y el sabor (Lufu *et al.*, 2020), mientras que los frutos comercializados cortados o listos para el consumo son más propensos a contaminación biológica pues la pérdida de agua y nutrientes por el daño celular generan un ambiente idóneo para los microorganismos (Liu *et al.*, 2020).

El empaquetado permite prolongar los tiempos de vida en anaquel o minimizar la contaminación, los empaques denominados activos pueden incorporar elementos que liberan o absorben sustancias al medio en contacto con el

alimento; y presentan atmósferas o humedad modificada para mantener las condiciones de frescura (Mahajan *et al.*, 2021). Aun cuando existe una gran variedad de materiales a ser considerados, el plástico es el más utilizado, produciéndose anualmente 320 millones ton para este fin (Asgher *et al.*, 2020). Las demandas del consumidor por productos frescos que mejoren su salud y la preocupación medioambiental han llevado al estudio del uso de biopolímeros como empaques o recubrimientos que incrementen la vida de anaquel y aseguren la inocuidad (Saberri & Golding, 2018), pero estos materiales tienden a ser frágiles y con baja permeabilidad al CO₂, O₂ y agua, por lo que es necesario el uso de compuestos que permitan mejorar sus capacidades mecánicas (Sasikala *et al.*, 2018). Se ha demostrado que la adición de compuestos antiparadeamiento, antimicrobianos, nutraceuticos y pigmentos mejoran las características de los recubrimientos (Saberri & Golding, 2018); lípidos, polioles y azúcares como la glucosa y la miel han sido empleados como plastificantes en matrices biopoliméricas con resultados prometedores (Espitia *et al.*, 2014). Debido a que la miel presenta actividad biológica y mejora las características mecánicas de películas e hidrogeles para el tratamiento de heridas, supone un material con cualidades ideales para emplearse como agente funcional en recubrimientos para alimentos.

La miel

La miel es el líquido dulce, amarillento y viscoso producido por las abejas al mezclar secreciones propias con el néctar y polen recolectados al pecorear (Naila *et al.*, 2018). Parte del agua presente en el néctar se evapora, concentrando los azúcares y mientras esto sucede, la enzima invertasa convierte la sacarosa en glucosa y fructosa, los azúcares mayoritarios en miel de abeja, mientras que la glucosa oxidasa ayuda a la conversión de glucosa a peróxido de hidrógeno, que influye en su capacidad de preservación (Bankova *et al.*, 2018). Debido a su alta concentración de azúcares (70% - 85%), la miel suele emplearse como edulcorante natural pero también contiene en menor cantidad compuestos como polifenoles, carotenoides, proteínas, enzimas, vitaminas y minerales que están ligados con sus propiedades biológicas (Alvarez-Suarez *et al.*, 2018; Ávila *et al.*, 2018). Sin embargo; la composición también varía de acuerdo con el tipo de miel, la zona geográfica y la estación del año (Al-Farsi *et al.*, 2018).

Compuestos bioactivos de la miel

Los compuestos antioxidantes de la miel incluyen enzimas como la glucosa oxidasa, catalasa y peroxidases; sustancias no enzimáticas como el ácido ascórbico, tocoferol, carotenoides y más de 150 compuestos polifenólicos entre flavonoides, flavonoles, ácidos fenólicos y derivados (Al-Farsi *et al.*, 2018; Ávila *et al.*, 2019). Algunos compuestos antioxidantes como el ácido p-cumárico, quercetina, isoramnetina y kempferol, entre otros, han sido reportados tanto para mieles de *Apis mellifera* como en mieles de *Melipona beecheii*; sin embargo, la composición de las mieles está dada por factores diversos como el origen geográfico, floral y la variedad de abejas, por mencionar algunas (Alvarez-Suarez *et al.*, 2018). Por otra parte, la actividad antimicrobiana de la miel se atribuye a los mismos compuestos antioxidantes y pigmentos (Can *et al.*, 2015), además su bajo pH y otros compuesto como el peróxido de hidrógeno, el metilglioxal y péptidos antimicrobianos (defensinas) (Ávila *et al.*, 2018).

Miel como funcionalizante

Diversos autores han evaluado la capacidad de la miel como funcionalizante en diversos materiales, principalmente destinados a la curación de heridas dado el potencial inductor de la regeneración celular, pero también se

encuentran en literatura reportes acerca de su capacidad como conservador (Udayasoorian *et al.*, 2019). La tabla 1 presenta el uso directo de la miel o como parte de recubrimientos.

Tabla 3. Aplicación de miel en diversos biomateriales.

Función	Resultados	Referencia
Andamios para regeneración de tejidos	Mejores resultados con adición de miel	Barui <i>et al.</i> , (2011)
Pre-tratamiento de miel a pulpa de Jaca	Preservación del color y reducción de la cuenta microbiana	Udayasoorian <i>et al.</i> , (2019)
Cobertura de pectina y miel para frutos	Mejora de la estabilidad y capacidad antimicrobiana	Santagata <i>et al.</i> , (2018)

CONCLUSIONES

La miel es un alimento con excelente potencial para emplearse como agente funcional en matrices biopoliméricas, los estudios llevados a cabo demuestran una mejor preservación de los frutos evaluados; además posee importantes propiedades antioxidantes, antimicrobiana y se asocia con la mejora de las propiedades mecánicas y bioactivas de los materiales elaborados.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por la beca de sustento asignada y al proyecto FORDECYT por el financiamiento para la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Al-Farsi, M., Al-Amri, A., Al-Hadhrami, A., & Al-Belushi, S. 2018. Color, flavonoids, phenolics and antioxidants of Omani honey. *Heliyon*, 4(10), e00874. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00874>
- Alvarez-Suarez, J. M., Giampieri, F., Brenciani, A., Mazzoni, L., Gasparri, M., González-Paramás, A. M., ... Battino, M. 2018. *Apis mellifera* vs *Melipona beecheii* Cuban polyfloral honeys: A comparison based on their physicochemical parameters, chemical composition and biological properties. *LWT-Food Sci Technol*, 87, 272–279. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.079>
- Asgher, M., Qamar, S. A., Bilal, M., & Iqbal, H. M. N. 2020. Bio-based active food packaging materials: Sustainable alternative to conventional petrochemical-based packaging materials. *Food Res Int*, 137, 109625. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109625>
- Ávila, S., Beux, M. R., Ribani, R. H., & Zambiasi, R. C. 2018. Stingless bee honey: Quality parameters, bioactive compounds, health-promotion properties and modification detection strategies. *Trends Food Sci Technol*, 81, 37–50. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.002>
- Ávila, S., Hornung, P. S., Teixeira, G. L., Malunga, L. N., Apea-Bah, F. B., Beux, M. R., ... Ribani, R. H. 2019. Bioactive compounds and biological properties of Brazilian stingless bee honey have a strong relationship with the pollen floral origin. *Food Res Int*, 123, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.068>
- Bankova, V., Popova, M., & Trusheva, B. 2018. The phytochemistry of the honeybee. *Phytochemistry*, 155, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2018.07.007>
- Barui, A., Banerjee, P., Kumardas, R., Dhara, S., & Chatterjee, J. 2011. Honey based fibrous scaffold for tissue engineering application. *Proceedings of the 2011 IEEE/NIH Life Science Systems and Applications Workshop, LiSSA*, 83–85. <https://doi.org/10.1109/LISSA.2011.5754161>
- Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Akyuz Turumtay, E., Silici, S., & Kolayli, S. (2015). An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chem*, 180, 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.024>

