

# ALIMENTACIÓN y CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

DEPARTAMENTO DE SALUD PÚBLICA  
CUCBA - U. DE G.

CUERPOS ACADÉMICOS  
UDG-CA20 - CALIDAD E INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS  
UDG-CA977 -SALUD, NUTRICIÓN Y EDUCACIÓN



AÑO 3, N° 3  
ENERO-DICIEMBRE 2022





Alimentación y  
Ciencia de los Alimentos  
Año 3, Nº 3,  
enero-diciembre 2022

**DIRECTORIO**  
**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**Dr. Ricardo Villanueva Lomelí**  
*Rector General*

**Dr. Héctor Raúl Solís Gadea**  
*Vicerrector Ejecutivo*

**Mtro. Guillermo Arturo Gómez Mata**  
*Secretario General*

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**

**Dra. Graciela Gudiño Cabrera**  
*Rectora de Centro*

**Mtra. Cinthya Araceli López López**  
*Secretaria Académica*

**Dr. Ramón Rodríguez Macías**  
*Secretario Administrativo*

**Dr. Jorge Galindo García**  
*Director de la División de Ciencias Veterinarias*

**Dr. David Román Sánchez Chiprés**  
*Jefe del Departamento de Salud Pública*

**COMITÉ EDITORIAL**

Dr. Carlos Alberto Campos Bravo  
***Editor Responsable***

MAS. Alfonsina Núñez Hernández  
Dra. Esther Albarrán Rodríguez  
Dra. Jeannette Barba León  
Dr. Luis Eduardo Segura García  
MC. Miriam Susana Medina Lerena  
Dra. Patricia Landeros Ramírez  
Dr. Roberto Sigüenza López  
MC. Severiano Patricio Martínez  
MNH. Zoila Gómez Cruz

Mtra. Bárbara Barbaro  
***Revisor de textos en inglés***

**CUERPOS ACADÉMICOS**

**UDG-CA20-CALIDAD E INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS**  
**UDG-CA977-SALUD, NUTRICIÓN Y EDUCACIÓN**

Impreso y hecho en México / *Printed and made in Mexico*

Alimentación y Ciencia de los Alimentos. Año 3, Número 3, Enero-Diciembre de 2022, es una publicación anual, editada por la Universidad de Guadalajara, a través del Departamento de Salud Pública, por División de Ciencias Veterinarias, del CUCBA. Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez N° 2100. C.P. 45200. Nextipac, Zapopan, Jalisco, México, Tel. 3337771151, Ext. 33194, <http://alimentacionycienciadelosalimentos.cucba.udg.mx/index.php/RAYCA/index>, revista.ayca@cucba.udg.mx. Editor Responsable: Carlos Alberto Campos Bravo. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo 04-2021-052719522700-102, ISSN: en trámite, otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Departamento de Salud Pública, CUCBA. Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez N° 2100. CP 45200, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México, Comité Editorial, Carlos Alberto Campos Bravo. Fecha de la última modificación: 30 de diciembre de 2022.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad de Guadalajara.

**Presentación 2**

**Editorial 3**

## Artículos de Revisión

**Conociendo la cúrcuma (*Curcuma longa* L.) 4  
y sus propiedades beneficiosas para la salud**  
Angelica Espinosa-Plascencia; María del Carmen Bermúdez-Almada

**Entomofagia: Entre el rechazo y la necesidad 18**  
Julián Vallejo-Gómez; Alfonsina Núñez-Hernández; Zoila Gómez-Cruz

## Artículos Técnico-Científicos

**Análisis sensorial descriptivo de un producto no perecedero 30  
elaborado con filete pez león (*Pterois volitans* L.)**  
Nelly Bardales-Echeverría; Virginia Pérez-Flores; Luis Chel-Guerrero;  
David Betancur-Ancona; Santiago Gallegos-Tintoré

**Evaluación fisicoquímica de frutos de *Malpighia mexicana* A. Juss. 37**  
Luis Alfonso Jiménez-Ortega<sup>1</sup>, Bárbara Yazmín Cuevas-Sánchez; Martín Pedro Tena-Meza

