

Evaluación sensorial hedónica de manzana deshidratada por diferentes métodos de secado

M. Colunga-Saucedo^{1,†}, M. I. F. de los Santos-García¹, M. Alvarado Galván², A. Franco-Vega³ y Y. Nahmad Molinari¹

¹Instituto de Física, UASLP, San Luis Potosí, S.L.P.

²Facultad de Ingeniería, UASLP, San Luis Potosí, S.L.P.

³Facultad de Ciencias Químicas, UASLP, San Luis Potosí, S.L.P.

Resumen

La deshidratación es una alternativa de conservación alimenticia que permite reducir el contenido de humedad y prolongar la vida útil del producto. Sin embargo, el método de secado utilizado provoca cambios en atributos sensoriales que influyen directamente en la aceptación del consumidor. En este trabajo se realizó una evaluación sensorial hedónica de manzana deshidratada obtenida por diferentes métodos de secado, con el propósito de comparar su nivel de aceptación. Para ello, se prepararon muestras de manzana sometidas a tres tipos de secado: eléctrico, solar directo y solar indirecto. La evaluación se llevó a cabo con 32 jueces no entrenados, quienes calificaron color, aroma, sabor, textura y aceptación global mediante una escala hedónica de 5 puntos. Los resultados mostraron diferencias entre los tratamientos, particularmente en sabor, textura y aceptación. Las muestras obtenidas por secado solar presentaron una mayor aceptación global, mientras que la de secado eléctrico registró la menor calificación. Estos resultados indican que el método de secado influye en la percepción sensorial de la manzana deshidratada y debe considerarse un factor relevante en la selección del proceso.

Keywords: secado solar, prueba sensorial, deshidratación de manzana, análisis hedónico

†Autor de correspondencia: M. Colunga Saucedo *Correo electrónico:* monikacolunga@gmail.com

DOI: <https://www.doi.org/10.59730/rer.v13n60a2>

Recibido: 6 de abril, 2026 Revisado: 25 de abril, 2026 Aceptado: 3 de mayo, 2026 Publicado: 23 de julio, 2026

1. Introducción

La deshidratación de frutas es una de las operaciones más empleadas para prolongar la vida útil de productos perecederos. Sin embargo, su importancia no se limita a la reducción del contenido de humedad, ya que el proceso de secado también puede modificar atributos de calidad como color, textura, aroma y sabor, los cuales influyen de manera directa en la percepción del consumidor. Varios estudios han demostrado que la técnica de secado aplicada y las condiciones de operación determinan en gran medida la calidad sensorial del producto final, por lo que es importante su evaluación cuando se desarrollan alimentos deshidratados Petikirige et al. (2022), Radojčin et al. (2021), Zhu et al. (2022). Estudios más recientes también han señalado que los métodos de secado influyen en atributos como textura, crocancia y aceptación del consumidor, particularmente en productos como la manzana deshidratada Arendse & Jideani (2022), Ropelewska & Lewandowski (2024), Fernandes et al. (2025).

En este contexto, la evaluación sensorial hedónica constituye una herramienta útil para complementar la caracterización fisicoquímica e instrumental de los alimentos. Mientras las técnicas instrumentales permiten cuantificar cambios de color, textura o estructura, las pruebas hedónicas permiten conocer el nivel de agrado o aceptación del producto por parte del consumidor. Aunque las escalas hedónicas han sido ampliamente empleadas en estudios de aceptación de alimentos, su aplicación continúa vigente en investigaciones recientes sobre productos deshidratados, particularmente cuando se busca relacionar las condiciones de procesamiento con la respuesta del consumidor. En manzana, este enfoque permite vincular atributos sensoriales específicos con la preferencia general del producto.

En el caso particular de la manzana, diversos estudios han mostrado que la aceptabilidad está asociada a atributos como firmeza, sólidos solubles, acidez, crocancia y balance general de sabor. Har-ker et al. (2008) reportaron que la aceptación del consumidor puede variar ampliamente en función de combinaciones de firmeza, sólidos solubles y acidez titulable, lo que evidencia que la calidad percibida no depende de un solo parámetro. En el mismo sentido, Gatti et al.

(2011) encontraron que la evaluación hedónica permite diferenciar preferencias entre cultivares de manzana y relacionarlas con atributos sensoriales específicos. Por lo tanto, la evaluación sensorial hedónica de manzana deshidratada obtenida por diferentes métodos de secado resulta pertinente para identificar posibles diferencias en aceptación y aportar información útil en la selección del proceso Lim (2011). Además de los criterios térmicos o de eficiencia, la respuesta del consumidor debe considerarse un elemento clave en el desarrollo de productos deshidratados con potencial de aplicación tecnológica y comercial.