- Espitia, P. J. P., Du, W. X., Avena-Bustillos, R. de J., Soares, N. de F. F., & McHugh, T. H. 2014. Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - A review. *Food Hydrocolls*, 35, 287–296. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.06.005>
- Liu, C., Chen, C., Jiang, A., Sun, X., Guan, Q., & Hu, W. 2020. Effects of plasma-activated water on microbial growth and storage quality of fresh-cut apple. *Innov Food Sci and Emerg Technol* 59, 102256. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102256>
- Lufu, R., Ambaw, A., & Opara, U. L. 2020. Water loss of fresh fruit: Influencing pre-harvest, harvest and postharvest factors. *Sci Hort*, 272(May). <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109519>
- Mahajan, P. V., Pathak, N., Bovi, G. G., Ntsoane, M. L., Jalali, A., Keshri, N., ... Geyer, M. 2021. Recent Advances on Packaging and Storage Technologies for the Preservation of Fresh Produce. *Innovative Food Processing Technologies*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.23040-0>
- Naila, A., Flint, S. H., Sulaiman, A. Z., Ajit, A., & Weeds, Z. 2018. Classical and novel approaches to the analysis of honey and detection of adulterants. *Food Control*, 90, 152–165. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.02.027>
- Saberi, B., & Golding, J. B. 2018. Polymers for food applications. *Polymers for Food Applications* 211–250. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-94625-2>
- Santagata, G., Mallardo, S., Fasulo, G., Lavermicocca, P., Valerio, F., Di Biase, M., ... Volpe, M. G. (2018). Pectin-honey coating as novel dehydrating bioactive agent for cut fruit: Enhancement of the functional properties of coated dried fruits. *Food Chem*, 258, 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.064>
- Sasikala, L., Rathinamoorthy, R., & Dhurai, B. 2018. Optimization of process conditions for chitosan-manuka honey film as wound contact layer for wound dressings. *Wound Medicine*, 23, 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.wndm.2018.09.007>
- Udayasoorian, L. P., Peter, M. J., Renuka, V., Meenatchisundaram, S., B, V. aafirin, Sudharshan, K., ... Muthusamy, S. (2019). Symbiotic impact of honey treatment and package atmosphere on quality retention and shelf life extension of jackfruit bulbs. *Sci Hort*, 246, 161–167. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.057>

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE FRUTO DE CIRICOTE (*Cordia dodecandra* A. DC.) DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Herrera-Pool Emanuel^{1*}, Cuevas-Bernardino Juan C.², Pacheco Neith^{1*}

¹ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Subsele Sureste, Mérida, Yucatán, México.

² CONACyT – Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Subsele Sureste, Mérida, Yucatán, México.

*Autores para correspondencia: (H. P. E.) ivherrera_al@ciatej.edu.mx; (N. P.) npacheco@ciatej.mx

Resumen. Se determinó la contribución de los principales compuestos fenólicos encontrados en el extracto de ciricote (*Cordia dodecandra* A. DC.) sobre la actividad antioxidante (AA) evaluada mediante el ensayo de inhibición de radical ABTS⁺. Los resultados indicaron que el mayor constituyente fenólico del fruto de ciricote y con mayor AA, fue el ácido rosmarínico. Por otra parte, se determinó que los compuestos fenólicos en el extracto no explicaban la AA en su totalidad, por lo cual, otros compuestos no fenólicos presentes en el extracto podrían contribuir de manera importante en el mecanismo de inhibición del radical ABTS⁺.

Palabras clave. Extracción, ácido rosmarínico, ácido cafeico, rutina, radical ABTS⁺, líneas de regresión.

INTRODUCCION

El ciricote (*Cordia dodecandra* A. DC.) es un fruto distribuido en el sureste mexicano y es considerado una fuente potencial de compuestos bioactivos con actividad antioxidante (AA), atribuida principalmente a la presencia de compuestos fenólicos (Pacheco et al., 2020). De acuerdo con Pacheco et al. (2020) los principales compuestos fenólicos presentes en el fruto de ciricote son el ácido rosmarínico (AR), ácido cafeico (AC) y rutina (RUT), por otra parte, los valores de AA están influenciados por la recuperación de estos compuestos. La importancia de su estudio radica en la capacidad que estos tienen para inhibir especies reactivas de oxígeno (ROS), reduciendo el riesgo de desarrollar enfermedades degenerativas (Kumar et al., 2020). La AA de los compuestos fenólicos puede ser estudiada a través del ensayo de ABTS⁺ que es frecuentemente referido como un ensayo para determinar la capacidad de transferencia de protones (HT) y transferencia simple de electrones (SET) (Alberto et al., 2013). El objetivo de este trabajo fue determinar la contribución de los principales compuestos fenólicos presentes en el extracto de ciricote sobre la AA evaluada mediante el ensayo de inhibición de ABTS⁺.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos del ciricote (*C. dodecandra* A. DC.; Mérida, Yucatán, México) fueron liofilizados usando una liofilizadora (FreeZone6, Labconco Corporation, USA) y triturados en un molino (KRUPS, GX41000, México) hasta obtener un tamaño de partícula < 500 µm. La extracción de compuestos fenólicos se realizó de acuerdo a la

metodología empleada por Pacheco et al. (2020). La muestra (1 g) fue mezclada en 50 mL de EtOH (50% v/v) y procesada por 10 min a 80% de amplitud en un sistema de extracción asistida por ultrasonido (EAU) (Ultrasonic Processor, Sonics & Materials, USA). Posteriormente, las muestras fueron centrifugadas, filtradas y almacenadas a - 40 °C hasta su análisis. La identificación y cuantificación de los compuestos fenólicos se realizó mediante cromatografía líquida de ultra-alta eficiencia (UPLC) acoplado a un detector de arreglo de fotodiodos (PDA). La concentración fue expresada como μmol equivalentes (Eq) de AR, AC y RUT/g de peso seco (PS) (Pacheco et al., 2020). Posteriormente se prepararon diferentes soluciones de extracto de ciricote (40 a 200 $\mu\text{mol/L}$), ácido rosmarínico (93 a 466 $\mu\text{mol/L}$), ácido cafeico (183 a 914 $\mu\text{mol/g}$ PS), rutina (87 a 433 $\mu\text{mol/L}$), y una mezcla (48 a 388 $\mu\text{mol/L}$) mimetizando la proporción molar entre los principales componentes del extracto de ciricote (AR: 80%, AC: 14%, RUT: 6%). Una solución de Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) (200 a 1598 $\mu\text{mol/L}$) fue empleada como compuesto de referencia. La actividad antioxidante (AA) de las soluciones se determinó mediante el método de inhibición de ABTS^+ (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) de acuerdo con lo establecido por Alonso-Carrillo et al. (2017). Los resultados fueron expresados en porcentaje (%) de inhibición de ABTS^+ . La AA teórica de la mezcla se determinó en función a la AA de los componentes individuales (AR, AC y RUT). Los valores del intercepto, pendiente y regresión lineal, así como la comparación de las líneas de regresión fueron determinados con un software estadístico Statgraphics Centurion XVI (Statistical Graphics Corp., Manugistics, Inc., Cambridge, MA, USA).