**Evaluación fisicoquímica, nutricional y sensorial de aderezo de cebolla, 44  
espinaca, proteína de soya texturizada y espirulina**  
Juan Pablo Quezada-Díaz; Carlos Alberto Campos-Bravo

**Valoración de los efectos de la inclusión de tres edulcorantes y reemplazo parcial de 51  
grasa, sobre las propiedades físicas, textura y sensoriales de un pan tipo muffin**  
Severiano Patricio-Martínez; Luis Fernando González-Zamora;  
Teresa de Jesús Jaime-Ornelas; Ramón Reynoso-Orozco

# PRESENTACIÓN

Alimentación y Ciencia de los Alimentos. Año 3, N° 3 enero-diciembre 2022

La revista académica **Alimentación y Ciencia de los Alimentos** es una publicación arbitrada, con periodicidad anual, sin fines de lucro y sin costo alguno para autores.

Alimentación y Ciencia de los Alimentos solo considera artículos técnico-científicos y artículos de revisión de literatura. No acepta documentos de hipótesis, comentarios, piezas de opinión, estudios de casos, informes de casos, etc.

Los temas abordados incluyen, pero no se limitan a: Estudios descriptivos, Administración, Mercadotecnia, Gestión de Calidad e Inocuidad, Procesos Tecnológicos, Gastronomía, Nutrición, Antropología de la alimentación y Desarrollo de Nuevos Productos.

*Comité Editorial*

## **Estimados lectores:**

Los hábitos de alimentación los adquirimos fundamentalmente de nuestras familias, que bien o mal, son reflejo de la cultura en la que nos ha tocado vivir. Lo cual implica no solo el conocimiento ya no digamos la educación que se tenga respecto a los alimentos y la alimentación, sino a las posibilidades económicas que se tengan.

Es muy frecuente que los niños y niñas sean obligados a comer aun cuando no tienen hambre y más grave es la situación cuando bajo amenazas ingieren los alimentos. Los adultos suponen que están actuando bien, pero sin embargo, esta es una conducta que puede tener consecuencias en la vida de los futuros jóvenes y adultos.

De manera inmediata por aversión a ciertos alimentos que bien pudieran ser una buena fuente de nutrientes y que posteriormente no vuelven a consumir por asociarlos a momentos desagradables en su infancia. Pero peor aun es el hecho de que esta es una manera de violentar (*bullying*) a los menores que son una población vulnerable sobre todo cuando se asocia a condiciones de pobreza o se pertenece a una población indígena.

Lo anterior nos conduce a la reflexión sobre la tolerancia e inclusión que debemos tener presentes en todo momento cuando se trata del bienestar integral al que tienen derecho nuestras niñas y niños, no solo en las familias, sino en la comunidad en la que vivimos.

*Dr. Carlos Alberto Campos Bravo*  
Editor Responsable

## CONOCIENDO LA CÚRCUMA (*Curcuma longa* L.) Y SUS PROPIEDADES BENEFICIOSAS PARA LA SALUD

Angelica Espinosa-Plascencia; María del Carmen Bermúdez-Almada\*

Laboratorio de Análisis Biológicos, Coordinación de Ciencia de los Alimentos, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas No.46. La Victoria, CP 83304. Hermosillo, Sonora, México. \*Correo-e: [cbermudez@ciad.mx](mailto:cbermudez@ciad.mx)

Recibido: 21/oct/2022 Aceptado: 21/dic/2022 // <https://doi.org/10.32870/rayca.v3i3.5>

### Resumen

Esta revisión presenta un panorama amplio de la planta *Curcuma longa* L. (*C. longa*), desde su taxonomía, composición química del rizoma y características fisicoquímicas, propiedades anti-parasitarias, antimicrobianas y antiinflamatorias. En medicina, la cúrcuma puede emplearse en estrategias preventivas o terapéuticas por su eficacia y seguridad farmacocinética, coadyuvando en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, neurovegetativas, metabólicas, articulares y de protección del sistema digestivo. La curcumina uno de los principales componentes de *C. longa*, tiene un fuerte potencial inhibitorio a distintos microorganismos. Se han desarrollado formulaciones en gel o emulsión y productos nanotecnológicos que permiten una mayor absorción para distintos tratamientos en humanos, ya que la cúrcuma posee poca solubilidad en agua y para incrementar su biodisponibilidad y absorción se suministra disuelta en lípidos que la protegen de las condiciones ácidas del estómago. En la industria alimenticia la cúrcuma se emplea como especia y colorante y en la textil como colorante natural. El objetivo de este trabajo fue analizar las características, las propiedades funcionales y la capacidad antimicrobiana de *C. longa*, con el propósito de aportar información reciente sobre los beneficios a la salud que proporciona su consumo.

**Palabras clave:** Cúrcuma, curcumina, actividad antimicrobiana, aplicaciones en la industria.

## KNOWING THE TURMERIC (*Curcuma longa* L.) AND ITS BENEFICIAL PROPERTIES FOR HEALTH

### Abstract

This review presents a broad overview of the *Curcuma longa* L. (*C. longa*) plant, from its taxonomy, chemical composition of the rhizome and physicochemical characteristics, antiparasitic, antimicrobial and anti-inflammatory properties. In medicine, turmeric can be used in preventive or therapeutic strategies due to its efficacy and pharmacokinetic safety, contributing to the treatment of cardiovascular, neurovegetative, metabolic, joint and digestive system protection diseases. Curcumin, one of the main components of *C. longa*, has a strong inhibitory potential to different microorganisms. Gel or emulsion formulations and nanotechnological products have been developed that allow greater absorption for different treatments in humans, since turmeric has little solubility in water and to increase its bioavailability and absorption it is supplied dissolved in lipids that protect it from the acidic conditions of the stomach. In the food industry turmeric is used as a spice and colorant and in textiles as a natural colorant. The objective of this work was to analyze the characteristics, functional properties and antimicrobial capacity of *C. longa*, in order to provide recent information on the health benefits provided by its consumption.

**Keywords:** Turmeric, curcumina, antimicrobial activity, industry applications.

## Introducción

La *Curcuma longa* L. (*C. longa*), es una planta herbácea, perenne, erecta, frondosa, perteneciente a la familia *Zingiberaceae*. Puede medir hasta un metro de altura, posee un tallo corto, hojas oblongas (alargadas) y puntiagudas y flores amarillas en forma de embudo. Sus rizomas poseen un aspecto similar al del jengibre (*Zingiber officinale*), pero su interior es amarillo anaranjado, tienen forma oblonga, ovalada, piriforme (forma de pera) con ramificaciones cortas. La cúrcuma es originaria del sur tropical de Asia (India) o del sudeste asiático, donde se encuentran las áreas de mayor cultivo. También se cultiva ampliamente en algunas regiones de África y en casi toda la India, particularmente en Punjab, Bengala Occidental, Maharashtra, Karnataka, Tamil Nadu y Kerala. Se le conoce con los nombres de: Cúrcuma común, Cúrcuma, Azafrán indio, Cúrcuma de raíces largas, Cúrcuma larga o Jengibre amarillo. En la India se le conoce como “Haldi”; en Malasia, Indonesia y la India ha sido ampliamente estudiada por su importancia económica y en otros países del sudeste asiático se ha utilizado como saborizante, especia y como colorante pues posee un color amarillo-naranja intenso (Araújo y Leon, 2001; Chanda y Ramachandra, 2019; Kharat et al., 2017; Lim, 2016).

La *C. longa* se desarrolla en climas cálidos y húmedos, con precipitaciones entre 1 500-2 000 mm al año y temperaturas entre 18-30°C. Esta planta es higrófila y crece en un ambiente soleado o con sombra parcial, en un suelo arenoso y arcilloso bien drenado, en altitudes por debajo de 1 500 m sobre el nivel del mar (Araújo y Leon, 2001; Lim, 2016). El rizoma de la planta que es donde se encuentran los curcuminoides tiene una dimensión máxima de 7 cm de largo por 2,5 cm de ancho. La planta necesita aproximadamente de 8 a 10 meses para madurar (González-Albadalejo et al., 2015). La taxo-

nomía de *C. longa* se presenta en el cuadro 1 y las características de la planta y rizomas se observan en la figura 1.

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de *Curcuma longa*

---

<b>Sub-reino:</b> Tracheobionta
<b>Sub-división:</b> Spermatophyta
<b>División:</b> Magnoliophyta
<b>Sub-clase:</b> Zingiberidae
<b>Orden:</b> Zingiberales
<b>Familia:</b> Zingiberaceae
<b>Género:</b> <i>Curcuma</i>
<b>Especie:</b> <i>longa</i>
<b>Nombre científico:</b> <i>Curcuma longa</i>

---

Shivkanya et al., 2022

El objetivo de esta revisión fue analizar las características, las propiedades funcionales y la capacidad antimicrobiana de *C. longa*, con el propósito de aportar información reciente sobre los beneficios a la salud que proporciona su consumo.

## Características fisicoquímicas de la cúrcuma

El rizoma seco de la *C. longa* es la fuente de la especia cúrcuma también conocida como azafrán de la India. Se caracteriza por contener compuestos fenólicos como la curcumina, que posee numerosos grupos funcionales químicamente reactivos que interactúan en distintas vías bioquímicas, donando o aceptando enlaces H, en unión catiónica y en la reacción de Michael (Chanda y Ramachandra 2019; Kharat et al., 2017).

Del rizoma seco y pulverizado de la *C. longa* se deriva la cúrcuma, cuyo compuesto químico más abundante y biológicamente más activo es la curcumina con un 81 % (diferuloilmetano) (1E, 6E)-1,7-bis (4-hidroxi-3-metoxifenil) hepta-1,6dieno-3,5-diona), junto con otros curcuminoides que son la dimetoxicurcumina con el 15-19 % y el bisdimetoxicurcumina con 2,2 - 6,6 %

y la más reciente denominada ciclo-curcumina, que juntas conforman el complejo conocido como cúrcuma o azafrán indio,

que son responsables del color amarillo que presenta. Además, existen otros componentes curcuminoides en un 2,5 % como el



**Figura 1.** Características físicas de *Curcuma longa*  
A) Planta en su hábitat natural, B) Rizoma de *C. longa* que es la parte médicamente importante,  
C) Rizoma seco y pulverizado empleado para uso medicinal y culinario  
Adaptación de Shivkanya et al., 2022

curcumenol, curdiona, isocurcumenol, curcumol, estigmasterol, zingibereno y cúrcumeno. También, la raíz de la cúrcuma contiene fibra (3,5 %), aceites (4,6 %), minerales (3,2 %), proteínas (5,8 %), grasas (4,7 %), hidratos de carbono (63,7 %) y agua (12 %) (González-Albadalejo et al., 2015; Kawasaki et al., 2018; Stohs et al., 2020).

La cúrcuma tiene un bajo peso molecular de  $368,39 \text{ g/mol}^{-1}$  y un punto de fusión de  $183 \text{ }^\circ\text{C}$ , toma un color amarillo cuando se encuentra en un medio ácido ( $\text{pH } 2,5 - 7$ ) y rojo en un medio básico ( $\text{pH } >7$ ), es soluble en solventes orgánicos como dimetilsulfóxido, etanol, metanol, hexano y acetona, y es prácticamente insoluble en agua a temperatura ambiente a pH neutro o ácido (Omonte y Bustamante, 2022).

Referente al efecto de la temperatura, la curcumina es estable a temperaturas bajas y moderadas ( $<80 - 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ), esto hace que se mantenga estable a temperatura ambiente. Se descompone a altas temperaturas (González-Albadalejo et al., 2015).

La curcumina es soluble en etanol, álcalis, acetona, ácido acético y cloroformo y poco soluble en agua. La solubilidad de la curcumina en agua se ha estimado en  $11 \text{ ng/mL}^{-1}$ . Por ello, se han desarrollado diversas formulaciones para mejorar la disolución, con la finalidad de obtener una mejor biodisponibilidad. Algunos procedimientos reportados para la administración de curcumina incluyen micelas, liposomas, complejos de fosfolípidos, microemulsiones, nanoemulsiones, emulsiones, nanopartículas de lípidos sólidos, portadores de lípidos nanoestructurados, nanopartículas de biopolímeros y microgeles. Todos ellos aumentan la biodisponibilidad de la curcumina y también la permeabilidad óptima en el intestino delgado previniendo una posible degradación en el tracto gastrointestinal (Stohs et al., 2020).

A pesar de su eficacia y seguridad, el potencial terapéutico de la curcumina aún está en debate debido a una biodisponibilidad relativamente pobre en humanos, incluso cuando se administra en dosis altas ( $12 \text{ g/día}^{-1}$ ). Aunque la curcumina ha mostrado una

biodisponibilidad deficiente, debido a su inestabilidad química, muchos estudios *in vivo*, particularmente estudios preclínicos, todavía se centran en el efecto terapéutico de la curcumina, pero se requieren más ensayos a gran escala, incluyendo placebos, para una evaluación profunda de su biodisponibilidad y efectos en humanos (Dei y Ghidoni, 2019; Giordano y Tommonaro, 2019).

Un estudio realizado por Antony et al. (2008), en el cual se empleó la formulación patentada, BCM-95<sup>®</sup> CG (una mezcla de curcumina combinada con los componentes no curcuminoides de la cúrcuma) se probó en un grupo de personas voluntarias con el objetivo de estimar la biodisponibilidad de la curcumina en la sangre. El aumento en la biodisponibilidad relativa de BCM-95<sup>®</sup> CG fue de aproximadamente 6,93 veces en comparación con la curcumina libre y aproximadamente 6,3 veces en comparación con una fórmula de curcumina-lecitina-piperina.

Algunas investigaciones se han enfocado en el estudio de curcuminoides cuyas modificaciones en su estructura química les confiere una mayor actividad biológica para ser empleados en el tratamiento de numerosas enfermedades, con una menor toxicidad para los humanos comparado con otros compuestos (Araújo y Leon, 2001).

Estudios realizados en ratas albinas evidenciaron que la *C. longa*, no presentó toxicidad aguda a dosis de 5 000 mg/kg<sup>-1</sup>, asimismo a dosis de 1 000 mg/kg<sup>-1</sup> en forma repetida no se evidenció efecto tóxico observable, en comparación con el grupo control (Aggarwal et al., 2016). En otro estudio la administración de aceite esencial de *C. longa* a ratas en una dosis única de 5 g/kg<sup>-1</sup> no produjo efecto tóxico y a dosis de 1 g/kg<sup>-1</sup> no provocó aberración cromosómica o micronúcleos en las células de la médula ósea de las ratas, y no produjo algún daño en el ADN (Liju et al., 2013).

Condorhuamán et al. (2022), reportaron que el rizoma pulverizado de *C. longa* y la curcumina con una pureza de 95 %, administradas durante cinco meses a ratas albinas con un peso de 20 a 25 g presentaron una dosis letal media (DL<sub>50</sub>) superior a 2 000 mg/kg<sup>-1</sup>, y no se presentó toxicidad evidente comparada con los parámetros hematológicos y bioquímicos del grupo control.

Se han identificado distintos elementos moleculares de la curcumina, incluidos factores de transcripción y crecimiento, proteínas quinasas, citoquinas y otros, demostrando la efectividad de la curcumina contra diferentes tipos de células cancerosas (Akram et al., 2010).

No se puede hablar de una dosis única de cúrcuma o curcumina que sea efectiva, pero existen reportes científicos que avalan sus propiedades anticancerígenas ya que el uso clínico de la curcumina todavía está bajo investigación, tanto en monoterapia como en combinación con otros medicamentos. En un ensayo clínico en fase I, la curcumina se utilizó sola en 15 pacientes con cáncer colorrectal como una formulación oral. Los autores informaron la ausencia de toxicidad, sin embargo, dos pacientes presentaron diarrea significativa, y dos pacientes mostraron estabilidad en la enfermedad después de dos meses de tratamiento con curcumina.

