



CIEN+TEC

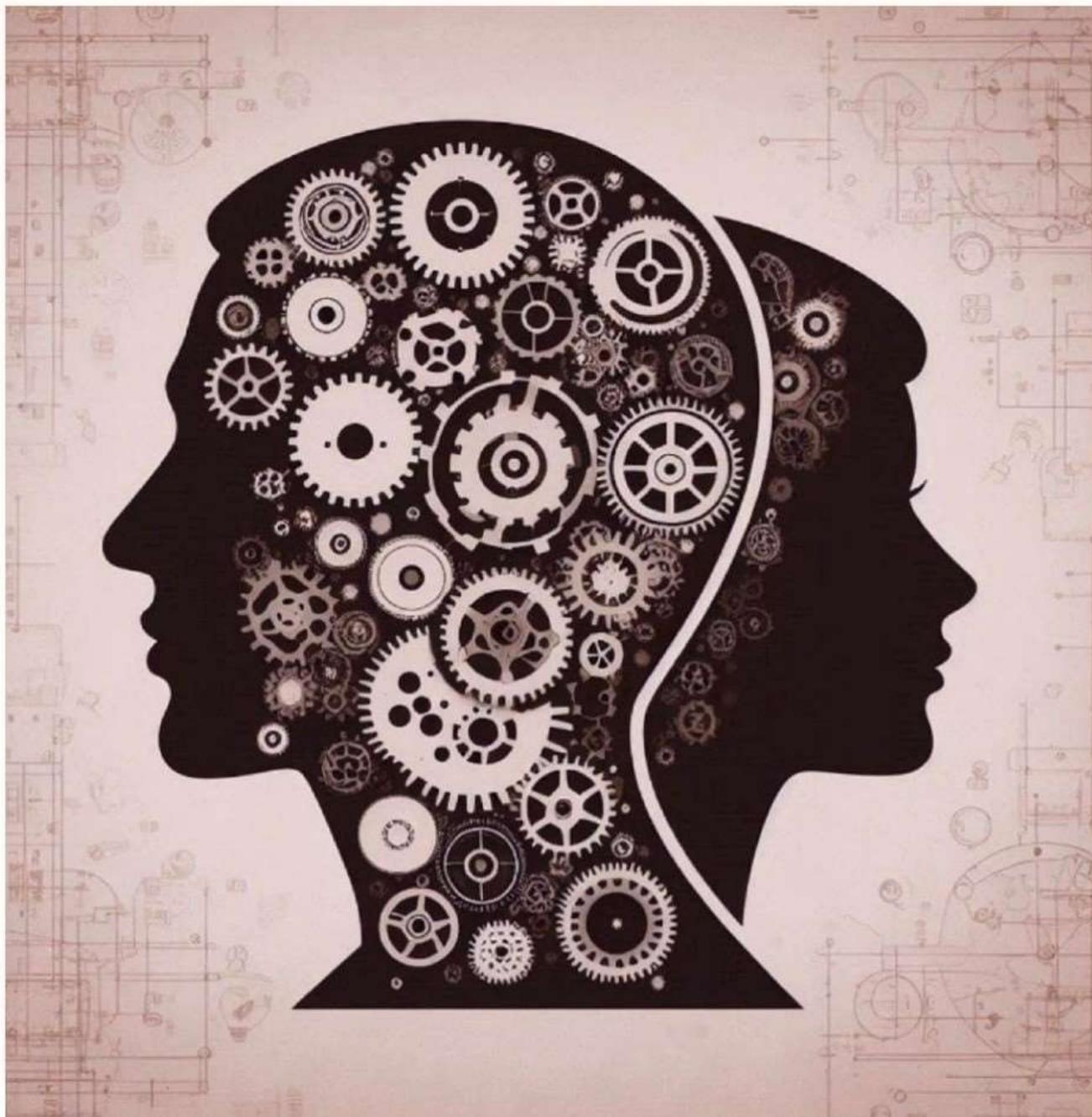
Ciencia, tecnología e innovación



UADY

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE YUCATÁN

Revista de difusión y divulgación



ISSN: En trámite

Volumen 2 · Número 1 · Julio de 2025

CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e Innovación

CUERPO EDITORIAL

Responsables Editoriales

Dr. David Betancur Ancona

Dr. Luis Chel Guerrero

Comité Técnico Editorial

Dr. Arturo Castellanos Ruelas

Dr. Eduardo Castañeda Pérez

Dr. Santiago Gallegos Tintoré

Dr. Wilbert Rodríguez Canto

Dr. Irving Sosa Crespo

Directivos de la Facultad de Ingeniería Química

M. en C. Maria Dalmira Rodríguez Martín

Directora de la Facultad

I.Q.I. Roger Bargas Interián

Secretario administrativo

M. en C. Ángel ramiro Trejo Irigoyen

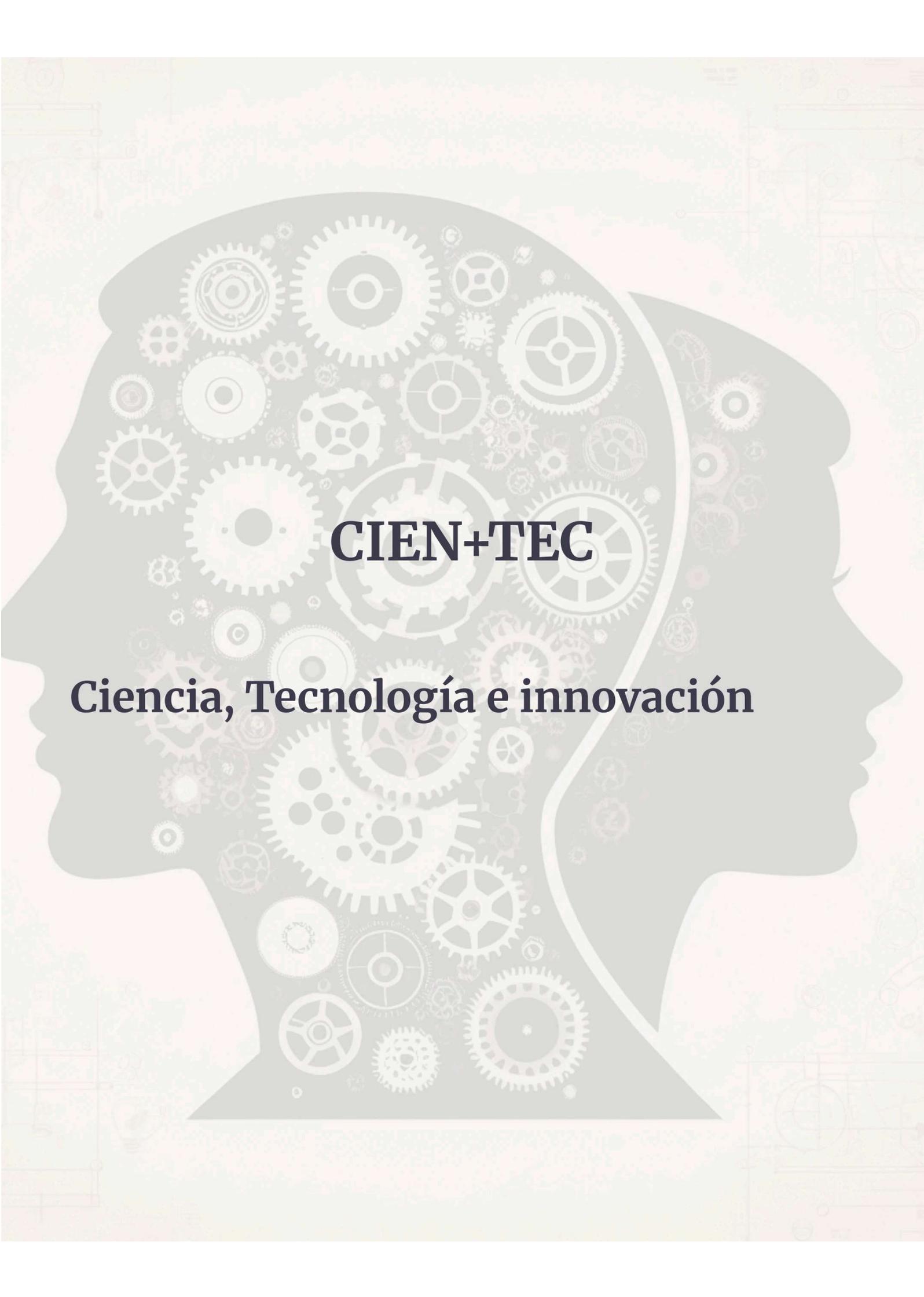
Secretario académico

Dra. Leydi Maribel Carrillo Cocom

Jefa de la Unidad de Posgrado e Investigación

Volumen 2. Número 1. Julio de 2025

correspondencia: cien.tec@correo.uady.mx



CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e innovación

Contenido

Página

Editorial

I

Propiedades de mezclas funcionales de almidones de frijol lima (*Phaseolus lunatus*) y yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y su incorporación en natillas

1–16

Autores: Novelo-Cen, Loraine; Tuyub-Puc, Dennis; Castellanos-Ruelas, Arturo; Chel-Guerrero, Luis; Betancur-Ancona, David

Películas biodegradables elaboradas a base del entrecruzamiento de almidón de maíz y galactomanano de flamboyán (*Delonix regia*) modificado con ácidos policarboxílicos

17–29

Autores: Ayala-Mena Lee Ann, Chalé-Cauich Gerardo, López-Sosa Gerardo, Olvera-Guerra Arend, Soberanis-Aké Jorge, Rodríguez-Canto Wilbert, Sosa-Crespo Irving

Efecto del método de secado en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de una botana de nopal (*Opuntia ficus-indica*) osmodeshidratado

30–43

Autores: Cetina-Pino Montserrat, Hernández-Manzanero Janeth Galilea, Medina-May Samantha Berenice, Monterroza-Córdova Salvador, Poot-Chan Layla Alexandra, Rolli-Martínez Yax Men Johannes, Salazar-Hu Miquel de Jesús, Castañeda-Pérez Eduardo

Desarrollo de una pasta tipo tallarines utilizando harinas de ibes (*Phaseolus lunatus*) y de quinoa (*Chenopodium quinoa*)

44–57

Autores: Calderón-Alcocer Juan Carlos, D'Mata-Puc Abraham José, Gallardo-de la Cruz Brian Alexis, Córdova-Axel Alfredo, Méndez-Martínez Nicolás Alejandro, Uc-Gómez Jorge Luis de Jesús, Gallegos-Tintoré Santiago

Propiedades funcionales de películas elaboradas a partir de goma de semilla de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) con distintos grados de pureza

58–71

Autores: Pérez María del Carmen, Martínez Sánchez Carla, López Ramírez Alejandra, Tec-Pool José, Rodríguez-Canto Wilbert

¿Cuáles son las diez tendencias actuales de la Ingeniería en Alimentos?

72–78

Autor: David Betancur-Ancona

El Misterio de los Frijoles Mágicos: Una Nueva Aventura

79–87

Autor: Eduardo Castañeda Pérez

EDITORIAL

Nos complace presentar la segunda edición de CIEN+TEC, una revista que continúa consolidándose como un espacio de divulgación científica y tecnológica, impulsada por el talento de estudiantes y profesores de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán, bajo la coordinación del Cuerpo Académico de Desarrollo Alimentario (CADA).

En esta nueva entrega, se abordan temas de gran relevancia y actualidad en el ámbito de la ingeniería alimentaria y de materiales, como el desarrollo de mezclas funcionales de almidones, películas biodegradables a partir de recursos locales, botanas saludables, pastas sin gluten, y biopolímeros innovadores. Además, se incluyen una reflexión sobre las tendencias emergentes en la ingeniería de alimentos y un cuento científico que combina creatividad y conocimiento.

Cada artículo refleja el compromiso de nuestra comunidad académica con la investigación aplicada, la sostenibilidad y la innovación. A través de esta revista, buscamos no solo compartir avances científicos, sino también inspirar a nuevas generaciones a explorar, cuestionar y transformar su entorno mediante la ciencia.

Agradecemos profundamente a los autores por su entusiasmo y dedicación, así como a nuestros lectores por acompañarnos en este esfuerzo colectivo. Los invitamos a sumergirse en estas páginas con curiosidad y espíritu crítico.

¡Gracias por ser parte de este viaje hacia el conocimiento y la transformación!

Los editores

Dr. David Betancur Ancona

Dr. Luis Chel Guerrero

Propiedades de mezclas funcionales de almidones de frijol lima (*Phaseolus lunatus*) y yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y su incorporación en natillas

Properties of functional blends of lima bean (*Phaseolus lunatus*) and cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starches and their incorporation into custards

**Novelo-Cen, Loraine; Tuyub-Puc, Dennis; Castellanos-Ruelas, Arturo; Chel-
Guerrero, Luis; Betancur-Ancona, David**

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte Km. 33.5, Tablaje
Catastral 13615, Colonia Chuburná de Hidalgo Inn, 97203 Mérida, Yucatán, México. * E-mail:
bancona@correo.uady.mx

Resumen y Abstract

Resumen

El almidón de leguminosas y tubérculos en su estado nativo se usa de manera restringida por las deficiencias funcionales que desarrollan durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos, lo que hace necesario modificarlos física, química o enzimáticamente para subsanar dichas limitaciones. Una alternativa para evitar esto, es el uso de mezclas de almidones de distintas fuentes. En este trabajo se realizó la determinación de algunas características químicas y funcionales de los almidones de frijol lima (*P. lunatus*) y yuca (*M. esculenta*) y sus mezclas 25/75, 50/50 y 75/25; así como la incorporación de la mejor mezcla en la formulación de natillas.

Los almidones presentaron una pureza de 95 a 98% con un contenido de FDT mayor para el almidón de yuca (1.7%). La mezcla 25/75 fue seleccionada como la mejor ya que en ella, se suprimió por completo la retrogradación y la viscosidad fue alta (102 cP). Las natillas de almidón de yuca y la mezcla 25/75 resultaron ser más estables a la refrigeración ya que no presentaron sinéresis, siendo esta última, la que tuvo mayor aceptación por parte de los consumidores.

Palabras clave: Yuca, natillas, propiedades funcionales, mezclas de almidones, frijol Lima

Abstract

Native legume and tuber starches are subject to limited use due to the functional deficiencies they develop during food processing and storage. These deficiencies require physical, chemical, or enzymatic modifications. One alternative approach is to use blends of starches from different sources. This study determined some of the chemical and functional characteristics of lima bean (*P. lunatus*) and cassava (*M. esculenta*) starches and their 25/75, 50/50, and 75/25 blends. The best blend was also studied for inclusion in custard formulations.

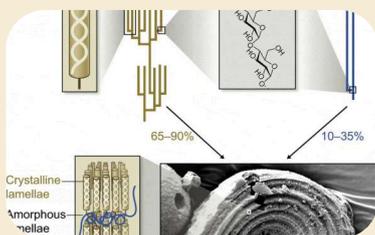
The starches showed a purity of 95–98%, with a higher TDF content for cassava starch (1.7%). The 25/75 blend was selected as the best because it completely suppressed retrogradation and had a high viscosity (102 cP). The cassava starch custard and the 25/75 blend were found to be more stable under refrigeration since they did not exhibit syneresis, the latter being the most widely accepted by consumers.