RESULTADOS

El análisis mediante UPLC-PDA mostró que los principales componentes del extracto de ciricote correspondían a AR (18.97 $\mu\text{mol/g}$ PS; 79.53%), AC (3.42 $\mu\text{mol/g}$ PS; 14.35%) y RUT (1.46 $\mu\text{mol/g}$ PS; 6.12%).

En la Figura 1 se muestra la AA del AR, AC y RUT. Los compuestos fenólicos presentaron una mayor AA que el estándar de referencia Trolox. La Tabla 1 muestra la comparación de las líneas de regresión. En función a la inclinación de la pendiente, el AC y la RUT mostraron una AA equivalente, mientras, que el AR presentó la mayor AA.

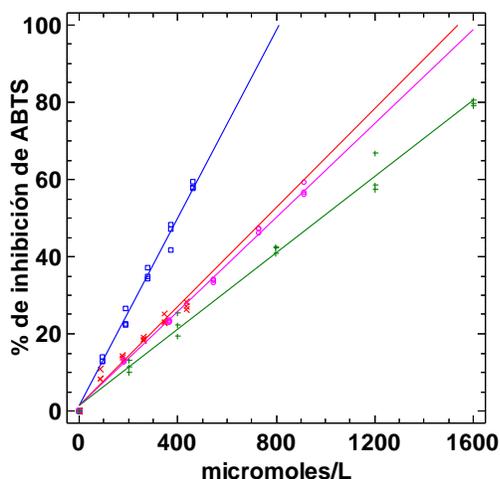


Figura 1. Actividad antioxidante de los principales compuestos fenólicos identificados en fruto de ciricote (*Cordia dodecandra* A. D.C.; AR: – azul, AC: – rojo, RUT: – rosa, Trolox: – verde).

Tabla 1. Intercepto, pendiente y correlación lineal de los principales compuestos fenólicos en fruto de ciricote con la actividad antioxidante (% de inhibición de ABTS⁺).

Compuesto	Intercepto	Pendiente*	R
AR	0.74	$12.34 \cdot 10^{-2}$ (a)	0.99
AC	0.54	$6.21 \cdot 10^{-2}$ (b)	0.99
RUT	2.33	$6.09 \cdot 10^{-2}$ (b)	0.98
Trolox	1.50	$4.94 \cdot 10^{-2}$ (c)	0.99

*Letras diferentes indican diferencias significativas entre las pendientes.

En la Figura 2 se muestra la AA experimental y teórica de la mezcla de compuestos (AR, AC y RUT), así como la AA del extracto de ciricote. En función a la comparación de líneas de regresión (Tabla 2), la AA experimental y teórica de la mezcla presentaron valores similares. Por otra parte, el extracto de ciricote mostró una AA significativamente mayor al de la mezcla, la cual, mimetiza la composición y proporción de los principales compuestos fenólicos del extracto.

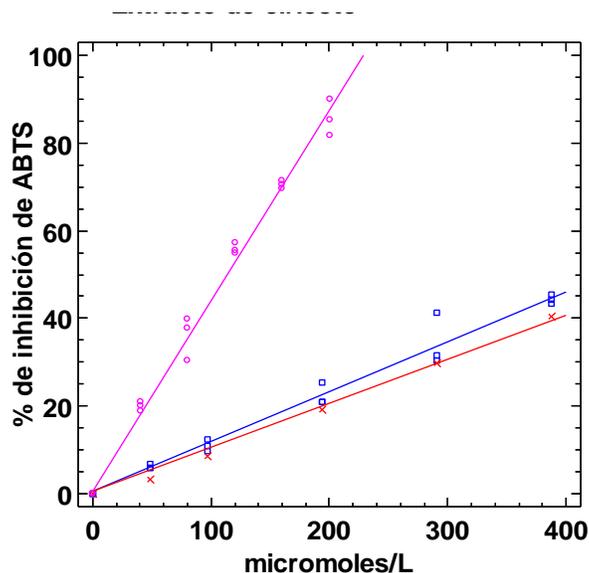


Figura 2. Actividad antioxidante experimental (– azul) y teórica (– rojo) de una mezcla de compuestos fenólicos (AR: 80%, AC: 14%, RUT: 6%), y de extracto de ciricote (– rosa) a diferentes concentraciones.

Tabla 2. Intercepto, pendiente y correlación lineal de los compuestos fenólicos de la mezcla (AR: 80%, AC: 14%, RUT: 6%) y el extracto de fruto de ciricote con actividad antioxidante (inhibición de radical ABTS⁺).

Compuesto	Intercepto	Pendiente*	R
Mezcla: AA experimental	0.21	$11.49 \cdot 10^{-2}$ (b)	0.99
Mezcla: AA teórica	-1.12	$10.63 \cdot 10^{-2}$ (b)	0.99
Extracto de ciricote	1.83	$42.71 \cdot 10^{-2}$ (a)	0.99

*Letras diferentes indican diferencias significativas entre las pendientes.

DISCUSIÓN

La AA de los compuestos fenólicos puede explicarse en función a diferentes mecanismos, los principales son: HT, SET y, pérdida de protón y transferencia de electrón secuencial (SPLET) (Kumar et al., 2020). El ensayo de ABTS⁺ es útil para determinar la AA mediante los mecanismos de HT y SET (Alberto et al., 2013). El AR presentó una mayor capacidad para inhibir el radical ABTS⁺ que el AC, esto puede deberse a la presencia de un mayor número de grupos OH⁻ para transferencia de protones (HT) y de anillos aromáticos. La AA entre AC y la RUT fueron similares a pesar de que la RUT posee en su estructura un mayor número de grupos OH⁻ capaces de donar protones; es posible que la RUT presente deficiencias para efectuar el mecanismo la HT y SET, en presencia del radical ABTS⁺. Una mayor AA en el extracto de ciricote que en la mezcla (AR, AC y RUT) puede deberse a la presencia de otros componentes en el extracto como carotenoides, esteroides y ácidos orgánicos, los cuales, pueden presentar actividad antioxidante frente al radical ABTS⁺ e incluso actuar sinérgicamente.

