

Fermentación aeróbica y secado de cladodios de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.)

Guerrero-Cardona, Marco A.¹; Santos-Sustaita, Dulce M.²; López-Martínez, Laura A.²; León-Morales, Janet M.²; Loera-Alvarado, Gerardo^{1*}

¹ Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí, Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, C.P. 78600. México.

² Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Coordinación Académica Región Altiplano Oeste Carretera Salinas-Santo Domingo # 200, C.P. 78600. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.

* Autor de correspondencia: *gerardo.loera@colpos.mx

Problema

En México, el nopal (*Opuntia* spp.) se cultiva para la producción de forraje, tuna (fruto) y nopal verdura (hortaliza o nopalito), este último, constituye el mayor valor y volumen de producción (Figura 1). A pesar de contar con cualidades nutricionales, como su alto contenido de fibra, los nopalitos poseen un bajo contenido de proteína (<4.0%), lo que ha dado lugar al desarrollo de procesos que puedan modificar su composición. La fermentación semisólida se ha utilizado para incrementar el valor proteico de nopal, actualmente este producto únicamente es destinado al consumo animal, sin embargo, el producto de esta tecnología contiene un alto porcentaje de humedad, lo que dificulta su almacenamiento y conservación, por lo que la reducción del contenido de humedad podría ser una alternativa viable para su conservación.

Cómo citar: Guerrero Cardona, M. A., Santos Sustaita, D. M., López Martínez, L. A., León Morales, J. M., & Loera-Alvarado, G. Fermentación aeróbica y secado de cladodios de nopal (*Opuntia* sp). *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.537>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 17-20.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International

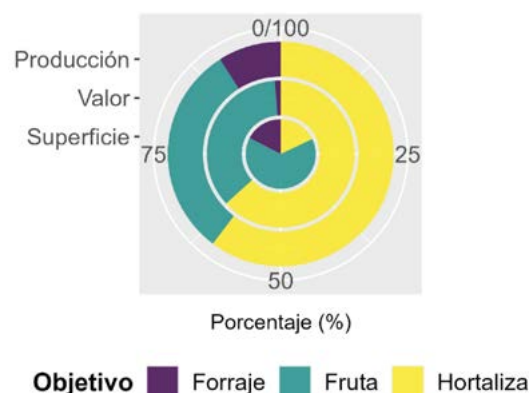


Figura 1. Porcentaje de participación del cultivo de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) en México de acuerdo con el objetivo del cultivo. Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP (2025).



Solución planteada

Se determinó el cambio en la composición bromatológica de nopalitos (*Opuntia ficus-indica* L.) generado por la fermentación aeróbica con levadura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*) y se generó la curva de secado con fines de conservación. Se recolectaron cladodios de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) con una longitud aproximada de 11 cm, los cuales fueron cultivados en condiciones de invernadero en la Coordinación Académica Región Altiplano Oeste de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (Figura 2). Los cladodios fueron separados en tres grupos (repeticiones), los nopalitos de cada grupo fueron desespinaados de forma manual, con la ayuda de un cuchillo, fueron limpiados y desinfectados con 500 mL de una solución de hipoclorito de sodio al 1%. Para obtener la muestra líquida, fue necesario cortar con un cuchillo los cladodios en trozos pequeños; posteriormente, fueron triturados y homogeneizados con un triturador mecánico.

Los cladodios de nopal triturados fueron sometidos a fermentación con levadura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*) al 1%, activada previamente, para ello, 6.2 g de levadura y 7.2 g de azúcar fueron disueltos en 200 mL de agua destilada. El proceso de fermentación fue realizado durante 6 h a 25 °C con intervalos de agitación (a 200 rpm) y reposo de 30 min (3). Se determinó el contenido de humedad, proteína cruda, carbohidratos, grasa y cenizas, antes y después de la fermentación, y se construyó la curva de secado de los cladodios fomentados. Se encontró un incremento en el contenido proteico en más de un 15.0% y un 3.0% en el contenido de cenizas, en contraste se disminuyó la humedad (un 5%) y el pH a 5.59, sin observar cambios significativos en el contenido de carbohidratos y grasa (Figura 3).

Durante las primeras 50 horas, la pérdida de humedad tuvo un comportamiento lineal (velocidad constante) con una pérdida aproximada de 4.59 g de agua por hora. La velocidad de secado disminuyó a partir de las 100 horas de secado, perdiendo más del 75% del peso inicial, alcanzando el peso constante a las 219 horas (Figura 4), este proceso de secado, relativamente lento, se debe a que se mantuvo una temperatura baja (38 °C) con el fin de evitar la degradación de biomoléculas.



Figura 2. Cultivo de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) en la Coordinación Académica Región Altiplano Oeste.