2. Metodología

2.1. Preparación de la materia prima

Se utilizaron manzanas frescas de la variedad *Golden Delicious*, las cuales fueron previamente lavadas y desinfectadas mediante inmersión en una solución clorada (3 mL de cloro por litro de agua) durante 5 min. Posteriormente, las manzanas se cortaron en rodajas de aproximadamente 5 mm de espesor, conservando la cáscara, con el fin de estandarizar el tamaño de muestra para los distintos tratamientos de secado.

2.2. Tratamientos de secado

Las rodajas de manzana fueron sometidas a tres tecnologías de secado: secado eléctrico, secado solar directo y secado solar indirecto (Figura 1). En cada sistema se procesaron aproximadamente 300 g de manzana fresca por tratamiento.

El secado eléctrico se realizó en un equipo de convección con control de temperatura, ajustado a 45 °C durante 8 h. El secado solar directo se llevó a cabo en un prototipo en el cual las muestras estuvieron expuestas directamente a la radiación solar dentro de la cámara de secado. En el secado solar indirecto, el aire fue calentado mediante radiación solar en un colector y posteriormente conducido hacia la cámara de secado, evitando la incidencia directa de la radiación sobre el producto.

En ambos sistemas solares, el proceso se realizó durante dos días, registrándose temperaturas de operación en un intervalo aproximado de 45 a 50 °C (Figura 2). Aunque no se contó con un registro continuo de temperatura, este intervalo corresponde a las condiciones típicas observadas durante el proceso de secado en ambos prototipos.

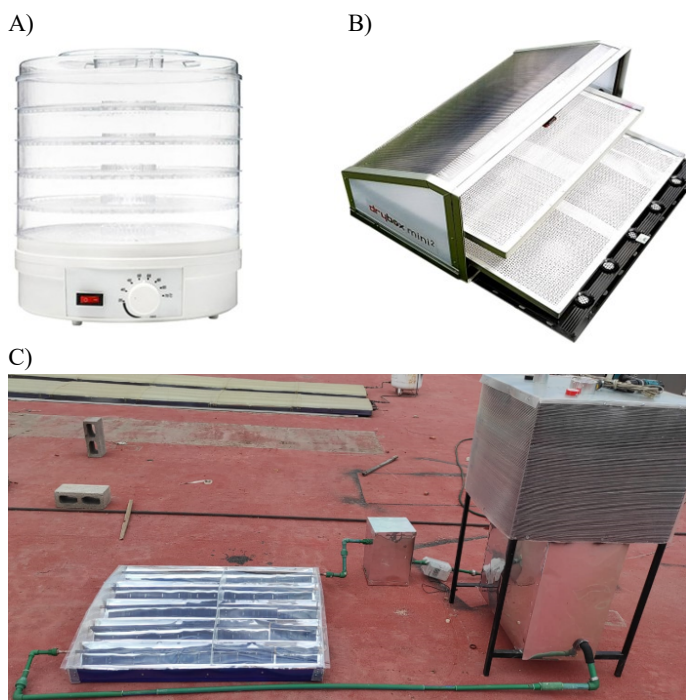


Figura 1. Diferentes prototipos en los cuales se deshidrató la manzana para las pruebas sensoriales. A) eléctrico, B) solar directo y C) solar indirecto.



Figura 2. Manzanas *Golden Delicious* deshidratadas mediante la tecnología de secado solar indirecto.

Una vez finalizado el secado, las muestras se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se reservaron para su posterior evaluación sensorial hedónica.

2.3. Evaluación sensorial hedónica

La evaluación sensorial se realizó con la participación de 32 panelistas no entrenados. A cada evaluador se le proporcionaron muestras de manzana deshidratada correspondientes a los diferentes tratamientos de secado, las cuales fueron presentadas de manera codificada para evitar sesgos en la identificación.

Los panelistas calificaron los atributos de color, aroma, sabor, textura y aceptación global utilizando una escala hedónica de 5 puntos, donde 1 correspondió a “me disgusta mucho” y 5 a “me gusta mucho”. Entre la evaluación de cada muestra, se proporcionó agua a los participantes con el fin de limpiar el paladar y minimizar la interferencia entre las muestras.

