

Capítulo 18

Obtención de alcohol a partir de fruto de la papaya (*carica papaya L.*)

*Diego Candelario Pérez Pérez*¹⁰⁰

*Jesús Manuel Mateo Morales*¹⁰¹

*Edith González Lazo*¹⁰²

*Benito Bernardo Dzib Castillo*¹⁰³

*Maximiliano Vanoye Eligio*¹⁰⁴

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE26000367>



¹⁰⁰ Estudiante de la carrera de Ingeniería en Industrias alimentarias del Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, 85 s/n Unidad Esfuerzo y Trabajo 1, Escárcega, Camp., México.

¹⁰¹ Estudiante de la carrera de Ingeniería en Industrias alimentarias del Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, 85 s/n Unidad Esfuerzo y Trabajo 1, Escárcega, Camp., México.

¹⁰² Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, 85 s/n Unidad Esfuerzo y Trabajo 1, Escárcega, Camp., México, lazoedith02@gmail.com.

¹⁰³ Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de Chiná, Calle 11 s/n entre 22 y 28, Chiná, Campeche, México. C.P. 24520.

¹⁰⁴ Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, 85 s/n Unidad Esfuerzo y Trabajo 1, Escárcega, Camp., México.

Resumen

La papaya (*Carica papaya* L.) es un fruto tropical con alto contenido de azúcares fermentables y compuestos bioactivos; su disponibilidad durante todo el año, elevada productividad y susceptibilidad al deterioro poscosecha ha llevado a implementar alternativas para su transformación e innovación de nuevos productos y así darle un valor agregado al fruto. Una de las alternativas es la fermentación alcohólica para la conversión de azúcares simples en alcohol etanol mediante la acción de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* por su eficiencia metabólica en medios frutales. El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento fermentativo de la pulpa de *C. papaya* bajo diferentes concentraciones de sólidos solubles para la generación de alcohol. Se emplearon dos concentraciones de sólidos solubles iniciales (23° y 29° Brix), preparados a partir de la pulpa homogenizada e inoculadas con *S. cerevisiae* previamente activada; la fermentación se desarrolló durante cuatro días a 23-25°C sin agitación, con monitoreo de pH, grados Brix, liberación de CO₂ y rendimiento alcohólico mediante destilación; para conocer la eficiencia de recuperación del etanol en función de la concentración inicial de sólidos solubles. El análisis espectrofotométrico UV-Vis mostró una intensidad de color de 1.906 y una tonalidad de 1.084, indicando predominio de cromaticidad amarilla asociada a compuestos carotenoides; presentando diferencia en la respuesta espectral entre tratamientos. El fermentado a 23° Brix presentó un ajuste lineal entre absorbancia y longitud de onda ($R^2 = 0.9491$), sugiriendo estabilidad óptica y predecibilidad del comportamiento espectral; en contraste, el fermentado a 29° Brix mostró un ajuste polinómico con menor capacidad explicativa ($R^2 = 0.5005$), evidenciando mayor dispersión y variabilidad estructural en los compuestos presentes; comprobando que la papaya se puede utilizar como sustrato para la producción de etanol.

Introducción

La papaya (*Carica papaya* L.) es una planta herbácea tropical, semileñosa de rápido crecimiento y gran importancia agronómica en zonas tropicales y subtropicales (Koul et al., 2022; Reddy et al., 2021; Chávez y Nuñez, 2016), teniendo un alto valor nutritivo, alta productividad y disponibilidad durante todo el año (Reddy et al., 2021), siendo de gran aceptación a nivel nacional e internacional (Alarcón et al., 2022). En México, las poblaciones nativas de *C. papaya* se han adaptado a condiciones edafo-climáticas diversas (Hernández et al., 2019).

Es un fruto valorado por sus características sensoriales, alto contenido de azúcares fermentables y su riqueza en compuestos bioactivos como vitaminas, carotenoides, compuestos fenólicos y enzimas proteolíticas, principalmente papaína (Dotto, 2021; Akanda et al., 2025); la composición química muestra que la pulpa de papaya puede contener cantidades notables de azúcares reductores y sólidos solubles totales que son adecuados como sustrato para procesos fermentativos, facilitando la fermentación alcohólica; el perfil de compuestos volátiles contribuye al aroma característico de la fruta, lo que podría influir en productos fermentados derivados (Singh et al., 2023). Las pérdidas poscosecha de la papaya pueden alcanzar un 30% debido a que su maduración ocurre rápidamente después de la cosecha, dada la naturaleza altamente perecedera del fruto (Almeida et al., 2011); siendo una alternativa para la producción de bebidas fermentadas o bioetanol como una opción de valor agregado y mitigación de pérdidas poscosecha.