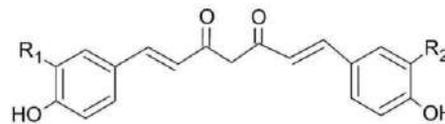
En otro ensayo clínico de monoterapia (fase II) se administró curcumina en una formulación oral a 25 pacientes con cáncer de páncreas avanzado. A pesar de los bajos niveles de curcumina presentes en el plasma (22-41 ng/mL<sup>-1</sup>), dos pacientes mostraron actividad biológica clínica. En un paciente se observó una enfermedad estable durante más de 18 meses y en otro paciente, se tuvo una regresión tumoral (73 %). Se ha informado de la evaluación de la curcumina mezclada con otros fármacos como quimio-terapéutico o adyuvante a los tratamientos estándar del

cáncer. El efecto terapéutico de una combinación de curcumina con IMATINIB (inhibidor de la tirosina cinasa) se evaluó en 50 pacientes con leucemia mieloide crónica. El tratamiento mixto fue más efectivo que el IMATINIB solo, pero se requiere de estudios adicionales para confirmar la eficacia de la combinación experimental.

También, una combinación de curcumina con anticuerpos monoclonales anti-EGFR en pacientes con CCEc (carcinoma cutáneo de células escamosas) ha sido propuesto como una estrategia altamente efectiva en el control de la enfermedad. La cúrcuma es un compuesto polifenólico que solo o combinado con otros agentes, podría representar una alternativa efectiva para la terapia del cáncer (Giordano y Tommonaro, 2019).

El consumo de la cúrcuma se considera seguro a las concentraciones necesarias para ejercer un efecto beneficioso en la salud. Ensayos clínicos han sugerido que los seres humanos tienen una alta tolerancia a la curcumina sin causar algún efecto tóxico cuando se ingieren en niveles de  $8 \text{ g/día}^{-1}$ , inclusive la ingesta de  $12 \text{ g/día}^{-1}$  puede tolerarse sin manifestar una toxicidad (Chanda y Ramachandra, 2019; Kharat et al., 2017). La figura 2 muestra la estructura química de la curcumina, en su molécula la cadena principal es alifática, insaturada y el grupo arilo puede estar o no sustituido.

La presencia de grupos cromóforos hace a la curcumina fotosensible. La degradación fotoquímica del compuesto es independiente del estado físico o entorno químico en el que se encuentre; mientras que la composición, cinética y los productos de degradación si dependen de su estado físico (González-Albadalejo et al., 2015). En la figura 3 se presenta el perfil de nutrientes de la *C. longa* mostrando los macro y micronutrientes con valores promedio.

