

Artículo

Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Huichapan, Hidalgo: Hacia la autosuficiencia alimentaria en el marco de la agenda estratégica del TecNM.

Elsa Nelly Flores Hernández^{1*}, María Guadalupe González García² y Francisco Javier Ochoa Mendoza³

^{1,2} Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, Licenciatura en Gastronomía., México.

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, Ingeniería Industrial., México.

* Correspondencia: enflores@iteshu.edu.mx

Resumen: El presente estudio aborda la problemática de los residuos generados por la *Opuntia ficus-indica* var. *streptacantha*, y su impacto en la sostenibilidad alimentaria en Huichapan, Hidalgo. El objetivo principal de esta investigación fue desarrollar un producto alimenticio innovador, utilizando todos los componentes de la tuna, para reducir el desperdicio y mejorar la eficiencia en la producción de alimentos. Se empleó una metodología de análisis sistemático para determinar la cantidad y composición de los residuos, seguida de la formulación de diferentes tratamientos con variaciones en la proporción de cáscara y semilla. Los resultados revelaron que el tratamiento con 100% de cáscara y 43% de semilla fue el más aceptado por los consumidores, indicando que estos componentes pueden ser bien recibidos en productos alimenticios. La gestión adecuada de los residuos y la creación de productos innovadores se alinean con la Agenda Estratégica de Autosuficiencia Alimentaria y Rescate del Campo Mexicano del TecNM, fomentando la sostenibilidad y el desarrollo económico local. Las conclusiones destacan la importancia de utilizar todos los componentes de la tuna para crear productos alimenticios sostenibles, reducir el impacto ambiental y apoyar la economía local.

Keywords: Economía circular; sostenibilidad rural; agroindustria innovadora.

Citar este trabajo: Flores Hernández, Elsa Nelly.; González García, María Guadalupe.; Ochoa Mendoza, Francisco Javier. *Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Huichapan, Hidalgo: Hacia la autosuficiencia alimentaria en el marco de la agenda estratégica del TecNM. RELITEC'S 2024, 7ma, edición.*

ISSN 2395-972X

<https://relitecs.iteshu.edu.mx>

Recibido: 15-10-2024

Aceptado: 05-11-2024

Publicado: 30-11-2024

1. Introducción

Huichapan está ubicado en la región del Bajío hidalguense y cubre una superficie de 668.1 kilómetros cuadrados. Está situado a una altitud promedio de 2,100 metros sobre el nivel del mar, lo que influye en su clima templado subhúmedo [1]. Su población es de aproximadamente 47,425 habitantes [2]. La economía local se basa en la agroindustria, el turismo y el comercio. La producción agrícola incluye cultivos de maíz, frijol y tuna, y la región es conocida por su industria de transformación de productos agrícolas. Además, Huichapan es parte de los Pueblos Mágicos de México, lo que promueve el turismo cultural y ecológico.

La agroindustria juega un papel crucial en la economía local de Huichapan, Hidalgo, ya que genera empleo, diversifica la economía y mejora la calidad de vida de sus habitantes. Según el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, la agroindustria es fundamental para fomentar el desarrollo económico y social en las comunidades rurales. Este plan subraya la importancia de adoptar prácticas sostenibles y de valor agregado en la producción agrícola para impulsar el crecimiento económico y asegurar el bienestar de la población rural [3]. El Plan Nacional de Desarrollo destaca que la agroindustria, al

generar empleo y diversificar la economía, fomenta el desarrollo económico y mejora la calidad de vida de los habitantes [3].

En este sentido, el Tecnológico Nacional de México (TecNM) promueve la agenda estratégica de autosuficiencia alimentaria y rescate del campo mexicano, para abordar varios desafíos críticos en la agricultura y el desarrollo rural del país. Esta agenda busca fomentar la autosuficiencia alimentaria, reducir la dependencia de importaciones y asegurar que las comunidades rurales puedan satisfacer sus necesidades alimentarias básicas con productos locales (TecNM, 2024).