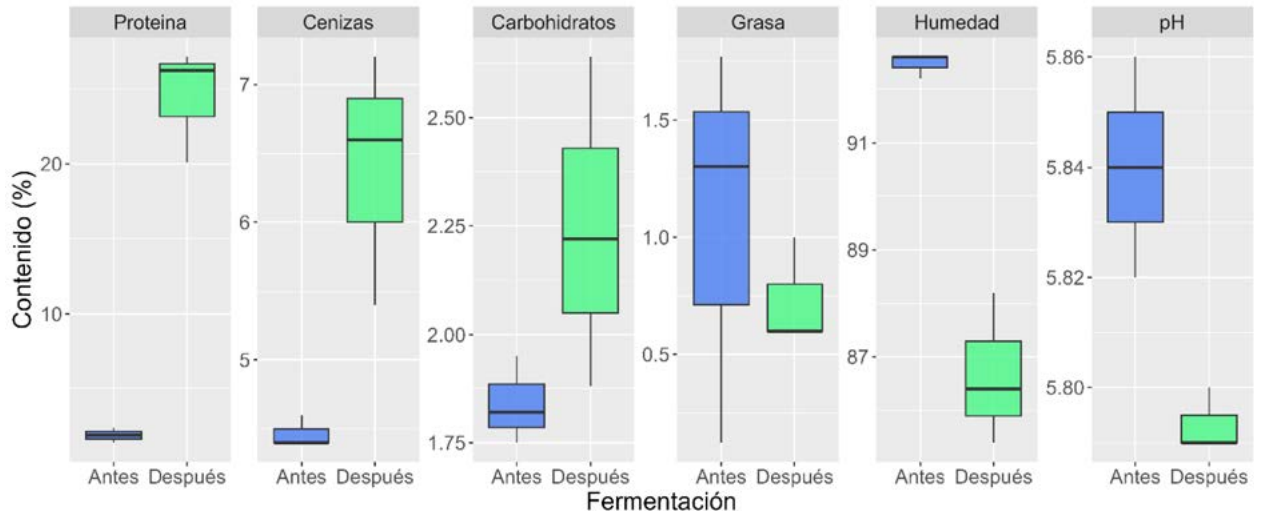


Figura 3. Cambio en la composición (base seca) de cladodios de nopal sometidos a fermentación aeróbica.

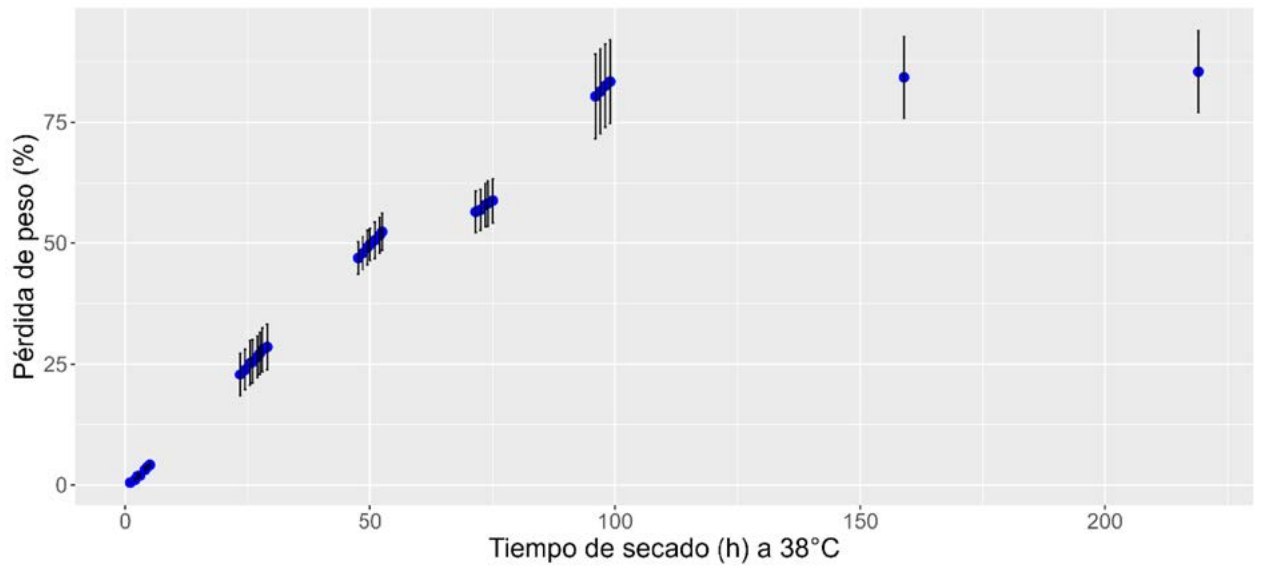


Figura 4. Curva de secado de cladodios de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) sometidos a fermentación aeróbica.

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores Gobierno de los Estados Productores independientes	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Educación	Competitividad Capacitación	Número de tesis Número de egresados (Lic. M.C., D.C.) Número de publicaciones
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro.	Comunidades Agrarias	Secundario: Actividades económicas que transforman las materias primas en productos elaborados (Agroindustria)		Responsabilidad Ambiental		Transferencias tecnológicas Aplicación de técnicas y conocimientos para el desarrollo social y económico
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible		Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)				
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo						