



CIEN+TEC

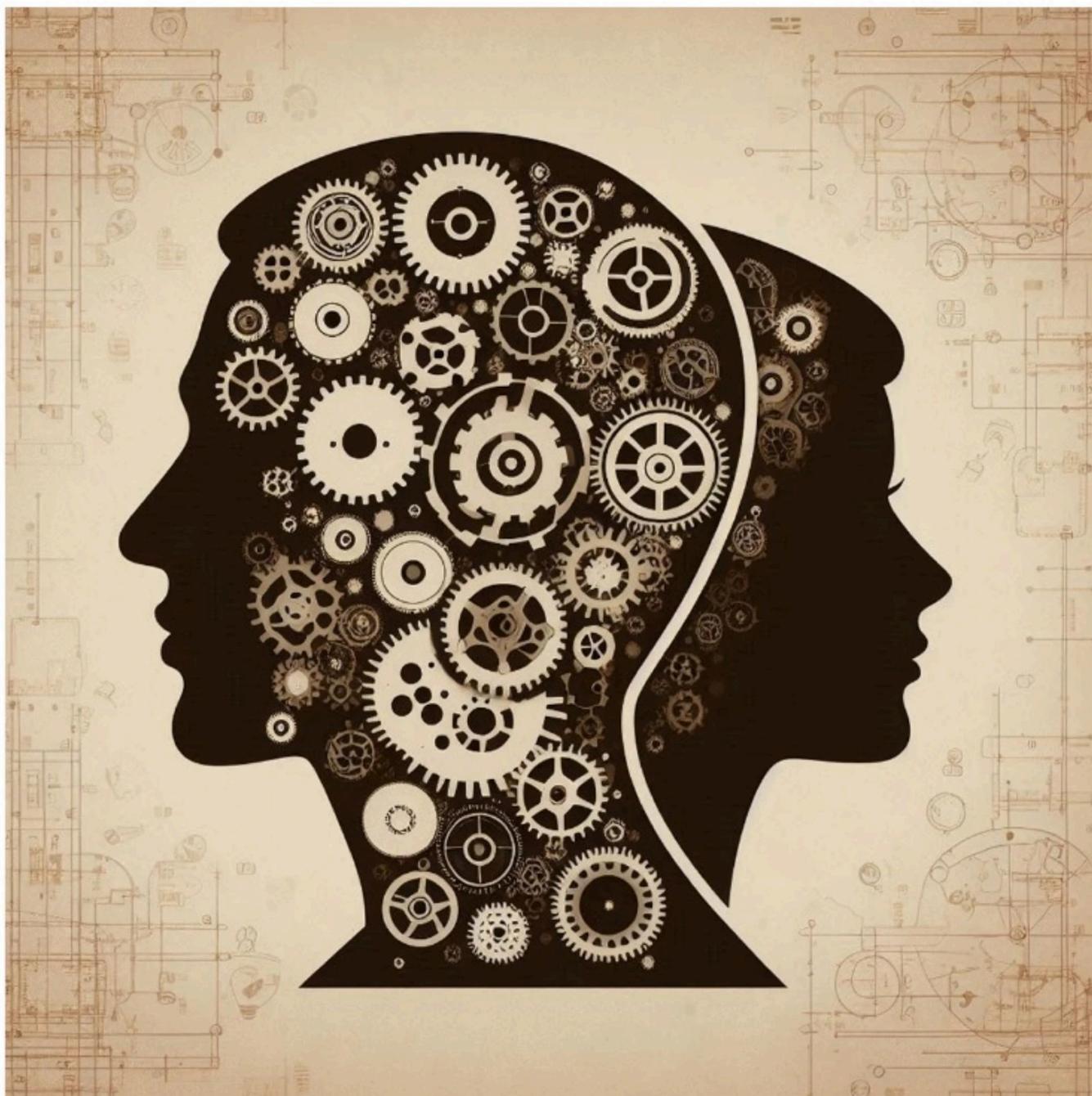
Ciencia, tecnología e innovación



UADY

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE YUCATÁN

Revista de difusión y divulgación



ISSN: En trámite

Volumen 1 · Número 1 · Diciembre de 2024

CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e Innovación

CUERPO EDITORIAL

Responsables Editoriales

Dr. Eduardo Castañeda Pérez

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. María Dalmira Rodríguez Martín

Directora de la Facultad

I.Q.I. Roger Bargas Interián

Secretario administrativo

M. en C. Ángel ramiro Trejo Irigoyen

Secretario académico

Dr. Julio Sacramento Rivero

Jefe de la Unidad de Posgrado e Investigación

Volumen 1, Número 1. Julio a diciembre de 2024

correspondencia: cien.tec@correo.uady.mx



CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e innovación

CONTENIDO

	Pág
EDITORIAL	i
Formulación de una mayonesa vegana tipo aderezo y comparación de propiedades fisicoquímicas y aceptación sensorial con productos caseros y comerciales.	1
Propiedades fisicoquímicas de películas de goma de flamboyán modificadas con ácido cítrico.	14
Importancia de las pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA) en entornos agroindustriales.	25
Propiedades fisicoquímicas de la leche de cabra de unidades productivas a pequeña escala en Mérida, México.	39
Barritas nutricionales con base en proteína de harina de chapulín (<i>Orthoptera acrididae</i>).	50
El misterio de los frijoles mágicos.	62
Artículo de opinión: Repetición y replicación en la investigación científica: similitudes y diferencias.	73
Conclusión final.	79

Editorial

Bienvenidos a la primera edición de **CIEN+TEC**, una revista dedicada a la difusión de investigaciones y revisiones actuales del estado del arte realizadas por alumnos y profesores de la Facultad de Ingeniería Química, de la Universidad Autónoma de Yucatán, y coordinados por los integrantes del Cuerpo Académico de Desarrollo Alimentario (CADA).

En esta edición, nos enorgullece presentar una colección de artículos que reflejan el compromiso y la excelencia de nuestra comunidad académica en el campo de la ingeniería. Desde la formulación de una mayonesa vegana hasta el desarrollo de bioplásticos a partir de residuos agrícolas, cada artículo ofrece una visión simplificada de resultados de investigación o de los avances tecnológicos que están moldeando el futuro de nuestra disciplina. Nuestro objetivo es proporcionar una plataforma para compartir conocimientos y fomentar el intercambio de ideas entre investigadores, profesionales y estudiantes. Creemos firmemente que la colaboración y la difusión del conocimiento son esenciales para el progreso científico y tecnológico.

Agradecemos a todos los autores por sus valiosas contribuciones y a nuestros lectores por su interés y apoyo. Esperamos que disfruten de esta edición y que los inspire a continuar explorando y desarrollando nuevas soluciones para los desafíos que enfrenta nuestra sociedad.

¡Bienvenidos a un viaje de descubrimiento e innovación!

Los Editores:

Dr. Eduardo Castañeda Pérez, Dr. David Betancur Ancona, Dr. Luis Chel Guerrero



CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e innovación

Formulación de una mayonesa vegana tipo aderezo y comparación de propiedades fisicoquímicas y aceptación sensorial con productos caseros y comerciales

Formulation of vegan dressing-type mayonnaise and comparison of physicochemical properties and sensory acceptance with homemade and commercial products

Autores/authors: Guillermo Ruiz, Jean Falfán, Erick Gómez, Jesús Martín, Akari Tuz, Santiago Gallegos Tintoré

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

Resumen y Abstract

Resumen

Las mayonesas y aderezos son complementos clásicos de los alimentos, presentes en ensaladas, hamburguesas, sándwiches y diversos platillos. Su sabor agridulce y textura cremosa los han convertido en favoritos, sin embargo, las opciones comerciales suelen ser altas en calorías, grasas saturadas y azúcares añadidos. Este trabajo compara las características de pH, color instrumental, viscosidad y atributos sensoriales de una mayonesa vegana tipo aderezo desarrollada respecto a un producto casero y uno comercial. El pH de los productos estuvo dentro de los límites permitidos por la normatividad mexicana (entre 3.0 y 4.6). Todos los aderezos presentaron un comportamiento característico de fluido pseudoplástico con valores mayores de viscosidad para el producto comercial. El aderezo vegano presentó la mayor aceptación sensorial en los atributos de olor, sabor y textura por parte de los consumidores potenciales.

Palabras clave: Emulsión, Mayonesa, Atributos sensoriales, Vegano, Viscosidad.

Abstract

Mayonnaises and dressings are classic food complements present in salads, hamburgers, sandwiches and various dishes. Their sweet and sour taste and creamy texture have made them favorites, however, commercial options are usually high in calories, saturated fats and added sugars. This work compares the characteristics of pH, instrumental color, viscosity and sensory attributes of a vegan mayonnaise dressing type developed with respect to a homemade product and a commercial one. The pH of the products was within the limits allowed by Mexican regulations (between 3.0 and 4.6). All dressings showed a characteristic pseudoplastic fluid behavior with higher viscosity values for the commercial product. The vegan dressing presented the highest sensory acceptance in the attributes of smell, flavor and texture by potential consumers.

Keywords: Emulsion, Mayonnaise, Sensory attributes, Vegan, Viscosity.

Introducción

Una emulsión es una dispersión termodinámicamente inestable de dos líquidos inmiscibles, mientras que la mayonesa tradicional representa un tipo específico de emulsión ampliamente consumida. Actualmente, las tendencias alimentarias están evolucionando hacia opciones más saludables y sostenibles.



Emulsiones: Mezclas Inmiscibles

Dispersión termodinámicamente inestable de dos líquidos inmiscibles (uno apolar y uno polar) que forma pequeñas gotas entre 0.1 y 100 micras. Se clasifican como aceite en agua (O/W), agua en aceite (W/O) o múltiples.

Mayonesa Tradicional

Emulsión de aceite en agua (O/W) donde la yema de huevo actúa como emulsionante. Contiene entre 70-80 g/100 g de grasa y es uno de los aderezos más consumidos a nivel mundial.

Tendencias Alimentarias Actuales

Las preferencias de consumo han evolucionado hacia dietas veganas y alimentos bajos en grasa, tanto para prevenir enfermedades cardiovasculares, obesidad y cáncer, como por adoptar estilos de vida más saludables y respetuosos con el medio ambiente.

Alternativas Modernas a la Mayonesa Tradicional

En respuesta a las tendencias alimentarias actuales, se han desarrollado diversas opciones más saludables y sostenibles.



Emulsionantes de Origen Vegetal

Los productos veganos sustituyen la yema de huevo por proteínas de leguminosas, almidones modificados o gomas vegetales, reduciendo grasas saturadas y calorías.

Aderezos Bajos en Grasa

Incorporan agentes estabilizantes como goma xantana, goma guar y carragenina para mejorar viscosidad, textura y estabilidad al reducir el contenido de aceite.

Alternativas Más Naturales

El interés por opciones con menos aditivos ha impulsado el desarrollo de emulsiones estables a base de proteínas vegetales como soya y garbanzo.

El objetivo del presente trabajo fue formular una mayonesa vegana tipo aderezo y comparar sus propiedades fisicoquímicas (pH, color instrumental y viscosidad) y aceptación sensorial con respecto a un producto casero y uno comercial, buscando ofrecer una alternativa más saludable y sostenible para los consumidores.

Materiales y Métodos

Los procedimientos experimentales utilizados para la formulación y evaluación comparativa de los aderezos tipo mayonesa; la preparación de las diferentes muestras, así como las condiciones de almacenamiento y el diseño estadístico empleados fueron los siguientes:



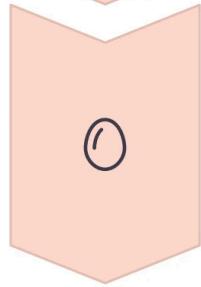
Preparación de Aderezos

Se elaboraron dos formulaciones (vegana y casera) siguiendo una receta tradicional tipo mil islas, comparándolas con un aderezo comercial Clemente Jaques®.



Mayonesa Vegana

Se procesaron papas, zanahorias, jugo de limón, aceite de oliva y mostaza hasta obtener una consistencia adecuada similar a una mayonesa tradicional.



Mayonesa Casera

Se emulsionaron huevo, sal, vinagre/limón y aceite mediante batido hasta lograr la textura característica de una mayonesa.

Los productos se mantuvieron en refrigeración durante tres días, realizando mediciones diarias para asegurar que no presentaran separación entre fases. El análisis estadístico incluyó tres réplicas para cada aderezo y un análisis de varianza para determinar diferencias significativas.

Evaluación de Propiedades Fisicoquímicas y Análisis Sensorial

Se realizaron diversos análisis para caracterizar las propiedades de las muestras de mayonesa vegana, casera y comercial. Todos los ensayos se efectuaron por triplicado para garantizar la fiabilidad de los resultados.



Determinación de pH

Se utilizó un potenciómetro calibrado marca Hanna® para medir el pH de las muestras a temperatura ambiente (25°C). Las mediciones se realizaron siguiendo la metodología establecida en la NOM-F-317-S-1978, sumergiendo el electrodo en la muestra homogeneizada y registrando el valor una vez estabilizada la lectura.



Determinación de Color

El análisis colorimétrico se realizó empleando un colorímetro Konica Minolta® calibrado con una placa blanca estándar. Se determinaron los parámetros L* (luminosidad), a* (componente rojo-verde) y b* (componente amarillo-azul) del sistema CIELab. Para cada muestra se efectuaron cinco mediciones en diferentes puntos para obtener valores representativos.



Viscosidad

La viscosidad se determinó utilizando un viscosímetro rotacional Brookfield® con husillo número 4, a una velocidad de 12 rpm y temperatura constante de 25°C. Las lecturas se tomaron después de 30 segundos de rotación para permitir la estabilización del sistema. Los resultados se expresaron en centipoises (cP).



Análisis Sensorial

Se realizó una evaluación sensorial mediante un panel no entrenado de 30 jueces (15 hombres y 15 mujeres) con edades entre 20-45 años. Se empleó una prueba hedónica con escala de 9 puntos para evaluar atributos de apariencia, color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general.