2.4. Análisis estadístico

El estudio se planteó como un diseño de medidas repetidas, ya que los mismos 32 panelistas evaluaron las tres muestras de manzana deshidratada. El factor de estudio fue el método de secado, con tres niveles: eléctrico, solar directo y solar indirecto. Las variables de respuesta fueron las calificaciones hedónicas de color, aroma, sabor, textura y aceptación global.

Debido a la naturaleza ordinal de los datos obtenidos a partir de la escala hedónica de 5 puntos, se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos, ya que permite comparar más de dos muestras relacionadas. Cuando se detectaron diferencias significativas, se realizaron comparaciones por pares mediante la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, la cual es adecuada para este tipo de datos. Para controlar el error por comparaciones múltiples, se aplicó la corrección de Bonferroni, considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ y un valor ajustado de $\alpha/3 = 0.017$.

3. Resultados

La evaluación sensorial hedónica permitió identificar diferencias en la percepción de la manzana deshidratada obtenida mediante los tres métodos de secado evaluados: eléctrico (A), solar directo (B) y solar indirecto (C).

Los promedios de calificación mostraron que la muestra C presentó los valores más altos en la mayoría de los atributos evaluados, particularmente en color (3.84), aroma (3.50), textura (4.56) y aceptación global (4.37). Por su parte, la muestra B destacó en el atributo sabor (4.37), seguida de la muestra C (4.34). En contraste, la muestra A presentó las calificaciones más bajas en todos los atributos, especialmente en textura (2.71) y aceptación (3.62), lo que sugiere una menor preferencia general por este tratamiento (ver Tabla 1).

Tabla 1. Promedios de evaluación sensorial hedónica (escala de 1–5).

Atributos	Eléctrico (A)	Solar directo (B)	Solar indirecto (C)
Aroma	3.37	3.46	3.50
Color	3.71	3.43	3.84
Sabor	3.65	4.37	4.34
Textura	2.71	4.31	4.56
Aceptación	3.62	4.31	4.37

El análisis estadístico mediante la prueba de Friedman indicó que no existieron diferencias significativas entre tratamientos para los atributos de color ($p = 0.9034$) y aroma ($p = 0.1724$), lo que sugiere que estos parámetros no fueron determinantes en la diferenciación de las muestras por parte de los evaluadores. En cambio, se observaron diferencias significativas en sabor ($p = 0.0003$), textura ($p < 0.001$) y aceptación global ($p = 0.0003$), evidenciando que estos atributos fueron clave en la percepción del producto.

Para los atributos con diferencias significativas, se realizaron comparaciones por pares mediante la prueba de Wilcoxon con corrección de Bonferroni ($\alpha/3 = 0.017$). En todos los casos (A vs. B, A vs. C y B vs. C) se encontraron diferencias significativas ($p < 0.017$), lo que indica que cada método de secado produjo efectos sensoriales distintos en sabor, textura y aceptación.

La textura fue el atributo con mayor diferenciación entre tratamientos ($Q = 36.1$), lo cual puede atribuirse a las diferencias en las condiciones de secado. El tratamiento solar indirecto (C) presentó una textura mejor evaluada, lo que sugiere un proceso más uniforme. En cambio, el secado eléctrico (A) mostró valores más bajos, lo que podría relacionarse con una estructura más rígida o menos agradable.

En términos de aceptación global, la muestra C fue la mejor evaluada, seguida de la muestra B, mientras que la muestra A presentó

la menor preferencia. Esta tendencia coincide con lo observado en los atributos individuales, especialmente en textura y sabor.

Estos resultados son consistentes con lo reportado en la literatura, donde se ha observado que el método de secado influye directamente en la calidad sensorial de productos deshidratados. Estudios previos han señalado que tratamientos más suaves o con mejor control de las condiciones de secado tienden a conservar mejor la textura y el sabor del producto, lo que se traduce en una mayor aceptación por parte del consumidor [Zhu et al. \(2022\)](#), [Velickova et al. \(2014\)](#). De manera similar, se ha reportado que cambios en las condiciones de proceso pueden generar diferencias claras en la preferencia sensorial de manzana deshidratada [Ochoa-Martínez et al. \(2009\)](#), [Chauhan et al. \(2011\)](#).

4. Conclusiones

El método de secado influyó en la calidad sensorial de la manzana deshidratada, particularmente en los atributos de sabor, textura y aceptación global, donde se observaron diferencias significativas entre tratamientos. En contraste, el color y el aroma no presentaron variaciones estadísticamente significativas, lo que sugiere que estos atributos fueron menos sensibles a las condiciones de secado evaluadas.