La importancia de la agroindustria en la economía local de Huichapan es notable. Sin embargo, la gestión de residuos agroindustriales presenta desafíos significativos, ya que estos residuos pueden tener un impacto negativo en la autosuficiencia alimentaria si no se manejan adecuadamente. La implementación de prácticas sustentables puede transformar estos residuos en recursos valiosos, mejorando la sostenibilidad y la autosuficiencia alimentaria. En este contexto, la presente investigación se centra en el aprovechamiento de residuos agroindustriales en Huichapan, Hidalgo, mediante la creación de un dulce típico con sabor picante de *Opuntia ficus-indica* var. *streptacantha* a partir de la pulpa, cáscara y semilla, como estrategia para mejorar la sostenibilidad y la autosuficiencia alimentaria.

La autosuficiencia alimentaria es un objetivo central de la agenda estratégica. Al desarrollar productos alimentarios a partir de residuos agroindustriales, se incrementa la disponibilidad de alimentos nutritivos y accesibles para la población local. En particular, la creación de un dulce típico con sabor picante de tuna no solo diversifica la oferta alimentaria, sino que también aprovecha los componentes bioactivos de la fruta, mejorando la calidad nutricional de los productos disponibles (TecNM, 2024). La agenda subraya la importancia de adoptar prácticas agrícolas y agroindustriales que sean sostenibles a largo plazo. Estas prácticas sostenibles son fundamentales para garantizar la viabilidad económica y ambiental del sector agroindustrial en Huichapan y otras regiones de México [4].

Los hallazgos de esta investigación pueden servir como base para formular políticas que apoyen la agroindustria, incentivando a los productores a adoptar prácticas sostenibles y proporcionando los recursos y el apoyo necesarios para implementar estas innovaciones [5]. Al aprovechar los residuos agroindustriales para crear productos de alto valor agregado, se fortalecen las economías locales. La producción de dulces de tuna y otros productos derivados puede generar nuevas oportunidades de empleo y desarrollo económico en Huichapan, contribuyendo a los objetivos de la agenda de fomentar el desarrollo económico en las comunidades rurales y mejorar la calidad de vida de sus habitantes (TecNM, 2024).

2. Materiales y Métodos

Diseño del estudio: Esta investigación se basa en un estudio transversal, de carácter exploratorio, utilizando métodos comparativos y hedónicos. Inicialmente, se identificaron los residuos provenientes de la tuna. Posteriormente, se realizaron tres tratamientos con diferentes porcentajes de cáscara y semilla, utilizando al 100% la pulpa y la receta base de un dulce de tamarindo, omitiendo la pulpa de tamarindo en la reestructuración de la receta.

Para efectos de este estudio, se utiliza el término residuo, para referirse a las partes del fruto de *Opuntia ficus-indica*, con referencia a la cáscara y semilla, que, aunque no son aprovechadas directamente en el consumo tradicional, representan una fuente valiosa de insumos para la innovación alimentaria.

Formulación de tratamientos: La formulación de los diferentes tratamientos se fundamentó en los ingredientes de la receta base (ver tabla 1) y en los componentes nutricionales y de sabor clave de la tuna: la pulpa, la cáscara y la semilla (ver tabla 2). Las proporciones específicas en cada tratamiento se determinaron buscando un equilibrio

entre sabor, textura y complejidad sensorial. Cada pieza se recubrió con 200 g. de chile en polvo.

Tabla 1. Porcentaje de la pulpa y residuo integrado a la formulación de la receta base.

Ingredientes	Tratamiento1	Tratamiento2	Tratamiento3
Pulpa	100%	100%	100%
Cáscara	50%	75%	100%
Semilla	30%	38%	43%

Fuente. Elaboración propia (2024).

Tabla 2. Formulación de ingredientes de la receta base.

Ingredientes	Cantidad
Pulpa	100%
Cáscara	50%
Semilla	30%
Azúcar granulada	18.52%

Fuente. Elaboración propia (2024).

Tratamiento 1: Se utilizó el 100% de la pulpa, el 50% de la cáscara y el 30% de la semilla de un kilo de tuna. La pulpa aporta dulzura y suavidad, mientras que la cáscara y la semilla agregan texturas y sabores complementarios.