CONCLUSIONES

El compuesto en mayor proporción en el extracto de ciricote fue el AR, además presentó la mayor AA frente al radical ABTS⁺ con respecto al AC y la RUT. No se encontró actividad sinérgica entre los componentes en las proporciones estudiadas Finalmente, no explican la AA del extracto de ciricote en su totalidad, por lo cual, esta puede atribuirse a la presencia de otros compuestos capaces de inhibir el radical ABTS⁺.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACyT por la beca proporcionada al alumno de doctorado Iván Emanuel Herrera Pool, y al proyecto: OPTIMIZED PROCESSING FOR NUTRITIONAL FOODS USING UNDERUTILIZED MEXICAN FRUITS. Texas A&M University - CONACyT Research Grant Program (2018-2019).

BIBLIOGRAFIA

- Alberto, M.E., Russo, N., Grand, A., Galano, A., 2013. A physicochemical examination of the free radical scavenging activity of Trolox: mechanism, kinetics and influence of the environment. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 15, 4642–4650.
- Alonso-Carrillo, N., Aguilar-Santamaría, M. de los Á., Vernon-Carter, E.J., Jiménez-Alvarado, R., Cruz-Sosa, F., Román-Guerrero, A., 2017. Extraction of phenolic compounds from *Satureja macrostema* using microwave-ultrasound assisted and reflux methods and evaluation of their antioxidant activity and cytotoxicity. *Ind. Crops Prod.* 103, 213–221.
- Kumar, J., Kumar, N., Sati, N., Hota, P.K., 2020. Antioxidant properties of ethenyl indole: DPPH assay and TDDFT studies. *New J. Chem.* 44, 8960–8970.
- Pacheco, N., Méndez-Campos, G.K., Herrera-Pool, I.E., Alvarado-López, C.J., Ramos-Díaz, A., Ayora-Talavera, T., Talcott, S.U., Cuevas-Bernardino, J.C., 2020. Physicochemical composition, phytochemical analysis and biological activity of ciricote (*Cordia dodecandra* A. D.C.) fruit from Yucatán. *Nat. Prod. Res.* 1–5.

ENCAPSULACIÓN Y LIBERACIÓN CONTROLADA DE UN EXTRACTO PROTEOLÍTICO DE LA FRUTA *Bromelia pinguin*

Jimenez-Mukul Karla¹, Chan-Paz Anahi¹, Ruiz-Ruiz Jorge¹.

¹Universidad Anáhuac Mayab, Universidad Mesoamericana San Agustín.

*autor que presenta la ponencia: karla05cj@gmail.com

Resumen. Introducción: La encapsulación es una alternativa al desarrollo de sistemas de liberación controlada para proteínas y péptidos con actividad biológica. Objetivo: Se evaluó la encapsulación y liberación controlada de un extracto con actividad proteolítica de la fruta *Bromelia pinguin*. Objetivos específicos: 1) encapsular por gelación ionotrópica el extracto proteolítico, 2) determinar la eficiencia de encapsulación, 3) determinar los mecanismos de liberación gastrointestinal y la actividad biológica restante del extracto. Métodos: 1) se utilizó la extracción sólido-líquido para obtener enzimas con actividad proteolítica, 2) se cuantificó el contenido de proteínas, así como las actividades proteolíticas y antioxidantes del extracto. 3) se utilizó un modelo factorial 2³ para evaluar el proceso de encapsulación, la variable de respuesta fue la eficiencia de encapsulación, 4) se aplicaron modelos matemáticos para determinar la cinética de la liberación de extractos y su actividad biológica mediante ensayos in vitro. Resultados: El factor significativo en el proceso de encapsulación fue la concentración de alginato. La eficiencia de encapsulación osciló entre el 16,13% y el 68,37%. Las cápsulas liberaron el extracto combinando los fenómenos de hinchazón de las cadenas de polímeros y la difusión. Conclusión: La encapsulación mantuvo la actividad biológica del extracto, completó el proceso de liberación proteolítica y se observó actividad antioxidante.

Palabras clave. Proteína, encapsulación, enzimas, proteasas, antioxidantes.

INTRODUCCION

Las plantas del género *Bromelia* tienen diversos usos ya sea como plantas ornamentales, plantas medicinales o alimentos. Estas frutas tienen un gran potencial, ya que son una buena fuente de minerales y son ricas en proteasas cisteínas. (1) Hoy en día, la investigación muestra que los extractos de pulpa de fruta tienen actividad antimicrobiana, antihelmíntica y antiinflamatoria, cuyos efectos se atribuyen a metabolitos secundarios (fenoles, saponinas terpenoides, etc.) y proteasas de cisteína. Las enzimas proteolíticas caracterizadas en estas frutas son proteasas de interés comercial y pueden ser una alternativa potencial en la industria alimentaria y farmacéutica. (1) Actualmente la encapsulación es una alternativa para desarrollar sistemas de liberación controlada de proteínas y péptidos con actividad biológica. (2)

MATERIALES Y MÉTODOS

1) Se utilizó la extracción sólido-líquido para obtener enzimas con actividad proteolítica, 2) se Bradford), así como las actividades proteolíticas y antioxidantes del extracto. 3) se utilizó un modelo factorial 2³ para evaluar el proceso de encapsulación, la variable de respuesta fue la eficiencia de encapsulación, 4) se aplicaron modelos matemáticos para determinar la cinética de la liberación de extractos y su actividad biológica mediante ensayos in vitro.

RESULTADOS

Tabla 1. Modelo factorial para el proceso de encapsulación, eficiencia de encapsulación y propiedades micrométricas (La E.E osciló entre el 16,13% y 68,37%).

Tratamiento	Alginato (% p/v)	CaCl ₂ (% p/v)	pH	Eficiencia de Encapsulación EE (%)	Diámetro (mm)	Densidad Aparente (g/mL)	Densidad compactada (g/mL)
1	2	6	4	52.86	3.05 ± 0.31	0.56	0.71
2	4	6	4	16.13	2.97 ± 0.24	0.56	0.59
3	2	10	4	35.88	2.7 ± 0.25	0.43	0.56
4	4	10	4	59.38	2.69 ± 0.22	0.5	0.56
5	2	6	10	58.65	2.48 ± 0.22	0.63	0.71
6	4	6	10	59.41	3.03 ± 0.17	0.56	0.63
7	2	10	10	68.37	2.79 ± 0.31	0.5	0.67
8	4	10	10	51.65	2.98 ± 0.17	0.56	0.63
CT	3	8	7	56.15	2.98 ± 0.20	0.53	0.60

Tabla 2. Constante (K), coeficiente de correlación (r²) y exponente de liberación (n) de diferentes modelos cinéticos para la liberación de extracto proteolítico en el modelo gastrointestinal.