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se utilizó un diseño completamente al azar, aplicando un análisis de varianza (ANOVA) seguido de una prueba de Tukey para determinar diferencias significativas entre las muestras ($p<0.05$). Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software Statistica® versión 10.

Resultados y discusión

Determinación de pH

Al analizar los diferentes valores de pH encontrados en los aderezos, se observó una pequeña variación en los elaborados respecto al comercial, debido fundamentalmente a los ingredientes utilizados en la preparación. A pesar de estas diferencias, todas las muestras cumplieron con el pH indicado en la Norma Oficial Mexicana NMX-F-341-S-2006 para este tipo de productos, que debe estar entre 3.0 y 4.6.



Aderezo Vegano

pH promedio: 4.24

El aderezo vegano mostró una ligera variabilidad en los días de medición (4.05-4.52), manteniéndose dentro de los parámetros establecidos por la normativa.

Mayonesa Casera

pH promedio: 4.33

La mayonesa casera presentó valores de pH ligeramente superiores al aderezo vegano, con un incremento gradual durante los tres días de análisis (4.16-4.46).

Mayonesa Comercial

pH promedio: 3.31

La mayonesa comercial mostró los valores de pH más bajos y estables (3.30-3.32), posiblemente debido a la adición de conservantes y estabilizantes ácidos.

La estabilidad del pH es un factor crucial para la conservación y seguridad alimentaria de estos productos. Los valores más bajos observados en la mayonesa comercial podrían relacionarse con una mayor vida útil, mientras que los productos elaborados (vegano y casero) presentaron valores ligeramente más altos pero igualmente seguros según la normativa vigente.

Evaluación del Color

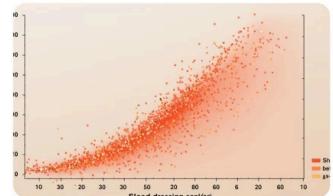
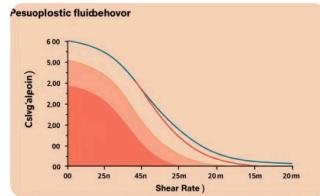
Los valores observados en la medición del color indicaron que para la luminosidad se obtuvieron niveles congruentes que están lejos de indicar un color opaco. Para los valores de a y b hubo diferencias significativas ($p<0.05$) que indican colores amarillos y verdes, lo cual pudo deberse a la ausencia de ingredientes artificiales que son comúnmente usados en los productos comerciales y que le dan su característico color rojo.



Estos resultados están de acuerdo con los valores reportados para una mayonesa incorporada con mucílago de chía en sustitución del huevo como agente emulsificante. El valor de ΔE fue mayor a 8 en todos los casos considerando que la muestra comercial fue tomada como estándar del consumidor, lo que indica diferencias de color perceptibles para el ojo humano.

Evaluación de la Viscosidad

En el laboratorio se midió cada muestra de aderezo a 5 distintas velocidades de deformación, para posteriormente calcular el esfuerzo y la deformación en el proceso.



Medición en Laboratorio

Cada muestra fue evaluada a 25 rpm, 50 rpm, 100 rpm, 150 rpm y 200 rpm para obtener datos completos de comportamiento.

Análisis de Resultados

El resultado de la prueba reológica indicó que los aderezos tienen un comportamiento de un fluido pseudoplástico.

Comparación con Estudios Previos

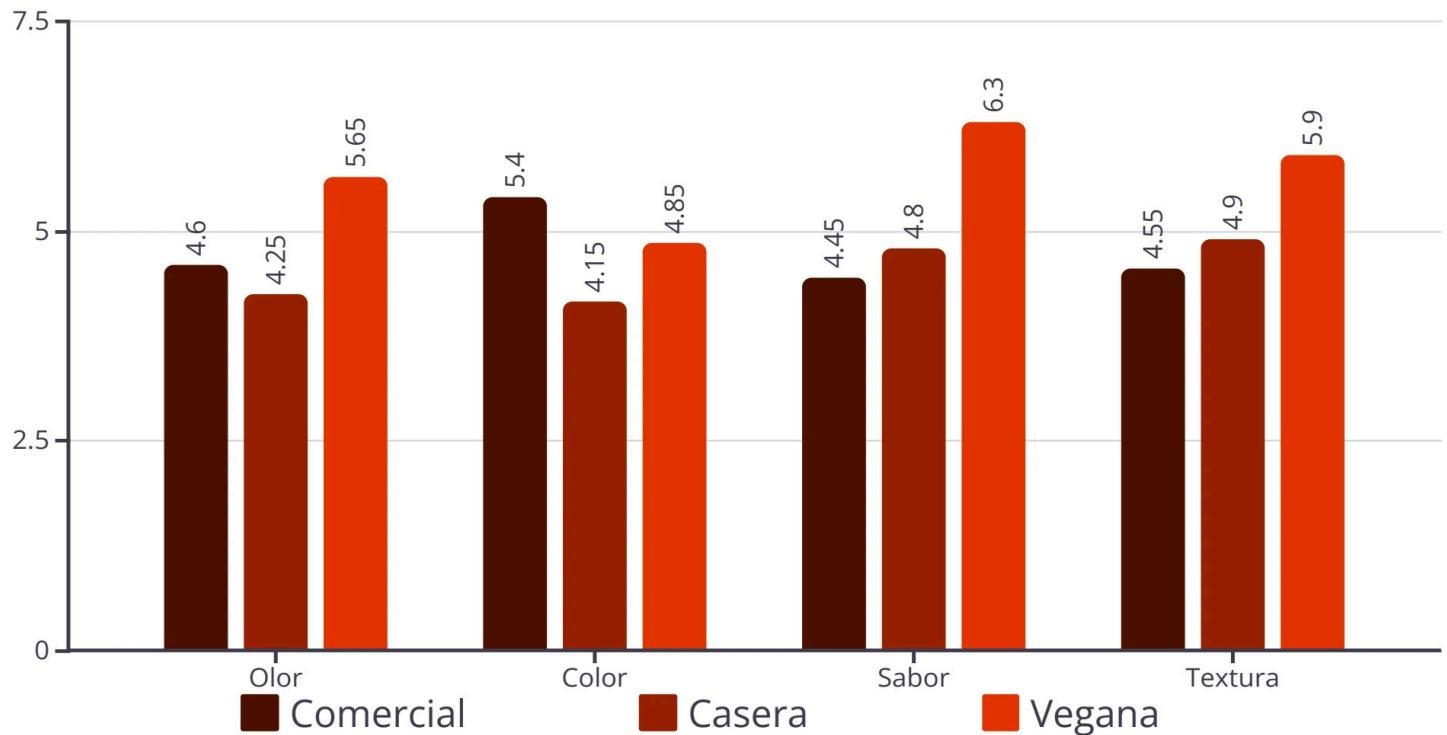
De manera similar, otros estudios encontraron que aderezos elaborados con proteínas de garbanzo como ingrediente funcional, se comportaron como fluidos pseudoplásticos no newtonianos.

Conclusión del Análisis

Al calcular los valores del índice de comportamiento de flujo, resultaron menores a 1 en todos los casos, confirmando que todos los productos presentaron un comportamiento generalmente de fluido pseudoplástico.

Solo se observó un comportamiento anómalo en el aderezo normal o casero en el día 2 que se debió a un error en la medición experimental.

Evaluación Sensorial



Este análisis se realizó con jueces aleatorios no entrenados y potencialmente consumidores de los productos. Mediante la prueba de preferencia se evaluó la aceptabilidad de los aderezos en una escala verbal-numérica de uno a siete, donde uno es que le disgusta extremadamente y el siete que le gusta extremadamente.

Los promedios de las calificaciones para los atributos de los aderezos indicaron que a los jueces no les gustó ni disgustó o solo les gustó levemente el olor de los aderezos comercial y casero, en cambio les resultó más agradable el olor del aderezo vegano. En cuanto al color, el comercial fue el que obtuvo mayor aceptación. Para el sabor y la textura, nuevamente quien obtuvo un mayor puntaje fue el aderezo vegano.

Conclusiones

Desarrollo Exitoso

Se desarrolló una aderezo/mayonesa vegana con buenas propiedades fisicoquímicas y aceptación sensorial por parte de los potenciales consumidores.

Cumplimiento Normativo

El pH alcanzado en todas las muestras estuvo dentro de los límites permitidos por las normas mexicanas (entre 3.0 y 4.6).

Comportamiento Reológico

La viscosidad medida en todos los aderezos presentó valores característicos para este tipo de productos, con comportamiento de fluido pseudoplástico.

Aceptación Sensorial

El aderezo vegano presentó mayor aceptación sensorial particularmente en los atributos de olor, sabor y textura, cumpliendo el objetivo de formular un producto vegano sin conservadores.

Referencias

- Cerro, D.A., Maldonado, A.P., & Matiacevich, S.B. (2021). Comparative study of the physicochemical properties of a vegan dressing type mayonnaise and traditional commercial mayonnaise. *Grasas Aceites* 72, 4: e439.
- Chang, C., Li, J., Li, X., Wang, C., Zhou, B., Su, Y. & Yang, Y. (2017). Effect of protein microparticle and pectin on properties of light mayonnaise. *LWT-Food Science and Technology*. 82, 8-14.
- De Menezes, R. C. F., De Carvalho Gomes, Q. C., De Almeida, B. S., De Matos, M. F. R., & Pinto, L. C. (2022). Plant-based mayonnaise: Trending ingredients for innovative products. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 30, 100599.
- Fernandes, S. S., & Mellado, M. de las M. S. (2017). Development of mayonnaise with substitution of oil or egg yolk by the addition of chia (*Salvia hispanica L.*) Mucilage. *Journal of Food Science*, 83,1: 74–83.
- Jiménez-Colmenero, F., Cofrades, S., Herrero, A.M., Solas, M.T., & Ruiz-Capillas, C. (2013). Konjac gel for use as a potential fat analog for healthier meat product development: Effect of chilled and frozen storage. *Food Hydrocol.* 30, 1: 351-357.
- Metri-Ojeda, J.C., Pérez-Alva, A., Recio-Cazares, S.L. & Baigts-Allende, D.K. (2020). Physicochemical and sensorial characterization of vegan mayonnaise using chia seed oil and mucilage (*Salvia hispanica L.*). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5: 485-489.
- Noo, J., Mills, T.B., & Norton, I.T. (2020). The use of natural antioxidants to combat lipid oxidation in O/W emulsions. *Journal of Food Engineering*. 281, 110006.
- Park, J.J., Olawuyi, I.F., & Lee, W.Y. (2020). Characteristics of low-fat mayonnaise using different modified arrowroot starches as fat replacers. *International Journal of Biological Macromolecules*. 153, 215-223.



CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e innovación

Propiedades Fisicoquímicas de Películas de Goma de Flamboyán Modificadas con Ácido Cítrico

Physicochemical Properties of Flamboyant Gum Films Modified with Citric Acid

Autores/Authors: Ximena Bee, Ángel Cámara, Armando Canche, Cristi Flores, Cristián Gomez, Tarcila Osorio, Wilbert Rodríguez Canto.

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

Resumen y Abstract

Resumen

La goma de flamboyán (*Delonix regia*), un galactomanano compuesto por estructuras de β -(1-4)-D-manano con ramificaciones de D-galactosa unidas en α -(1-6), posee la capacidad de formar películas. Este estudio evaluó el efecto de la modificación con ácido cítrico (0, 25 y 45% p/p) y la adición de glicerol (20% p/p) sobre la diferencia de color (ΔE), el ángulo de contacto y la solubilidad de películas elaboradas por casting.

La incorporación de glicerol favoreció la formación de las películas y mejoró sus propiedades fisicoquímicas. No se observaron diferencias significativas en ΔE entre los tratamientos ($p > 0.05$). El entrecruzamiento inducido por el ácido cítrico y la presencia de glicerol resultaron en un mayor ángulo de contacto y una menor solubilidad de las películas.

Abstract

Flamboyant gum (*Delonix regia*), a galactomannan composed of a β -(1-4)-D-mannan backbone with α -(1-6)-linked D-galactose side chains, can form films. This study evaluated the effect of citric acid modification (0, 25, and 45% w/w) and glycerol addition (20% w/w) on the color difference (ΔE), contact angle, and solubility of films prepared by the casting method.

Glycerol incorporation facilitated film formation and enhanced physicochemical properties. No significant differences in ΔE were observed among treatments ($p > 0.05$). Crosslinking induced by citric acid and glycerol resulted in a higher contact angle and lower film solubility.

Palabras clave

Ángulo de contacto, color, *Delonix regia*, galactomanano, solubilidad, películas biodegradables.

Keywords

Contact angle, color, *Delonix regia*, galactomannan, solubility, biodegradable films.

Introducción

Actualmente, los envases primarios más utilizados derivan del petróleo, un proceso estandarizado pero con un considerable impacto ambiental. La producción masiva de plásticos convencionales ha resultado en la acumulación de residuos no biodegradables en ecosistemas terrestres y acuáticos, provocando daños significativos a la flora y fauna. Además, la dependencia de recursos fósiles no renovables plantea desafíos a largo plazo para la industria del empaque. Esto impulsa la búsqueda de alternativas sostenibles y económicamente viables, tanto para productores como para consumidores. Las películas y recubrimientos comestibles emergen como una solución prometedora, ya que pueden prevenir la pérdida de humedad, mantener la textura, retardar cambios químicos y proteger contra daños mecánicos, proporcionando así una barrera efectiva mientras se reduce el impacto ambiental.



Biopolímeros

El desarrollo de películas se centra en polisacáridos (almidones, alginatos, quitosanos, gomas) y proteínas (soja, leche, gelatina). Estos compuestos de origen natural presentan excelentes propiedades de formación de películas y son completamente biodegradables. Los polisacáridos ofrecen buenas propiedades de barrera contra oxígeno y dióxido de carbono, mientras que las proteínas generalmente proporcionan mejores propiedades mecánicas. Sin embargo, ambos grupos presentan limitaciones en cuanto a sus propiedades de barrera contra la humedad, lo que ha impulsado investigaciones para mejorar este aspecto mediante diferentes modificaciones químicas y físicas.