Key words: Cassava, custards, functional properties, Lima bean starch blends

Introducción

Composición y Funcionalidad del Almidón

Los almidones poseen valor energético, metabólico y nutricional, pero también destacan por sus propiedades tecnológicas que pueden aprovecharse en diversas aplicaciones industriales y alimentarias.



Estructura y Composición

Químicamente el almidón es una mezcla de dos polisacáridos, la amilosa (17-27%) y el resto de amilopectina. Ambos influyen de manera determinante en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos, principalmente por su capacidad de hidratación y gelatinización (Toutounji et al., 2019).

Propiedades Funcionales

Las propiedades funcionales son las propiedades fisicoquímicas fundamentales que reflejan la compleja interacción entre la composición, la estructura, la conformación molecular y las características fisicoquímicas de los componentes de los alimentos en conjunto con la naturaleza del medio ambiente en que encuentran particularmente con el agua (Ojo et al., 2017).

Modificación y Aplicaciones

Para poder mejorar y diversificar la aplicación de estas propiedades, generalmente se requiere modificar la forma nativa, ya sea física, química o enzimáticamente. La versatilidad de estos componentes vegetales han impulsado su uso para la elaboración de una amplia gama de productos naturales como parte de una dieta saludable (Khushairay et al., 2023).

Asimismo, el uso de mezclas de polisacáridos puede mejorar o estabilizar la funcionalidad de los hidrocoloides, como se estudia en el presente trabajo con los almidones de frijol lima y yuca.

Limitaciones y Alternativas del Almidón

En la industria, el almidón se utiliza en su forma nativa o modificada. Sin embargo, a pesar de su versatilidad como ingrediente y a sus numerosas propiedades funcionales; los almidones nativos han sido utilizados por muchos años de manera restringida en la industria de alimentos debido a las características que estos desarrollan una vez cocidos. Con la finalidad de superar las limitaciones que estos presentan, como son la inestabilidad bajo condiciones de procesamiento (calentamiento, bombeo, pH bajos), la tendencia a la retrogradación y la inestabilidad a ciclos de congelación y descongelación, se han desarrollado una serie de técnicas, con el fin de obtener derivados que presenten las características y propiedades funcionales requeridas para procesos específicos (Cornejo-Ramírez et al. 2018).

Limitaciones de almidones nativos

- Inestabilidad bajo condiciones de procesamiento
- Tendencia a la retrogradación
- Inestabilidad a ciclos de congelación y descongelación

Alternativa propuesta

Uso de mezclas de almidones de distintas fuentes para desarrollar productos "naturales" donde el almidón sea considerado ingrediente base y no aditivo.

Ventaja principal

Desarrollo de productos "naturales" sin necesidad de modificaciones químicas o enzimáticas, cumpliendo con tendencias actuales de consumo.

Una alternativa sería el uso de mezclas de almidones de distintas fuentes, lo cual sería una ventaja ya que la tendencia actual es la búsqueda de almidones naturales (nativos) con el fin de desarrollar nuevos productos hoy llamados "naturales", en los cuales el almidón no sea considerado como aditivo, sino como ingrediente base de fabricación y en donde la cantidad introducida en estos productos no está sometida a reglamentación.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar los cambios en algunas características químicas y tecnofuncionales de los almidones de frijol lima (*P. lunatus*) y yuca (*M. esculenta*) y sus mezclas en proporciones 25/75, 50/50 y 75/25; así como la incorporación de la mejor mezcla en la formulación de natillas.

Objetivos específicos



1. Caracterización química

Determinar la composición proximal y contenido de fibra dietética total de los almidones y sus mezclas.



2. Evaluación funcional

Analizar propiedades como retrogradación, claridad de geles y viscosidad aparente de los almidones y sus mezclas.



3. Aplicación en alimentos

Incorporar la mejor mezcla en la formulación de natillas y evaluar su comportamiento.



4. Evaluación sensorial

Determinar la aceptación de las natillas elaboradas con los diferentes almidones y la mezcla seleccionada.

Materiales y Métodos

Extracción de almidones y sus mezclas



Frijol Lima (*P. lunatus*)

Obtenidos de ejidos productores de Calkini, Campeche, México. Los granos fueron molidos hasta obtener una harina, procesada mediante fraccionamiento en húmedo según Oyeyinka et al. (2021). Se suspendieron lotes de 1 kg en agua destilada (1:6) ajustando el pH a 11 con NaOH 1N.



Yuca (*M. esculenta*)

Rizomas frescos obtenidos del municipio de Maxcanú, Yucatán. La extracción se realizó según modificación de Du et al. (2020), pelando manualmente los rizomas, cortándolos en cubos de 3 cm y remojándolos durante 30 min en solución de bisulfito de sodio (1500 ppm de SO₂) en relación 1:3 (p/v).



Preparación de Mezclas

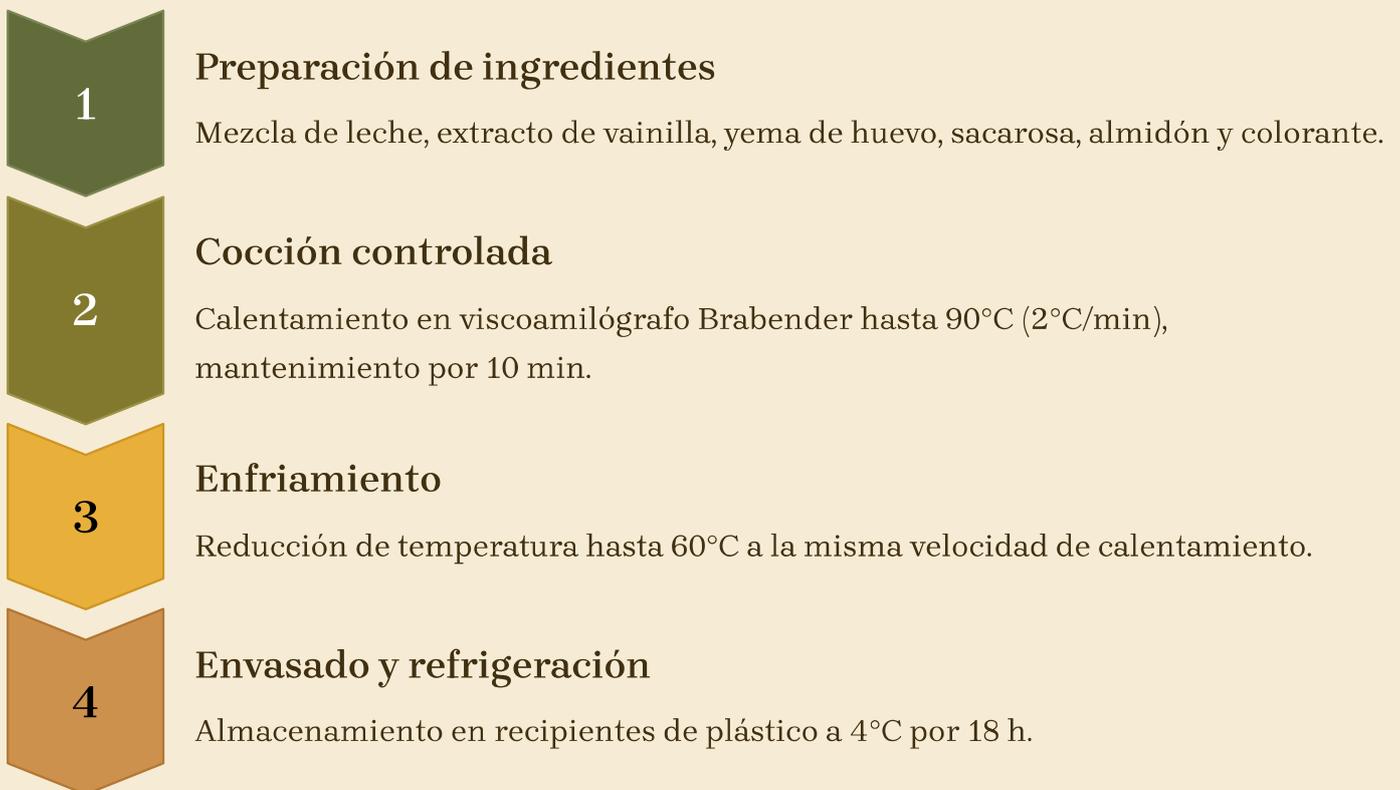
Las mezclas de ambos almidones se prepararon en proporciones de 0/100, 25/75, 50/50, 75/25 y 100/0 (*P. lunatus*/*M. esculenta*) utilizando un molino mezclador Kitchen. Posteriormente se procedió a su caracterización y evaluación de su comportamiento en natillas.

Caracterización química y funcional

A todas las mezclas de almidones se les determinó la composición proximal y el contenido de fibra dietética total (AOAC, 2019). Posteriormente se determinaron sus propiedades funcionales: retrogradación, claridad de los geles de almidón, viscosidad aparente se realizó con base en las metodologías reportadas por Huerta-Abrego et al., (2010) y Chel-Guerrero et al. (2022).

Elaboración de natillas

Se elaboraron natillas para las cuales se utilizó la mezcla de almidones que resultó tener las mejores propiedades funcionales y se comparó con los productos elaborados con los almidones nativos de *P. lunatus* y *M. esculenta*. Se utilizó una formulación indicada preparada a base de leche entera líquida (81.9%), extracto de vainilla Deiman (1.1%), yema de huevo (0.44%), sacarosa (11.04%) y almidón (5.52%). Como colorante se utilizó amarillo huevo Deiman (5 mL/400mL de mezcla).



Evaluación de Productos

Las natillas elaboradas fueron sometidas a diferentes pruebas para evaluar su calidad y aceptabilidad.



Evaluación sensorial

Las natillas elaboradas se evaluaron sensorialmente por medio de un panel de 80 jueces no entrenados, los cuales señalaron el nivel de agrado o desagrado mediante una escala hedónica estructurada de siete puntos descriptores, en los que se puntualizó la característica de agrado. Dicha escala contó con un indicador del punto medio con el fin de proporcionarle a cada juez consumidor la facilidad de encontrar un punto de indiferencia al producto (García et al., 2017).

Se proporcionó a cada juez los tres productos elaborados y este experimento se realizó basándose en un diseño estadístico con una distribución completamente al azar. El factor a evaluar fue el tipo de almidón con el cual se elaboraron las natillas.



Estabilidad de los productos

A las natillas elaboradas se les determinó la estabilidad a la refrigeración que fue evaluada midiendo durante 5 días y por periodos de 24 h, el volumen de líquido separado del producto almacenado a 4°C.



Análisis estadístico

Los análisis de caracterización química y funcional se realizaron por triplicado. Se realizó un estudio estadístico para determinar las medidas de tendencia central y dispersión de los datos obtenidos. Para conocer si existió diferencia entre las mezclas y los resultados obtenidos de la evaluación sensorial, se realizó un análisis de varianza de una vía y una comparación de medias por método de Duncan, de acuerdo a los métodos señalado por Montgomery (2020), utilizando el paquete estadístico Statgraphics Plus versión 2.1.

Resultados y Discusión

Composición química

Los almidones analizados exhibieron una elevada pureza, evidenciada por su alto contenido de extracto libre de nitrógeno (ELN), junto con concentraciones reducidas de proteínas, cenizas, grasa y fibra. El contenido de fibra dietética total (FDT) determinado para el almidón de frijol lima (1.25%) resultó ligeramente inferior al obtenido en el almidón de yuca (1.74%), mientras que las mezclas presentaron valores intermedios que se encuentran dentro de los rangos reportados para almidones nativos de otras fuentes botánicas.

Formulaciones de las mezclas de almidones

Componente (% base seca)	<i>P. lunatus</i>	25/75	50/50	75/25	<i>M. esculenta</i>
(Humedad)	11.93	12.47	11.82	11.61	12.72
Cenizas	0.04	0.31	0.23	0.11	0.34
Proteína	0.10	0.05	0.10	0.10	0.05
Grasa cruda	0.12	0.13	0.13	0.12	0.16
FDT	1.25	2.30	2.15	1.63	1.74
E.L.N	98.49	97.21	97.39	98.04	97.71

Este comportamiento puede atribuirse a las características estructurales de ambos almidones, tanto el de yuca como el de frijol lima, los cuales presentan un patrón de difracción tipo C. Durante el tratamiento térmico aplicado en la determinación de FDT, estos almidones experimentan un proceso de retrogradación que induce la formación de una estructura cristalina tipo B. Los gránulos con este tipo de difracción poseen un empaquetamiento supramolecular específico (Govindaraju et al., 2021) que dificulta la interacción enzima-sustrato necesaria para el proceso hidrolítico empleado en la cuantificación de FDT, lo que podría explicar los valores observados en las diferentes mezclas.

Propiedades Funcionales

Las propiedades funcionales de los almidones de frijol lima (*Phaseolus lunatus*) y yuca (*Manihot esculenta*) muestran características distintivas cuando se analizan puros y en mezclas de diferentes proporciones.



Retrogradación

El almidón de frijol lima presentó el mayor grado de sinéresis (8.35 mL agua/50 mL gel). Al mezclarlo con almidón de yuca, la retrogradación disminuyó progresivamente hasta suprimirse por completo en la mezcla 25% frijol/75% yuca.

Este fenómeno se debe al alto contenido de amilosa en el frijol lima, que precipita rápidamente durante la gelificación y favorece el desarrollo de rigidez al enfriarse.

El tamaño de las cadenas de amilosa y amilopectina juega un papel crucial en estas propiedades funcionales, explicando la sinergia observada en las mezclas de ambos almidones.



Claridad del Gel

El almidón de yuca mostró la mayor transparencia (51.76 %T), mientras que el frijol lima presentó la menor (23.84 %T). Las mezclas exhibieron valores intermedios, incrementándose la claridad a mayor proporción de almidón de yuca.

La mezcla 25/75 alcanzó un 43.93 %T, siendo la combinación más efectiva para mejorar la transparencia del gel.



Viscosidad Aparente

El almidón de frijol lima mostró la mayor viscosidad aparente (125.5 cp), significativamente superior ($p < 0.05$) a las demás muestras. Todas las mezclas y el almidón de yuca presentaron valores similares entre 99.8 y 105 cp.

La reducción en la viscosidad de las mezclas podría atribuirse al tamaño de las cadenas de amilosa y amilopectina de ambos almidones.

Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial de las natillas se realizó con una escala hedónica de 9 puntos, enfocándose en color, textura, sabor y aceptación general para comparar las distintas mezclas de almidón de frijol lima y yuca.



Color atractivo

Las natillas con mayor proporción de almidón de yuca presentaron una coloración brillante y translúcida, valorada positivamente por el panel.



Textura cremosa

Las mezclas 25-50% de frijol lima y 75-50% de yuca ofrecieron la mejor textura: cremosa, suave y con mínima sinéresis.



Percepción de sabor

No hubo diferencias significativas en sabor; las formulaciones con más yuca fueron consideradas ligeramente más neutras y agradables.



Aceptación general

La mezcla 25% frijol/75% yuca fue la favorita del 70% del panel, destacando en apariencia y textura.

En conjunto, la combinación de ambos almidones optimizó la aceptación sensorial, y la mezcla 25/75 se consideró la más balanceada.

Estabilidad a la refrigeración

La estabilidad durante el almacenamiento refrigerado es un factor crítico para productos alimenticios tipo gel:



Almidón de Yuca

Alta estabilidad durante refrigeración sin presentar sinéresis significativa, ideal para productos refrigerados.



Mezcla 25/75 (Frijol/Yuca)

Comportamiento estable similar al almidón de yuca puro, demostrando las ventajas de esta proporción específica.



Almidón de Frijol Lima

Presentó sinéresis desde el primer día (8.55 mL de agua separada), no recomendable para productos que requieran almacenamiento refrigerado.

La sinéresis es una propiedad indeseable en alimentos tipo gel, ya que produce separación entre las fases líquida y sólida. Esta separación afecta negativamente la calidad del producto final, alterando su textura, apariencia y estabilidad.

Esta sinéresis puede ocurrir debido a diversos factores, como la formulación del producto, el procesamiento, el almacenamiento y las condiciones ambientales. Es importante entender y controlar estos factores para minimizar la ocurrencia de este fenómeno y mantener la integridad y la calidad del alimento.

Referencias

- Almidón de Yuca. (1998). *Cassava development in Latin America and the Caribbean*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/x5032e/x5032E00.htm>
- Arroyo-Dagobeth, E. D., Figueroa-Flórez, J. A., Cadena-Chamorro, E., Rodríguez-Sandoval, E., Salcedo-Mendoza, J. G., & Cervera-Ricardo, M. A. (2023). Structural, physicochemical, and pasting properties of native cassava (*Manihot esculenta*) and yam (*Dioscorea alata*) starch blends. *Agronomía Colombiana*, 41(3), e110111.
- Association of Official Analytical Chemists. (2019). *Official methods of analysis of AOAC International* (21a ed.). AOAC.
- Betancur-Ancona, D., García-Cervera, E., Canizares-Hernández, E., & Chel-Guerrero, L. (2002). Chemical modification of lima bean (*Phaseolus lunatus*) starch by succinylation. *Starch/Stärke*, 54(11), 540-546.
- Cornejo-Ramírez, Y. I., Martínez-Cruz, O., Del Toro-Sánchez, C. L., Wong-Corral, F. J., Borboa-Flores, J., & Cinco-Moroyoqui, F. J. (2018). The structural characteristics of starches and their functional properties. *CyTA - Journal Of Food*, 16(1), 1003-1017.
- FAO. (1998). *Cassava development in Latin America and the Caribbean*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/x5032e/x5032E00.htm>.
- Hoover, R., Hughes, T., Chung, H. J., & Liu, Q. (2010). Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. *Food Research International*, 43(2), 399-413.

- Marín, L. I., Muñoz, L. A., & Restrepo, D. (2009). *Aislamiento y caracterización de almidones nativos a partir de variedades de yuca (Manihot esculenta Crantz)*. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 62(2), 4891-4900.
- Martínez, M. C., & Tovar, S. R. (2018). *Propiedades funcionales de almidón de yuca modificado químicamente*. Revista Colombiana de Química, 47(1), 11-18.
- Muñoz, L. A., Cobos, A., Diaz, O., & Aguilera, J. M. (2012). *Chickpea starch as an ingredient in food industry*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 52(3), 282-293.
- Obinna-Echem, P. C., & Torporo, V. N. (2022). *Functional and pasting properties of cassava starch-legume protein composite for food applications*. Food Science & Nutrition, 10(1), 120-128.
- Ospina, B., & Wheatley, C. C. (1991). *Efforts in Latin America to broaden the use of cassava*. Roots, 1(2), 2-7.
- Restrepo, B. S., & García, C. M. (2009). *La yuca y sus productos: alternativas para la alimentación*. Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 10(2), 82-89.
- Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N. S., & Gill, B. S. (2003). *Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources*. Food Chemistry, 81(2), 219-231.



CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e Innovación

**Películas biodegradables
elaboradas a base del
entrecruzamiento de almidón de
maíz y galactomanano de
flamboyán (*Delonix regia*)
modificado con ácidos
policarboxílicos**

**Biodegradable films based on
crosslinking of corn starch and
flamboyant (*Delonix regia*)
galactomannan modified with
polycarboxylic acids**

**Ayala-Mena Lee Ann, Chalé-Cauich Gerardo, López-Sosa Gerardo, Olvera-Guerra
Arend, Soberanis-Aké Jorge, Rodríguez-Canto, Wilbert y Sosa-Crespo Irving.**

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán. Periférico Norte, km 33.5, Campus de
Ciencias Exactas e Ingenierías. Mérida, Yucatán, México, C.P. 97203

Resumen y Abstract

Resumen

El incremento del impacto ambiental por polímeros plásticos en alimentos es una problemática mundial, por lo que es relevante emplear sustancias biodegradables que sustituyan estos empaques. La finalidad de esta investigación fue elaborar películas a base del entrecruzamiento de gomas (galactomananos) de semillas y almidón para su potencial aplicación en la industria alimentaria. Se extrajeron gomas de *Delonix regia* hasta obtener una suspensión homogénea para realizar el entrecruzamiento con almidón comercial de maíz.

Se elaboraron seis tipos de coberturas adicionando 0, 5 y 10% de ácido cítrico; se determinó su color, solubilidad y ángulo de contacto. El rendimiento de las gomas fue de 17%; las películas con glicerol presentaron mayor porcentaje de color (80%); las coberturas con y sin glicerol con 0% de ácido cítrico, así como las elaboradas con glicerol y 5% del ácido fueron parcialmente solubles en agua. Las películas adicionadas con plastificante presentaron mayor ángulo de contacto, ofreciendo posibilidades de aplicación en alimentos.

Palabras clave:

Entrecruzamiento, biopolímeros, ácido cítrico, gomas, almidón, semillas.

Abstract

The increasing environmental impact of plastic polymers in food is a global issue, being important to use biodegradable substances to replace these packages. The aim of this research was to develop films based on the cross-linking of seed gums (galactomannans) and starch for potential application in the food industry. Gums from *Delonix regia* were extracted until a homogeneous suspension was obtained, which was then cross-linked with commercial corn starch.

Six types of coatings were produced adding 0, 5 and 10% of citric acid; their color, solubility and contact angle were determined. The gum yield was 17%; films with glycerol showed the highest percentage of color (80%); coatings with and without glycerol with 0% citric acid, as well as those made with glycerol and 5% acid were partially soluble in water. Films with plasticizer exhibited the highest contact angle, offering potential applications in food.

Keywords:

Crosslinking, biopolymers, citric acid, gums, starch, seeds.

Introducción



Películas Comestibles: Conservación Moderna

Una de las herramientas modernas más utilizadas para mejorar las propiedades y optimizar la conservación de los alimentos, es la aplicación de películas y recubrimientos comestibles elaborados a partir de diversas fuentes de origen vegetal. Estas biopelículas pueden proporcionar valor añadido como minerales, colorantes y antioxidantes a los alimentos.



Alternativa al Plástico Tradicional

Las coberturas elaboradas a partir de una sola materia prima como proteínas, fibra o almidón presentan propiedades muy particulares. Las películas formuladas con la combinación y entrecruzamiento de distintas fuentes ofrecen funcionalidades que dependen de la interacción entre los componentes, el producto alimenticio y las condiciones ambientales.



Flamboyán: Recurso Local Innovador

Una alternativa innovadora con potencial beneficioso para productores locales de Yucatán, es el uso del árbol de flamboyán (*Delonix regia*). El flamboyán produce un mucílago denso de goma hidrosoluble; sus semillas contienen gomas que se han utilizado en la industria alimentaria y en farmacia debido a que son fuentes biodegradables y biocompatibles.

Características del Flamboyán, sus semillas y goma



Árbol Ornamental

El flamboyán (*Delonix regia*) es un árbol ornamental de la familia Fabaceae, nativo de Madagascar y el Este de África. Crece libremente en varias partes del mundo, incluyendo la península de Yucatán, donde ofrece un importante beneficio ecológico y valor decorativo por sus vistosas flores rojas.



Semillas y Goma Natural

De manera natural, produce un mucílago denso de goma hidrosoluble con un leve color amarillo o rojizo. Las semillas contienen vitaminas y minerales como calcio, fósforo, sodio, zinc y magnesio, además de importantes polisacáridos como los galactomananos.



Estructura Molecular

Los galactomananos están formados por cadenas de β -(1-4) de D-manopiranosas enlazadas con ramificaciones de α -(1-6) de D-galactopiranosas. Esta estructura les confiere propiedades como espesante y emulsificante en la industria alimentaria, con potencial para desarrollar películas biodegradables mediante entrecruzamiento con almidón.



Objetivo

Objetivo General

Evaluar las propiedades de solubilidad, color y área de contacto de películas biodegradables, elaboradas mediante el entrecruzamiento de almidón de maíz comercial y galactomanano obtenido de semillas de *Delonix regia*, con la adición de diferentes concentraciones de ácido cítrico para su posible aplicación en la industria alimentaria.

Importancia del Estudio

El desarrollo de películas biodegradables representa una alternativa sostenible para reducir el impacto ambiental causado por los empaques plásticos convencionales en la industria alimentaria.

Innovación

La utilización de recursos locales como el flamboyán, abundante en la península de Yucatán, para la obtención de galactomananos que puedan ser empleados en la elaboración de películas biodegradables.

Materiales y Métodos

Obtención de almidón comercial



Se utilizó fécula de maíz de la marca comercial Maizena®, obtenida de dos diferentes supermercados de Mérida, Yucatán, considerándose un muestreo aleatorio para la elección del almidón a emplear.



Obtención de galactomanano nativo

Las semillas fueron hidratadas con agua destilada mediante agitación constante durante 5 h a 80°C. Se realizó un corte longitudinal para la extracción manual del endospermo y mezclado con agua destilada. La mezcla fue triturada, diluida, agitada mecánicamente y filtrada. El galactomanano fue precipitado con etanol, secado, molido y tamizado.

Elaboración de películas



Se prepararon suspensiones independientes de almidón y galactomanano que fueron mezcladas en relación 1:1. Se obtuvieron seis mezclas: tres con 15% de glicerol y tres sin él, adicionando ácido cítrico en concentraciones de 0, 5 y 10% a cada grupo. Las suspensiones fueron vertidas en cajas de Petri y secadas a 95°C por 24 h.



Análisis de propiedades

Se determinó el color mediante un método de reflectancia, la solubilidad por inmersión en agua durante 24 horas, y el ángulo de contacto mediante la técnica de la gota sésil utilizando un goniómetro estándar.

Resultados y Discusión

Obtención de Películas

El rendimiento de la goma de flamboyán fue de 17%, valor que fue menor a lo establecido en la literatura por Ramirez-Ortíz, et al., (2023), quienes demostraron un valor de 28%, siendo para esta investigación, 11% menor. Esta diferencia podría atribuirse a factores no controlables como el estado físico de las semillas, el proceso de extracción y el manejo de laboratorio.

Se generaron seis tipos de películas flexibles y transparentes con un color ligeramente amarillo:



Sin ácido cítrico (0%)

Dos películas: una con glicerol como plastificante y otra sin glicerol.



Con 5% de ácido cítrico

Dos películas: una con glicerol como plastificante y otra sin glicerol.



Con 10% de ácido cítrico

Dos películas: una con glicerol como plastificante y otra sin glicerol.

Las muestras fueron almacenadas en un desecador hasta su ensayo para mantener sus propiedades intactas y evitar la absorción de humedad ambiental que pudiera afectar los resultados de las pruebas posteriores.

Coloración de Películas

Los resultados demostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la coloración de las películas según su composición:



Películas con glicerol

Las películas adicionadas con glicerol como plastificante presentaron mayor porcentaje de color, manteniendo su transparencia y flexibilidad.



Películas sin glicerol

Las coberturas sin la adición de glicerol, especialmente con 5% de ácido cítrico, mostraron el menor porcentaje de coloración.



Películas con 10% ácido cítrico

Las coberturas con 10% de ácido cítrico y glicerol desarrollaron mayor porcentaje de color amarillo, atribuible al endospermo de la semilla de flamboyán.

El color tenue y la transparencia de estas películas representan características importantes para la aceptación del consumidor, ya que permiten visualizar los productos cuando se emplean como empaque. La coloración amarillenta puede atribuirse tanto al color natural del endospermo de la semilla de flamboyán como a la etapa de vida de la semilla utilizada.

Solubilidad de las Películas

Las películas con y sin glicerol con 0% de ácido cítrico añadido, así como las coberturas elaboradas con glicerol y 5% del ácido en cuestión, obtenidas del entrecruzamiento almidón-galactomanano, fueron parcialmente solubles en agua. Mientras tanto, las películas sin glicerol con 5% del ácido tricarbóxico y las de 10% con la presencia y ausencia de plastificante, fueron insolubles con dicho solvente.

Estos resultados indicaron que, a mayor concentración de ácido cítrico adicionado a las películas, mayor fue el efecto de insolubilidad, debido probablemente al entrecruzamiento entre sus componentes. De manera general, se pudo observar que las películas con plastificante fueron parcialmente solubles respecto a aquellas a que las que no se le adicionó glicerol.

Películas Parcialmente Solubles

- Con glicerol + 0% ácido cítrico
- Sin glicerol + 0% ácido cítrico
- Con glicerol + 5% ácido cítrico

Películas Insolubles

- Sin glicerol + 5% ácido cítrico
- Con glicerol + 10% ácido cítrico
- Sin glicerol + 10% ácido cítrico

La insolubilidad presentada por ciertas coberturas podría representar un efecto beneficioso para ciertos alimentos, brindando efectivas propiedades de barrera como la pérdida de humedad y la permeabilidad al oxígeno.

Ángulo de Contacto

Los resultados demostraron que independientemente de la concentración del ácido cítrico añadido, el ángulo de contacto de las películas sin glicerol absorbió el agua y las elaboradas con el plastificante repelieron el agua al contacto. Esto probablemente indicó que el ácido tricarbóxico empleado no afectó en la medición del ángulo de contacto.

Películas con Glicerol

Los ángulos de contacto correspondientes a las películas con glicerol presentaron valores mayores a 90° , lo que indica que es un sólido hidrófobo, por lo que repele el agua al contacto.



Películas sin Glicerol

Las coberturas que presentaron ángulos menores a 90° fueron capturados a partir de las muestras sin glicerol, lo cual se debe a la afinidad de las películas de almidón-galactomanano por el agua, indicando con esto que se trata de un sólido hidrofílico.



Los valores de ángulo de contacto presentado por el estudio actual concuerda con lo mencionado por Yuan and Lee (2013) que estableció que ángulos de contacto menores de 90° indican que la humectabilidad es favorable, mientras que ángulos mayores a 90° indican lo contrario.

Conclusiones

Las películas obtenidas con el proceso de entrecruzamiento almidón-galactomanano demostraron ser materiales versátiles con potencial aplicación en la industria alimentaria y de empaques. Su capacidad hidrofílica, estabilidad y biodegradabilidad, las convierten en una interesante opción para el desarrollo de soluciones respetuosas y sostenibles para el medio ambiente.



Propiedades Versátiles

Las películas presentaron características variables de color, solubilidad y ángulo de contacto dependiendo de la formulación, lo que permite su adaptación a diferentes aplicaciones alimentarias.



Alternativa Sostenible

Representan una opción biodegradable frente a los empaques plásticos convencionales, contribuyendo a la reducción del impacto ambiental.



Áreas de Oportunidad

Queda abierta la posibilidad de seguir investigando para caracterización, propiedades mecánicas y métodos de aplicación de estas coberturas a diversos alimentos.