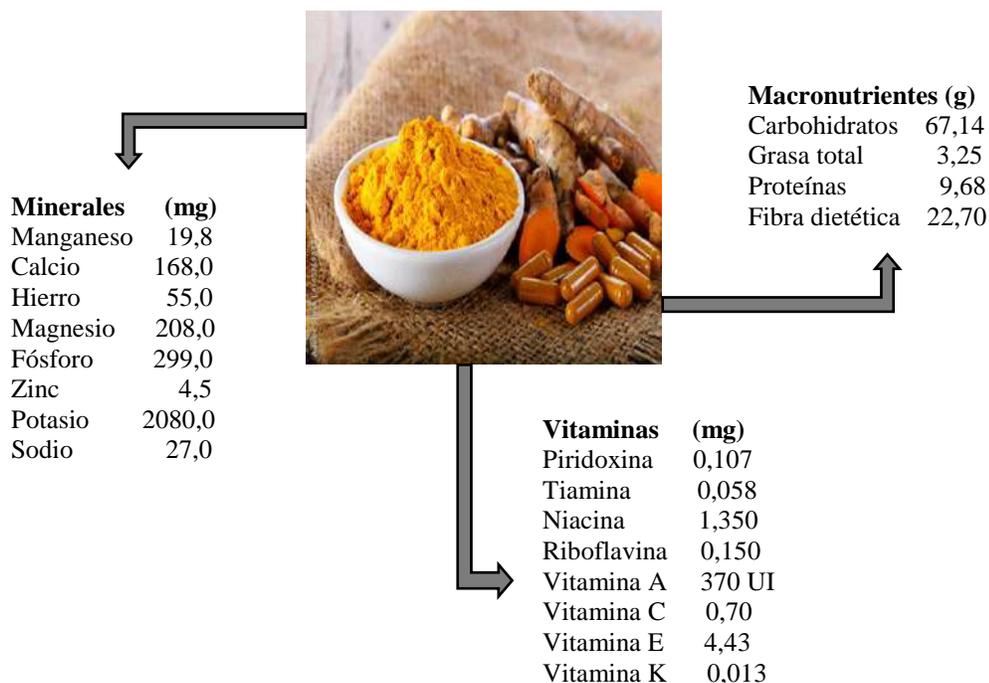


**Figura 2.** Estructura química de los curcuminoides  
Curcumina:  $R_1=OCH_3$ ;  $R_2=OCH_3$   
Desmetoxicurcumina:  $R_1=OCH_3$ ;  $R_2=H$   
Bisdesmetoxicurcumina:  $R_1=H$ ;  $R_2=H$   
da Silva et al., 2018

### Propiedades de la cúrcuma y su utilización en la medicina

En el mundo existe una tendencia a incorporar la fitoterapia como una opción eficiente para la salud. Algunas plantas poseen principios activos con distintas acciones biológicas, que pueden ser utilizadas para tratar diversas patologías (Cárdenas et al., 2021). El sistema tradicional de medicina indígena describe el uso de plantas que contienen compuestos y metabolitos secundarios útiles para la formulación de medicamentos y para la estimulación del sistema inmune con la finalidad de reforzar al organismo incrementando la inmunidad para combatir las infecciones (Gangal et al., 2020).

Al suprimirse el sistema inmunológico se aumenta la susceptibilidad a contraer enfermedades. La acción antiinflamatoria que ejerce la cúrcuma puede ser debida a una combinación de tres diferentes propiedades: a) reducción de la producción de histamina que induce la inflamación; b) incremento y prolongación de la acción de la hormona suprarrenal antiinflamatoria natural del cuerpo, el cortisol; c) la mejora de la circulación, eliminando las toxinas de las pequeñas articulaciones donde los desechos celulares y los compuestos inflamatorios quedan atrapados con frecuencia (Akram et al., 2010).



**Figura 3.** Composición química de *Curcuma longa*  
Adaptación de Shivkanya et al., 2022

Las propiedades antioxidantes y farmacológicas de algunas plantas pertenecientes a la familia *Zingiberaceae*, como la *C. longa* se han estudiado por poseer principalmente polifenoles, distintos componentes bioactivos como curcuminoides (curcumina) y aceites esenciales (monoterpenos) (Cárdenas et al., 2021).

Desde la antigüedad la cúrcuma en polvo ha sido utilizada en medicina tradicional en el tratamiento de diversas enfermedades como las digestivas. En la India se utiliza el polvo de cúrcuma para tratar trastornos biliares, anorexia, coriza (inflamación de la mucosa de las fosas nasales), tos, heridas diabéticas, trastorno hepático, reumatismo y sinusitis. En la medicina hindú antigua, la cúrcuma se utilizaba ampliamente para el tratamiento de esguinces e hinchazón causada por lesiones, mientras que en la medicina tradicional China, se emplea para tratar

enfermedades asociadas con dolores abdominales (Araújo y Leon, 2001; Itlal et al., 2020; Kharat et al., 2017). La curcumina aplicada tópicamente ha demostrado su potencial efecto antimicrobiano contra dermatofitos, hongos patógenos y levaduras en conejillos de india (Akram et al., 2010).