Tratamiento	Orden Cero		Primer Orden		Ecuación Higuchi		Ecuación Korsmeyer-Peppas		
	K ₀	r ²	K ₁	r ²	K _h	r ²	K _R	r ²	n
1	114.006	0.7297	1.087	0.2555	7.738	0.6230	19.518	0.5840	3293
2	77.892	0.6731	1.744	0.9332	1.288	0.8451	11.682	0.6601	00.00
3	126.494	0.7830	0.600	0.5036	3.746	0.9281	19.695	0.9163	49562
4	79.953	0.3216	1.380	0.3933	0.510	0.0763	9.510	0.7460	00.00
5	103.591	0.0996	0.762	0.2958	1.363	0.1391	0.894	0.0889	7.829
6	490.827	0.5232	2.439	0.8949	0.887	0.7415	1.381	0.3811	24.05
7	103.243	0.0299	0.808	0.4849	2.688	0.3143	25.757	0.5113	57092
8	128.881	0.0690	2.877	0.8655	0.686	0.3089	3.041	0.9097	1099
CT	79.952	0.4559	0.745	0.8124	0.927	0.4526	2.6364	0.5735	0.009

Tabla 3. Constante (K), coeficiente de correlación (r^2) y exponente de liberación (n) de diferentes modelos cinéticos para la liberación de extracto proteolítico en el modelo intestinal.

Tratamiento	Orden cero		Primer Orden		Ecuación Higuchi		Ecuación Korsmeyer-Peppas		
	K_0	r^2	K_1	r^2	K_h	r^2	K_R	r^2	n
1	98.014	0.0355	0.796	0.4614	0.423	0.1562	6.952	0.5131	89573
2	81.020	0.1893	1.272	0.1201	1.027	0.0016	2.025	0.1646	0.009
3	84.966	0.1847	1.364	0.8159	0.184	0.1791	9.588	0.4943	0.000
4	372.394	0.0930	1.871	0.1057	1.006	0.0321	0.389	0.2573	0.408
5	111.902	0.4598	0.867	0.0113	3.556	0.2844	7.679	0.2954	47705
6	195.389	0.9096	1.678	0.4046	2.780	0.9509	6.685	0.9578	48415
7	526.129	0.8428	3.039	0.4585	2.016	0.7458	2.240	0.6693	173.9
8	99.761	0.1734	0.663	0.4315	1.205	0.3679	9.047	0.3217	11136
CT	77.6315	0.2103	1.0583	1.5258	1.488	0.1235	1.3419	0.2633	16527

CONCLUSIONES

1. La eficacia de encapsulación del extracto proteolítico osciló entre el 16,13% y el 68,37%.
2. Las propiedades micrométricas fueron adecuadas mediante la obtención de partículas esféricamente homogéneas.
3. Los modelos cinéticos indicaron que la liberación de proteínas en el modelo de estómago es lenta y mediada por difusión, mientras que en el modelo intestinal la liberación es más rápida y mediada por una combinación de erosión de la cápsula y difusión del contenido.
4. Se observó actividad antioxidante.

AGRADECIMIENTOS

1. A los laboratorios de la División de Ciencias de la Salud.
2. Al programa de Formación de Talento Científico de la Universidad Anáhuac Mayab.
3. A la Universidad Mesoamericana de San Agustín.

BIBLIOGRAFIA

- Ruiz-Ruiz, J.C., Ramón-Sierra, J., Arias-Argaez, J., Magaña-Ortiz, D., Ortiz-Vázquez, E. (2017). Actividad antibacteriana de proteínas extraídas de la pulpa de frutos silvestres comestibles de Bromelia pinguin L. International Journal of Food Properties, 20 (1): 220-230.
- Asha, K., Dash, V., Maiti, B.C. (2011). Formulación y evaluación de perlas de alginato de calcio a partir de extracto vegetal. Indian Journal of Novel Drug Delivery, 3 (3): 197-205.

APROVECHAMIENTO DE PROTEASAS DE PIÑUELA (*Bromelia pinguin*) PARA DESPROTEINIZACIÓN DE DESECHOS DE CAMARÓN

Pech-Cohuo Soledad Cecilia*¹, Herrera-Pool Emanuel¹, Ramos-Díaz Ana¹, Cuevas-Bernardino Juan Carlos², Ayora-Talavera Teresa¹, Pacheco Neith¹.

¹ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, subsede Sureste, Mérida, Yucatán, México.

² CONACyT – Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ). subsede Sureste, Mérida, Yucatán, México.

* autor para correspondencia: spech_al@ciatej.mx

Resumen. La quitina es un biopolímero que se puede extraer de los exoesqueletos de animales marinos, que pueden provenir de los desechos de la industria camaronera mediante procesos termoquímicos no sustentables. También se ha empleado técnicas ambientalmente amigables como la extracción mediante fermentaciones con bacterias acidolácticas (BAL) y enzimas proteasas. En este estudio se evalúa el efecto de extracto crudo de proteasas de piñuela (*Bromelia pinguin*), para su uso en la desproteínización de desechos de camarón durante la fermentación ácido-láctica usando bacterias (*Lactococcus lactis*) aisladas de piña. Los resultados indican la desmineralización y desproteínización de los desechos de camarón.

Palabras clave. Proteasas, fermentación ácido-láctica, quitina, *Lactococcus lactis*.

INTRODUCCION

De acuerdo con Azizi Samir et al (Azizi Samir et al., 2005), se han propuesto a los biopolímeros naturales como quitina, quitosano, celulosa, almidón, etc., como candidatos ideales para el diseño de materiales con propiedades antibacterianas y antioxidantes para aplicaciones de embalaje alimenticio, debido a su biocompatibilidad, biodegradabilidad y bioactividad. Además, la quitina y el quitosano son biopolímeros atractivos debido a que se pueden extraer de los exoesqueletos de animales marinos. En la actualidad su principal fuente de obtención son los desechos de la industria camaronera, los cuales representan millones de toneladas de basura a nivel mundial (Hernández Cocolletzi et al., 2009). Los dos biopolímeros provenientes de estos desechos se producen industrialmente mediante un proceso termoquímico que no se considera sustentable y ecoamigable, por lo que, se han propuesto otras técnicas más amigables con el medio ambiente como el uso de bacterias acidolácticas y enzimas (Pacheco et al., 2009). Entre las enzimas utilizadas para la obtención de quitina, se han estudiado proteasas de diversas fuentes. Las contenidas en el fruto de piñuela (*Bromelia pinguin*) son proteasas poco estudiadas con potenciales aplicaciones biotecnológicas (Espejo-Serna et al., 2005; Natalucci et al., 1995). Esta planta está ampliamente distribuida en Centroamérica y las islas del Caribe, el fruto de *B. pinguin* es una baya ovoide de más de 5 cm de largo, la fruta inmadura es verde, cambiando a amarillo al madurar. Antes de su consumo las frutas son peladas y comúnmente hervidas o tostadas para inactivar la pinguinaína, debido a que puede dañar el tejido del