Se debe tomar en cuenta el tiempo de fabricación y la cantidad de materia prima necesaria para la elaboración de estas coberturas biodegradables, factores que podrían influir en su viabilidad comercial a gran escala.

Referencias

- Delgado-Alvarado, A., Heredia-García, E., & Villaseñor-Ortega, F. (2014). Galactomananos de semillas de leguminosas: estructura, extracción y aplicaciones. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20(3), 213-222.
- Guimarães, J. L., Wypych, F., Saul, C. K., Ramos, L. P., & Satyanarayana, K. G. (2010). Studies of the processing and characterization of corn starch and its composites with banana and sugarcane fibers from Brazil. *Carbohydrate Polymers*, 80(1), 130-138.
- Reddy, N., & Yang, Y. (2010). Citric acid cross-linking of starch films. *Food Chemistry*, 118(3), 702-711.
- Santacruz, S., Rivadeneira, C., & Castro, M. (2015). Edible films based on starch and chitosan: Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment. *Food Hydrocolloids*, 49, 89-94.
- Versino, F., López, O. V., García, M. A., & Zaritzky, N. E. (2016). Starch-based films and food coatings: An overview. *Starch-Stärke*, 68(11-12), 1026-1037.
- Yuan, Y., & Lee, T. R. (2013). Contact angle and wetting properties. *Surface Science Techniques*, 51, 3-34.
- Zhang, Y., & Han, J. H. (2006). Plasticization of pea starch films with monosaccharides and polyols. *Journal of Food Science*, 71(6), E253-E261.



CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e Innovación

Efecto del método de secado en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de una botana de nopal (*Opuntia ficus-indica*) osmodeshidratado

Effect of the Drying Method on the Physicochemical and Sensory Properties of an Osmodehydrated Nopal (*Opuntia ficus-indica*) Snack

Cetina-Pino Montserrat; Hernández-Manzanero, Janeth Galilea; Medina-May, Samantha Berenice; Monterroza-Córdova, Salvador; Poot-Chan, Layla Alexandra; Rolli-Martínez Yax Men Johannes; Salazar-Hu Miquel de Jesús; Castañeda-Pérez, Eduardo.

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías, Periférico Norte, Km 33.5, Tablaje Catastral 13615, Chuburná de Hidalgo Inn, Mérida C.P. 97203, Yucatán, México

Resumen y Abstract

Resumen

En este estudio se desarrolló una botana de nopal mediante deshidratación osmótica en soluciones de sacarosa (50° y 60° Brix) seguida de secado por estufa de convección o freidora de aire. Los resultados mostraron que el método de secado fue el factor más influyente en las características del producto final. Las botanas secadas en freidora de aire presentaron menor actividad de agua y humedad, con mejor aceptación sensorial. Sin embargo, ningún tratamiento alcanzó niveles satisfactorios de aceptación general, atribuyéndose al sabor intenso del nopal y la falta de condimentación adecuada. A pesar de esto, se sentó la base metodológica para una siguiente fase que debe enfocarse en el sabor y la optimización de los parámetros de secado para obtener un producto con buenas propiedades fisicoquímicas y atractivo sensorial.

Palabras clave: botana de nopal, secado osmótico, secado por convección, actividad de agua (aw), evaluación sensorial

Abstract

This study developed a nopal-based snack through osmotic dehydration in sucrose solutions (50° and 60° Brix) followed by drying in either a convection oven or an air fryer. Results indicated that the drying method was the most influential factor on the final product's characteristics. Air-fried snacks exhibited lower water activity and moisture levels, with better sensory acceptance. Nevertheless, none of the treatments achieved satisfactory overall acceptance, attributed to nopal's strong flavor and lack of adequate seasoning. However, it established the methodological base for the next phase, which should focus on flavor and optimizing drying parameters to achieve a product with good physicochemical properties and sensory appeal

Keywords: Nopal (Prickly Pear Cactus), osmotic dehydration, convection dehydration, water activity (aw), sensory evaluation

Introducción



Opuntia ficus-indica: Propiedades Medicinales

Opuntia ficus-indica, cactácea endémica de América comúnmente denominada nopal o tuna, se desarrolla adecuadamente en terrenos áridos o semiáridos donde la población lo utiliza como fuente de alimento y forraje. Los extractos de su cladodio (tallos modificados) han mostrado actividades hipolipidémicas, hipocolesterolémicas, antidiabéticas, hipoglucemiantes y antiinflamatorias. Además, el fruto es rico en polifenoles y betalainas, compuestos reconocidos por sus propiedades antioxidantes.



Cultivo en México

En México, el nopal existe tanto en forma silvestre como en cultivo programado. En 2014, la superficie total cosechada fue de 12,038 hectáreas, con una producción de 824,602 toneladas y una derrama económica de 1,600 millones de pesos mexicanos.



Composición Nutricional

Respecto a su composición, el nopal contiene 94% de agua, 1.32% de proteína y 3.3% de carbohidratos, donde 2.2% corresponde a fibra dietética, lo que contribuye a sus propiedades beneficiosas para la salud.

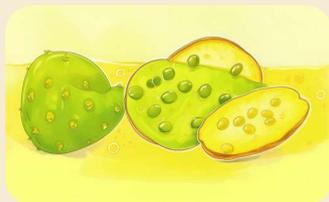
Propiedades y Conservación del Nopal

Propiedades Terapéuticas del Nopal



El nopal exhibe múltiples propiedades terapéuticas, incluyendo efectos hipoglucémicos, hipolipidémicos, antiinflamatorios, antigenotóxicos, antihipertensivos, inmunomoduladores, antivirales y antioxidantes. Estas propiedades beneficiosas se atribuyen principalmente a su elevado contenido de fibra dietética, destacando el mucilago como el componente principal de fibra soluble presente en esta cactácea.

Métodos de Conservación: Deshidratación Osmótica



Principios y Beneficios

Esta técnica constituye un método eficiente para la conservación de alimentos mediante la eliminación controlada de agua. El proceso incrementa significativamente la estabilidad microbiológica, reduce las reacciones químicas que provocan deterioro, y optimiza los costos asociados con el transporte, manejo y almacenamiento del producto (Barbosa-Cánovas et al., 2000).

Variables Críticas en el Proceso de Deshidratación



Parámetros Determinantes

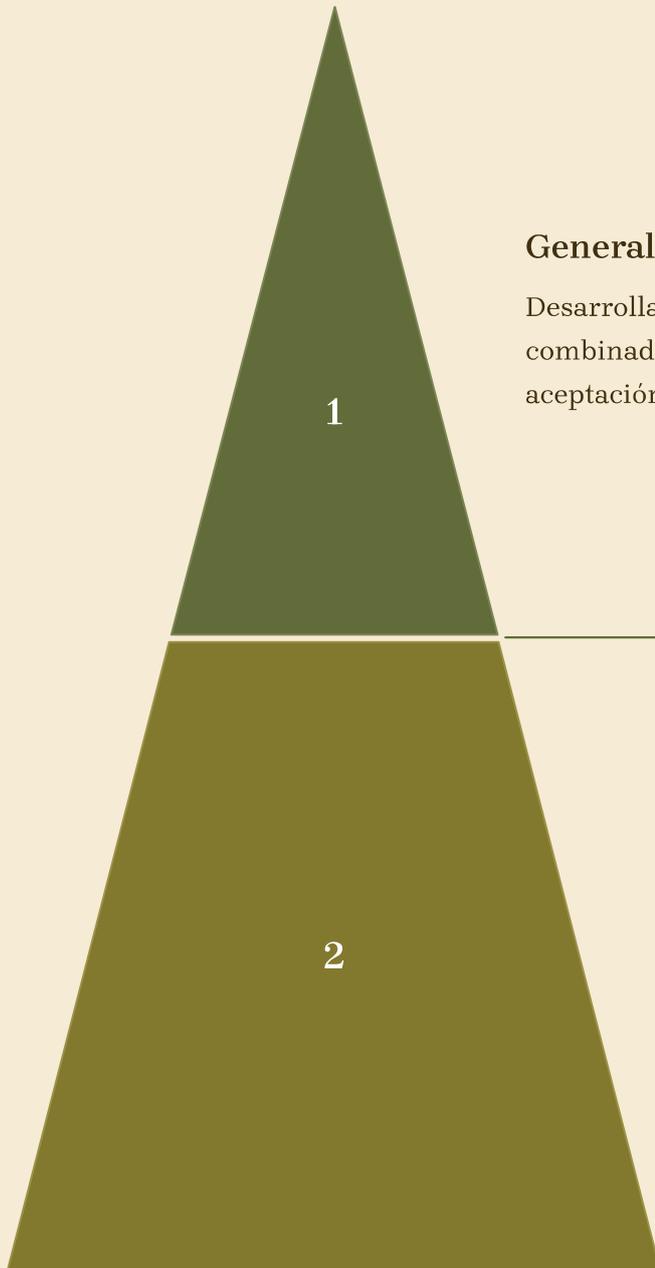
La eficacia del proceso de deshidratación osmótica está determinada por diversas variables críticas, entre las que destacan: la concentración de la solución osmótica, la naturaleza específica del soluto empleado, la temperatura de operación, las condiciones de presión aplicadas, y los tiempos de exposición durante el tratamiento (Rastogi & Raghavarao, 2004).

Enfoque Sinérgico: Combinación de Métodos



La integración estratégica de la deshidratación osmótica con métodos de secado convencionales representa una alternativa innovadora y prometedora para el desarrollo de productos alimenticios de calidad superior. Esta aproximación sinérgica

Objetivos



General

Desarrollar una botana de nopal utilizando métodos combinados de secado para obtener un producto con aceptación sensorial adecuada.

Específicos

- Aplicar secado osmótico como tratamiento inicial en el procesamiento del nopal
- Comparar dos métodos de secado complementarios: secado en estufa de convección y secado en freidora de aire
- Evaluar el efecto de la concentración de sacarosa en la solución osmótica sobre las características del producto final
- Determinar el método de deshidratación más efectivo para lograr la aceptación sensorial del producto

Materiales y Métodos

Materia Prima

Se utilizaron cladodios de nopal adquiridos en un supermercado de la ciudad de Mérida, Yucatán, México. Las espinas fueron retiradas y los cladodios se lavaron con agua corriente antes de ser cortados en tiras de 8 cm de largo por 1 cm de ancho.



Experimento de Secado

Se realizó una deshidratación osmótica preparando soluciones de 50 y 60°Brix con agua, sacarosa y 10 g de polvo de chile Tajín®. Las soluciones se calentaron a 80°C en baño maría durante 4 horas. Posteriormente, los cladodios fueron sometidos a dos tipos de secado convectivo: estufa de convección y freidora de aire, ambos a 140°C durante 30 minutos.

Análisis Fisicoquímico

Se determinó la humedad en base húmeda utilizando una balanza de humedad (Ohaus MB250, EE.UU.) y la actividad de agua con un equipo Aqualab v1.4 (EE.UU.). El experimento se realizó por triplicado.

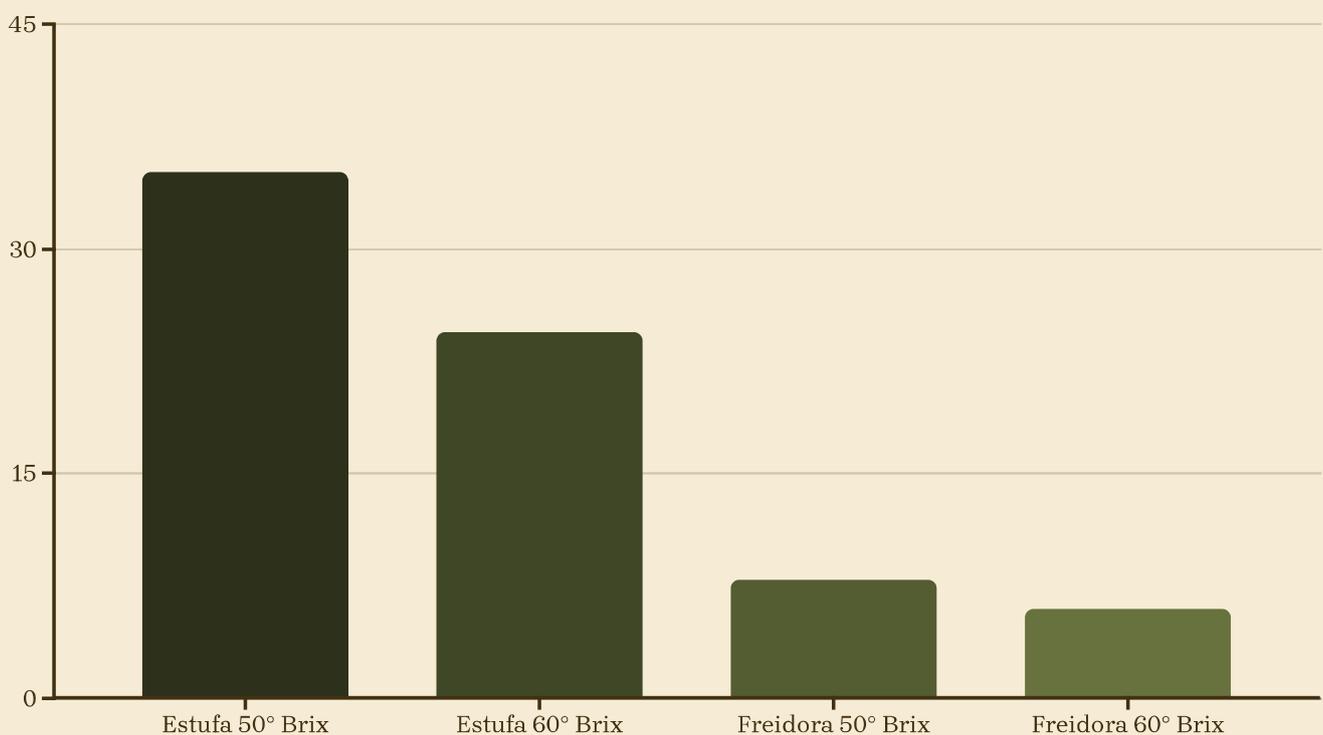
Evaluación Sensorial

Se realizó una prueba sensorial con 20 jueces no entrenados para determinar la aceptación de los tratamientos. Las características evaluadas fueron satisfacción, sabor, textura, apariencia general y recomendación de consumo, utilizando una escala hedónica de 10 puntos.