Modificación química

El entrecruzamiento químico une cadenas poliméricas mediante enlaces covalentes, formando redes tridimensionales que mejoran la resistencia al agua. Esta técnica modifica significativamente las propiedades físicas y químicas de los biopolímeros, como su solubilidad, permeabilidad y resistencia mecánica. Entre los agentes entrecruzantes más utilizados se encuentran los aldehídos, carbodiimidas y ácidos policarboxílicos como el ácido cítrico. Este último resulta particularmente interesante por ser de origen natural, presentar baja toxicidad y estar catalogado como seguro para uso alimentario (GRAS), lo que facilita su aplicación en el desarrollo de empaques para alimentos.

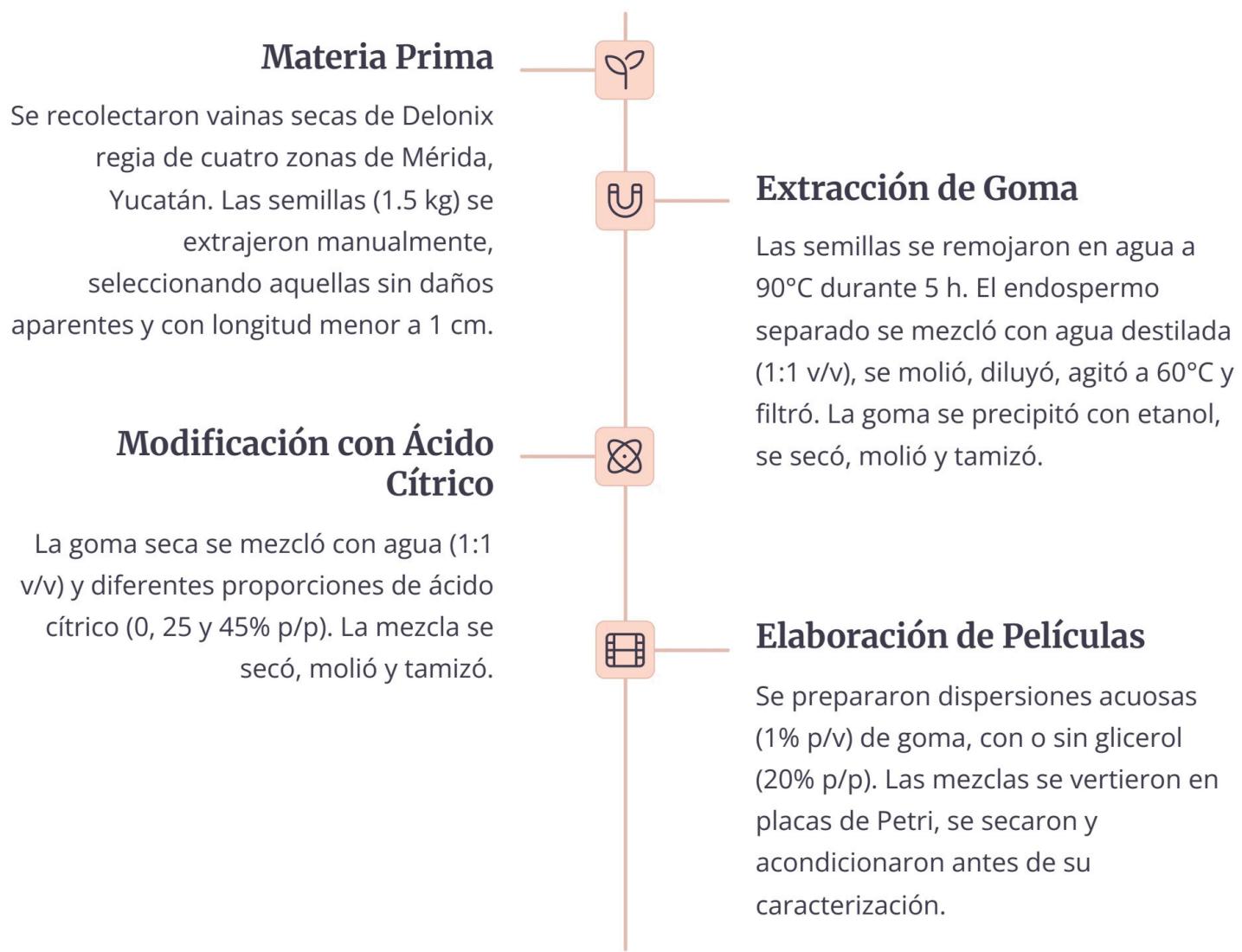


Goma de flamboyán

Extraída de las semillas de *Delonix regia*, es un galactomanano con una relación manosa:galactosa similar a la goma guar. Este árbol, ampliamente distribuido en regiones tropicales y subtropicales, produce semillas ricas en este hidrocoloide con excelentes propiedades funcionales. La goma de flamboyán ha demostrado capacidad para formar películas, aunque presenta limitaciones en términos de resistencia al agua y propiedades mecánicas. Estudios previos han señalado su potencial como materia prima sostenible para la elaboración de empaques biodegradables, especialmente cuando se combina con otros compuestos o se somete a modificaciones químicas para mejorar sus características funcionales.

En este trabajo se evaluó el efecto de la modificación de goma de flamboyán con ácido cítrico y la adición de glicerol sobre la diferencia de color, el ángulo de contacto y la solubilidad de las películas resultantes. Se buscó mejorar las propiedades de barrera contra la humedad manteniendo las características biodegradables del material para potenciales aplicaciones en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética.

Materiales y Métodos



Determinación de Color

Se midieron los parámetros L*, a*, b* con un colorímetro Minolta CR400. La diferencia total de color (ΔE) se calculó usando la película de goma nativa como referencia.

Solubilidad

Muestras de película se pesaron, sumergieron en agua, agitaron, filtraron y secaron. La solubilidad se calculó como porcentaje de pérdida de peso.

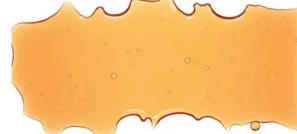
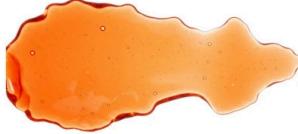
Ángulo de Contacto

Se midió mediante la técnica de la gota sésil. Ángulos < 90° indican hidrofilicidad, mientras que > 90° indican hidrofobicidad.

Resultados y discusión

Color

Los valores de diferencia total de color (ΔE) respecto a la película control (goma nativa sin aditivos) mostraron variaciones según la composición. A continuación se ilustran las principales observaciones:



Película Control (0% ΔE)

Goma nativa sin aditivos que sirve como referencia para la medición de diferencias de color.

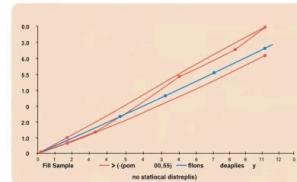
Máxima Diferencia ($\Delta E = 2.06$)

Película con 25% de ácido cítrico y sin glicerol, que presentó la mayor diferencia de color respecto al control.

Efecto del Glicerol

Las películas con 20% de glicerol mostraron valores de ΔE ligeramente menores (1.63-1.97) que sus contrapartes sin este plastificante.

Concentración Glicerol (%)	Proporción Ácido Cítrico (%)	ΔE (adimensional)
0	0 (Control)	Referencia (0)
0	25	2.06
0	45	1.85
20	0	1.97
20	25	1.63
20	45	1.82



Medición Instrumental

Las diferencias de color se determinaron con un colorímetro Minolta CR400, calculando los parámetros L^* , a^* , b^* para cada formulación.

Análisis Estadístico

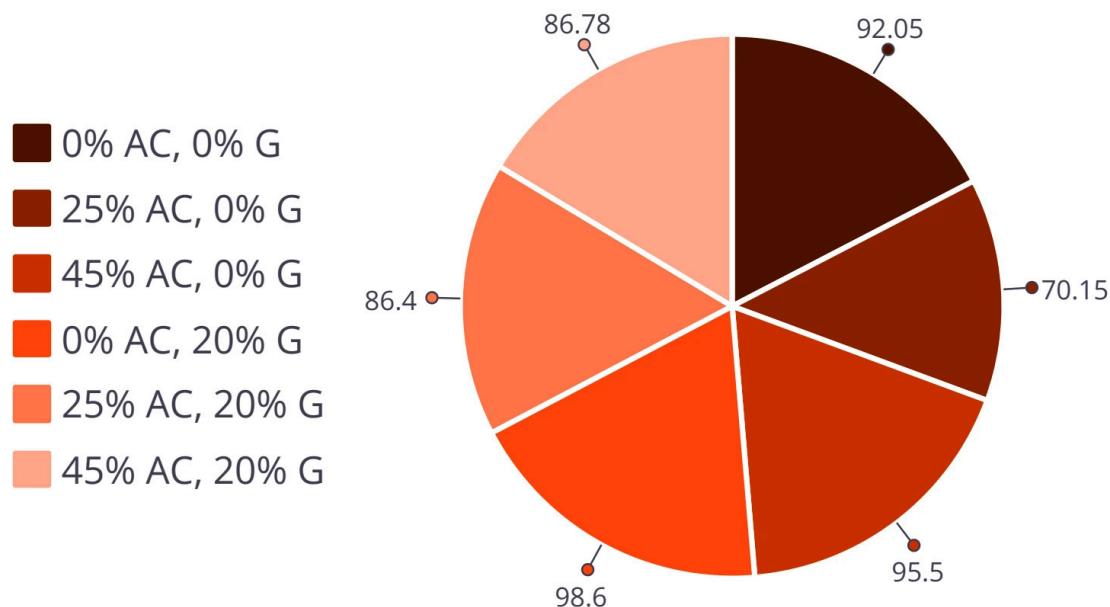
El ANOVA factorial no reveló efectos estadísticamente significativos ($p > 0.05$) de la concentración de ácido cítrico, la presencia de glicerol, ni su interacción sobre la diferencia de color.

Efecto Plastificante

La ligera tendencia a menores ΔE con glicerol podría atribuirse a su rol como plastificante, creando una superficie más homogénea que influye en la estabilidad del color.

Ángulo de Contacto

Los valores del ángulo de contacto mostraron que la presencia de glicerol incrementó consistentemente este parámetro en comparación con las películas sin plastificante a la misma concentración de ácido cítrico. El mayor ángulo (98.6°), indicativo de mayor hidrofobicidad, se obtuvo con 0% de ácido cítrico y 20% de glicerol.



El ANOVA factorial indicó que tanto la concentración de glicerol como la interacción entre ácido cítrico y glicerol tuvieron un efecto estadísticamente significativo ($p < 0.05$) sobre el ángulo de contacto. El efecto del ácido cítrico por sí solo no fue significativo ($p > 0.05$).

Los resultados muestran una variabilidad interesante: algunas películas presentaron carácter hidrofílico ($< 90^\circ$) y otras hidrofóbico ($> 90^\circ$). La interacción significativa sugiere que el efecto del ácido cítrico sobre la hidrofobicidad depende de la presencia del plastificante.

Solubilidad

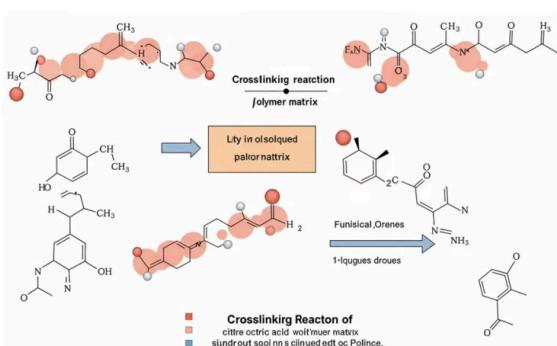
La solubilidad se evaluó cualitativamente, clasificando las películas según su comportamiento en medio acuoso. Los resultados mostraron una clara influencia tanto del ácido cítrico como del glicerol en este parámetro.



Películas Parcialmente Solubles

Las películas sin glicerol y con concentraciones bajas de ácido cítrico (0% o 25%) mostraron solubilidad parcial en agua.

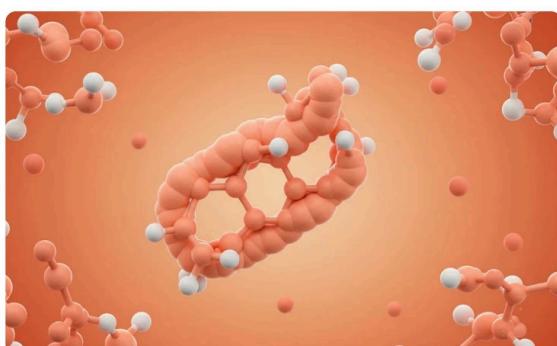
- 0% glicerol, 0% ácido cítrico (Control)
- 0% glicerol, 25% ácido cítrico



Películas Insolubles

La adición de glicerol o altas concentraciones de ácido cítrico (45%) resultaron en películas insolubles bajo las condiciones de prueba.

- 0% glicerol, 45% ácido cítrico
- 20% glicerol, 0% ácido cítrico
- 20% glicerol, 25% ácido cítrico
- 20% glicerol, 45% ácido cítrico



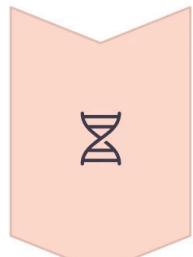
Efecto del Ácido Cítrico

La disminución de la solubilidad con ácido cítrico es esperada, ya que el entrecruzamiento forma una red polimérica más estable y menos accesible a las moléculas de agua. La prueba de Friedman confirmó diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$).

Efecto del Glicerol

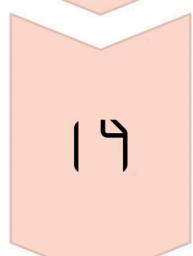
El efecto del glicerol es particularmente interesante; aunque es soluble en agua, su presencia como plastificante parece contribuir a una estructura general menos soluble, modificando la interacción de la película con el agua.

Mecanismos de Modificación



Estructura Original

La goma de flamboyán es un galactomanano con cadena principal de β -(1-4)-D-manano y ramificaciones de D-galactosa unidas en α -(1-6).