El secado solar indirecto (C) presentó la mayor aceptación global, asociado principalmente a una mejor percepción de la textura y un buen desempeño en el resto de los atributos. El secado solar directo (B) también mostró resultados favorables, especialmente en sabor, mientras que el secado eléctrico (A) fue el menos aceptado, con menores calificaciones en todos los atributos evaluados.

Los resultados obtenidos indican que las condiciones de secado no solo afectan parámetros físicos del producto, sino también la experiencia sensorial del consumidor. En este sentido, la evaluación hedónica resulta una herramienta útil para complementar el análisis de procesos de deshidratación, ya que permite identificar diferencias que no siempre son evidentes mediante mediciones instrumentales.

En términos prácticos, los métodos de secado solar, en particular el indirecto, representan una alternativa viable para la obtención de manzana deshidratada con buena aceptación sensorial, además de su potencial en el aprovechamiento de energía renovable. Por ello, su implementación representa una alternativa viable tanto en términos de calidad del producto como de sostenibilidad del proceso.

■ Declaración de uso de herramientas de IA

Para la elaboración de este manuscrito se utilizaron herramientas de inteligencia artificial únicamente como apoyo en la redacción y corrección de estilo. El contenido científico, análisis de datos y resultados corresponden completamente a los autores.

■ Referencias

Arendse, W. & Jideani, V. (2022), 'Storage stability and consumer acceptability of dried apple: Impact of citric acid, potassium sorbate and *Moringa oleifera* leaf extract powder', *Foods* **11**(7), 984.
URL: <https://doi.org/10.3390/foods11070984>

Chauhan, O., Singh, A., Singh, A., Raju, P. & Bawa, A. (2011), 'Effects of osmotic agents on colour, textural, structural, thermal, and sensory properties of apple slices', *International Journal of Food Properties* **14**(5), 1037–1048.
URL: <https://doi.org/10.1080/10942910903580884>

Fernandes, L., Tavares, P. B. & Gonçalves, C. (2025), 'From sun to snack: Different drying methods and their impact on crispiness and consumer acceptance of Royal Gala apple snacks', *Horticulturae* **11**(6), 610.
URL: <https://doi.org/10.3390/horticulturae11060610>

Gatti, E., Di Virgilio, N., Magli, M. & Predieri, S. (2011), 'Integrating sensory analysis and hedonic evaluation for apple quality assessment', *Journal of Food Quality* **34**(2), 126–132.
URL: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2011.00373.x>

Harker, F. R., Kupferman, E. M., Marin, A. B., Gunson, F. A. & Triggs, C. M. (2008), 'Eating quality standards for apples based on consumer preferences', *Postharvest Biology and Technology* **50**(1), 70–78.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.03.020>

Lim, J. (2011), 'Hedonic scaling: A review of methods and theory', *Food Quality and Preference* **22**(8), 733–747. AGROSTAT 2010.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.05.008>

Ochoa-Martínez, L. A., Márquez-Burciaga, A., González-Herrera, S. M., Morales-Castro, J., Gallegos-Infante, J. A. & Delgado, E. (2009), 'Effect of different treatments on the preference of apple cubes dehydrated by a combined process', *International Journal of Food Sciences and Nutrition* **60**(7), 547–557.
URL: <https://doi.org/10.3109/09637480801984283>

Petikirige, J., Karim, A. & Millar, G. (2022), 'Effect of drying techniques on quality and sensory properties of tropical fruits', *International Journal of Food Science and Technology* **57**(11), 6963–6979.
URL: <https://doi.org/10.1111/ijfs.16043>

Radojčin, M., Pavkov, I., Bursać Kovačević, D., Putnik, P., Wiktor, A., Stamenković, Z., Kešelj, K. & Gere, A. (2021), 'Effect of selected drying methods and emerging drying intensification technologies on the quality of dried fruit: A review', *Processes* **9**(1), 132.
URL: <https://doi.org/10.3390/pr9010132>

Ropelewska, E. & Lewandowski, M. (2024), 'The changes in color and image parameters and sensory attributes of freeze-dried clones and a cultivar of red-fleshed apples', *Foods* **13**(23), 3784.
URL: <https://doi.org/10.3390/foods13233784>

Velickova, E., Winkelhausen, E. & Kuzmanova, S. (2014), 'Physical and sensory properties of ready to eat apple chips produced by osmo-convective drying', *Journal of food science and technology* **51**(12), 3691–3701.
URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0950-x>

Zhu, J., Liu, Y., Zhu, C. & Wei, M. (2022), 'Effects of different drying methods on the physical properties and sensory characteristics of apple chip snacks', *LWT* **154**, 112829.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112829>