Tratamiento 2: Se mantuvo el 100% de la pulpa, pero se incrementó la cáscara al 75% y la semilla al 38%, buscando una textura más fibrosa y un sabor más complejo.

Tratamiento 3: Se utilizó el 100% de la pulpa y la cáscara, y el 43% de la semilla, explorando la complejidad sensorial completa de la tuna.

Evaluación sensorial: Para detectar la aceptación del dulce típico con sabor picante de *Opuntia ficus-indica var. streptacantha*, se utilizó el método de análisis sensorial. Estas evaluaciones se realizan para medir y analizar las características sensoriales de los alimentos percibidas por los sentidos (vista, olfato, gusto, tacto y oído). Se enfocan en la caracterización y análisis de la aceptación o rechazo de los alimentos por parte del consumidor [6]. El análisis sensorial es una herramienta clave en el desarrollo de nuevos productos, ya que permite evaluar la calidad y viabilidad de mercado de los productos novedosos, asegurando que cumplan con las expectativas y preferencias de los consumidores [7].

Los sentidos son cruciales para la percepción de las cualidades sensoriales de los alimentos. La visión, el olfato, el gusto, el tacto y la audición permiten identificar los colores, aromas, sabores y texturas que caracterizan a los alimentos. Las evaluaciones sensoriales son fundamentales para medir la calidad de los productos alimenticios, incrementar su aceptación en el mercado y desarrollar innovaciones en el sector alimentario.

Para este análisis se evaluaron los siguientes parámetros:

Olfato: Este sentido es químico, ya que la percepción de los olores se debe a sustancias químicas solubles y volátiles. La capacidad de oler está influenciada por factores como el sexo, la edad y el entorno.

Gusto: Se percibe a través de los receptores gustativos en la lengua, diferenciando entre los sabores básicos: dulce, ácido, salado y amargo.

Vista: La percepción visual se da primero, determinando propiedades características como el color, la forma, el tamaño y la estructura de los alimentos.

Tacto: Los estímulos táctiles se reciben a través de los receptores en la piel, captando características como la textura, consistencia y temperatura.

Oído: El sentido auditivo es mecánico, ya que las fluctuaciones de presión son percibidas por el movimiento del aire o los huesos.

Ubicación del estudio: El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de gastronomía del Instituto Tecnológico Superior de Huichapan. Las unidades de análisis fueron consumidores (docentes, personal administrativo y alumnos).

Muestra del estudio: El tamaño de la muestra fue de 100 consumidores. Para detectar la preferencia del consumidor, la muestra se estratificó de manera aleatoria entre hombres y mujeres, con un nivel de confianza del 95% y una $P=0.05$.

Procedimiento: La base de datos se generó mediante un cuestionario de escala hedónica de 9 puntos, utilizando el método sensorial. Las escalas hedónicas son herramientas comunes en el análisis sensorial que permiten medir las preferencias y aceptaciones de los consumidores hacia un producto [8]. Posteriormente, se realizó un vaciado de información en una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel. Los datos fueron analizados mediante el método estadístico ANOVA, que es ampliamente utilizado para comparar las medias de diferentes grupos y determinar si existen diferencias significativas entre ellos [9]. En este análisis, se aplicaron las hipótesis estadísticas $H_0; \mu_1=\mu_2=\mu_3$ y $H_1; \mu_1\neq\mu_2\neq\mu_3$.

3. Resultados

Inicialmente, se llevó a cabo una evaluación exhaustiva para determinar la cantidad de residuos de *Opuntia ficus-indica var. streptacantha*. Este proceso se realizó utilizando un enfoque sistemático, y resultó ser un paso esencial en la etapa preliminar antes de iniciar en la creación de un dulce de sabor picante. Este análisis es fundamental porque nos ayuda a evaluar la cantidad de materia prima disponible para el proyecto, garantizando que se cuenten con los recursos necesarios para una producción sostenible.

La evaluación de los residuos provenientes del fruto de la tuna brindó una visión detallada de su composición en términos de peso. Los resultados de este análisis muestran con precisión cómo se distribuyen los componentes del fruto. Según los datos recopilados, en promedio, de cada kilogramo de tuna, alrededor del 46.33% está compuesto por cáscara, aproximadamente el 16.96% corresponde a la semilla, y el 36.66% restante se refiere a la pulpa.