Resultados y Discusión

Humedad del Producto

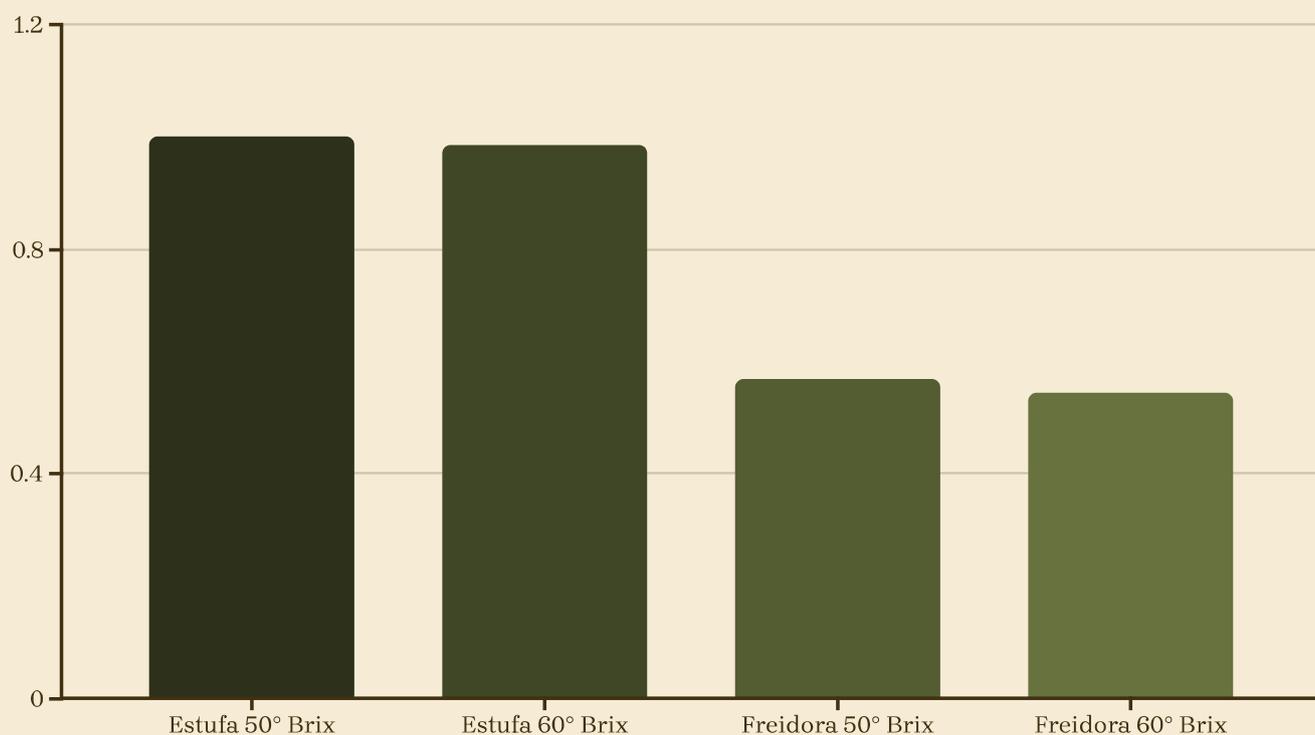
Los análisis de humedad y actividad de agua revelaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los métodos de secado aplicados. El nopal fresco reporta valores de humedad entre 90-95%.



El método de secado con freidora de aire fue significativamente más eficaz en la remoción de humedad, alcanzando valores inferiores al 8% en ambas concentraciones. En contraste, las muestras secadas en estufa mantuvieron humedades considerablemente más altas (24.38-35.09%), indicando un secado incompleto bajo las condiciones experimentales aplicadas.

El análisis de varianza confirmó que el tipo de secado ejerció mayor influencia en la humedad final que la concentración de la solución osmótica.

Actividad de Agua del Producto



Los valores de actividad de agua corroboraron los hallazgos de humedad. Las muestras procesadas en freidora de aire alcanzaron valores de aw inferiores a 0.57, situándose en el rango considerado seguro para el almacenamiento prolongado y la inhibición del crecimiento microbiano.

Por el contrario, las muestras secadas en estufa de convección presentaron actividades de agua cercanas o iguales a 1.0, indicando alta disponibilidad de agua libre y, consecuentemente, mayor susceptibilidad al deterioro microbiológico.

Evaluación Sensorial del Producto

La evaluación sensorial reveló diferencias notables entre los tratamientos aplicados, confirmando la superioridad del secado con freidora de aire en términos de aceptación del consumidor.

Atributo	Estufa 50° Brix	Estufa 60° Brix	Freidora 50° Brix	Freidora 60° Brix
Textura	3.25	3.75	5.05	5.85
Sabor	3.15	3.70	4.50	5.40
Satisfacción general	1.75	1.65	2.30	2.60
Apariencia	2.90	3.45	4.30	5.05
Recomendación	2.35	2.85	4.85	5.85

Los panelistas mostraron una clara preferencia por las muestras procesadas en freidora de aire, particularmente aquellas tratadas con solución osmótica de 60° Brix. Esta preferencia se manifestó consistentemente en todos los atributos evaluados, siendo la textura el factor más valorado (5.85 puntos) seguido de la recomendación de consumo (5.85 puntos).

Sin embargo, ningún tratamiento alcanzó puntuaciones satisfactorias en la escala hedónica aplicada (≥ 7 puntos), lo que indica limitaciones significativas en la aceptación general del producto.

Limitaciones del Producto Desarrollado

El análisis reveló tres limitaciones principales que afectaron la aceptación del producto:



Sabor Intenso

El sabor característico del nopal, potenciado por el proceso de deshidratación osmótica, resultó en un perfil sensorial que no cumplió con las expectativas de los consumidores habituados a botanas tradicionales.



Condimentación Insuficiente

La adición de 10 g de chile en polvo Tajín® a las soluciones osmóticas resultó insuficiente para contrarrestar el sabor dulce adquirido durante la deshidratación osmótica, creando un perfil de sabor dulce-salado que no fue bien aceptado.



Tiempo de Secado Inadecuado

El tiempo de secado de 30 minutos a 140°C, aunque suficiente para la freidora de aire, resultó inadecuado para la estufa de convección, afectando las propiedades fisicoquímicas y sensoriales, particularmente la textura.

Implicaciones y Perspectivas Futuras

El estudio de la botana de nopal osmodeshidratado reveló importantes hallazgos con impacto tanto tecnológico como comercial, además de abrir nuevas líneas de investigación.



Implicaciones Tecnológicas

Los resultados sugieren que, aunque el concepto de botana de nopal osmodeshidratado es técnicamente viable, requiere optimizaciones significativas. La freidora de aire demostró ser superior tanto en eficiencia de proceso como en aceptación sensorial.



Desafíos Comerciales

La alta actividad de agua obtenida con el secado en estufa de convección representa un obstáculo crítico para la comercialización, ya que compromete la estabilidad microbiológica y la vida útil del producto.



Perspectivas Futuras

Las futuras líneas de investigación deberían incluir la optimización de parámetros de proceso, evaluación de diferentes sistemas de condimentación, estudio de tratamientos que minimicen el sabor característico del nopal, implementación de diseños experimentales más robustos y caracterización nutricional completa.

Conclusiones

Factor Determinante

El método de secado demostró ser el factor más influyente en las características fisicoquímicas y sensoriales de la botana de nopal desarrollada.

Combinación Óptima

La deshidratación osmótica con soluciones de sacarosa a 60° Brix, seguida de secado en freidora de aire, representó la combinación de tratamientos más efectiva, aunque sin alcanzar niveles de aceptación comercialmente viables.

La freidora de aire se posiciona como la tecnología más prometedora para futuras investigaciones en esta línea de productos, ofreciendo un equilibrio adecuado entre eficiencia de proceso y calidad sensorial del producto final.

Superioridad de la Freidora de Aire

La freidora de aire resultó significativamente superior a la estufa de convección, logrando menores niveles de humedad (5.95-7.93%) y actividad de agua (0.543-0.568), así como mayor aceptación sensorial en todos los atributos evaluados.

Base Metodológica

El estudio estableció las bases metodológicas para el desarrollo de botanas de nopal, identificando áreas críticas de mejora que incluyen la optimización de sistemas de saborización, tiempos de proceso y formulaciones de condimentos.

Referencias

- Barbosa-Cánovas, G. V., Ortega-Rivas, E., Juliano, P., & Yan, H. (2000). *Food powders: Physical properties, processing, and functionality*. Springer.
- Otálora, M. C., Carriazo, J. G., Iturriaga, L., Nazareno, M. A., & Osorio, C. (2015). Microencapsulation of betalains obtained from cactus fruit (*Opuntia ficus-indica*) by spray drying using cactus cladode mucilage and maltodextrin as encapsulating agents. *Food Chemistry*, 187, 174-181.
- Rastogi, N. K., & Raghavarao, K. S. M. S. (2004). Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple: considering Fickian diffusion in cubical configuration. *LWT-Food Science and Technology*, 37(1), 43-47.
- Rodiles-López, J. O., Arroyo-Figueroa, G., & Fuentes-Ramírez, R. (2016a). Caracterización fisicoquímica de un producto tipo botana elaborado por extrusión a partir de maíz y harina de nopal. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 543-548.



CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e Innovación

Desarrollo de una pasta tipo tallarines utilizando harinas de ibes (*Phaseolus lunatus*) y de quinoa (*Chenopodium quinoa*)

Development of a noodle like pasta using ibes (*Phaseolus lunatus*) and quinoa flours (*Chenopodium quinoa*)

Calderón-Alcocer, Juan Carlos; D'Mata-Puc, Abraham José; Gallardo-de la Cruz, Brian Alexis; Córdova-Axel, Alfredo; Méndez-Martínez, Nicolás Alejandro; Uc-Gómez, Jorge Luis de Jesús; Gallegos-Tintoré, Santiago.

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías, Periférico Norte, Km 33.5, Tablaje Catastral 13615, Chuburná de Hidalgo Inn, Mérida C.P. 97203, Yucatán, México

Resumen y Abstract

Resumen

La quinoa es reconocida por su perfil completo de aminoácidos esenciales, mientras que los ibes o frijol lima, una leguminosa tradicional yucateca, aporta un alto contenido proteico. La combinación de ambos ingredientes podría mejorar el valor nutricional de una pasta sin comprometer sus propiedades sensoriales. Se elaboraron pastas con tres proporciones distintas de harina de ibes y quinoa (25/75, 50/50 y 75/25), utilizando tanto huevo entero como claras. Las muestras fueron evaluadas mediante análisis sensorial con 40 jueces no entrenados, y se realizaron determinaciones de humedad, grasa y proteína y color.

Los resultados mostraron que la formulación 75% ibes y 25% quinoa, elaborada con claras, presentó buena elasticidad, mejor manipulación y menor contenido de grasa en comparación con la pasta de trigo. Aunque la pasta tradicional fue mejor valorada sensorialmente, no se encontraron diferencias significativas en color ni elasticidad.

Palabras clave:

Valor nutricional, tallarines, quinoa, ibes, alimentos funcionales.

Abstract

Quinoa is recognized for its complete profile of essential amino acids, while ibes or lima beans, a traditional legume from Yucatan, provide a high protein content. The combination of both ingredients could enhance the nutritional value of pasta without compromising its sensory properties. Pastas were prepared with three different proportions of ibes and quinoa flour (25/75, 50/50, and 75/25), using both whole eggs and egg whites. The samples were evaluated through sensory analysis with 40 untrained judges, and moisture, fat, protein, and color were determined.

Results showed that the formulation with 75% ibes and 25% quinoa, made with egg whites, exhibited good elasticity, better handling, and lower fat content compared to wheat pasta. Although traditional pasta was rated higher in sensory evaluation, no significant differences were found in color or elasticity.

Keywords:

Nutritional value, noodles, quinoa, ibes, functional foods.

Introducción

En los últimos años, la industria alimentaria ha mostrado un creciente interés por el desarrollo de productos funcionales que no solo satisfagan las necesidades nutricionales básicas, sino que también aporten beneficios adicionales a la salud. La pasta, uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial, ha sido objeto de reformulación con el objetivo de mejorar su perfil nutricional. Tradicionalmente elaborada con sémola de trigo duro (*Triticum durum*), la pasta es rica en carbohidratos y fibra, pero presenta limitaciones en cuanto a su contenido proteico, especialmente por su bajo aporte de lisina, un aminoácido esencial.



Quinoa

Pseudocereal originario de los Andes con un perfil nutricional excepcional que contiene todos los aminoácidos esenciales. Su contenido proteico varía entre 11 y 20 g por cada 100 g, dependiendo de las condiciones de cultivo (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2018)..



Ibes (Frijol Lima)

Leguminosa tradicional de Yucatán con alto contenido proteico (hasta 29%). Es una fuente rica en lisina, complementando cereales como el trigo que carecen de este aminoácido esencial (Bojórquez-Balam et al., 2013)..



Pasta Enriquecida

Estudios han demostrado que la incorporación de harinas alternativas mejora significativamente el contenido proteico y mantiene una buena aceptación sensorial, especialmente en proporciones moderadas.

Sustitución de Sémola de Trigo con Leguminosas y Pseudocereales

Diversos estudios han explorado la sustitución parcial de la sémola de trigo por harinas de leguminosas y pseudocereales. Granito et al. (2014) evaluaron pastas enriquecidas con *Phaseolus vulgaris*, *Vigna sinensis* y *Cajanus cajan*, observando mejoras en el contenido de proteínas (hasta 26%), fibra soluble e insoluble (hasta 124%) y una reducción significativa en el contenido de grasa.



Estudios previos

Espinoza et al. (2018) desarrollaron una pasta enriquecida con harina de quinoa y puré de espinaca, encontrando que una sustitución del 10% ofrecía el mejor equilibrio entre valor nutricional y aceptación sensorial.



Quinoa: Rico en Aminoácidos

La quinoa contiene 0.776g de lisina y 0.167g de triptófano por cada 100g según USDA (2019), significativamente superior a la harina de trigo. El triptófano es precursor de serotonina y melatonina.



Ibes: Fuente Proteica Local

Los ibes aportan 0.59g de lisina y 0.30g de triptófano por cada 100g, contribuyendo a la producción de colágeno, función inmunológica (AEP, 2020) y superando el contenido en harina de trigo.

La justificación de este trabajo radica en la necesidad de desarrollar alimentos más nutritivos y funcionales que respondan a las demandas actuales de salud y bienestar, aprovechando ingredientes locales con propiedades nutricionales superiores.

Objetivo General

Elaborar pastas tipo tallarín incorporando harina de ibes (*Phaseolus lunatus*) y harina de quinoa (*Chenopodium quinoa*) en concentraciones de 25/75 %, 50/50 % y 75/25 % p/p, que mejore el valor nutrimental en comparación con la pasta tipo tallarín de harina de trigo (*Triticum durum*) y mantenga características sensoriales similares.

Propósito de la Investigación

Desarrollar una alternativa nutritiva a la pasta tradicional, aprovechando las propiedades de ingredientes locales como los ibes y combinándolos con la quinoa, un pseudocereal de alto valor nutricional.

Innovación esperada

La investigación pretende determinar la proporción óptima que mantenga un equilibrio entre valor nutricional y aceptabilidad sensorial.

Materiales y Métodos



Obtención de las harinas

Los granos de Ibes y quinoa se molieron empleando un molino de discos manual para obtener harinas finas y homogéneas. Las harinas obtenidas se tamizaron empleando una malla 60 obteniendo un tamaño de partícula de aproximadamente $250\ \mu\text{m}$ (Barriga 2019), dentro del rango recomendado para elaboración de pastas ($150\text{-}450\ \mu\text{m}$) según Rosentrater y Evers (2018).



Elaboración de la pasta

Se utilizaron 250 g de la mezcla de harinas, 3 huevos, una cucharada de sal y una de aceite de oliva. Se amasó durante 10 minutos hasta lograr una textura suave y elástica, se dejó reposar una hora, se estiró hasta 1 mm de grosor y se cortó en tiras de medio centímetro.



Evaluación sensorial

Con base en los protocolos descritos por El-Sohaimy et al. (2020a) y Ramírez (2015), se aplicó a 40 jueces no entrenados utilizando una escala hedónica de 5 puntos (1="me disgusta mucho" a 5="me gusta mucho"). Se evaluaron color, olor, sabor, textura, elasticidad y aceptación general.