Entrecruzamiento

El ácido cítrico forma enlaces éster entre sus grupos carboxilo y los grupos hidroxilo del galactomanano, creando una red tridimensional.



Efecto del Glicerol

El glicerol actúa como plastificante, insertándose entre las cadenas poliméricas y modificando la organización estructural.



Estructura Final

La combinación de entrecruzamiento y plastificación resulta en una matriz con propiedades fisicoquímicas modificadas.

El entrecruzamiento con ácido cítrico implica la formación de enlaces éster entre los grupos carboxilo del ácido y los grupos hidroxilo del galactomanano. Esta reacción, catalizada por calor durante el secado, modifica la estructura química y física de la película, afectando propiedades como la hidrofobicidad y la solubilidad.

La adición de glicerol, aunque inicialmente podría parecer contradictoria por su naturaleza hidrofílica, reorganiza la estructura superficial de manera que puede aumentar el ángulo de contacto en ciertas formulaciones, posiblemente al facilitar una disposición específica de las cadenas poliméricas en la superficie.

Conclusiones y Perspectivas



La modificación de la goma de flamboyán (*Delonix regia*) mediante entrecruzamiento con ácido cítrico y la adición de glicerol como plastificante permitió obtener películas con propiedades fisicoquímicas modulables:

Color

Las modificaciones no afectaron significativamente ($p > 0.05$) el color de las películas.

Ángulo de Contacto

La adición de glicerol y la interacción entre glicerol y ácido cítrico incrementaron significativamente ($p < 0.05$) el ángulo de contacto, indicando una mayor hidrofobicidad superficial en varias formulaciones ($> 90^\circ$).

Solubilidad

Tanto el aumento de la concentración de ácido cítrico (especialmente al 45%) como la presencia de glicerol disminuyeron notablemente la solubilidad de las películas en agua.

Perspectivas

Los resultados obtenidos abren nuevas líneas de investigación y posibles aplicaciones para la goma de flamboyán modificada:

Caracterización adicional

Estudios futuros deberían incluir análisis de propiedades mecánicas, permeabilidad a gases y estabilidad a largo plazo de las películas modificadas.

Aplicaciones potenciales

Las propiedades hidrofóbicas y baja solubilidad sugieren posibles aplicaciones como recubrimientos para alimentos, embalajes biodegradables o matrices para liberación controlada de compuestos activos.

Optimización de formulaciones

Explorar diferentes proporciones y combinaciones de modificadores para desarrollar materiales con propiedades específicas para distintas aplicaciones industriales.

Escalamiento

Evaluar la viabilidad técnica y económica para la producción a escala industrial de películas a base de goma de flamboyán modificada.

Referencias

- Cerqueira, M. A., et al. (2018). Galactomannans use in the development of edible films/coatings for food applications.
- De Oliveira Filho, J. G., et al. (2021). Nanoemulsions as Edible Coatings: A Potential Strategy for Fresh Fruits and Vegetables Preservation.
- Guimarães, M., et al. (2019). Active and intelligent biodegradable packaging based on polysaccharides and natural extracts.
- Mendes, J. F., et al. (2019). Biodegradable polymer films from galactomannan and starch: Preparation and characterization.
- Nwokocha, L. M., Williams, P. A., & Yadav, M. P. (2018). Physicochemical characterization of the galactomannan from *Delonix regia* seed.
- Patil, N. Y., et al. (2020). Citric acid crosslinking of biodegradable films: Effect on properties and biodegradability.
- Rodriguez-Canto, W., et al. (2020). *Delonix regia* galactomannan-based edible films: Effect of molecular weight and k-carrageenan on physicochemical properties.
- Thomsen, D. B., et al. (2020). Natural polymers for sustainable films and coatings in food packaging: A review.
- Valencia-Chamorro, S. A., et al. (2018). Biopolymers for edible films and coatings in food applications.
- Zhao, N., et al. (2019). Preparation and physical/chemical modification of galactomannan film for food packaging.



CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e innovación

Importancia de las pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA) en entornos agroindustriales

Food wastage: Relevance of food losses and food wastes in agroindustrial environments

Autores/ Authors: David Betancur Ancona, Wilbert Rodríguez Canto, Eduardo Castañeda Pérez, Irving Sosa Crespo, Luis Chel Guerrero

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

Resumen y Abstract

Resumen

El presente trabajo aborda la problemática de las pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA) en entornos agroindustriales, analizando su relevancia, composición química, impacto ambiental y económico, así como las estrategias potenciales para su valorización. Se presentan estadísticas actualizadas sobre la generación de PDA a nivel mundial y se exploran las diversas alternativas para el aprovechamiento de residuos agroindustriales como recursos valiosos, contribuyendo así a la economía circular y la sostenibilidad del sector agroalimentario.

Palabras clave

Pérdidas y desperdicios de alimentos; residuos agroindustriales; valorización; sostenibilidad; economía circular; aprovechamiento de residuos.

Abstract

This paper addresses the issue of food losses and waste (FLW) in agroindustrial environments, analyzing their relevance, chemical composition, environmental and economic impact, as well as potential strategies for their valorization. Updated statistics on worldwide FLW generation are presented, and various alternatives for utilizing agroindustrial residues as valuable resources are explored, thus contributing to the circular economy and sustainability of the agri-food sector.

Keywords

Food losses and waste; agroindustrial residues; valorization; sustainability; circular economy; waste utilization.

Introducción



Clasificación de Residuos Agroindustriales

La producción de alimentos genera una considerable cantidad de residuos que, sin una gestión adecuada, impactan negativamente en el medio ambiente. Es fundamental clasificar los desechos agroindustriales en categorías jerarquizadas para comprender su origen y potencial reutilización.

Composición Química y Valorización

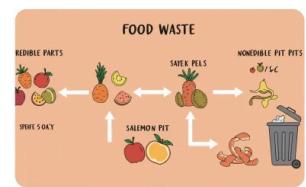
Conocer la composición química de estos residuos optimiza los procesos de reciclaje y permite su integración en prácticas sostenibles como la producción de biocombustibles, fertilizantes orgánicos, extracción de biomoléculas bioactivas o elaboración de alimento para animales.

Economía Circular Agroindustrial

La investigación sobre residuos vegetales agroindustriales impulsa el desarrollo de tecnologías más limpias y ofrece oportunidades para promover un modelo de economía circular. Implementar estrategias adecuadas de manejo y valorización minimiza el impacto ambiental y potencia el aprovechamiento de recursos.

Relevancia del desperdicio de alimentos y los residuos agroindustriales

El desperdicio de alimentos representa un problema mundial que ofrece una oportunidad oculta para la conversión en productos de valor añadido. La distinción entre sus diferentes tipos y definiciones es crucial para comprender su impacto.



Problema Global

Según el Food Waste Index Report (2024), la distinción entre partes comestibles y no comestibles es frecuentemente ambigua y varía según la cultura y el uso.

Sistemas Alimentarios Circulares

La reintegración de partes no comestibles puede mejorar los sistemas alimentarios circulares, aunque la medición precisa del desperdicio se complica por la dificultad de separar estas partes.

Definiciones y Fronteras

Según el UNEP (2024), food waste (FW) ocurre en las etapas de producción, postcosecha y procesamiento, mientras que food loss (FL) sucede en las etapas de venta al por menor y consumo.

Concepto Integral

La FAO (2013) utiliza el término food wastage (FWg) para abarcar ambos elementos, incluida la parte no comestible, ofreciendo una visión más completa del fenómeno.

El objetivo de este trabajo es definir claramente lo que comprende el desperdicio de alimentos, ya que no existe un término universalmente aceptado que delimité con precisión la frontera entre food waste (FW) y food loss (FL), conceptos fundamentales para desarrollar estrategias efectivas de aprovechamiento.

Materiales y Métodos

Para la elaboración de esta revisión, se consideraron los artículos científicos, libros o capítulos de libro relacionados con las pérdidas y desperdicios de alimentos, siguiendo un proceso sistemático de búsqueda y selección.



Proceso de Revisión Sistemática

Se implementó una metodología de cuatro etapas: búsqueda, selección, elegibilidad e inclusión, utilizando operadores booleanos (and, or, not) para optimizar los resultados en español e inglés.

Bases de Datos Consultadas

La búsqueda de literatura se realizó en motores especializados como Google Scholar, Scielo, ResearchGate, PubMed, Redalyc, Web of Science y ScienceDirect para garantizar una cobertura amplia de la literatura científica.

Criterios de Selección

Se utilizaron términos clave basados en el Thesáuro FSTA (Food Science and Technology Abstracts), seleccionando publicaciones desde 2020 hasta la fecha, con énfasis en impacto ambiental, sustentabilidad y seguridad alimentaria.

Resultados y Discusión

Estadísticas de las pérdidas y desperdicios de alimentos a nivel mundial

Según datos de la FAO, aproximadamente un tercio de los alimentos producidos en el mundo se desperdician anualmente, lo que representa pérdidas significativas de recursos y un impacto ambiental considerable.



Frutas y verduras: 87% de desperdicio

El grupo que presenta mayor nivel de desperdicio, con 1,166 millones de toneladas según pronósticos de la FAO (2024).

Tubérculos: 41% de desperdicio

Representan 356 millones de toneladas de desperdicios según estimaciones recientes de la FAO.

Cereales: 18.5% de desperdicio

Con 526 millones de toneladas desperdiciadas, sin considerar la industria cervecera.

Caña de azúcar

La industria genera 1,922 millones de toneladas, con pérdidas entre 2% y 5% según el nivel de mecanización.

La utilización potencial de estos desperdicios representaría una disminución considerable en la pérdida de recursos, reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, y menor desperdicio de agua y tierras cultivables.

Evolución de la generación de pérdidas y desperdicios agroalimentarios

La producción de cultivos primarios aumentó un 54% entre 2000 y 2021, alcanzando los 9500 millones de toneladas en 2021. El valor de esta producción pasó de 1.8 billones de dólares en 2000 a 2.8 billones de dólares en 2021, según datos de la FAO (2022).

Este aumento se debe principalmente al uso intensivo de riego, pesticidas y fertilizantes, así como a la adopción de mejores prácticas agrícolas y cultivos de alto rendimiento, planteando desafíos de sostenibilidad e impacto ambiental.



Cereales: Principal grupo de cultivo

Representan el 59% de la producción total. El maíz (224.4 millones de toneladas), trigo (145.4) y arroz (98.8) lideran en pérdidas y desperdicios agroalimentarios.

Frutas: Alto nivel de desperdicio

Del grupo de frutas destacan el plátano (60 millones de toneladas), la sandía (45.2) y la manzana (42.6) como las que generan mayores desperdicios.

Verduras: Tomate lidera desperdicios

El tomate genera 80.1 millones de toneladas de desperdicios, seguido por la cebolla (110 MDT) y el pepino (94 MDT) en producción total.

Aplicando las proporciones reportadas por la FAO (2013), los productos que generan mayor cantidad de pérdidas incluyen también la papa (154.1 millones de toneladas), la yuca (129.1) y la soya (34.4) en el caso de las leguminosas y oleaginosas.

Composición química de pérdidas y desperdicios agroalimentarios

Los diferentes tipos de residuos agroindustriales presentan composiciones químicas particulares que determinan sus posibles aplicaciones y métodos de valorización:



Paja de arroz

Contiene 39.2% de celulosa, 23.5% de hemicelulosa y 36.1% de lignina. La estructura de la celulosa en las paredes celulares determina sus propiedades físicas y químicas.

Tallos de soya

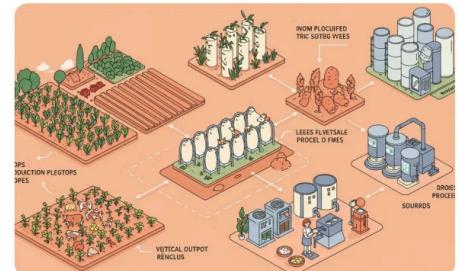
Presentan 34.5% de celulosa, 24.8% de hemicelulosa y 19.8% de lignina. La forma estructural de la celulosa varía entre las capas alfa (interna), beta (intermedia) y gama (externa).

Cáscara de plátano

Constituye el 44% de la fruta y contiene 20.90% de celulosa, 7.92% de hemicelulosa y 18.11% de lignina. Además posee antioxidantes y compuestos bioactivos con potencial para harinas, piensos y biocombustibles.

La estructura y composición de estos desperdicios agroindustriales determina su potencial de aprovechamiento para la producción de materiales biodegradables, biocombustibles y otros productos de valor agregado.

Impacto de las pérdidas y desperdicios agroalimentarios



Impacto ambiental

La industria agrícola genera aproximadamente 1,300 millones de toneladas anuales de residuos que, en su mayoría, son incinerados o depositados en vertederos, generando importantes desafíos ambientales. La huella de carbono asociada equivale a una acumulación anual de 3,300 millones de toneladas de CO₂ en la atmósfera (Capanoglu et al., 2022).

Impacto social y económico

El desperdicio de alimentos tiene repercusiones sociales importantes relacionadas con la pérdida de nutrientes y el hambre mundial. Según la FAO, mientras 690 millones de personas padecían hambre en 2019, la cantidad anual de pérdidas y desperdicios podría proporcionar una dieta de 2,100 kcal diarias a 2 mil millones de personas.

Proyecciones futuras

De continuar esta tendencia, para 2050, con una población de más de nueve mil millones de habitantes, el mundo necesitará un 60% más de alimentos. Las predicciones indican que la brecha alimentaria en 2050 podría reducirse en un 20% si se disminuye a la mitad el desperdicio mundial de alimentos (Capanoglu et al., 2022).

Potencial de valorización de residuos agroindustriales

Los residuos agroindustriales, debido a su composición, tienen un potencial de multivalorización sin explotar. Pueden aprovecharse para producir una amplia gama de productos valiosos que contribuyen a la economía circular y la sostenibilidad ambiental.



Biocombustibles

Producción de bioetanol, biodiesel y biogás a partir de residuos agrícolas, generando energía limpia y reduciendo la dependencia de combustibles fósiles.