paladar. Se ha propuesto usos para estas proteasas como ablandador de carne y preparación de detergentes biológicos (Payrol et al., 2008). A la fecha no existen estudios para su aplicación enfocados en la desproteización de desechos biológicos como los exoesqueletos de camarón, por lo que su implementación lo haría un producto atractivo y novedoso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales empleados fueron desechos de camarón obtenidos de Agrosistemas Xachilan y de productores de alimentos pequeños. Pulpa liofilizada de piñuela (*Bromelia pinguin*) y *Lactococcus lactis* aislados de piña (*Ananas comosus*). Los desechos de camarón se mezclaron con sucrosa (10% p/p), con el iniciador de BAL (5% v/p) y el extracto proteico (30% v/p). El extracto proteico se preparó mezclando la pulpa de la piñuela con Tris-HCl buffer (0.1 M, pH 7.5) en una relación al 6% p/v, se homogeneizó manualmente por 5 minutos a 4°C, se centrifugó a 2500 rpm durante 15 min. Esta mezcla (3.5 kg) se colocó en un reactor de columna de 5 Kg. Se incubó por 144 h a 35°C, y se tomaron alícuotas de las fracciones líquidas y sólidas cada 24 horas para su caracterización. El sólido resultante se lavó, filtró y se secó usando convección forzada durante 6 horas, posteriormente se determinó la masa para calcular el rendimiento. La producción de ácido láctico se determinó por HPLC, donde 1 g de muestra se diluyó en agua a razón de 1:10 (p/v) y se centrifugó; el sobrenadante obtenido se filtró hacia una membrana de 0.45 µm y se inyectó al equipo, se usó una solución de ácido sulfúrico de 0.008 M como fase móvil con una tasa de flujo de 0.06 ml/min a 50°C. Se cuantificó el pH, la humedad y contenido de cenizas por método gravimétrico siguiendo el procedimiento de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC) (por sus siglas en inglés). Los contenidos totales de nitrógeno se determinaron en un equipo automático Kjeldahl.

RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los resultados de los análisis proximales realizados a la quitina obtenida, y en la figura 1 se observa la producción de ácido láctico y ácido acético por cada tiempo de muestreo. Se obtuvo un rendimiento de quitina del 15.8%.

Tabla 1. Determinación de pH, porcentaje de humedad, ceniza y nitrógeno total.

Muestra	pH	Humedad (%)	Ceniza (%)	Nitrógeno total (%)
T0 (0 h)	7.8	36.2±0.5	11.4±1.0	14.2±0.1
T1 (24 h)	6.5	41.0±0.1	12.1±3.1	16.2±1.0
T2 (48 h)	5.3	42.0±0.2	15.7±0.3	19.0±0.1
T3 (72 h)	5.2	43.0±0.4	17.0±0.1	16.3 ±0.4
T4 (96 h)	5.1	41.3±0.8	14.0±0.7	13.5±0.4
T5 (120 h)	4.9	40.6±0.7	10.3±1.3	10.6±0.8
T6 (144 h)	4.3	39.4±0.7	6.7±3.1	7.2±0.4

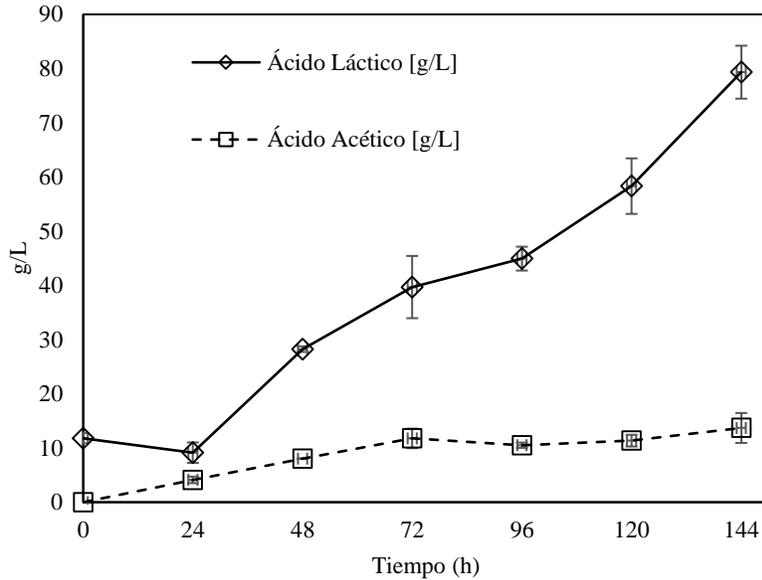


Figura 1. Producción de ácidos orgánicos durante la fermentación.

DISCUSIÓN

Se ha reportado un contenido total de nitrógeno de 8.7% y de ceniza menor del 5% usando un proceso químico para la desmineralización y desproteínización, lo cual, es similar a lo reportado en este trabajo (Martín-López et al., 2020). Al usar BAL (*Lactobacillus plantarum*) para la fermentación de desechos de camarón (*Litopenaeus vannameii*) se obtuvo al tiempo de 144 h un pH final de 4.2, un porcentaje de ceniza de 6.2 y un contenido de proteína de 2.1%. (Pacheco et al., 2011). Resultados similares en pH y ceniza se obtuvieron en este reporte, no obstante, el porcentaje de nitrógeno fue mayor, lo cual, es posible a los grupos amino de la quitina. En cuanto a la producción de ácido láctico se observa un incremento conforme el tiempo aumenta, lo que indica que el crecimiento de las colonias de BAL fue favorecida por las condiciones de la fermentación. El ácido láctico promueve la fermentación y las proteasas de piñuela la remoción de la proteína de la cáscara de camarón. También se observa que la producción de ácido acético es mínima, con lo cual se infiere que es debido al crecimiento de bacterias homofermentativas, previniendo el deterioro (Pacheco et al., 2011).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observó que los desechos de camarón fueron desmineralizados durante la fermentación con las BAL, así como desproteínizados con el uso de proteasas extraídas de *Bromelia pinguin*. Una de las ventajas que ofrece el método propuesto es que la desmineralización y desproteínización se llevan a cabo en un solo paso, en tanto que para el proceso químico tradicional de obtención de quitina se requieren etapas independientes. Esto generaría un ahorro económico y ambiental, debido a la reducción del uso de solventes químicos que requieren un tratamiento para su desecho.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Estancias Posdoctorales para Mujeres Mexicanas Indígenas en Ciencia, Tecnología Ingenierías y Matemáticas, de CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología)- Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS)- Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo-Canadá (IDRC) por la beca otorgada a Soledad C. Pech Cohuo.