Por lo anterior, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la generación de alcohol mediante la fermentación de la pulpa de *C. papaya*, considerando las características fisicoquímicas del sustrato y el proceso fermentativo.

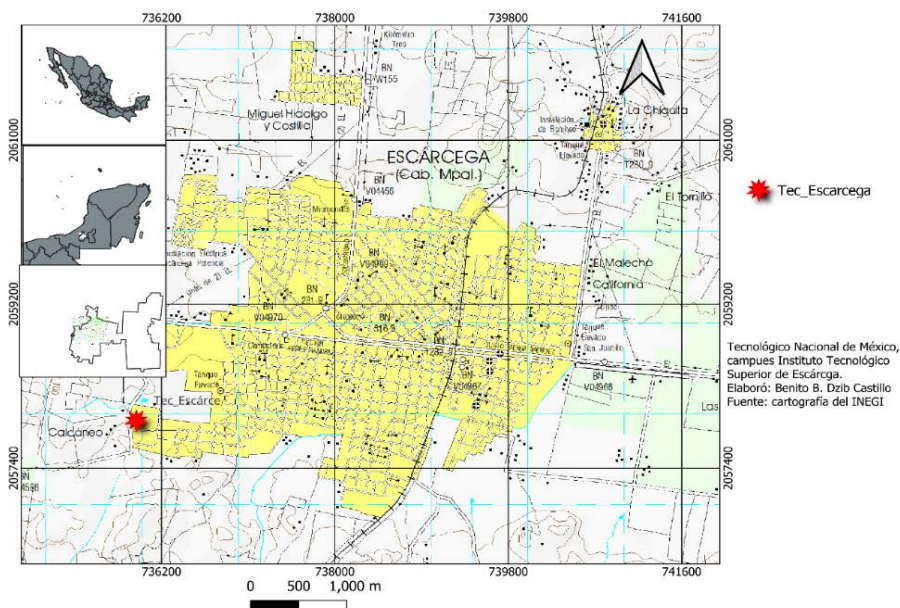
Materiales y métodos

Localización

El experimento se realizó en el Laboratorio de microbiología del Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, perteneciente al Tecnológico Nacional de México (Figura 1).

Figura 1

Ubicación del sitio de experimentación en el Tecnológico Nacional de México Campus, Escárcega, Campeche, México.



Diseño experimental

Se realizó un diseño experimental completamente al azar comparando dos concentraciones de sólidos solubles (23° y 29° Brix) para determinar el efecto de la disponibilidad de azúcares fermentables sobre el arranque del proceso fermentativo. El experimento se divide en etapas: la obtención de la materia prima, el ajuste de concentración, la inoculación de la levadura y

el embotellamiento del sistema fermentativo, lo cual, según Stanbury et al. (2017), son determinantes para el desarrollo adecuado de la fermentación.

Selección de la materia prima

El fruto de la papaya (*C. papaya*) fue seleccionado por su grado de madurez fisiológica, integridad y ausencia de daños, debido a su elevado contenido de azúcares simples como glucosa y fructosa, fundamentales para la fermentación alcohólica (Wall, 2006; Ray y Joshi, 2014). Antes de extraer la pulpa de los frutos, estos fueron desinfectados para reducir la carga microbiana superficial, siguiendo prácticas recomendadas para la elaboración de alimentos fermentados (Tamang et al., 2016).

Proceso fermentativo

La pulpa de *C. papaya* se homogenizó y dividió en dos lotes, los cuales se ajustaron a 23° y 29° Brix cada uno, mediante la adición controlada de sacarosa y agua en relación sólido-líquido 1:1, verificado con el refractómetro TOPINCN 0-90% Brix.

Para el proceso del fermentado se utilizó la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), previamente activada por 24 h a 28 °C en medio de cultivo YPD (Yeast Extract Peptone Dextrose); se agregó 1 ml/100 ml de mosto, asegurando un arranque homogéneo y el predominio del microorganismo inoculado sobre la microbiota nativa (Fleet, 2003).