Para la determinación del contenido de humedad, proteína y grasa cruda se utilizaron los métodos de referencia AOAC: 925.09 para humedad (secado en horno a 105°C), 920.39 para grasa (extracción Soxhlet) y 954.01 para proteína (método Kjeldahl).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques aleatorios a los cuales se les distribuyeron los tratamientos que consistieron en diferentes concentraciones de harina de quinoa e ibes. Las variables de respuesta correspondieron a características reológicas y valor nutricional.

Metodología experimental



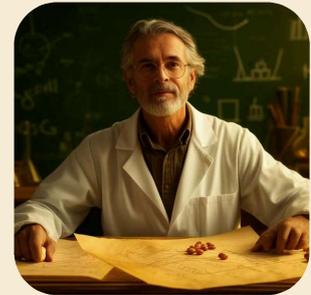
Tratamientos experimentales

Se trabajó con tres proporciones distintas de harina de quinoa e ibes más una masa control de trigo como referencia.



Bloques experimentales

Se formaron dos grupos principales (considerándolos como bloques): uno preparado con huevos enteros (1) y otro con clara de huevos (2), cada uno con los tratamientos



Análisis estadístico

Se realizaron pruebas ANOVA, comparación de medias para las pruebas paramétricas y de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$) para las sensoriales, utilizando el paquete Statgraphics 19-X64 para evaluar los resultados.

Composición y distribución de los tratamientos

Tratamientos con huevos enteros

Tres mezclas diferentes de harinas procesadas con huevos enteros:

- A1: 25% Harina de Quinoa y 75% Harina de ibes
- B1: 50% Harina de Quinoa y 50% Harina de ibes
- C1: 75% Harina de Quinoa y 25% Harina de ibes

Tratamientos con clara de huevos

Tres mezclas diferentes de harinas procesadas con clara de huevos:

- A2: 25% Harina de Quinoa y 75% Harina de ibes
- B2: 50% Harina de Quinoa y 50% Harina de ibes
- C2: 75% Harina de Quinoa y 25% Harina de ibes

Además de los 6 tratamientos se realizó un control, para un total de 7 tratamientos. Tras una prueba preliminar, se seleccionó la proporción que mejor mantuvo las características organolépticas de la masa control, realizando 2 réplicas de éste.



Resultados y discusiones

Amasado

Durante el proceso de amasado de las distintas formulaciones, se observaron comportamientos variados en la incorporación de los ingredientes:



Formulaciones con huevo entero

Las mezclas 50/50, 25/75 y 75/25 resultaron difíciles de integrar, generando masas muy duras, quebradizas y con escasa elasticidad.



Formulación 50/50 con claras

Aunque integró completamente los ingredientes, presentó una consistencia excesivamente viscosa y elástica, dificultando su manipulación.



Formulaciones 25/75 y 75/25 con claras

Mostraron la mejor integración, siendo fáciles de manipular y con buena elasticidad, similar a la masa control también elaborada con claras.

Características de los Tallarines de Ibes y Quinoa

Textura y Manipulación

Durante el proceso de laminado, tanto la masa control como la formulación 75/25 (quinoa/ibes) ofrecieron la mejor manipulación, permitiendo formar láminas uniformes y consistentes. En contraste, la formulación 25/75 presentó baja maleabilidad; durante el laminado, los tallarines mostraron un comportamiento altamente adhesivo entre ellos, dificultando su separación.

Composición Nutricional

La pasta elaborada con una mezcla de quinoa e ibes seleccionada (75/25%), presentó un nivel de humedad del 80.5%. La pasta control mostró un contenido de proteína cruda de 12.06 ± 0.7 , mientras que la formulación ibes/quinoa registró un 6.27%. Además, el tratamiento seleccionado presentó un contenido de grasa del 0.89%, en comparación con el 5.26% del tratamiento control y el valor reportado para tallarines comerciales elaborados con harina de trigo (El-Sohaimy et al., 2020b).

Ventajas Nutricionales

El contenido de grasa en la formulación ibes/quinoa (75/25%) resultó notablemente bajo en comparación con lo reportado para tallarines comerciales elaborados con harina de trigo. Aunque la pasta elaborada con esta mezcla presentó un contenido de proteína menor, ofrece la ventaja de no contener gluten, proteína relacionada con la enfermedad celíaca (Catassi et al., 2015).



2



Prueba sensorial y análisis estadístico



Color (p = 0.1779)

No existen diferencias estadísticamente significativas en la percepción del color entre las muestras. Los panelistas evaluaron este atributo de manera similar en ambas formulaciones.



Sabor (p = 0.1779)

El sabor fue percibido con la misma aceptación en ambas muestras, sin diferencias significativas. Los catadores no detectaron variaciones notables en este atributo sensorial.



Olor (p = 0.0044)

Existen diferencias estadísticamente significativas en la percepción del olor entre las muestras. Este atributo permitió distinguir claramente entre las formulaciones evaluadas.



Textura (p = 0.0007)

Se confirman diferencias significativas en la percepción de la textura entre las muestras. Los panelistas identificaron variaciones notables en esta característica física.

Los resultados anteriores indicaron que los panelistas percibieron de manera similar el color y sabor de las pastas, pero detectaron variaciones en el olor y la textura.

Conclusiones

Alternativa viable

El desarrollo de tallarines a base de harina de frijol de lima y harina de quinoa demostró ser una alternativa frente a los tallarines de trigo, especialmente para personas con intolerancia al gluten.

Innovación alimentaria

Los tallarines de frijol de lima y quinoa ofrecen una opción innovadora y nutritiva, cumpliendo con las expectativas de consumidores que buscan alternativas saludables.

Esta investigación demuestra que es posible desarrollar productos alimenticios innovadores utilizando ingredientes tradicionales locales, contribuyendo así a la diversificación de la oferta de alimentos funcionales y sin gluten en el mercado.



Perfil nutricional

La pasta elaborada con 75% de harina de ibes y 25% de quinoa presentó menor contenido de grasa (0.89%) en comparación con la pasta de trigo (5.26%), aunque su contenido proteico fue menor (6.27% vs 12.06%).

Evaluación sensorial

Las muestras fueron percibidas de forma similar en color y sabor, sin diferencias significativas. Sin embargo, se detectaron diferencias en olor y textura.

Referencias

- Asociación Española de Pediatría. (2020). Hidrocloruro de L-lisina. <https://www.aeped.es/comite-medicamentos/pediamecum/hidrocloruro-l-lisina>
- Bojórquez-Balam, E., Ruiz-Ruiz, J., Segura-Campos, M., Betancur-Ancona, D., & Guerrero, L. C. (2013). Evaluación de la capacidad antimicrobiana de fracciones peptídicas de hidrolizados proteínicos de frijol lima (*Phaseolus lunatus*). En *OmniaScience* (Capítulo 6). Universidad Autónoma de Yucatán.
- Catassi, C., Alaedini, A., Bojarski, C., Bonaz, B., Bouma, G., Carroccio, A., Fasano, A. (2015). The overlapping area of non-celiac gluten sensitivity (NCGS) and wheat allergy: An update. *Nutrients*, 7(6), 4966–4978.
- El-Sohaimy, S. A., Brennan, M., Darwish, A. M. G., & Brennan, C. S. (2020). Physicochemical, texture and sensorial evaluation of pasta enriched with chickpea flour and protein isolate. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(1), 28-34.
- El-Sohaimy, S. A., Shehata, M. G., & Mehany, T. (2020). Functional and nutritional characteristics of pasta enriched with plant-based ingredients: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 57(5), 1451–1461.
- Espinoza, Y., Gamarra-Ramírez, N. E., & Tarazona-Minaya, R. E. (2018). Sustitución de la harina de trigo por harina de quinua y puré de espinaca en la elaboración de una pasta enriquecida y fortificada. *Aporte Santiaguino*, 11(1), 69–80. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7178693>
- Granito, M., Pérez, S., & Valero, Y. (2014). Calidad de cocción, aceptabilidad e índice glicémico de pasta larga enriquecida con leguminosas. *Revista Chilena de Nutrición*, 41(4), 425–432.
- Pontificia Universidad Católica de Chile. (2018, 2 de octubre). Nutricionistas UC promueven la Quínoa. Carrera Nutrición y Dietética, Facultad de Medicina. <https://nutricion.uc.cl/noticias/nutricionistas-uc-promueven-la-quinua/>
- Ramírez, A. M. (2015). *Evaluación de características físicas, químicas y sensoriales de pasta Fettuccine con sustitución parcial de la harina de trigo por almidón de yuca y cáscara de huevo* [Tesis de grado]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/items/229bda7e-6b7f-4e87-90e6-a433c713e5cc>
- Rosentrater, K. A., & Evers, A. D. (2018). *Kent's Technology of Cereals: An Introduction for Students of Food Science and Agriculture* (5ª ed.). Woodhead Publishing.
- U.S. Department of Agriculture. (2019). *Food Data Central*. <https://fdc.nal.usda.gov>



CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e Innovación

Propiedades funcionales de películas elaboradas a partir de goma de semilla de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) con distintos grados de pureza

Functional properties of films made from tamarind seed gum (*Tamarindus indica* L.) with different degrees of purity

González-Pérez, María; Martínez-Sánchez, Carlos; Ramírez-López, Alejandra; Tec-Pool, José; Rodríguez-Canto, Wilbert

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías, Periférico Norte, Km 33.5, Tablaje Catastral 13615, Chuburná de Hidalgo Inn, Mérida C.P. 97203, Yucatán, México

Resumen y Abstract

Resumen

El presente estudio se centró en la extracción, desarrollo y caracterización de películas funcionales a partir de la goma obtenida de la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica* L.). Se obtuvieron dos tipos de goma de semilla de tamarindo (GST) mediante dos procesos de extracción, una Goma de Pureza Baja (GSTPB) extraída de la semilla completa con testa, y una Goma de Pureza Media (GSTPM) extraída de la semilla sin testa. La goma se extrajo mediante precipitación etanólica y se elaboraron películas por casting, evaluando las concentraciones de 2% y 3% de goma usando glicerina como plastificante. Las películas elaboradas con GSTPM mostraron valores de luminosidad (L^*) superiores, ángulo de contacto más elevado y alta solubilidad en agua. Todas las películas presentaron una degradación completa en cuatro días bajo condiciones de soterrado, concluyendo que la GST es un biopolímero prometedor cuyas propiedades pueden modularse mediante el proceso de purificación.

Palabras clave:

Biopolímero, goma de tamarindo, xiloglucano, películas biodegradables, subproductos agrícolas.

Abstract

This study focused on the extraction, development, and characterization of functional films from the gum obtained from tamarind seeds (*Tamarindus indica* L.). Two types of tamarind seed gum (TSG) were obtained through two extraction processes: a Low Purity Gum (TSGLP) extracted from the complete seed with testa, and a Medium Purity Gum (TSGMP) extracted from the seed without testa. The gum was extracted by ethanolic precipitation and films were made by casting, evaluating concentrations of 2% and 3% of gum using glycerin as a plasticizer. Films made with TSGMP showed higher luminosity values (L^*), higher contact angle, and high solubility in water. All films showed complete degradation in four days under soil burial conditions, concluding that TSG is a promising biopolymer whose properties can be modulated through the purification process.

Keywords:

Biopolymer, tamarind gum, xyloglucan, biodegradable films, agricultural by-products.

Introducción

En un mundo caracterizado por una evolución y crecimiento demográfico, la optimización y diversificación de recursos naturales se ha vuelto una necesidad para satisfacer las demandas emergentes en múltiples industrias. Un aspecto clave de este fenómeno es el aprovechamiento eficiente de recursos que tradicionalmente han sido subutilizados, como es el caso de muchos subproductos agrícolas (Cury et al., 2017).

Las semillas juegan un rol fundamental no solo como base de la agricultura y la producción alimentaria, sino también como fuente de valiosas materias primas industriales, incluyendo aceites, proteínas, carbohidratos y fibras. En este contexto, la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) representa un recurso de gran interés.

● Producción global

El tamarindo es un árbol leguminoso originario de África tropical que ha sido cultivado extensamente en al menos 54 países, incluyendo regiones de Asia, África y América. Los principales productores mundiales son India, México, Brasil, y otros países de Centro y Sudamérica (El-Siddig, 2006).

● Producción en México

En México, el tamarindo se cultiva en 21 estados, principalmente en las costas del Pacífico y del Golfo de México. El estado de Jalisco lidera la producción nacional con 23,125.53 toneladas, lo que representa el 46% del total, seguido por Colima (13,149.26 t) y Guerrero (7,671.94 t) (Orozco-Santos, 2001).

● Composición de la semilla

La semilla del tamarindo, un subproducto principal de la industria de la pulpa, está compuesta aproximadamente por 8% de agua, 22% de proteína, 6% de grasa, 58% de carbohidratos, 6% de fibra cruda y 5% de ceniza (Akajiaku et al., 2014).

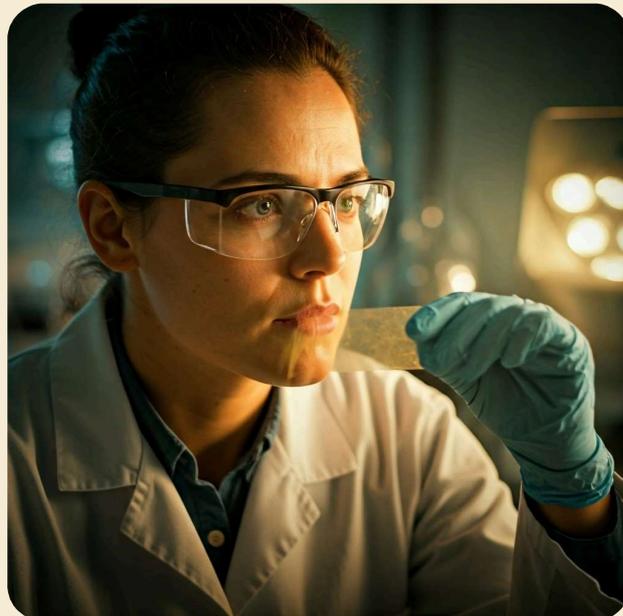
El componente de mayor interés es el polisacárido que conforma la goma de la semilla. Este xiloglucano, cuya estructura se compone de una cadena principal de glucosa con ramificaciones de xilosa y galactosa, confiere a la goma propiedades funcionales notables, como su capacidad para formar geles y su comportamiento viscoelástico y adhesivo (Thivya et al., 2023).

En el sector de alimentos, el desarrollo y la aplicación de películas y recubrimientos comestibles elaborados a partir de polisacáridos se ha vuelto un área importante de investigación. Estos materiales ofrecen una alternativa ecológica a los empaques sintéticos, mejorando la calidad y la vida útil de los productos alimenticios (Mederos-Torres et al., 2020).

Objetivos

General

Desarrollar películas funcionales a partir de goma de semilla de tamarindo mediante el método de Casting, y analizar cómo el grado de purificación de la goma afecta sus propiedades fisicoquímicas, con el fin de determinar su potencial para aplicaciones específicas en la industria alimentaria y farmacéutica.



Específicos

- 1 Extraer goma de semilla de tamarindo con dos grados de pureza distintos (con y sin testa).
- 2 Desarrollar películas funcionales mediante el método de Casting a diferentes concentraciones (2% y 3%).
- 3 Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de las películas (color, ángulo de contacto, solubilidad y biodegradabilidad).
- 4 Evaluar el potencial de las películas para aplicaciones específicas en la industria alimentaria y farmacéutica.