Biopolímeros

Desarrollo de plásticos biodegradables y empaques sostenibles que ofrecen alternativas ecológicas a los plásticos convencionales derivados del petróleo.

Biofertilizantes

Elaboración de abonos orgánicos para mejorar la calidad del suelo, promoviendo la agricultura sostenible y reduciendo el uso de fertilizantes químicos.

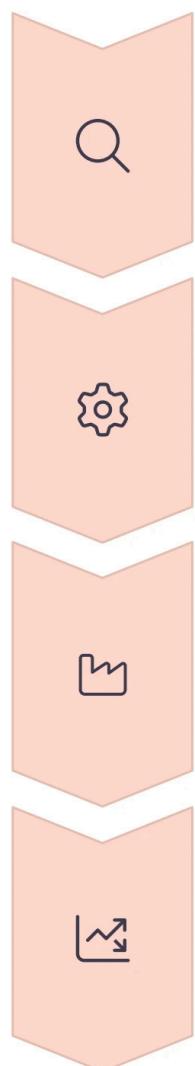
Compuestos bioactivos

Extracción de enzimas, nutracéuticos y otros compuestos de valor con aplicaciones en industrias farmacéuticas, cosméticas y alimentarias.

La valorización de estos residuos no solo contribuye a reducir la contaminación y preservar el medio ambiente, sino que también abre nuevos horizontes para la innovación y el desarrollo de soluciones ecoeficientes. El caso de la caña de azúcar es ejemplar, ya que a pesar de tener el volumen de producción más alto (1922 MDT), es el que menos se desperdicia proporcionalmente debido a su utilización en envases biodegradables, industria textil, construcción y producción de bioetanol, entre otros usos (Procana, 2024).

Estrategias para el aprovechamiento de residuos agroindustriales

Para maximizar el aprovechamiento de los residuos agroindustriales, es necesario implementar estrategias integrales que consideren su composición química y potencial de valorización. Estas estrategias deben enfocarse en la transformación de residuos en recursos valiosos, contribuyendo así a la economía circular.



Caracterización

Análisis detallado de la composición química y propiedades físicas de los residuos para identificar su potencial de valorización.

Procesamiento

Aplicación de tecnologías de transformación como fermentación, extracción, hidrólisis o pirólisis para obtener compuestos de valor.

Industrialización

Desarrollo de procesos escalables para la producción de bioproductos comercializables a partir de los residuos procesados.

Comercialización

Creación de modelos de negocio sostenibles basados en los productos derivados de residuos agroindustriales.

La implementación de estas estrategias requiere un enfoque multidisciplinario que involucre a investigadores, industria, gobierno y consumidores. El éxito de estas iniciativas dependerá de la colaboración entre estos actores y de políticas públicas que incentiven la valorización de residuos agroindustriales.

Conclusiones

Food wastage es un término que involucra tanto a los residuos de alimentos generados durante las etapas de producción, postcosecha y procesamiento, como al desperdicio que sucede en las etapas de venta al por menor y consumo. Estos desperdicios tienen repercusiones sociales importantes relacionadas con la pérdida de nutrientes y el hambre mundial, ya que se consideran una fuente valiosa de carbohidratos complejos, proteínas, lípidos y fitoquímicos.

Los residuos alimentarios contienen altos niveles de polisacáridos, fibras dietéticas, aceites, vitaminas, compuestos fenólicos, carotenoides y otros pigmentos, lo que los convierte en una fuente potencial de compuestos biológicamente activos. La valorización de estos residuos se basa precisamente en este alto contenido de componentes valiosos que pueden ser aprovechados en diversas aplicaciones.

En perspectiva, la correcta clasificación y gestión de los residuos derivados de la agroindustria no solo contribuye a reducir la contaminación y a preservar el medio ambiente, sino que también abre nuevos horizontes para la innovación y el desarrollo de soluciones ecoeficientes, impulsando una economía más verde y sustentable.

Referencias

FAO. (2019). El estado mundial de la agricultura y la alimentación: Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Roma, Italia.

Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). Global food losses and food waste: Extent, causes and prevention. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Lin, C. S. K., Pfaltzgraff, L. A., Herrero-Davila, L., Mubofu, E. B., Abderrahim, S., Clark, J. H., & Luque, R. (2013). Food waste as a valuable resource for the production of chemicals, materials and fuels. Current situation and global perspective. *Energy & Environmental Science*, 6(2), 426-464.

Ravindran, R., & Jaiswal, A. K. (2016). Exploitation of food industry waste for high-value products. *Trends in Biotechnology*, 34(1), 58-69.

Mirabella, N., Castellani, V., & Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 28-41.

Matharu, A. S., de Melo, E. M., & Houghton, J. A. (2016). Opportunity for high value-added chemicals from food supply chain wastes. *Bioresource Technology*, 215, 123-130.

Sadh, P. K., Duhan, S., & Duhan, J. S. (2018). Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresources and Bioprocessing*, 5(1), 1-15.

Stenmarck, Å., Jensen, C., Quested, T., & Moates, G. (2016). Estimates of European food waste levels. IVL Swedish Environmental Research Institute.

Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 3065-3081.

Carmona-Cabello, M., García, I. L., Leiva-Candia, D., & Dorado, M. P. (2018). Valorization of food waste based on its composition through the concept of biorefinery. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 14, 67-79.



CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e innovación

Propiedades fisicoquímicas de la leche de cabra de unidades productivas a pequeña escala en Mérida, México

Physicochemical properties of goat milk from small-scale production units in Merida, Mexico

Autores/ Authors: Carolina Barrientos Ávila, David Betancur Ancona, Arturo Castellanos Ruelas, Luis Chel Guerrero

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

Resumen y Abstract

Resumen

Objetivo. Estudiar cómo está compuesta la leche de cabra y qué tan nutritiva es, en tres granjas pequeñas de Mérida, Yucatán, México. Se busca saber si esta leche puede servir para personas con problemas para digerir la lactosa.

Materiales y métodos. Se recogieron muestras de leche cada quince días durante cuatro meses. Se midió cuántos sólidos totales, grasa, proteína, lactosa, cenizas, calcio y fósforo contenían. También se midió la densidad, el pH (acidez), la acidez titulable, los tipos de ácidos grasos y las caseínas.

Resultados y Conclusiones. En promedio, la leche tuvo: 2.69% de grasa, 4.10% de proteína, 4.12% de lactosa, 12.96% de sólidos totales, 0.83% de cenizas, 139 mg/100g de calcio y 105 mg/100g de fósforo. La leche contenía grasas buenas y parece faltar la α_1 -caseína, lo que podría reducir alergias.

Palabras clave: *Capra aegagrus hircus* L.; composición química; ácidos grasos; caseína; sistemas de producción.

Abstract

Objective. To study the composition and nutritional value of goat milk from three small-scale farms in Merida, Yucatan, Mexico, aiming to see if this milk could be suitable for people with lactose digestion issues.

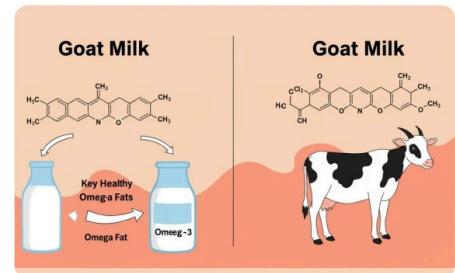
Materials and methods. Milk samples were collected every two weeks for four months. Total solids, fat, protein, lactose, ash, calcium, and phosphorus were measured. Density, pH, titratable acidity, fatty acids, and caseins were also determined.

Results and Conclusions. On average, the milk contained: 2.69% fat, 4.10% protein, 4.12% lactose, 12.96% total solids, 0.83% ash, 139 mg/100g calcium, and 105 mg/100g phosphorus. The milk provided beneficial fats and α_1 -casein appeared to be absent, potentially reducing allergies.

Keywords: *Capra aegagrus hircus* L., chemical composition; fatty acids; casein; production systems.

Introducción

La cría de cabras es importante para la economía rural y la nutrición global, con características distintivas que hacen de su leche un producto valioso.



Adaptabilidad y Economía Rural

La cría de cabras es vital para la economía de zonas rurales, especialmente donde el clima y terreno dificultan otras producciones.

Estos animales se adaptan a diversos ecosistemas, desde zonas áridas hasta regiones montañosas. En México y el trópico yucateco, los sistemas pequeños de doble propósito constituyen un importante sustento para comunidades rurales.

Producción Global y Regional

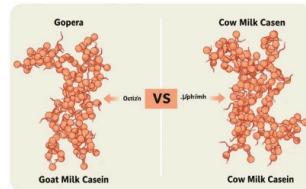
La producción mundial de leche de cabra ha aumentado considerablemente, alcanzando 21 millones de toneladas en 2021. Asia y África son los principales productores, donde representa una fuente vital de nutrición para millones de familias en comunidades con recursos limitados.

Valor Nutricional y Bioactivo

La leche de cabra contiene numerosos componentes bioactivos, incluyendo péptidos con propiedades antimicrobianas, antihipertensivas y antioxidantes. Sus proteínas y caseínas son estructuralmente diferentes a las bovinas, favoreciendo su digestibilidad y reduciendo su potencial alergénico. Su buena proporción de grasas insaturadas puede contribuir a la salud cardiovascular.

Ventajas Nutricionales y Relevancia Regional de la Leche de Cabra

La leche caprina ofrece múltiples beneficios nutricionales y representa una importante alternativa económica en la región de Yucatán.



Digestibilidad Superior

La leche de cabra se digiere más fácilmente gracias a sus glóbulos de grasa más pequeños que proporcionan mayor superficie para la acción enzimática, facilitando su absorción intestinal y reduciendo molestias digestivas.

Menor Potencial Alergénico

Usualmente contiene menor concentración de caseína αs1, una de las principales proteínas asociadas con alergias a la leche, convirtiéndola en excelente alternativa para personas con sensibilidad a proteínas lácteas bovinas.

Relevancia en Yucatán

La producción caprina ha ido ganando importancia como alternativa económica sostenible en Yucatán, aunque existe limitada información sobre las características específicas de la leche producida en esta región tropical.

Variaciones Estacionales

Las variaciones estacionales pueden afectar significativamente la composición de la leche, un factor poco estudiado en condiciones tropicales que resulta crucial para establecer estándares de calidad y optimizar su producción.

El objetivo de este trabajo fue caracterizar las propiedades fisicoquímicas de la leche de cabra proveniente de sistemas productivos a pequeña escala en Mérida, Yucatán, con énfasis en el análisis de las variaciones estacionales.

Materiales y Métodos

El estudio analizó las propiedades fisicoquímicas de la leche caprina en tres granjas de Mérida, Yucatán, empleando las siguientes metodologías:



Sitio y Granjas

El estudio se realizó en Mérida, Yucatán, México (clima tropical). Se usaron 3 granjas pequeñas: CHOLUL (cabras Nubia y Boer, sistema mixto), FMVZ (cabras Criollas, sistema mixto) y DIF (cabras Criollas, Nubias y Cruzas, confinadas).

Recolección y Análisis

Se tomó una muestra mezclada de 1 litro por granja, cada 15 días durante 4 meses. Se midieron: grasa, sólidos totales, cenizas, proteína, lactosa, densidad, pH, acidez, calcio y fósforo, siguiendo métodos oficiales.

Técnicas Especializadas

Se analizaron ácidos grasos por cromatografía de gases tras extraer la grasa. Las caseínas se extrajeron de leche descremada y se analizaron por electroforesis (SDS-PAGE) para ver su tamaño.

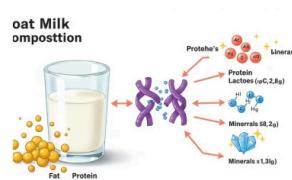
Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3×2 (tres granjas y dos épocas). Se realizó análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de P<0.05, utilizando software estadístico.

Resultados y Discusión

Composición y Comparación entre Granjas

La composición fisicoquímica de la leche caprina mostró variaciones entre las tres granjas estudiadas, con los siguientes promedios generales:



Composición Nutricional

La leche tuvo en promedio: 2.69% grasa, 4.10% proteína, 4.12% lactosa, 12.96% sólidos totales y 0.83% cenizas. La proteína y sólidos fueron algo altos, mientras que la grasa y lactosa fueron algo bajos comparados con algunos reportes. El contenido de grasa fue menor al promedio de la leche de vaca, posiblemente por la dieta o raza.

Propiedades Físicas

La densidad (promedio 1.032 g/cm³) y el pH (promedio 6.51) mostraron valores normales en todas las granjas. La acidez (promedio 1.36 g/L) también fue normal, sugiriendo buena calidad inicial de la leche. Sin embargo, se observaron diferencias significativas en el pH (más bajo en DIF) y acidez (más alta en DIF).

Contenido Mineral

Se encontraron niveles importantes de minerales: 139 mg/100g de calcio y 105 mg/100g de fósforo. Estos valores fueron similares entre las tres granjas estudiadas, indicando una consistencia en el aporte mineral de la leche caprina de la región.

Comparación entre Granjas

Hubo diferencias significativas entre granjas solo en lactosa (más alta en DIF), pH y acidez. Las granjas CHOLUL (cabras Nubia y Boer), FMVZ (cabras Criollas) y DIF (cabras Criollas, Nubias y Cruzas) mostraron similitud en densidad, grasa, proteína, cenizas, calcio y fósforo, lo que sugiere que estos parámetros son estables pese a las diferencias en manejo.

Variación entre Épocas



FMVZ (con pastoreo)

La grasa, proteína, lactosa y sólidos aumentaron en la época de lluvias, probablemente por mejor calidad del pasto.

Las cabras con acceso a pastos frescos produjeron leche con mayor valor nutricional durante la temporada húmeda.

Los resultados muestran que el sistema de producción y la alimentación influyen en la composición de la leche. Las granjas con pastoreo (FMVZ y CHOLUL) mostraron variaciones estacionales en algunos componentes, mientras que la granja con alimentación controlada (DIF) mantuvo una composición más estable durante todo el periodo de estudio. Esto sugiere que el acceso a pastos frescos durante la época de lluvias puede mejorar ciertos aspectos nutricionales de la leche.