El volumen embotellado fue de 100 ml de sustrato en botellas de vidrio ámbar de capacidad de 250 ml; se usaron globos de látex para permitir la liberación y visualización del dióxido de carbono generado durante la fermentación, bajo condiciones controladas que minimizaron el riesgo de contaminación (Stanbury et al., 2017); se dejaron a temperatura ambiente entre 23 y 25 °C; cada concentración de °Brix tuvo sus controles respectivos; durante cuatro días se analizaron para evaluar la evolución temporal del sistema fermentativo y validar la estabilidad del proceso (Steinkraus, 1997; Tamang et al., 2016).

Análisis fisicoquímicos

Durante el proceso de fermentado se realizaron análisis fisicoquímicos, temperatura, pH, grados Brix y contenido de alcohol (proceso de destilación), parámetros comúnmente utilizados en estudios de fermentación alcohólica (Fleet, 2003; Walker y Stewart, 2016; Maicas, 2020).

Espectroscopía UV-Vis

Las muestras se analizaron mediante espectrometría UV-Visible (espectrofotómetro digital visible: 325-1000 NM 4 NM) como indicador del proceso fermentativo y cambios en su composición; para evaluar la intensidad de color, la tonalidad, se consideraron las longitudes de ondas de 420, 520 y 620 nm en bebidas fermentadas, estimando la tonalidad (T) del sistema fermentativo mediante la fórmula ($T = \text{Abs}_{420} / \text{Abs}_{520}$), para identificar variaciones asociadas a la presencia de compuestos formados durante la actividad microbiana.

Resultados y discusión

El proceso de fermentación fue de 4 días el comportamiento de los globos en la generación de CO₂, no hubo cambio significativo en cada uno de los lotes de 23° y 29° Brix; las botellas de ambas concentraciones de °Brix fueron analizadas cada 24h.; el pH inicial de cada lote fue de 5, durante el proceso de fermentación se mantuvo en el rango de pH 3-4; a las muestras fermentadas se sometió a una destilación de alcohol tomando como punto de ebullición de 78 a 79 °C, en el Cuadro 1, indica el pero inicial del mosto correspondiente al volumen de cada una de las concentraciones; la cantidad de alcohol producido representa el porcentaje de alcohol recuperado en el destilador, mientras que el (residuo) hace referencia al volumen remanente en el matraz balón al finalizar el proceso de destilación; la pérdida corresponde al proceso de evaporación ocurrido durante la destilación permiten evaluar el rendimiento del proceso y comparar la eficiencia de recuperación de alcohol entre ambos tratamientos, en función de la concentración inicial de sólidos solubles.

La intensidad de color (IC) obtenida fue de 1.906, lo que indica una coloración moderada en la muestra analizada. Asimismo, la tonalidad ($T \approx 1.084$), al ser mayor que la unidad, evidencia un predominio de tonos amarillos frente a los rojizos, característica asociada a la presencia de pigmentos carotenoides propios de la pulpa de papaya. Estos resultados son coherentes con la naturaleza del fruto y con bebidas fermentadas elaboradas a partir de frutas de color amarillo-anaranjado. Por otro lado, se observa una regresión lineal entre la absorbancia y la longitud de onda en el fermentado en sólidos solubles con 23° Bx ($R^2=0.9491$) y una regresión polinómica en el fermentado de 29° Bx ($R^2=0.5005$). Estos resultados permiten generar una ecuación para estimar la absorbancia con la longitud de onda, teniendo una mayor confiabilidad en el fermentado con 23° Bx (Figura 2).