La información obtenida es valiosa en varios aspectos, al proporcionar una comprensión clara de la proporción de cada componente de la tuna, lo que es fundamental para la planificación de la producción y el uso eficiente de los recursos. Además, estos datos son esenciales para la optimización de procesos, ayudando a identificar oportunidades para aprovechar al máximo los diferentes componentes de la tuna. Conocer la distribución de peso de los residuos de la tuna es un paso importante hacia la gestión responsable de los recursos, permitiendo diseñar estrategias para reutilizar o reciclar los componentes de manera eficiente y reducir el impacto ambiental [10].

Estos hallazgos sobre la composición de los residuos de la tuna tienen un impacto significativo en el contexto de la Agenda Estratégica de Autosuficiencia Alimentaria y Rescate del Campo Mexicano promovida por el TecNM.

Contar con información detallada de la composición de los residuos de la tuna permite desarrollar productos alimenticios que utilicen todos los componentes del fruto, reduciendo el desperdicio y mejorando la eficiencia en la producción de alimentos [11]. Al gestionar adecuadamente los residuos, se contribuye a reducir el impacto ambiental

de la producción de tuna. Además, aprovechar los residuos de la tuna para crear nuevos productos puede generar empleo y apoyar la economía local, un aspecto fundamental de la agenda estratégica que busca mejorar la calidad de vida en las comunidades rurales. La creación de productos innovadores a partir de residuos de tuna se alinea con la agenda del TecNM de fomentar la innovación en la agroindustria, promoviendo la investigación y el desarrollo de nuevas soluciones sostenibles [12].

Después de cuantificar la cantidad de residuo, se avanzó hacia la creación de una receta reestructurada, que implicó la formulación de ingredientes basados en la receta original y la incorporación de tres variaciones en la proporción de cáscara y semilla, manteniendo constante el porcentaje de pulpa.

Para evaluar la aceptación del dulce de tuna con un toque picante, se llevó a cabo una encuesta utilizando una escala hedónica de 9 puntos y administrada a un grupo de 100 participantes. Este enfoque permitió obtener una comprensión más profunda de la respuesta de los consumidores ante el producto, incluyendo sus preferencias y reacciones ante el sabor específico del dulce de tuna picoso.

Los resultados mostraron una aceptación significativa del tratamiento 3, en donde se observa la aceptación por parte del 75% de los 100 evaluadores del 100% de la cáscara y el 43% de la semilla, calculado en base seca. Los evaluadores destacaron aspectos como el sabor equilibrado, la textura agradable y el color atractivo. Esto sugiere que estas adiciones no solo son aceptadas, sino que también pueden aportar beneficios significativos en términos de sabor, textura y valor nutricional. Estos hallazgos abren la puerta a oportunidades para desarrollar productos innovadores y sostenibles que aprovechen al máximo todos los componentes de la tuna, reduciendo así los desperdicios y promoviendo una economía más sostenible (ver tabla 3).

Tabla 3. Composición de ingredientes para el tratamiento 3 y receta base en cantidades en fresco

Ingredientes	Tratamiento3	
Pulpa	100%	366 gramos
Cáscara	100%	463 gramos
Semilla	43%	72 gramos

Formulación de ingredientes de la receta base en cantidades en fresco:

500 gramos de azúcar granulada
 250 mililitros de agua purificada
 5 mililitros de jugo de limón recién exprimido
 1 cucharadita de sal refinada 1 taza de chile piquín seco
 200 gramos de azúcar granulada (para el recubrimiento)

Fuente: Elaboración propia (2024).

4. Discusión

Con respecto al análisis estadístico, se llevó a cabo un análisis riguroso para evaluar la preferencia de los consumidores en tres tratamientos diferentes. Las hipótesis planteadas fueron:

Hipótesis Nula (H0): Las medias de preferencia de los consumidores para los tres tratamientos son iguales.

Hipótesis Alternativa (Ha): Al menos una de las medias de preferencia de los consumidores para los tratamientos es diferente de las demás.