CHOLUL (con pastoreo)

Solo lactosa y fósforo aumentaron en la época de lluvias.

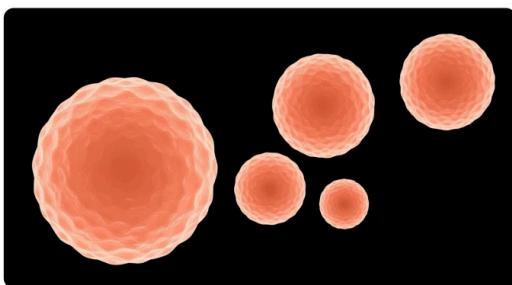
Este sistema mostró cambios parciales en la composición, afectando principalmente el contenido de lactosa y minerales.

DIF (confinada)

No hubo cambios importantes entre épocas, seguramente por su alimentación constante.

El sistema de confinamiento con dieta controlada mantuvo estable la composición de la leche durante todo el año.

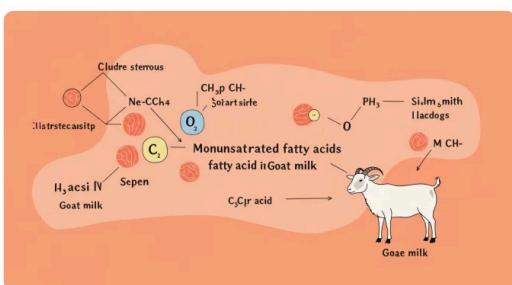
Perfil de Ácidos Grasos



Ácidos Grasos Saturados

Representan el 64.2% del total de ácidos grasos en la leche de cabra.

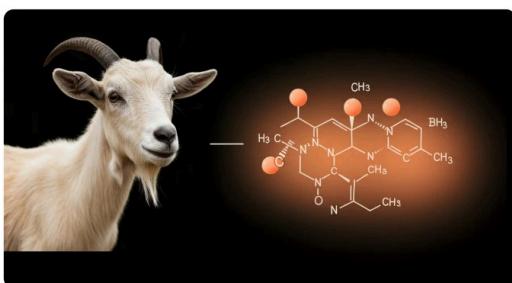
- Palmítico
- Esteárico
- Mirístico
- Cáprico



Ácidos Grasos Monoinsaturados

Incluyen ácido oleico y gadoleico, importantes para la salud.

- Beneficiosos para la salud
- Control de colesterol



Ácidos Grasos Poliinsaturados

Incluyen ácido linoleico y araquidónico con beneficios para la salud.

- Salud cerebral
- Salud cardiovascular



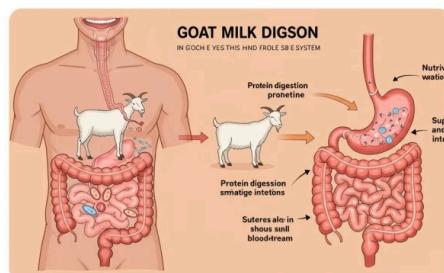
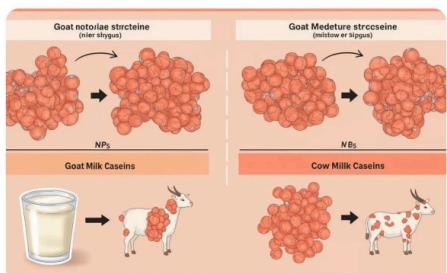
Influencia de la Alimentación

La granja DIF tuvo más ácido oleico, posiblemente por recibir más concentrado en su dieta.

Los ácidos grasos (AG) principales fueron palmítico, oleico, esteárico, mirístico y cáprico. Aunque algunos AGS preocupan, la leche aportó AG monoinsaturados (MUFA) como oleico y gadoleico, y poliinsaturados (PUFA) como linoleico y araquidónico. Estos MUFA y PUFA son beneficiosos para la salud (control de colesterol, síndrome metabólico, salud cerebral y cardiovascular).

Perfil de Caseínas

La electroforesis mostró caseínas principales entre 20 y 36 kDa. Comparando con la literatura, la banda más intensa parece ser β -caseína y la siguiente α_2 -caseína. La α_1 -caseína, común en leche de vaca y principal causa de alergias, parece estar ausente o en baja cantidad.



Beneficios Nutricionales

La baja cantidad o ausencia de α_1 -caseína puede reducir el potencial alergénico de la leche, haciéndola más adecuada para personas con sensibilidad a proteínas lácteas.

Mejor Digestibilidad

El perfil de caseínas encontrado contribuye a una mejor digestión de la leche de cabra comparada con la de vaca, lo que podría beneficiar a personas con problemas digestivos.

Implicaciones para Quesos

La composición de caseínas puede afectar la producción de queso, potencialmente resultando en menor rendimiento y textura más blanda, aspectos importantes para la industria láctea.

Conclusiones



Calidad Nutricional

La leche de cabra de estas granjas pequeñas en Mérida tiene buena calidad nutricional, comparable o mejor en algunos aspectos a la leche de vaca.

Beneficios para la Salud

Ofrece beneficios para la salud por sus grasas insaturadas y la baja cantidad de α s1-caseína, resultando en mejor digestión y menor potencial alergénico.

Relevancia Regional

Este estudio destaca el potencial de la leche de cabra producida en sistemas a pequeña escala en el trópico mexicano como alternativa nutritiva y saludable a la leche de vaca.

Aunque hubo algunas variaciones entre granjas y por época, la calidad general es adecuada, especialmente para personas con sensibilidades alimentarias.

Referencias

Aguirre-Ramírez, E., Cerón-Muñoz, M. F., & Ramírez-Arias, J. (2021). Composición de la leche de cabra y factores nutricionales que afectan el contenido de sus componentes. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 74(1), 9503-9512.

<https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n1.90363>

Atika, B., Yamina, M., & Baaissa, B. (2023). Comparative study of some physicochemical criteria of the milk of goats raised in the Touggourt region, Algeria. Journal of Food and Nutrition Research, 11(2), 144-149. <https://doi.org/10.12691/jfnr-11-2-5>

Baker, E. J., Miles, E. A., Burdge, G. C., Yaqoob, P., & Calder, P. C. (2016). Metabolism and functional effects of plant-derived omega-3 fatty acids in humans. Progress in Lipid Research, 64, 30-56. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2016.07.002>

Ceballos, L. S., Morales, E. R., Adarve, G. T., Castro, J. D., Martínez, L. P., & Sampelayo, M. R. S. (2009). Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. Journal of Food Composition and Analysis, 22(4), 322-329. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.020>

Clark, S., & García, M. B. M. (2017). A 100-year review: Advances in goat milk research. Journal of Dairy Science, 100(12), 10026-10044. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13287>

Ingham, B., Smialowska, A., Kirby, N. M., Wang, C., & Carr, A. J. (2018). A structural comparison of casein micelles in cow, goat and sheep milk using X-ray scattering. Soft Matter, 14(18), 3336-3343. <https://doi.org/10.1039/c8sm00458g>

Isidro-Requejo, L. M., Meza-Herrera, C. A., Pastor-López, F. J., Maldonado, J. A., & Salinas-González, H. (2019). Physicochemical characterization of goat milk produced in the Comarca Lagunera, Mexico. Animal Science Journal, 90(4), 563-573. <https://doi.org/10.1111/asj.13173>

Luo, J., Wang, Y., Yu, B., & Chen, H. (2022). A comprehensive review of goat milk composition and its nutritional values for human consumption. Foods, 11(5), 651. <https://doi.org/10.3390/foods11050651>



CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e innovación

Barritas nutricionales con base en proteína de harina de chapulín (*Orthoptera acrididae*)

Nutritional bars based on grasshopper flour protein (*Orthoptera acrididae*)

Autores/ Authors: Sammy Gael Ake Cauich, Roger Miguel Chan Kumul, Gabriela De Los Angeles Hernández García, Mayne Michelle Reyes Kau, Martin Isaias Tziu Dzul, Roman Alberto Mairena Avila, David Betancur-Ancona

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

Resumen y Abstract

Resumen

El consumo de insectos representa una solución potencial para satisfacer la creciente demanda de proteínas de alta calidad ante el aumento poblacional mundial. En este estudio se evaluó la incorporación de 15, 20 y 25% harina de chapulín (*Orthoptera acrididae*) para la elaboración de barritas proteínicas y el efecto sobre la humedad, color, componentes nutrimentales y propiedades sensoriales. Los productos elaborados presentaron baja humedad con lo que se favorece su estabilidad y conservación. El color no se modificó de forma importante, solamente se encontró una ligera disminución de la luminosidad. Se logró incrementar el contenido de proteína y mantener el aporte de carbohidratos, grasas saludables y fibra. Presentaron una buena aceptación en los atributos de color sabor y aroma, no así para textura, en donde se requiere la incorporación de ingrediente tecnofuncionales para mejorar esta propiedad.

Palabras clave: alimentos saludables, entomofagia, fortificación, insectos

Abstract

The consumption of insects represents a potential solution to meet the growing demand for high-quality protein in the face of global population growth. This study evaluated the incorporation of 15, 20, and 25% grasshopper flour (*Orthoptera acrididae*) into protein bars and the effect on moisture, color, nutritional components, and sensory properties. The resulting products had low moisture content, which favored their stability and preservation. The color did not change significantly; only a slight decrease in luminosity was observed. The protein content was increased while maintaining the contribution of carbohydrates, healthy fats, and fiber. They were well accepted for color, flavor, and aroma attributes, but not for texture, where the addition of technofunctional ingredients is required to improve this property.

Keywords: healthy foods, entomophagy, fortification, insects

Introducción

El consumo de insectos por los humanos, denominado entomofagia, no es una temática desconocida ya que son una parte importante de la dieta en muchos países del mundo, especialmente en África, Asia y América Latina.



Entomofagia Tradicional

Aproximadamente dos billones de personas a nivel mundial consumen insectos como parte de su dieta regular, constituyendo una práctica alimentaria ancestral.

Beneficios Ambientales

Su uso como alimento ofrece ventajas como menores requisitos de espacio, menores necesidades de agua, menores emisiones de gases de efecto invernadero y mejores tasas de conversión alimenticia.

Diversidad de Insectos Comestibles

Los insectos más consumidos son escarabajos (31%), orugas (18%), himenópteros como abejas y hormigas (14%), ortópteros como saltamontes y grillos (13%), hemípteros (10%), y otros órdenes en menor proporción.

Estos alimentos representan una solución potencial para satisfacer la creciente demanda de proteínas ante el aumento poblacional mundial.

Valor Nutricional de los Insectos

Las proteínas representan el componente principal en la composición nutricional de los insectos. Su contenido es alto y variable según la especie. A continuación se muestran los principales órdenes de insectos comestibles con su aporte proteico:



Coleoptera (31% del consumo mundial)

Escarabajos y larvas con contenido proteico entre 20-71%, uno de los grupos más consumidos globalmente.

Lepidoptera (18% del consumo mundial)

Orugas y polillas con un aporte proteico entre 13-64%, muy apreciados en diversas culturas.

Hymenoptera (14% del consumo mundial)

Abejas, abejarros, avispas y hormigas, con proteínas entre 10-62%, tercera categoría más consumida.

Orthoptera (13% del consumo mundial)

Grillos y saltamontes, con el mayor rango proteico: entre 27-76%, ideales para fortificación alimentaria.

Los insectos comestibles se comercializan en varios formatos: enteros y deshidratados, molidos o como harinas. La industria avanza rápidamente y la demanda de nuevos productos está en alza.



Alimentos Horneados

Distintos tipos de pan, galletas y tortillas elaborados con harina de insectos, aportando mayor valor proteico.

Barras Energéticas

Snacks proteicos y barras energéticas, formato ideal para incorporar las propiedades nutricionales de los insectos.

Platos Preparados

Hamburguesas, salchichas, patés y salsas elaborados con insectos, representando alternativas proteicas sostenibles.

El objetivo de este estudio fue evaluar la incorporación de harina de chapulín (*Orthoptera acrididae*) en concentraciones del 15, 20 y 25% en barras proteicas, y determinar su efecto sobre la humedad, color, componentes nutricionales y propiedades sensoriales, con el fin de desarrollar un alimento fortificado que aproveche el alto contenido proteico de estos ortópteros comestibles.

Materiales y Métodos

En este experimento de tipo cuantitativo se utilizó un diseño experimental de tipo factorial para evaluar el impacto de la incorporación de harina de chapulín en la formulación de barritas ricas en proteínas.



Formulación

Se realizó una investigación sobre ingredientes comunes en barritas nutritivas, seleccionando la avena como base debido a su alto contenido de nutrientes valiosos, fibra soluble, proteínas y ácidos grasos insaturados.

Preparación

Los ingredientes fueron pesados y mezclados en las proporciones señaladas, dividiendo la mezcla en cuatro partes: control sin harina de chapulín y tres con 15%, 20% y 25% de proteína de insecto.

Caracterización

Se realizaron análisis de color, determinación de humedad, prueba sensorial y comparación nutrimental utilizando el programa Nutritionist Pro (2019).

Análisis estadístico

Los datos fueron procesados mediante un análisis de varianza de una vía con un nivel de significancia del 95% utilizando el Software STATGRAPHICS Centurión XVI.

Ingredientes y Aporte Nutricional

Para la elaboración de las barritas proteínicas se utilizaron ingredientes con alto valor nutricional. La cantidad base fue de 100g de avena complementada con 75 mL de aceite vegetal, 30 g de semillas de chía, 50 g de uva pasa, 50 g de chispas de chocolate, 50 g de almendras y 75 mL de miel de maple.