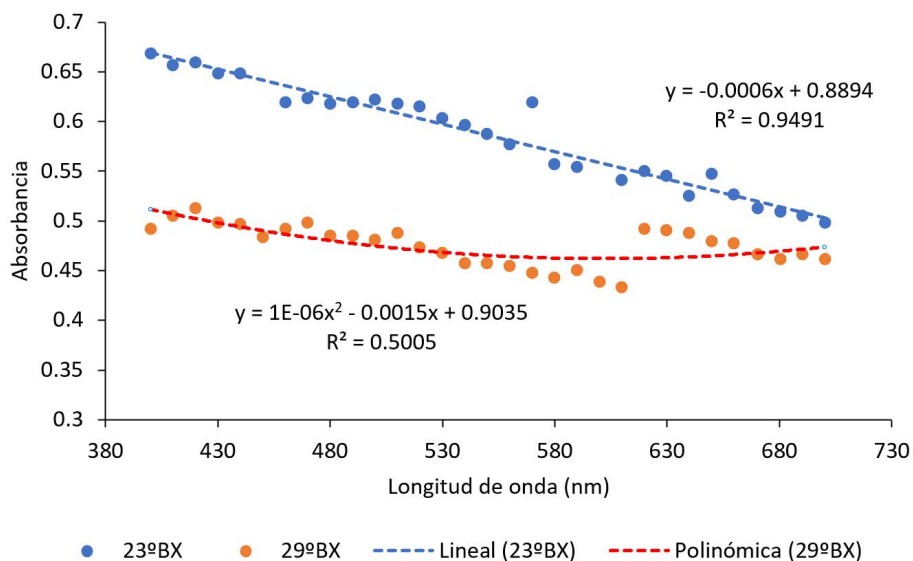
Cuadro 1

Cantidad de alcohol generado por día de fermentación de C. papaya por concentración de 23 y 29°Brix en cada lote.

Lote 1 (23° Brix)	Peso inicial	Alcohol producido	Residuo	Perdida
1	72 ml	7.80%	62 ml	2.2 ml
1.1	72 ml	7.40%	61 ml	3.6 ml
1.2	72 ml	9.00%	60 ml	3.0 ml
24 h	48 ml	4.10%	30 ml	13.9 ml
48 h	64 ml	6.10%	52 ml	5.9 ml
72 h	67 ml	6.60%	55 ml	5.4 ml
96h	75 ml	9.90%	52ml	13.1 ml
Lote 2 (29° Brix)	Peso inicial	Alcohol producido	Residuo	Perdida
2	70 ml	8.40 %	53 ml	8.6 ml
2.1	66 ml	8.20 %	50 ml	7.8 ml
2.2	77 ml	8.50 %	63 ml	5.5 ml
24 h	48 ml	4.10 %	30 ml	13.9 ml
48 h	63 ml	8.20 %	48 ml	6.8 ml
72 h	64 ml	6.10 %	52 ml	5.9 ml
96h	66 ml	9.60 %	45 ml	11.4 ml

Figura 2

Absorbancia del fermentado de la papaya (*C. papaya* L.) de las concentraciones de 23 y 29 °Brix.



Conclusiones

La fermentación alcohólica de pulpa de papaya (*C. papaya*) utilizando *S. cerevisiae* es un proceso viable y reproducible; las concentraciones iniciales de sólidos solubles (23 y 29 °Brix) permitieron evidenciar el efecto directo de la disponibilidad de azúcares fermentables sobre la producción de etanol durante las etapas iniciales de la fermentación.

La concentración de 29° Brix presentó mayor porcentaje de alcohol, alcanzando un valor máximo de 9.90 %, indicando mejor rendimiento fermentativo en comparación con las muestras a 23° Brix, cuyo contenido alcohólico fue ligeramente inferior; asociado a una mayor disponibilidad de sustrato para el metabolismo de la levadura, favoreciendo la conversión de azúcares en etanol y dióxido de carbono. La concentración inicial de azúcares es un factor determinante en el proceso fermentativo de la papaya, contribuyendo a un aprovechamiento de esta fruta y dándole un valor agregado.

Las ecuaciones generadas en esta investigación permitirán tener una estimación aceptable sobre la absorción del fermentado de papaya.

Referencias

- Akanda, M. K. M., et al. (2025). Carica papaya in health and disease: A review of its bioactive compounds for treating various disease conditions. *Inflammopharmacology*, 33(6), 3051–3084. <https://doi.org/10.1007/s10787-025-01780-4>
- Alarcón Pulido, S. A., Hernández Sánchez, M. de L. L., González Cárdenas, J. C., Enríquez García, F., & Velázquez García, E. P. (2022). Producción y manejo del cultivo de papaya (Carica papaya L.). *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 10(1), 164–169. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v10i1.414>
- Almeida Castro, A.; Reis Pimentel, J.D.; Santos Souza, D., Vieira de Oliveira, T.; Da Costa Oliveira, M. (2011). Estudio de la conservación de la papaya (Carica papaya L.) asociado a la aplicación de películas comestibles. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2(1): 049-060. <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/719/1/EstudioConservacionPapaya.pdf>
- Dotto, J. M.; Abihudi S.A. (2021). Nutraceutical value of Carica papaya: A review. *Journal of Food Science and Nutrition. Scientific African*. 13, e00933. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00933>
- Chávez-Pesqueira M, Núñez-Farfán J. (2016). Genetic diversity and structure of wild populations of Carica papaya in Northern Mesoamerica inferred by nuclear microsatellites and chloroplast markers. *Ann Bot*. 118(7):1293-1306. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcw183>
- Fleet, G. H. (2003). Yeast interactions and wine flavour. *International Journal of Food Microbiology*, 86(1–2), 11–22. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00245-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00245-9)
- Hernández-Salinas, G.; Soto-Estrada, A.; García-Pérez, E.; Pérez-Vázquez, A.; Rocandio-Rodríguez M.; Córdova-Téllez L. (2019). Variación morfológica in situ de Carica papaya L. nativa en México. *Revista fitotecnica mexicana*, 42(1), 47-55. https://www.redalyc.org/journal/610/61059467006/html/?utm_source=chatgpt.com