Los resultados obtenidos permitieron rechazar la Hipótesis Nula (H_0), implicando que hay diferencias significativas en las preferencias medias de los consumidores entre los tratamientos analizados. La Hipótesis Alternativa (H_a) se corroboró, indicando que al menos uno de los tratamientos ha generado una respuesta diferenciada en términos de preferencia por parte de los consumidores.

Esta investigación ha proporcionado pruebas concluyentes de que existen diferencias significativas en las preferencias de los consumidores entre los tratamientos analizados. El tratamiento 3, que incluye la cáscara y la semilla en el mismo porcentaje, ha mostrado una aceptación prometedora, respaldando la adopción de enfoques más sostenibles y promotores de la autosuficiencia alimentaria en la industria alimentaria.

5. Conclusiones

La presente investigación confirma que es posible aprovechar todos los componentes de la *Opuntia ficus-indica* var. *streptacantha* para desarrollar productos alimenticios innovadores que reduzcan el desperdicio y contribuyan a la sostenibilidad en la producción de alimentos. Los resultados obtenidos en el desarrollo del dulce típico con sabor picante mostraron una alta aceptación por parte de los consumidores, especialmente en el tratamiento 3, que utilizó un mayor porcentaje de cáscara y semilla, resaltando el potencial de estos componentes.

Además, este enfoque no solo contribuye a la reducción del impacto ambiental asociado con los residuos agroindustriales, sino que también promueve la economía local al generar oportunidades de empleo y diversificar la oferta alimentaria. Al alinear esta iniciativa con la Agenda Estratégica de Autosuficiencia Alimentaria del TecNM, se fortalecen los esfuerzos hacia la innovación sostenible en la agroindustria, fomentando prácticas que mejoran la viabilidad económica y ambiental en comunidades rurales como Huichapan, Hidalgo.

Referencias

1. Periódico Oficial del Estado de Hidalgo. (2024). Contexto General de Huichapan, Hidalgo. Recuperado de <https://periodico.hidalgo.gob.mx/documento>
2. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
3. Gobierno de México. (2019). Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/510853/Plan_Nacional_de_Desarrollo_2019-2024.pdf
4. Rodríguez, M., González, P., & Hernández, S. (2019). Propiedades funcionales de la *Opuntia ficus-indica*. *Journal of Agricultural Science*, 10(3), 123-136.
5. López, R., Ramírez, T., & Pérez, E. (2018). Innovación en la agroindustria para la sostenibilidad. *Revista de Economía Agrícola*, 15(2), 80-95.
6. Ruiz-Capillas, C., Herrero, A. M., Pintado, T., & Delgado-Pando, G. (2021). Sensory Analysis and Consumer Research in New Meat Products Development. *Foods*, 10(2), 429. <https://doi.org/10.3390/foods10020429>
7. Herrero, A. M., Pintado, T., & Delgado-Pando, G. (2021). Sensory Analysis and Consumer Research in New Product Development. *Foods*, 10(3), 582. <https://doi.org/10.3390/foods10030582>
8. Stone, H., & Sidel, J. L. (2004). *Sensory Evaluation Practices*. Elsevier.
9. Montgomery, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley & Sons.
10. Rodríguez, M., González, P., & Hernández, S. (2019). Propiedades funcionales de la *Opuntia ficus-indica*. *Journal of Agricultural Science*, 10(3), 123-136.
11. López, R., Ramírez, T., & Pérez, E. (2018). Innovación en la agroindustria para la sostenibilidad. *Revista de Economía Agrícola*, 15(2), 80-95.
12. Tecnológico Nacional de México (TecNM). (2024). Agenda Estratégica para la Autosuficiencia Alimentaria y el Rescate del Campo Mexicano. Tecnológico Nacional de México. Recuperado de [https://valledelnorte.com.mx/sitio/2024/03/08/tecnm-por-la-autosuficiencia-alimentaria-2-0/​;contentReference\[oaicite:0\]{index=0}](https://valledelnorte.com.mx/sitio/2024/03/08/tecnm-por-la-autosuficiencia-alimentaria-2-0/​;contentReference[oaicite:0]{index=0}).