BIBLIOGRAFIA

- Azizi Samir, M. A. S., Alloin, F., & Dufresne, A. 2005. Review of recent research into cellulosic whiskers, their properties and their application in nanocomposite field. *Biomacromolecules*,6(2):612–626. <https://doi.org/10.1021/bm0493685>
- Espejo-Serna, a, López-Ferrari, a. R., & Ramírez-Morillo, I. 2005. Bromeliaceae. Flora de Veracruz. Fascículo 136. 315.
- Hernández Cocolletzi, H., Águila Almanza, E., Flores Agustín, O., Viveros Nava, E., & Ramos Cassellis, E. 2009. Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón. *Superficies y Vacío*, 22(3): 57–60.
- Martín-López, H., Pech-Cohuo, S. C., Herrera-Pool, E., Medina-Torres, N., Cuevas-Bernardino, J. C., Ayora-Talavera, T., Espinosa-Andrews, H., Ramos-Díaz, A., Trombotto, S., & Pacheco, N. 2020. Structural and Physicochemical Characterization of Chitosan Obtained by UAE and Its Effect on the Growth Inhibition of *Pythium ultimum*. *Agriculture*, 10(10): 464. <https://doi.org/10.3390/agriculture10100464>
- Natalucci, C. L., Brullo, A., López, L. M. I., Hilal, R. M., & Caffini, N. O. 1995. Macrodonin, a new protease isolated from fruits of *pseudananas macrodonte* (morr.) harms (bromeliaceae). *Journal of Food Biochemistry*, 19(6): 443–454. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.1995.tb00547.x>
- Pacheco, N., Garnica-Gonzalez, M., Gimeno, M., Bárzana, E., Trombotto, S., David, L., & Shirai, K. 2011. Structural characterization of chitin and chitosan obtained by biological and chemical methods. *Biomacromolecules*, 12(9):3285–3290. <https://doi.org/10.1021/bm200750t>
- Pacheco, N., Garnica-González, M., Ramírez-Hernández, J. Y., Flores-Albino, B., Gimeno, M., Bárzana, E., & Shirai, K. 2009. Effect of temperature on chitin and astaxanthin recoveries from shrimp waste using lactic acid bacteria. *Bioresource Technology*, 100(11): 2849–2854. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.01.019>
- Payrol, J. A., Obregón, W. D., Trejo, S. A., & Caffini, N. O. 2008. Purification and characterization of four new cysteine endopeptidases from fruits of *Bromelia pinguin* L. grown in Cuba. *Protein Journal*, 27(2): 88–96. <https://doi.org/10.1007/s10930-007-9111-2>.

ESTABILIDAD DE ACEITE ENCAPSULADO CON EXTRACTO ANTIOXIDANTE DEL FRUTO *Bromelia pinguin*

Chan-Paz Anahi*¹, Jimenez-Mukul Karla¹, Ruiz-Ruiz Jorge².

¹ Universidad Mesoamericana de San Agustín, ² Universidad Anáhuac Mayab.

*autor para correspondencia: anahi.chanp@gmail.com.

Resumen. Los bosques y ecosistemas terrestres son origen potencial de nuevas fuentes de alimentos e ingredientes bioactivos. Mediante el aprovechamiento sostenible de frutos subutilizados como el de *Bromelia pinguin*, es factible obtener antioxidantes útiles para estabilizar sistemas alimentarios de tipo funcional y nutraceuticos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la encapsulación de aceite rico en ácidos grasos poliinsaturados y extracto antioxidante del pericarpio del fruto de *B. pinguin*, empleando alginato de sodio. Objetivos específicos: A) encapsular por gelación iónica el aceite y el extracto antioxidante, B) determinar la eficiencia de encapsulación y las propiedades micrométricas de las capsulas, C) evaluar el efecto de los factores involucrados en la encapsulación. Metodología. Se empleo extracción solido-líquido para obtener el extracto, se cuantificaron fenoles y flavonoides, se empleo un modelo factorial 2³ para evaluar la encapsulación. Resultados. El extracto contiene compuestos fenólicos (9.76 mg EAG/mL) y flavonoides (82.99 mg EC/mL), presenta múltiples capacidades antioxidantes, destacando el poder reductor. La eficiencia de encapsulación oscilo entre 97.4% y 98.9%. Las propiedades micrométricas indican que se obtuvieron capsulas esféricas y diámetros que oscilaron de 1.00 a 2.82 mm. Finalmente mediante la metodología estadística de superficie de respuesta, se estableció que para alcanzar la mayor eficiencia de encapsulación se necesita un tiempo de 10 minutos de entrecruzamiento, así como concentraciones de alginato de sodio y cloruro de calcio de 1% (p/v). En conclusión, la encapsulación junto con el extracto antioxidante puede emplearse como una alternativa para proteger fuentes de ácidos grasos poliinsaturados durante procesos de elaboración o almacenamiento de alimentos.

Palabras clave. Gelación inotrópica, Fitoquímicos, nutraceuticos.

INTRODUCCIÓN

México es un país con gran diversidad en animales y plantas debido a su gran variedad de condiciones que hacen posible la coexistencia de especies. Principalmente los bosques y ecosistemas terrestres son origen potencial de nuevas fuentes de alimentos e ingredientes bioactivos (1). Mediante el aprovechamiento sostenible de frutos subutilizados como el de *Bromelia pinguin*, es factible obtener antioxidantes útiles para estabilizar sistemas alimentarios de tipo funcional y nutraceuticos.

Actualmente muchos estudios han demostrado que los ácidos grasos poliinsaturados principalmente los omegas tienen efectos muy marcados como desinflamatorios y reguladores de lípidos plasmáticos, por ello es importante el consumo de esos ácidos grasos. Sin embargo, porque son poliinsaturados y las insaturaciones son reactivas se

oxidan muy fácilmente. Una alternativa de protección es la encapsulación que permite proteger y por otro lado dosificarlo, aunado a esto se protegen compuestos que se ha visto que tienen la capacidad de funcionar como antioxidantes o protectores de compuestos susceptibles hacer oxidados (2).

MATERIALES Y MÉTODOS

El pericarpio seco y molido del fruto de *Bromelia pinguin* fue colocado en una balanza para pesar unos 5 gramos de la muestra y se depositó en un cartucho de extracción donde se plegaron todas las pestañas para el cierre final y posteriormente se introdujo en la pieza media del dispositivo de extracción Soxhlet, donde se llevó a cabo la extracción de fitoquímicos. Al extracto acuso se le determinó la concentración de compuestos fenólicos, flavonoides, pigmentos y capacidad antioxidante de radicales hidrofóbicos e hidrofílicos, capacidad quelante y poder reductor. Seguidamente, este extracto se encapsuló por el método de gelación ionotrópica, donde se empleó un diseño factorial 2^3 con cuatro puntos centrales. Los factores a evaluar fueron la concentración de alginato de sodio (1, 2 y 3%), la concentración de cloruro de calcio como agente entrecruzante (3,4 y 5%) y el tiempo de entrecruzamiento (10 y 30 minutos). Se agregó extracto antioxidante (0.5, 1 y 2 ml), agavina (7.3, 14.7 y 22.15 mg) y Tween (227 mc). La variable de respuesta fue la eficiencia de encapsulación. Se determinaron la eficiencia de encapsulación y se les caracterizó fisicoquímicamente mediante las siguientes determinaciones: diámetro medio, estado físico y análisis de la morfología de la cápsula.