Avena

Base principal de la barrita

- Proteína: 2.4g
- Hidratos de carbono: 12g
- Grasas: 1.4g
- Fibra: 1.7g



Chispas de Chocolate

Aportan sabor y antioxidantes

- Proteína: 3.3g
- Hidratos de carbono: 60g
- Grasas: 30g
- Fibra: 6.7g



Harina de Chapulín

Componente proteico principal

- Proteína: 38.25g
- Hidratos de carbono: 11.25g
- Grasas: 13g
- Fibra: 0.5g

Almendras

Aportan textura y nutrientes

- Proteína: 25.3g
- Hidratos de carbono: 5.4g
- Grasas: 50.9g
- Fibra: 11.2g



Uvas Pasas

Dulzor natural y energía

- Proteína: 2.8g
- Hidratos de carbono: 73g
- Grasas: 1.0g
- Fibra: 4.2g



Miel de Maple

Edulcorante natural

- Aporta cohesión a la mezcla
- Endulzante natural

Semillas de Chía

Alto contenido de fibra y ácidos grasos

- Proteína: 17g
- Hidratos de carbono: 42g
- Grasas: 31g
- Fibra: 34g



Cacahuate

Alto contenido proteico

- Proteína: 29.5g
- Hidratos de carbono: 7.6g
- Grasas: 48.6g
- Fibra: 9.3g



Barritas Finales

Horneadas a 175 °C por 20 min

Buscando igualar o superar el aporte proteico de referencia (10g)

Resultados y Discusión

El análisis estadístico reveló diferencias significativas ($p<0.05$) en los parámetros de color entre las distintas formulaciones de barritas nutricionales, mientras que la humedad no mostró variaciones significativas ($p>0.05$) con la incorporación de harina de chapulín.



Control (0% harina de chapulín)

Mayor
luminosidad
($L=38.47 \pm 1.33$)

Tonalidad
amarilla
moderada
($b=17.13 \pm 0.97$)

Humedad: $3.61 \pm 0.29\%$



15% harina de chapulín

Luminosidad
reducida
($L=36.36 \pm 2.88$)

Aumento de
tonos azules
($b=21.19 \pm 1.25$)

Humedad: $3.63 \pm 0.04\%$



20% harina de chapulín

Luminosidad
más baja
($L=33.55 \pm 2.57$)

Tonalidad
amarilla-azul
media ($b=20.06 \pm 2.66$)

Humedad: $3.39 \pm 0.41\%$



25% harina de chapulín

Luminosidad
mínima ($L=33.17 \pm 1.42$)

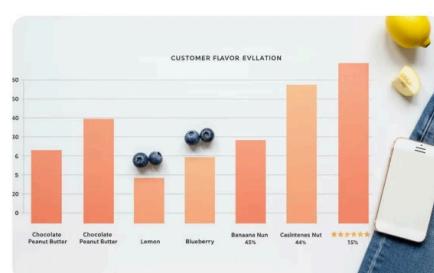
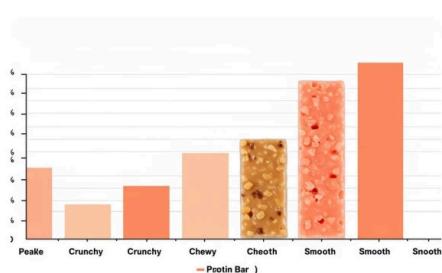
Máxima
intensidad de
tonos azules
($b=22.92 \pm 1.01$)

Humedad: $4.44 \pm 0.37\%$

Como se observa en las imágenes, a medida que se incrementa el porcentaje de harina de chapulín, las barritas adquieren una coloración más oscura (reducción de L) y aumentan los tonos azules (valor b), mientras que el contenido de humedad se mantiene relativamente estable entre las diferentes formulaciones.

Evaluación Sensorial

Las respuestas obtenidas para evaluación sensorial de las barritas elaboradas mostraron que la consistencia o textura fue el parámetro sensorial con menos aceptación. Sin embargo, el color, sabor y aroma resultaron atractivos para los consumidores, obteniendo elevadas calificaciones.



Consistencia o textura

La textura fue el atributo con menor aceptación, indicando la necesidad de mejorar este aspecto con ingredientes tecnofuncionales.

Sabor

El sabor de las barritas obtuvo buena aceptación entre los consumidores, incluso con la incorporación de harina de chapulín.

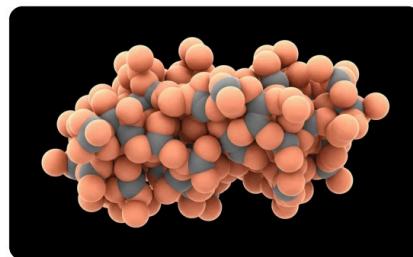
Aroma y color

Tanto el aroma como el color recibieron calificaciones positivas, demostrando que estos atributos no se ven afectados negativamente por la harina de chapulín.

Las diferencias significativas en la percepción olfativa reflejan los efectos opuestos del aumento de los atributos de proteína y sabor. Las propiedades sensoriales de la textura se vieron significativamente influenciadas por las propiedades de alta hidratación, como la granulosidad.

Comparación Nutrimental

Al comparar los datos nutrimentales, se observa que la barrita preparada con harina de chapulín presenta ventajas significativas frente a opciones convencionales:



Mayor contenido proteico

La incorporación de harina de chapulín incrementó el valor nutrimental de las barritas, alcanzando niveles de cerca 50% más de proteína respecto a una barrita convencional.

De manera similar, estudios previos han encontrado que la incorporación de 4% de harina de chapulín en la elaboración de pan de sal demostró el incremento de fibra cruda, proteínas, extracto etéreo y cenizas con respecto al control, confirmando los beneficios nutricionales de esta innovadora materia prima.

Aminoácidos esenciales completos

Las proteínas de insectos contienen todos los aminoácidos esenciales y presentan una digestibilidad comparable a la de otras fuentes proteicas de origen animal.

Nutrientes adicionales

Se encontró un buen aporte de hidratos de carbono, grasas saludables y fibra, lo que confirma el potencial de los insectos como fuente para la elaboración de alimentos funcionales.

Conclusiones



Valor Nutrimental

La incorporación de harina de chapulín incrementó el valor nutrimental de barritas ricas en proteína, respecto a una barrita convencional, alcanzando niveles de cerca 50% más de proteína. También se encontró un buen aporte de hidratos de carbono, grasas saludables y fibra.

Propiedades Físicas

No se observaron cambios relevantes en el color de los productos elaborados con la harina de chapulín. Se encontraron niveles bajos de humedad que garantizan su estabilidad y conservación, reduciendo la contaminación microbiana potencial y evitando la proliferación, incrementando así la vida útil.

Aceptación Sensorial

Se encontró una aceptación sensorial positiva en cuanto al sabor, aroma y color por parte de los consumidores. Sin embargo, no presentaron una buena textura, lo cual podría mejorarse incorporando un componente tecnofuncional que permita una mejor agregación de los ingredientes dentro la barrita proteica.

Los chapulines resultaron ser una fuente proteica susceptible de incorporarse en productos alimenticios como barritas ricas en proteínas, representando una alternativa viable para satisfacer la creciente demanda de proteínas de alta calidad ante el aumento poblacional mundial, además de ofrecer ventajas desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental.

Referencias

- Aragón-García, A., Rodríguez-Flores, O., y López-Olgún, J. F. (2018). Los chapulines (Orthoptera: Acrididae) como fuente sustentable de proteína en México. *Entomología Mexicana*, 5(2), 346-351.
- Bustillo-Bernal, M., Gaytán-Martínez, M., y López-Mejía, O. A. (2020). Desarrollo y caracterización fisicoquímica de una barra energética a base de harina de chapulín. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5(1), 75-80.
- FAO. (2013). Edible insects: Future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia.
- González, C. M., Garzón, R., y Rosell, C. M. (2019). Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 51, 205-210.
- Montowska, M., Kowalczewski, P. Ł., y Rybicka, I. (2019). Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders. *Food Chemistry*, 289, 130-138.
- Ramírez-Rodríguez, L., López-Velázquez, J., y Morales-Torres, H. (2021). Evaluación sensorial de barras proteicas elaboradas con harina de chapulín (*Sphenarium purpurascens*). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 20(2), 689-698.
- Rodríguez-Miranda, J., Hernández-Santos, B., y Herman-Lara, E. (2018). Desarrollo de una barra nutritiva con harina de chapulín (*Sphenarium purpurascens*) como alternativa de consumo de proteína. *Biotechnia*, 20(3), 109-114.
- Van Huis, A. (2020). Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(1), 27-44.



CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e innovación

El Misterio De Los Frijoles Mágicos: Un Cuento Científico

Este cuento narra la historia de Ana, una joven estudiante de preparatoria en Yucatán, quien descubre las propiedades especiales de los frijoles locales. A través de su investigación y curiosidad, Ana aprende sobre los péptidos presentes en estos frijoles y cómo pueden ayudar a combatir enfermedades como la hipertensión y la diabetes. El relato combina elementos de ciencia, cultura local y fantasía para crear una narrativa educativa y entretenida sobre el poder de los alimentos tradicionales y la importancia de la investigación científica.

Autor: Eduardo Castañeda Pérez

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

El Descubrimiento de Ana

En un pequeño pueblo de Yucatán, una joven estudiante descubre el secreto ancestral de los frijoles locales.



La Curiosidad de Ana

Ana era una estudiante de preparatoria, curiosa y apasionada por la ciencia. Siempre había soñado con descubrir algo que pudiera cambiar el mundo. Un día, mientras ayudaba a su abuela en la cocina, notó algo peculiar sobre los frijoles que usaban en sus platillos tradicionales.

La Sabiduría de la Abuela

"Estos frijoles no solo son deliciosos, Anita, sino que también tienen propiedades especiales que pueden ayudar a las personas a mantenerse saludables," explicó la abuela cuando Ana le preguntó por qué siempre usaba estos ingredientes en sus comidas.

Los Frijoles Mágicos de Yucatán

Los frijoles negros, los frijoles lima y los espelones no solo eran parte esencial de platillos como el mukbil, el frijol con puerco y los frijoles de la olla, sino que escondían secretos nutricionales que Ana estaba decidida a investigar.

La Investigación de Ana

Se dirigió a la biblioteca de su escuela y comenzó a buscar información sobre los estudios realizados por científicos investigadores de la Universidad Autónoma de Yucatán. Descubrió que esos frijoles yucatecos contenían pedacitos de proteínas especiales llamadas péptidos.



Frijol Lima

Phaseolus lunatus L.

Característico de la cocina yucateca, este frijol forma parte de platillos tradicionales y contiene péptidos bioactivos.



Frijol Negro

Phaseolus vulgaris L.

Ampliamente utilizado en la gastronomía mexicana, sus componentes proteicos tienen propiedades beneficiosas para la salud.



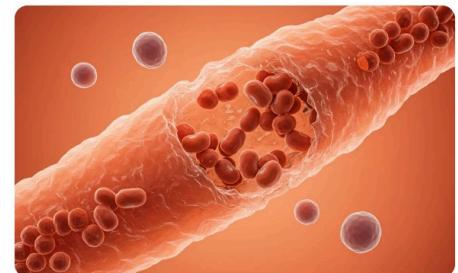
Espelón

Vigna unguiculata L.

Este frijol regional es un tesoro nutritivo de la península de Yucatán, rico en péptidos con potencial terapéutico.

La Imaginación de Ana: Los Péptidos como Héroes

Ana imaginó un mundo donde los péptidos eran pequeños héroes que viajaban por el cuerpo humano, luchando contra enemigos invisibles. En su mente, los péptidos de los frijoles eran como pequeños guerreros que combatían enfermedades como la hipertensión y la diabetes.



La Misión de los Péptidos

En su cuento, los péptidos se embarcaban en una misión para salvar el cuerpo de un joven llamado Carlos, que sufría de hipertensión y diabetes tipo 2.

El Valiente Péptido Alfa

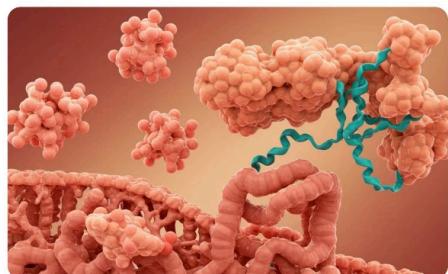
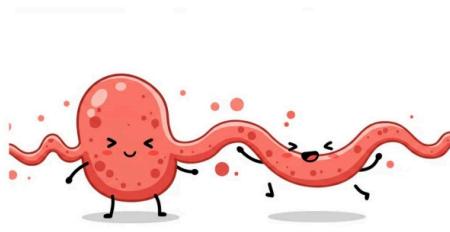
Los péptidos, liderados por el valiente Péptido Alfa, se preparaban para su misión. "¡Vamos, equipo! Nuestra misión es bloquear las enzimas involucradas en estos problemas en el cuerpo de Carlos," dijo Péptido Alfa con total determinación.

Los Guerreros de los Frijoles

Los péptidos extraídos de los frijoles yucatecos tenían poderes especiales. En la imaginación de Ana, estos diminutos héroes utilizaban escudos moleculares para bloquear las enzimas dañinas que causaban enfermedades.

La Batalla Contra la Hipertensión

La primera parada fue en el sistema circulatorio de Carlos. Aquí, se enfrentaron a la primera enemiga, ECA, la enzima convertidora de angiotensina, que aumentaba la presión arterial.



La Misión en el Sistema Circulatorio

Los péptidos viajaban por las arterias y venas de Carlos, buscando a su enemiga: la enzima ECA.

La Enzima ECA

La ECA aumentaba la presión arterial al convertir la angiotensina-I en angiotensina-II, estrechando los vasos sanguíneos.

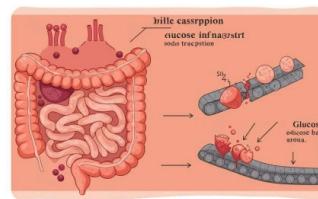
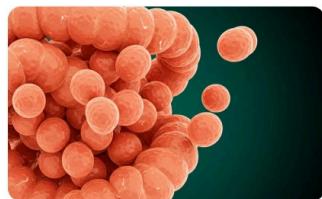
El Bloqueo Heroico

"¡No dejaremos que aumentes la presión arterial de Carlos!" gritó Péptido Alfa mientras él y su equipo bloqueaban la ECA.

Gracias a la valentía de los péptidos, la presión arterial de Carlos comenzó a estabilizarse, logrando una importante victoria en su viaje por mejorar su salud.