- Koul, B., Pudhuvai, B., Sharma, C., Kumar, A., Sharma, V., Yadav, D. y Jin, J.-O. (2022). Carica papaya L.: Una fruta tropical con beneficios más allá de los trópicos. *Diversity*, 14 (8), 683. <https://doi.org/10.3390/d14080683>
- Maicas, S. (2020). The role of yeasts in fermentation processes. *Microorganisms*, 8(8), 1142. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8081142>
- Ray, R. C., & Joshi, V. K. (2014). *Fermented foods: Past, present and future*. Springer. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/b17307-1/fermented-foods-past-present-future-ramesh-ray-joshi>
- Reddy Sanikommu V. R., Aj S., Chinnasamy K. (2021). *Tropical Fruit Crops: Theory to Practical*. Editorial Jaya Publishing House. pp 426-468. https://www.researchgate.net/publication/353558300_Papaya_Carica_papaya_L
- Stanbury, P. F., Whitaker, A., & Hall, S. J. (2017). *Principles of fermentation technology* (3rd ed.). Elsevier. https://biokamikazi.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/09/principles_of_fermentation_technology-stanburry_whittaker.pdf
- Steinkraus, K. H. (1997). Classification of fermented foods. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 13(4), 347–350. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(97\)00050-9](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(97)00050-9)
- Singh, S. K., Thakur, K., Sharma, V., Saini, M., Sharma, D., Vishwas, S.,... & Gadewar, M. M. (2023). Exploring the multifaceted potential of chlorogenic acid: Journey from nutraceutical to nanomedicine. *South African Journal of Botany*, 159, 658-677. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.06.038>
- Tamang, J. P., Watanabe, K., & Holzapfel, W. H. (2016). Review: Diversity of microorganisms in global fermented foods. *Frontiers in Microbiology*, 7, 377. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00377>
- Wall, M. M. (2006). Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana and papaya cultivars grown in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(5), 434–445. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.002>
- Walker, G., & Stewart, G. (2016). *Saccharomyces cerevisiae* in the Production of Fermented Beverages. *Beverages*, 2(4), 30. <https://doi.org/10.3390/beverages2040030>

Ciencia en construcción: Aportaciones desde la formación universitaria. Investigaciones, experiencias formativas y divulgación científica en la educación superior mexicana.

*Se terminó de editar en febrero de 2026
en los talleres de Astra Ediciones*

Av. Acueducto No. 829

Colonia Santa Margarita, C. P. 45140

Zapopan, Jalisco, México.

33 38 34 82 36

E-mail: edicion@astraeditorial.com.mx

www.astraeditorialshop.com

Este libro integra contribuciones desarrolladas por estudiantes de distintas instituciones de educación superior en México, quienes, bajo la orientación de profesores investigadores adscritos a ocho cuerpos académicos, abordaron problemáticas actuales desde enfoques teóricos, metodológicos y aplicados. Los capítulos que conforman este libro dan cuenta de una amplia diversidad temática, que abarca disciplinas como las ciencias agropecuarias, biológicas, ambientales y tecnológicas, evidenciando el carácter multidisciplinario que hoy define a la investigación científica contemporánea.

Más allá de presentar resultados de investigación, este libro pone de manifiesto el valor pedagógico del proceso científico como herramienta de formación integral. Cada aportación refleja no solo la adquisición de competencias técnicas y metodológicas, sino también el desarrollo de habilidades críticas, analíticas y comunicativas indispensables para la divulgación y difusión de la ciencia. En este sentido, la obra se concibe como un espacio de encuentro entre la formación académica y la responsabilidad social del conocimiento.



Consulta y descarga