Materiales y métodos

Proceso de extracción y elaboración



Materia prima

Los frutos de tamarindo se obtuvieron del mercado local de la ciudad de Mérida, Yucatán, México. Se inspeccionaron visualmente y se descartaron los frutos que presentaban daños físicos e impurezas adheridas. Los reactivos utilizados fueron grado reactivo.



Extracción de la goma

Se obtuvieron dos tipos de goma: Goma de Semilla de Tamarindo de Pureza Baja (GSTPB) de semillas completas con testa, y Goma de Semilla de Tamarindo de Pureza Media (GSTPM) de semillas sin testa. Ambas se extrajeron mediante precipitación etanólica tras un proceso de dispersión en agua, calentamiento a 80°C, reposo, centrifugación y secado.



Elaboración de las películas

Las películas se formularon utilizando las gomas GSTPB y GSTPM en concentraciones de 2% y 3% (p/v). Las soluciones se prepararon con agua destilada, se homogeneizaron mediante agitación, se calentaron a 80°C, se añadió glicerina como plastificante en relación 2:1 (goma:glicerina) y finalmente se vertieron en cajas Petri para su secado a 50°C por 24 horas.

Caracterización de las películas



Determinación del color (CIELab)

Se utilizó un colorímetro (CR 400, Konica Minolta, Inc., Tokio, Japón) para evaluar los parámetros L^* (luminosidad), a^* (coordenada rojo-verde) y b^* (coordenada amarillo-azul), colocando las películas sobre una base blanca (Galus & Lenart, 2013).



Ángulo de contacto

Se empleó un goniómetro digital (OCA20, Data Physics Instruments, Filderstadt, Alemania). Las muestras se extendieron uniformemente sobre portaobjetos de vidrio y se analizó el ángulo formado por una gota de agua grado HPLC (Ngo et al., 2020).



Solubilidad en agua

Las películas se cortaron en cuadrados de 2×2 cm, se secaron a 100°C por 24h para determinar su peso seco inicial (W_1). Luego se sumergieron en agua destilada con agitación constante durante 1h. Los residuos se secaron nuevamente para obtener el peso final (W_2). El porcentaje de solubilidad (%S) se calculó con la ecuación: $\%S = [(W_1 - W_2)/W_1] \times 100$ (Ngo et al., 2020).



Biodegradabilidad

Las muestras de películas con un diámetro de 9 cm se colocaron a una profundidad de 10 cm bajo tierra en un espacio protegido de la lluvia. Se realizó un monitoreo cualitativo mediante inspección visual durante 5 días, analizando el cambio de color y fragilidad de las películas.

Resultados y discusión

Determinación de color

Los parámetros de color L^* , a^* y b^* para las cuatro formulaciones de película (2% y 3% de concentración, con y sin testa) revelaron diferencias sensoriales significativas entre los tratamientos.

- Las películas de alta pureza (GSTPM, sin testa) mostraron valores de luminosidad (L^*) considerablemente más altos que las de baja pureza, con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).
- Para el parámetro a^* , aunque se observaron diferencias, estas no fueron estadísticamente significativas en todos los casos ($p > 0.05$). Los valores positivos indican una tonalidad rojiza en las películas.
- Los valores de b^* mostraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$). Las películas con testa (GSTPB) presentaron valores más altos, indicando una coloración más amarilla.

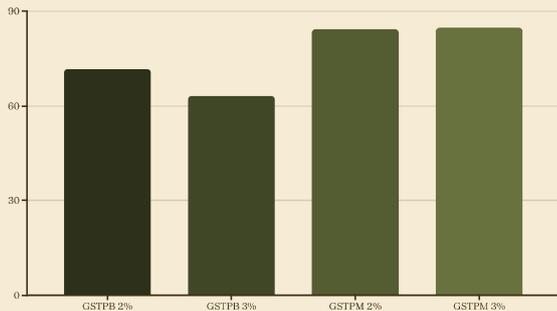
La presencia de la testa imparte un color más oscuro y tonos más rojizos y amarillos a las películas. La eliminación de la testa durante el proceso de purificación remueve pigmentos naturales, resultando en películas más claras y transparentes.



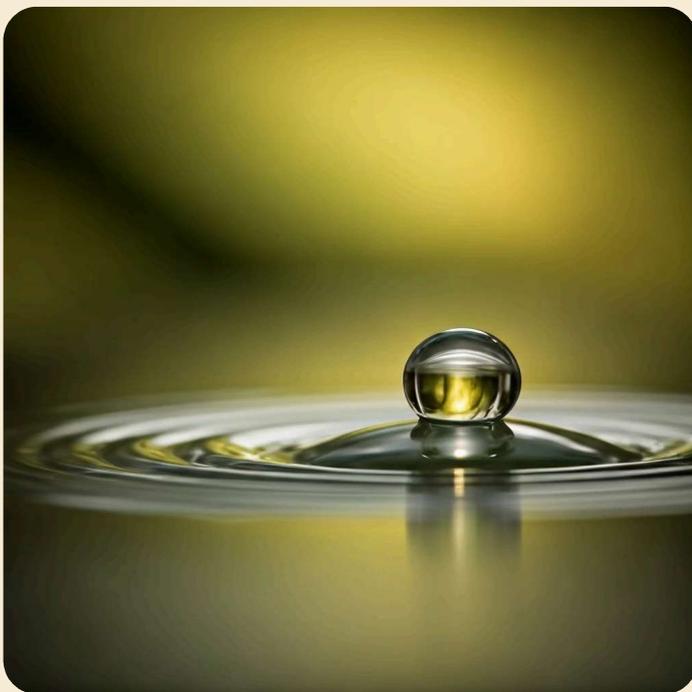
El factor de la concentración no tuvo un efecto significativo en el color de las películas, ya que todos los parámetros CIELab no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones del 2% y 3% para un mismo tipo de goma.

Ángulo de contacto

Los resultados de la medición del ángulo de contacto revelaron diferencias significativas entre las películas elaboradas con diferentes grados de pureza.



Las películas de GSTPM (sin testa) presentaron ángulos de contacto significativamente mayores ($P < 0.05$) en comparación con las de GSTPB (con testa), indicando un carácter menos hidrofílico en la superficie de las películas de mayor pureza.



Interpretación de resultados

- Un mayor ángulo de contacto indica una menor hidrofiliidad de la superficie.
- La diferencia en el comportamiento hidrofílico/hidrofóbico se atribuye a la composición química de los extractos obtenidos.
- La presencia de componentes hidrofílicos en la testa, como polisacáridos adicionales, provoca una mayor hidrofiliidad.
- Al remover la testa, estos polisacáridos son eliminados, incrementando la concentración relativa de compuestos hidrofóbicos como lípidos y algunas proteínas.

Estos resultados son cruciales para determinar aplicaciones potenciales, ya que una superficie más hidrofóbica es generalmente preferible para recubrimientos de alimentos para minimizar la interacción con la humedad.

Solubilidad

Todas las películas demostraron ser altamente solubles en agua, con valores superiores al 78% en todos los casos. Se observaron diferencias significativas entre las concentraciones de goma utilizadas.



GSTPB 2%

Alta solubilidad, sin diferencia significativa con GSTPM 2%



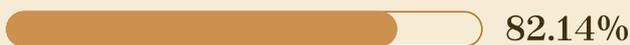
GSTPB 3%

Menor solubilidad, con diferencia significativa respecto a 2%



GSTPM 2%

La más alta solubilidad de todas las formulaciones



GSTPM 3%

Mayor solubilidad que GSTPB 3%, pero significativamente menor que las de 2%

Hallazgos principales

- La solubilidad fue significativamente mayor en las películas con una concentración del 2% en comparación con las del 3% ($p < 0.05$).
- A ambas concentraciones, las películas de alta pureza (GSTPM) fueron ligeramente más solubles que las de baja pureza (GSTPB).
- La alta solubilidad es coherente con la naturaleza hidrofílica de los polisacáridos presentes en la goma.

Implicaciones prácticas

Esta propiedad, si bien restringe su uso para productos con alta actividad de agua o en ambientes de alta humedad, convierte a estas películas en un material excelente para otras aplicaciones:

- Recubrimientos comestibles en alimentos de baja humedad (frutos secos, confitería).
- Vehículos para el transporte y liberación controlada de componentes bioactivos.
- Sistemas de administración de nutraceuticos o fármacos en la industria alimentaria y farmacéutica.

Biodegradabilidad

Evaluación cualitativa

La evaluación de la degradabilidad en tierra arrojó resultados cualitativos que demuestran una rápida descomposición del material. Se observó una degradación completa en un período de cuatro días bajo condiciones de entierro en suelo.

Proceso de degradación

- **Día 0:** Películas intactas y transparentes.
- **Día 1:** Cambios de color y pérdida de transparencia.
- **Día 2:** Fragmentación inicial y aumento de opacidad.
- **Día 3:** Ruptura significativa y pérdida de integridad estructural.
- **Día 4:** Desintegración completa, solo quedan fragmentos mínimos.



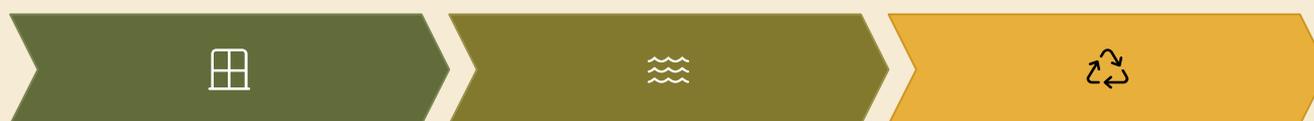
Los resultados confirman la excelente biodegradabilidad de las películas de goma de tamarindo en condiciones ambientales de suelo, posicionándolas como una alternativa sostenible a los materiales de empaque convencionales derivados del petróleo.

Comparación integral de propiedades

La siguiente tabla presenta una comparación integral de todas las propiedades evaluadas en las diferentes formulaciones de películas.

Propiedad	GSTPB 2%	GSTPB 3%	GSTPM 2%	GSTPM 3%
Luminosidad (L*)	81.59 ^a	80.31 ^a	87.59 ^b	86.5 ^b
Parámetro a*	6.93 ^a	7.26 ^a	1.81 ^b	4.47 ^{ab}
Parámetro b*	12.30 ^a	11.39 ^a	6.78 ^b	5.24 ^b
Ángulo de contacto (°)	71.6 ^a	63.15 ^a	84.15 ^b	84.60 ^b
Solubilidad (%)	94.61 ^a	78.45 ^b	97.35 ^a	82.14 ^b
Biodegradabilidad (días)	4	4	4	4

*Letras diferentes en la misma fila indican diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$).



Transparencia y color

Las películas GSTPM presentan mayor luminosidad y menor intensidad de color, haciéndolas más transparentes y visualmente neutras.

Propiedades de superficie

Mayor ángulo de contacto en GSTPM indica superficies menos hidrofílicas, lo que puede mejorar la resistencia a la humedad.

Comportamiento en agua y suelo

Alta solubilidad en agua y rápida biodegradabilidad en todas las formulaciones confirman su potencial como material sostenible.

Esta comparación integral demuestra que la pureza de la goma y la concentración utilizada permiten modular las propiedades funcionales de las películas para adaptarlas a diferentes aplicaciones.

Aplicaciones potenciales

Las propiedades caracterizadas sugieren diversas aplicaciones potenciales para las películas de goma de semilla de tamarindo, dependiendo de su grado de pureza y concentración.



Envases para alimentos secos

Las películas de GSTPM, con su mayor transparencia y menor hidrofiliidad, son ideales para envolver productos como frutos secos, especias y confitería, donde la visibilidad del producto es importante y la humedad no es crítica.



Recubrimientos comestibles

Para frutas y verduras, las películas pueden actuar como barreras protectoras que extienden la vida útil al reducir la respiración y la pérdida de humedad. La alta biodegradabilidad asegura que no haya residuos persistentes.



Aplicaciones farmacéuticas

La alta solubilidad de las películas, especialmente las de concentración 2%, las hace adecuadas para sistemas de liberación de medicamentos orales o como recubrimientos de tabletas que se disuelven rápidamente.

Ventajas comparativas

Ventajas ambientales

- Biodegradabilidad completa en menos de una semana
- Elaboración a partir de subproductos agroindustriales
- Reducción de la dependencia de plásticos derivados del petróleo
- Bajo impacto ambiental en su ciclo de vida completo

Ventajas técnicas y económicas

- Propiedades modulables según el grado de purificación
- Proceso de elaboración sencillo y escalable
- Valorización de un subproducto de la industria alimentaria
- Compatibilidad con aditivos funcionales (antioxidantes, antimicrobianos)

Conclusiones

La goma de semilla de tamarindo se confirmó como un biopolímero con potencial uso en la elaboración de películas funcionales. El estudio evidenció que las propiedades fisicoquímicas de estas películas pueden ser modificadas y ajustadas de manera efectiva a través del proceso de purificación de la goma.

Propiedades ópticas

Las películas elaboradas con goma purificada (GSTPM) son más transparentes y luminosas, haciéndolas adecuadas para aplicaciones donde la estética y la visibilidad del producto son importantes.

Biodegradabilidad

La rápida y completa biodegradabilidad en condiciones de suelo posiciona estas películas como alternativas sostenibles a los materiales de empaque convencionales.



Comportamiento hidrofílico

El proceso de purificación reduce la hidrofiliidad de la superficie de las películas, lo que puede mejorar su resistencia a ambientes húmedos y ampliar su rango de aplicaciones.

Solubilidad

Todas las películas mostraron alta solubilidad en agua, siendo mayor en las formulaciones con menor concentración de goma (2%), lo que las hace adecuadas para aplicaciones que requieren disolución rápida.

Este trabajo de investigación establece las bases para la utilización de un subproducto agrícola, la semilla de tamarindo, como fuente de un biopolímero funcional y versátil. El control sobre el proceso de purificación permite modular las características finales de las películas, validando su potencial para diversas aplicaciones industriales que requieren materiales a medida, seguros y sostenibles.

Referencias

- Akajiaku, L., Nwosu, J., Onuegbu, N., Njoku, N., & Egbeneke, C. (2014). Proximate, Mineral and Anti-nutrient Composition of Processed (Soaked and Roasted) Tamarind (*Tamarindus indica*) Seed nut. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 2(3), 136–145. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.2.3.05>
- Cury, K., Aguas, Y., Martinez, A., Olivero, R., & Chams, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(S1), 122–132. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017.530>
- El-Siddig, K. (2006). Tamarind: *Tamarindus Indica L.* (Vol. 1). Southampton Centre for Underutilised Crops.
- Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Muñoz, J. A., & Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, 22(6), 292–303. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.004>
- Galus, S., & Lenart, A. (2013). Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectin. *Journal of Food Engineering*, 115(4), 459–465. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.03.006>
- Mederos-Torres, Y., Bernabé-Galloway, P., & Ramírez-Arrebato, M. (2020). Películas basadas en polisacáridos como recubrimientos biodegradables y su empleo en la postcosecha de los frutos. *Cultivos Tropicales*, 41(3).
- Ngo, T. M. P., Nguyen, T. H., Dang, T. M. Q., Tran, T. X., & Rachtanapun, P. (2020). Characteristics and Antimicrobial Properties of Active Edible Films Based on Pectin and Nanochitosan. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(6), 2224. <https://doi.org/10.3390/ijms21062224>
- Orozco-Santos, M. (2001). El cultivo de tamarindo (*Tamarindus indica L.*) en el trópico seco de México.
- Phumkacha, A., Leejarkpai, T., Cheutor, S., Sriariyanun, M., & Kirdponpattara, S. (2025). Development of Tamarind Seed Polysaccharide-Derived Edible Films for Postharvest Grape Preservation. *Journal of Food Science*, 90(6). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.70312>
- Thivya, P., Bhanu Prakash Reddy, N., & Vadakkepulppara Ramachandran Nair, S. (2023). Extraction of xyloglucan from tamarind industrial waste by different methods and their potential application in the food sector. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(4), 2014–2020. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16064>



CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e Innovación

¿Cuáles son las diez tendencias actuales de la Ingeniería en Alimentos?