La Lucha Contra la Diabetes

La siguiente misión fue en el sistema digestivo de Carlos. Aquí, los péptidos se enfrentaron a las enzimas enemigas α -amilasa y α -glucosidasa, responsables de descomponer los carbohidratos en glucosa.



Las Enzimas Enemigas

α -amilasa y α -glucosidasa descomponen los carbohidratos en glucosa, aumentando los niveles de azúcar en la sangre de Carlos.

El Bloqueo de los Péptidos

"¡Debemos reducir la cantidad de glucosa que entra en la sangre de Carlos!" exclamó Péptido Alfa mientras dirigía a su equipo.

Inhibición Digestiva

Los péptidos se unieron para inhibir estas enzimas, reduciendo la cantidad de glucosa que se absorbía en el intestino de Carlos.

La Mejora de Carlos

Con el tiempo, Carlos comenzó a notar una mejora significativa en su salud, con sus niveles de azúcar en sangre bajo control gracias a los frijoles mágicos y sus valientes péptidos.

El Proyecto Escolar de Ana

Ana estaba fascinada por cómo algo tan simple como los frijoles podía tener un impacto tan grande en la salud de una persona. Decidió compartir su descubrimiento con sus compañeros de clase a través de un proyecto científico.



La Presentación de Ana

Ana creó una atractiva presentación para explicar cómo los péptidos de los frijoles ayudaban a combatir la hipertensión y la diabetes.

Actividades Participativas

Sus compañeros participaron felizmente en las actividades interactivas que Ana organizó para demostrar los beneficios de los frijoles.

Nuevos Descubrimientos

Un día, Ana descubrió que los péptidos también tenían propiedades antioxidantes, antimicrobianas y hasta anticancerígenas. "¡Esto es asombroso!" pensó.

"¡Es increíble cómo algo tan pequeño puede hacer una gran diferencia!" exclamaban sus compañeros.

Entusiasmada con toda esta información, Ana decidió organizar una feria científica en su escuela para compartir sus hallazgos con toda la comunidad educativa.

La Feria Científica



La Presentación de Ana

La feria científica fue un gran éxito. Ana presentó su investigación sobre los frijoles mágicos a estudiantes y profesores, quienes quedaron impresionados por cómo algo tan común podía tener un impacto tan positivo en la salud.

El Científico Invitado

Ana invitó a un joven investigador universitario que explicó cómo los péptidos de los frijoles podían ser utilizados en la industria farmacéutica y alimentaria para desarrollar nuevos tratamientos y productos saludables.

Inspirando Futuros Científicos

La feria científica no solo educó a la comunidad sobre los beneficios de los frijoles, sino que también inspiró a muchos jóvenes a seguir carreras en ciencia. Ana se sintió orgullosa de despertar el interés científico en sus compañeros, sabiendo que con curiosidad y determinación cualquier joven podía hacer descubrimientos que cambiaran el mundo.

El Impacto de los Frijoles Mágicos

Los frijoles yucatecos, con sus propiedades antidiabéticas y antihipertensivas, demostraron ser más que simples alimentos; eran verdaderos superalimentos que podían mejorar la salud y la calidad de vida de las personas. Y gracias a Ana, su historia y su pasión por la ciencia, más personas conocieron el poder de estos frijoles mágicos.

Propiedades Antidiabéticas

Los péptidos de los frijoles ayudan a controlar los niveles de azúcar en la sangre.

Propiedades Antihipertensivas

Los péptidos contribuyen a reducir la presión arterial.

Propiedades Antioxidantes

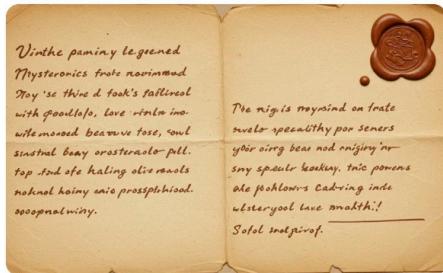
Los péptidos ayudan a combatir el estrés oxidativo en el cuerpo.

Propiedades Antimicrobianas

Los péptidos pueden ayudar a combatir ciertos microorganismos dañinos.

La Misteriosa Carta y Una Nueva Aventura

Meses después de la feria, Ana recibió una comunicación que cambiaría el rumbo de sus investigaciones sobre los frijoles mágicos.



La Carta Misteriosa

"Estimada Ana, He seguido tus investigaciones con gran interés. Los frijoles que has estudiado tienen un potencial aún mayor del que imaginas. Hay una antigua leyenda en nuestra familia sobre un frijol especial que puede curar no solo enfermedades, sino también traer prosperidad y bienestar a toda la comunidad..."

El Árbol de Ceiba

"...El primer paso es encontrar el antiguo árbol de ceiba en el centro del pueblo. Allí encontrarás la siguiente pista. Buena suerte, Un amigo"

La Nueva Aventura

Ana no podía creer lo que estaba leyendo. ¿Podría ser cierto que existía un frijol con poderes aún más increíbles? Decidió seguir las pistas y embarcarse en esta nueva aventura, con la esperanza de descubrir algo que pudiera cambiar el mundo para siempre.

**Esta historia
continuará...**



CIEN+TEC

Ciencia, Tecnología e innovación

Artículo de opinión

Repetición y Replicación en la Investigación Científica: Similitudes y Diferencias

Repetition and Replication in Scientific Research: Similarities and Differences

Autor: David Betancur Ancona

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

Definiciones y Conceptos Básicos

Repetición

La repetición se refiere a la toma de mediciones múltiples dentro de la misma serie experimental o de manera consecutiva durante series posteriores. Este proceso implica mantener constantes las condiciones experimentales y las configuraciones de factores o variables independientes mientras se recopilan datos de las variables dependientes.

Replicación

La replicación, por otro lado, implica la captura de mediciones en condiciones experimentales idénticas, pero en distintos momentos o espacios. Esto significa que se repite todo el experimento, manteniendo las mismas variables y condiciones, pero en una ocasión diferente o por un equipo de investigación distinto.

Ambos conceptos son fundamentales en la metodología científica y tienen como objetivo principal aumentar la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos en una investigación. La comprensión de estas definiciones es crucial para diseñar experimentos robustos y obtener conclusiones sólidas en cualquier campo científico.

Similitudes entre Repetición y Replicación



Obtención de datos múltiples

Tanto la repetición como la replicación implican la recopilación de múltiples mediciones o datos para una misma variable dependiente bajo condiciones experimentales similares o idénticas.

Aumento de la confiabilidad

Ambos métodos contribuyen a incrementar la confiabilidad de los resultados experimentales al proporcionar más datos y reducir el impacto de errores aleatorios o variaciones no controladas.

Validación de resultados

Tanto la repetición como la replicación son herramientas esenciales para validar los resultados de una investigación y aumentar la confianza en las conclusiones obtenidas.

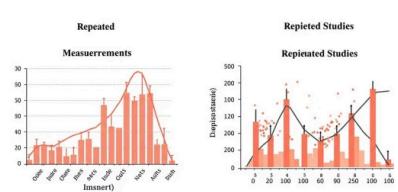
Mantenimiento de condiciones

En ambos casos, se busca mantener constantes las configuraciones de factores o variables independientes para garantizar la comparabilidad de los datos obtenidos.

Estas similitudes reflejan la importancia de ambos conceptos en el método científico, ya que proporcionan mecanismos para verificar y fortalecer los hallazgos experimentales. Al incorporar la repetición y la replicación en el diseño de la investigación, los científicos pueden aumentar la robustez de sus estudios y la credibilidad de sus conclusiones.

Diferencias Clave entre Repetición y Replicación

La repetición y la replicación difieren principalmente en su capacidad para capturar distintas fuentes de variabilidad, temporalidad, recursos requeridos y alcance.



Repetición

Mediciones múltiples realizadas generalmente en la misma sesión experimental

- Detecta errores aleatorios y variaciones a corto plazo
- Requiere menos recursos y tiempo
- Limitada a variabilidad dentro de una sesión

Replicación

Repetición del experimento completo en distintos momentos o espacios

- Detecta variaciones sistemáticas y a largo plazo
- Requiere mayor inversión de recursos
- Abarca fuentes de variabilidad más amplias

Implicaciones Prácticas

La replicación ofrece mayor robustez y generalización de resultados, pero presenta desafíos adicionales

- Mayor capacidad para detectar variaciones por cambios en equipos o factores ambientales
- Introduce posibles nuevas fuentes de variabilidad que deben controlarse
- Fundamental para la validación científica a largo plazo

Ambos métodos son complementarios en la investigación científica. La repetición proporciona confiabilidad inmediata, mientras que la replicación fortalece la validez externa y la generalización de los hallazgos.

Aplicaciones y Consideraciones Prácticas

La decisión de utilizar repetición, replicación o ambas en un experimento depende de varios factores clave:



Objetivos del estudio

Si el enfoque está en la precisión de las mediciones individuales, la repetición puede ser suficiente. Si se busca validar resultados en diferentes condiciones o momentos, la replicación es esencial.

Recursos disponibles

La repetición suele ser más económica y rápida, mientras que la replicación puede requerir más tiempo y recursos.

Naturaleza del fenómeno estudiado

Algunos fenómenos pueden ser más susceptibles a variaciones temporales o ambientales, lo que hace que la replicación sea más valiosa.

Requisitos de publicación

Algunas revistas científicas pueden exigir replicación para considerar los resultados como suficientemente robustos.

Un enfoque óptimo a menudo implica la incorporación tanto de la repetición como de la replicación en el diseño experimental. Esto permite a los investigadores explorar múltiples dimensiones de variabilidad y obtener una comprensión más completa del fenómeno estudiado. Por ejemplo, se pueden realizar múltiples repeticiones dentro de cada sesión experimental (replicación), lo que proporciona datos sobre la variabilidad a corto y largo plazo.

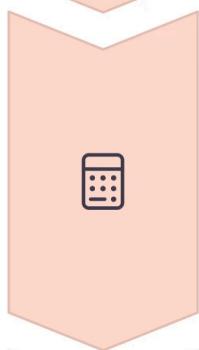
Es crucial documentar detalladamente los métodos de repetición y replicación utilizados, incluyendo cualquier variación en las condiciones entre replicaciones. Esto facilita la interpretación de los resultados y permite a otros investigadores reproducir el estudio con precisión.

Conclusiones y Recomendaciones



Integración en el diseño experimental

Incorporar tanto la repetición como la replicación en el diseño experimental, cuando sea posible, para obtener una visión más completa de la variabilidad y la robustez de los resultados.



Análisis de recursos

Evaluar cuidadosamente los recursos disponibles y los objetivos del estudio para determinar el equilibrio óptimo entre repetición y replicación.



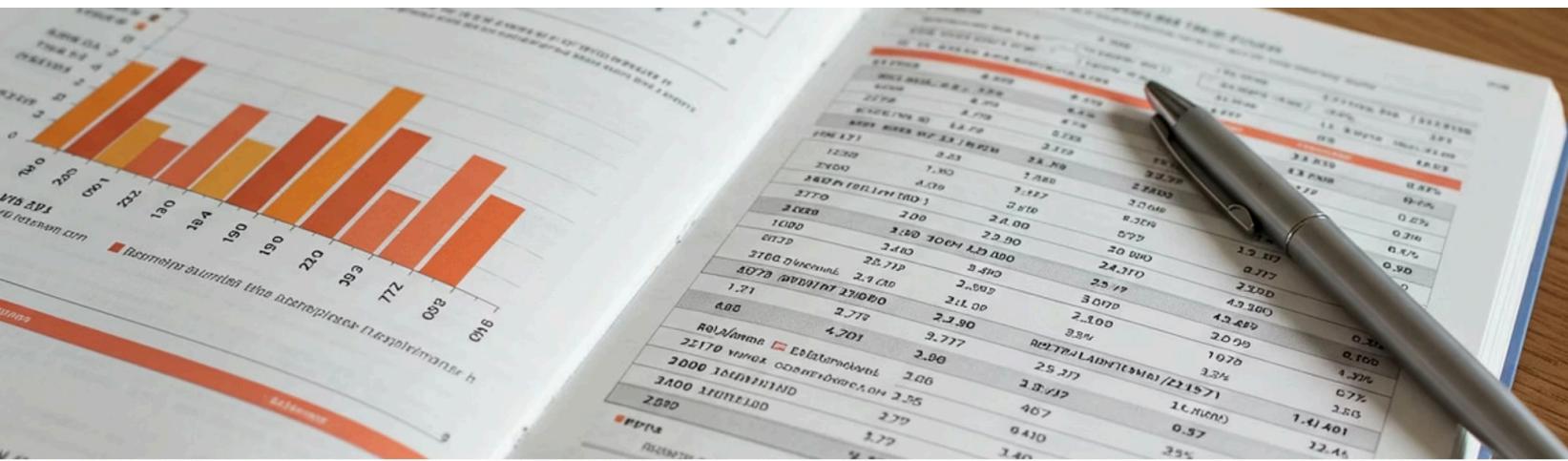
Documentación detallada

Mantener registros precisos de todos los procedimientos, condiciones y variaciones en las repeticiones y replicaciones para facilitar la interpretación y reproducción de los resultados.



Adaptación al contexto correspondiente

Adaptar el uso de repetición y replicación según el campo de estudio específico y las prácticas estándar en la disciplina.



Conclusión Final

En conclusión, la repetición y la replicación son herramientas fundamentales en la investigación científica que, aunque similares en su propósito de aumentar la confiabilidad de los resultados, difieren en su alcance y aplicación. La repetición proporciona información valiosa sobre la variabilidad a corto plazo y la precisión de las mediciones, mientras que la replicación ofrece una visión más amplia de la reproducibilidad y generalización de los resultados. Al combinar ambas estrategias de manera efectiva, los investigadores pueden fortalecer significativamente la validez de sus hallazgos y contribuir al avance del conocimiento científico de manera más robusta y confiable.



DERECHOS DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS, año 1, No. 1, diciembre 2024, 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: Eduardo Castañeda Pérez.

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, Eduardo Castañeda Pérez, 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, 27 de marzo 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>