RESULTADOS

Caracterización fitoquímica

Los resultados de las características fitoquímicas, demostraron que el extracto contiene compuestos fenólicos (9.76 mg EAG/mL) y flavonoides (82.99 mg EC/mL). La capacidad antioxidante del extracto del pericarpio de *Bromelia pinguin*, arrojó que en radicales hidrofóbicos fueron de un 17.62%, radicales hidrofílicos 24.71%, capacidad quelante 37.72% y finalmente se observó un aumento en el poder reductor con un 89.47%.

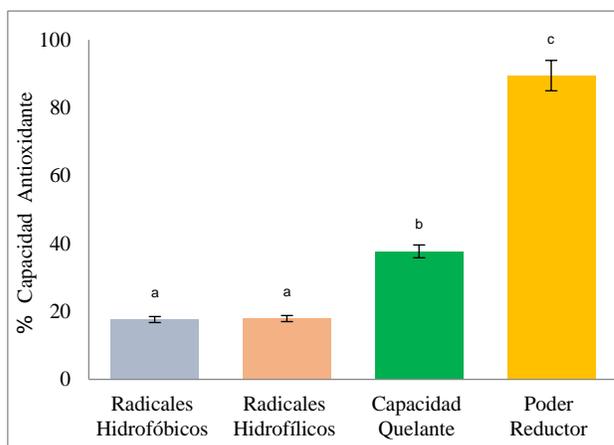


Figura 1. Capacidad antioxidante del extracto del pericarpio de *Bromelia pinguin*, en el que se observa un aumento de antioxidantes alcanzando el poder reductor con 89.47% de capacidad. Los superíndices indican una diferencia estadística significativa.

Propiedades físicas de las capsulas

Las propiedades micrométricas indicaron que se obtuvieron capsulas esféricas y de diámetros que oscilaron de 1.00 a 2.82 mm.

Tabla1: Propiedades micrométricas de las capsulas de aceite como variables de respuesta de los tratamientos de encapsulación

Tratamientos	Diámetros (mm)	Densidad Aparente (g/mL)	Densidad Compactada (g/mL)	Índice de Compresibilidad (%)	Índice de Hausner (dimensiones)
1	1.00	0.50	0.83	40.00	0.60
2	2.76	0.45	0.63	27.30	0.73
3	2.62	0.48	0.84	42.86	0.57
4	2.82	0.53	0.63	15.79	0.84
5	2.68	0.56	0.84	33.30	0.67
6	2.79	0.50	0.63	20.00	0.80
7	2.58	0.56	0.83	33.33	0.67
8	2.77	0.56	0.63	11.11	0.89
Tratamientos centrales	2.79	0.50	0.71	29.55	0.70

Eficiencia de encapsulación

Mediante la metodología estadística de superficie de respuesta, se estableció que para alcanzar la mayor eficiencia de encapsulación se necesita un tiempo de 10 minutos de entrecruzamiento, así como concentraciones de alginato de sodio y cloruro de calcio de 1% (p/v).

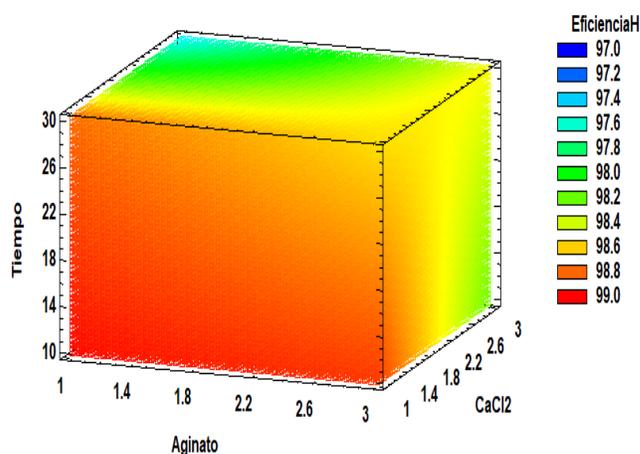


Figura 2. Eficiencia de encapsulación en húmedo a un 99.0 %, donde se necesita un tiempo de 10 minutos, con un mínimo de alginato y cloruro de calcio cercano a 1%. La combinación de estos tres indicadores permite que tenga la mayor eficiencia.

DISCUSIÓN

A través de los resultados obtenidos se determinó que hay una correlación de la eficiencia de encapsulación y la estabilidad de aceite poliinsaturado con extracto antioxidante del pericarpio del fruto de *Bromelia pinguin* con el método de gelación inotrópica, donde los factores utilizados en esta investigación permiten tener capsulas esféricas con características óptimas para la estabilidad. Diversos autores han reportado que se obtiene mayor eficiencia de encapsulación a medida que la concentración de polímeros encapsulantes aumentan, cuando la cantidad de iones de calcio aumenta y el gradiente de iones de calcio puede difundirse y unirse al alginato.

Sin embargo, se debe de seguir estudiando a través de la aplicación final de un sistema de liberación para que posteriormente se pueda medir en un sistema *in vivo*, ya que el alginato, el aceite y el extracto antioxidante son inocuos.

CONCLUSIONES

1. Los frutos subutilizados como el de *Bromelia pinguin*, tienen abundantes compuestos fenólicos y flavonoides, que exhibe diferentes tipos de actividades antioxidante en su pericarpio.
2. Las propiedades micrométricas indican que las cápsulas de aceite son esféricas, no agregadas y de tamaño uniforme.
3. La metodología estadística de superficie de respuesta estableció que una combinación de estos tres indicadores permite alcanzar una mayor eficiencia de encapsulación.
4. La encapsulación junto con el extracto antioxidante puede emplearse como una alternativa para proteger fuentes de ácidos grasos poliinsaturados durante procesos de elaboración o almacenamiento de alimentos.

AGRADECIMIENTOS

1. Al Laboratorio de División de Ciencias de la Salud.
2. Al Programa de Formación de Talento Científico de la Universidad Anáhuac Mayab.
3. A la Universidad Mesoamericana de San Agustín.

BIBLIOGRAFIA

- Barcena A, Cimoli M, Garcia M, Yañez L, Pérez R. 2019. La agenda 2030 y los Objetivos Sostenibles. Una oportunidad para America Latina y el Caribe. 1: 4-91. doi: https://auditoriadeseguridad-cdeunodc.org/wp-content/uploads/2019/02/017_Nueva-agenda-de-ODS_CEPAL-2017.
- Wakil A, Mackenzie G, Diego-Taboada, A., Bell, J.G., Atino, S.2010. Enhanced bioavailability of eicosapentaenoic acid from fish oil after encapsulation within plant spore exines as microcapsules. 45:645-649. doi: [10.1007/s11745-010-3427-y](https://doi.org/10.1007/s11745-010-3427-y)