David Betancur-Ancona

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías, Periférico Norte, Km 33.5, Tablaje Catastral 13615, Chuburná de Hidalgo Inn, Mérida C.P. 97203, Yucatán, México

Las tendencias actuales en la ingeniería de alimentos están impulsadas por la demanda de productos más saludables, sostenibles y tecnológicamente avanzados. Las principales directrices en este campo de la ingeniería son:

Alimentos funcionales y proteínas alternativas

1. Alimentos funcionales y nutraceuticos

Se fomenta el desarrollo de alimentos con beneficios adicionales para la salud, ya que los consumidores buscan alimentos que no solo nutran, sino que también prevengan enfermedades o mejoren el bienestar. Algunos ejemplos incluyen alimentos enriquecidos con fibra dietética, probióticos, prebióticos, antioxidantes y ácidos grasos poliinsaturados (Omega-3, Omega-6), entre otros. También se busca la personalización nutricional haciendo uso de tecnologías como la genómica y la inteligencia artificial para crear alimentos adaptados a las necesidades individuales.

2. Proteínas alternativas

En particular las de origen vegetal donde existe un aumento en la demanda de alternativas a la carne, como hamburguesas y análogos de leches de origen vegetal (soya, coco, arroz, almendra, etc.). La producción de carne cultivada a partir de células animales en laboratorios, reduciendo la necesidad de ganadería intensiva; así como el consumo de insectos, ya que se están posicionando como una fuente de proteína sostenible y nutritiva.



Sostenibilidad y tecnologías avanzadas

3. Sostenibilidad y economía circular

En particular para la reducción del desperdicio alimentario a través de la generación de innovaciones en el procesamiento y conservación de alimentos para incrementar su vida útil; fomentar el uso de subproductos y residuos mediante la transformación de desechos de la industria alimentaria en ingredientes valiosos, como por ejemplo, harinas de cáscaras de frutas o proteínas de residuos vegetales. También el diseño de Envases sostenibles mediante el aprovechamiento de materiales biodegradables, compostables o reciclables que permitan reducir el impacto ambiental.



4. Tecnologías avanzadas de procesamiento

Como la impresión 3D de alimentos que permite la creación de alimentos personalizados en forma, textura y nutrición, así como el procesamiento por alta presión, pulsos eléctricos, pulsos de campos magnéticos, y en general los métodos no térmicos que mantienen las propiedades nutricionales y sensoriales de los alimentos. También el uso de inteligencia artificial y big data para la optimización de procesos productivos, control de calidad y predicción de tendencias de consumo.

Alimentos limpios e innovación en ingredientes

5. Alimentos limpios y naturales

A través de las Clean label o etiquetas limpias ya que los consumidores prefieren alimentos con ingredientes reconocibles y mínimamente procesados; así como la reducción de ingredientes y aditivos artificiales dándole preferencia al uso de conservadores y colorantes naturales.

6. Innovación en ingredientes

Como por ejemplo alternativas al azúcar mediante el desarrollo de edulcorantes naturales y de bajo índice glucémico, como la stevia, el fruto del monje (monk fruit) y la trealosa. El uso de grasas saludables en sustitución de grasas trans y saturadas por grasas insaturadas y de origen vegetal.

Alimentos para nuevas generaciones y trazabilidad

7. Alimentos adaptados a nuevas generaciones

Como por ejemplo el desarrollo de snacks saludables, bajos en calorías, ricos en fibra y proteínas. Así como alimentos listos para consumir promoviendo comidas preparadas que sean saludables y convenientes para estilos de vida acelerados.

8. Trazabilidad y transparencia

Como el uso de la tecnología Blockchain para garantizar la transparencia en la cadena de suministro y el etiquetado inteligente a través de empleo de códigos QR o etiquetas que proporcionan información detallada sobre el origen y proceso de producción de los alimentos.



Automatización y regulaciones de seguridad

9. Automatización y robótica

Mediante el uso de procesos automatizados con robots para tareas repetitivas en la producción de alimentos, mejorando la eficiencia y reduciendo errores. También en Agricultura de precisión empleando drones y sensores para optimizar el cultivo de materias primas.



10. Regulaciones y seguridad alimentaria

Aplicando normativas más estrictas con mayor enfoque en la inocuidad alimentaria y el cumplimiento de estándares internacionales, así como la detección rápida de contaminantes y el uso de sensores y tecnologías avanzadas para identificar patógenos o sustancias nocivas en los alimentos.

Estas tendencias reflejan un enfoque integral hacia la innovación, la sostenibilidad y la salud, respondiendo a las necesidades y expectativas de los consumidores modernos. La ingeniería de alimentos juega un papel clave en la transformación de la industria alimentaria hacia un futuro más responsable y tecnológicamente avanzado.



CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e Innovación

El Misterio de los Frijoles Mágicos: Una Nueva Aventura

Una historia fascinante que combina ciencia, misterio y romance, siguiendo a Ana en su descubrimiento de un frijol extraordinario con propiedades medicinales y ecológicas. Su aventura comienza con una misteriosa carta y la lleva a través de un viaje de descubrimiento científico que culmina en un encuentro fortuito con Raúl, un científico con quien comparte su pasión por la investigación alimentaria.

Eduardo Castañeda Pérez

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán. Periférico Norte, km 33.5, Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías

La Carta Misteriosa

Ana recibe un mensaje inesperado que despierta su curiosidad científica y la conduce hacia un antiguo árbol guardián de secretos.



El Mensaje Enigmático

Ana recibe una carta firmada simplemente como "Un amigo". La misiva menciona un "frijol especial" que podría traer "prosperidad y bienestar a toda la comunidad".



El Frijol Medicinal

Aunque escéptica, Ana no puede ignorar su curiosidad, especialmente después de haber descubierto las propiedades medicinales de los frijoles yucatecos para combatir enfermedades como hipertensión y diabetes.



La Ceiba Ancestral

La carta la dirige hacia "el antiguo árbol de ceiba en el centro del pueblo", un emblema local y guardián de innumerables historias. Sin perder tiempo, Ana se dirige a la plaza principal, donde la majestuosa ceiba extiende sus ramas como brazos hacia el cielo, lista para revelar sus secretos.

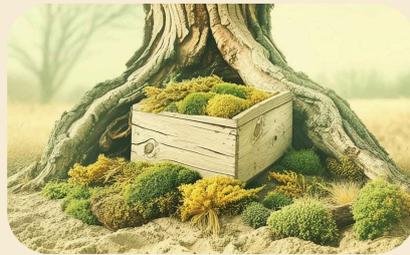
El Descubrimiento en la Ceiba

Al llegar a la plaza, Ana examina minuciosamente la imponente ceiba. Recordando las leyendas que su abuela le contaba sobre árboles sagrados, busca entre cada grieta y raíz hasta encontrar una pequeña abertura en la base del tronco.



La Ceiba Ancestral

El árbol sagrado en el centro de la plaza, guardián de secretos milenarios que Ana explora minuciosamente recordando las leyendas de su abuela.



La Caja Misteriosa

Camuflada con la corteza del árbol, Ana la descubre en una pequeña abertura entre las raíces de la ceiba después de una búsqueda meticulosa.



El Pergamino y La Llave

Al abrir la caja mediante un mecanismo oculto, Ana encuentra un pergamino con símbolos extraños y una pequeña llave metálica, acompañados de la frase: "Cuando la luz del sol abrace la sombra, la verdad se revelará".

La Revelación del Amanecer



El Enigma del Pergamino

Ana pasa la noche intentando descifrar el pergamino sin éxito, estudiando cada símbolo con detenimiento mientras la luna ilumina su habitación.



El Momento de Claridad

A la mañana siguiente, un rayo de luz se filtra por su ventana proyectando una sombra en la pared, y tiene una revelación: ¡la pista se refiere a un fenómeno natural!



El Camino de Sombras

Regresa rápidamente a la ceiba, donde el sol matutino crea un patrón específico de sombras. Siguiendo la sombra proyectada por una de las raíces más grandes, Ana descubre una pequeña piedra semioculta que revela la entrada a una gruta secreta.

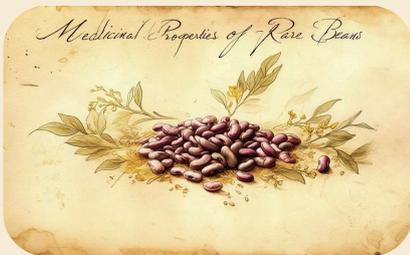


El Tesoro Oculto

Con el corazón acelerado y linterna en mano, se adentra en la oscuridad hasta encontrar un pedestal de piedra con un cofre antiguo. La llave encaja perfectamente en la cerradura, y con un clic resonante, el misterio está a punto de revelarse.

El Tesoro Científico

Dentro del cofre, Ana no encuentra oro ni joyas, sino un tesoro mucho más valioso: un puñado de semillas de frijol de color púrpura profundo con un brillo peculiar, acompañadas de textos antiguos. La información que revelan estos documentos deja a Ana asombrada.



Propiedades Medicinales

Estos frijoles poseen propiedades antidiabéticas, antihipertensivas, antioxidantes, antimicrobianas y anticancerígenas.

Beneficios Ecológicos

Los residuos del cultivo pueden utilizarse como materia prima para elaborar empaques y envases biodegradables.

Potencial Revolucionario

Un descubrimiento que podría abordar simultáneamente problemas de salud y medioambientales.

Ana dedica los siguientes meses a investigar exhaustivamente este "frijol milagroso", cultivándolo cuidadosamente y estudiando sus propiedades a nivel molecular para verificar la información de los textos antiguos.

La Feria Internacional de la Ciencia

Tras meses de investigación, Ana tiene la oportunidad de presentar su descubrimiento en una prestigiosa Feria Internacional de la Ciencia de los Alimentos.



Un Mundo de Innovación

Ana se maravilla con la diversidad de investigaciones: desde nuevos métodos de conservación hasta innovadoras fuentes de proteínas.



El Frijol Púrpura

Con entusiasmo, Ana presenta su investigación sobre las propiedades medicinales y ecológicas del frijol púrpura.



Un Encuentro Inesperado

En el póster de enfrente, un joven llamado Raúl investiga frijoles más pequeños y de color verdoso con una energía contagiosa.

Después de sus respectivas presentaciones, Ana se acerca a observar su trabajo, iniciando una conversación que fluye sin esfuerzo. Descubren que comparten una inmensa pasión por la ciencia de los alimentos y la búsqueda de soluciones sostenibles.

Un Encuentro Predestinado

"Hola, soy Ana. Tu proyecto es fascinante, ¡también investigo frijoles!", dice ella con entusiasmo. Raúl responde con una sonrisa: "Soy Raúl. ¡Mira, qué coincidencia! Me encanta la ciencia de los alimentos, especialmente cómo se pueden transformar elementos básicos en soluciones innovadoras".



Primer Encuentro

Ana se acerca al póster de Raúl, iniciando una conversación que fluye sin esfuerzo desde el primer momento, descubriendo su pasión compartida por la investigación de frijoles.



Conexión Científica

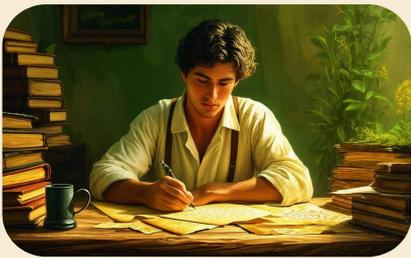
Hablan apasionadamente sobre péptidos, enzimas, nutrición y cómo la ciencia puede mejorar la vida de las personas. Las horas pasan volando mientras comparten ideas y sueños.



Pregunta Reveladora

Al final de la feria, Raúl le pregunta: "¿Crees en los frijoles mágicos?". Ana sonríe y responde: "Ahora más que nunca", sellando un momento especial entre ambos.

La Revelación



La Carta Misteriosa

El "amigo" que dejó la misteriosa carta a Ana era el propio joven investigador de la Universidad Autónoma de Yucatán. Fascinado por su pasión y su proyecto sobre los frijoles yucatecos, decidió inspirarla a explorar más allá al crear una búsqueda del tesoro que la llevó a descubrir el frijol púrpura.



Pistas Científicas

Como él conocía de las leyendas locales y de los avances científicos sobre los frijoles, diseñó las pistas para guiar a Ana hacia un descubrimiento que no solo ampliara su investigación, sino que también avivara su curiosidad y la conectara con una red de científicos, incluido Raúl.



Una Conexión Especial

Pasan el resto de la feria juntos, descubriendo una conexión especial que va más allá de su interés compartido por la ciencia. Este encuentro casual marca el inicio de algo mucho más profundo que una simple colaboración profesional.

De la Ciencia al Amor

Con el tiempo, la curiosidad científica que unió a Ana y Raúl en la feria se transforma en un amor profundo. Continúan sus investigaciones juntos, explorando nuevas líneas de investigación y otros alimentos, convirtiéndose en un equipo inseparable tanto en el laboratorio como en la vida.



Investigación Compartida

Uniendo sus conocimientos para explorar nuevas fronteras científicas, Ana y Raúl se complementan perfectamente en el laboratorio.



Amor Creciente

La pasión por la ciencia se transforma en un vínculo personal profundo, creando una conexión que trasciende el ámbito académico.



Matrimonio

Formalizan su unión, con la ciencia como testigo de su amor, celebrando con elementos que simbolizan su pasión compartida.



Inspiración

Su historia motiva a otros a seguir el camino de la ciencia, demostrando que el conocimiento puede unir personas y transformar vidas.

Los frijoles, que iniciaron como un simple ingrediente culinario, se convierten en el símbolo de una aventura que cambió la vida de Ana y de muchos otros, demostrando que la verdadera magia reside en la curiosidad, la perseverancia y el poder del conocimiento.

Fin de la Historia



CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e Innovación

DERECHOS DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS, año 2, No. 1, julio de 2025.
CIEN+TEC es una Publicación semestral editada por la Facultad de Ingeniería Química de la UADY, Periférico Nte. Km 33.5 Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, CP. 97203, Tel. (999) 9460956, cien.tec@correo.uady.mx. Editor responsable: Leydi Maribel Carrillo Cocom. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. en trámite, ISSN; en trámite, otorgado por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Luis Chel Guerrero, Facultad de Ingeniería Química de la UADY, Periférico Nte. Km 33.5 Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, CP. 97203. Fecha última actualización, 11 de julio de 2025.

CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e Innovación

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: Trámite obligatorio ante la "Dirección de Reservas del INDAUTOR". Concede la exclusividad de uso de títulos de publicaciones periódicas.

<https://www.ingquimica.uady.mx/cientec/numeros.php>