Entre otras de las propiedades terapéuticas atribuidas a la cúrcuma está su potencial como antiinflamatorio debido a la inhibición de la fosfolipasa 2, la ciclooxigenasa y la lipooxigenasa, logrando un efecto oxidativo similar al de la vitamina E, previniendo la peroxidación lipídica (Omonte y Bustamante, 2022). También la cúrcuma tiene propiedades antimicrobianas y antiparasitarias. Además, se ha reportado su uso en el tratamiento de artritis reumatoide, esclerosis múltiple y psoriasis, ya que logra modular la señalización de citoquinas proinflamatorias (Cárdenas et al., 2021).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha recomendado una ingesta diaria admisible de curcuminoides como aditivos alimentarios en el rango de 0-3 mg/kg<sup>-1</sup>. Los curcuminoides y los productos de la cúrcuma se han considerado seguros por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de los Estados Unidos. La ingesta promedio de cúrcuma en la dieta india es de aproximadamente 2-2,5 g para un individuo con un peso de 60 kg, que corresponde a una ingesta diaria de aproximadamente 60-100 mg de cúrcuma (Sivasekaran et al., 2021).

Un estudio clínico prospectivo realizado por Cheng et al. (2001), en 25 pacientes con cinco diferentes enfermedades malignas evaluó la seguridad de la curcumina. La dosis inicial empleada fue de 500 mg/día<sup>-1</sup> aumentando ésta a 1 000, 2 000, 4 000 y 8 000 mg/d<sup>-1</sup>, ya que no se presentaron efectos adversos. Los resultados indicaron que no hubo toxicidad relacionada con la curcumina después de la administración oral de 8 000 mg/día<sup>-1</sup> durante tres meses.

Estudios recientes revelan múltiples beneficios de la cúrcuma y su capacidad de actuar contra enfermedades cardiovasculares, neurovegetativas, metabólicas y articulares, tiene efecto contra la anemia, diabetes y artritis, además tiene propiedades cicatrizantes, antiulcerosas y de protección del sistema digestivo, entre otras (Omonte y Bustamante, 2022). La curcumina puede unirse a metales pesados como cadmio y plomo reduciendo así su actividad, esta propiedad de la curcumina explica su acción protectora al cerebro (Akram et al., 2010).

La curcumina es un compuesto no mutagénico y no genotóxico, pero si se ha comprobado que algunas plantas pertenecientes a la familia *Zingiberaceae* contienen compuestos supresores de la actividad de mutágenos y carcinógenos en algunos tipos de células tanto *in vitro* como *in vivo*. Wang et

al. (2022), reportaron que la cúrcuma en la dieta puede contrarrestar eficazmente el estrés oxidativo hepático inducido por la aflatoxina B<sub>1</sub>. La curcumina posee la capacidad de eliminar radicales libres. Estudios realizados reportaron que la curcumina inhibió la proliferación celular y el crecimiento tumoral de cáncer de colon y próstata (Akram et al., 2010).

También, los polifenoles curcuminoides intervienen en diversos procesos a nivel neuronal, cardiovascular y hepático. Sin embargo, uno de los principales problemas con la cúrcuma es su baja biodisponibilidad, al no ser soluble en agua a pH neutro o ácido, haciéndola poco biodisponible, por lo que es excretada. Con base en lo anterior, es mejor suministrar la cúrcuma disuelta en algún lípido, para una mayor biodisponibilidad y protección de las condiciones ácidas del estómago, lográndose una mayor absorción de la curcumina libre, que es capaz de atravesar la barrera hematoencefálica (Sivasekaran et al., 2021).

En la actualidad, la incidencia de casos de hígado graso no alcohólico está aumentando gradualmente, las causas de esta enfermedad se han relacionado con los hábitos en el estilo de vida, que incluyen la ingesta excesiva de alimentos calóricos y la falta de actividad física. Generalmente, esta enfermedad está acompañada de un estilo de vida sedentario, obesidad, diabetes y síndrome metabólico. El estrés oxidativo provoca un desequilibrio entre la producción de especies de oxígeno reactivas (ROS) y la activación de antioxidantes en el cuerpo, lo que genera diversos trastornos metabólicos, entre ellos el hígado graso no alcohólico. Las plantas contienen una gran variedad de fitoquímicos con propiedades antioxidantes que remueven efectivamente las ROS. En un estudio realizado por Mun et al. (2019), empleando ratones machos de siete semanas de edad, alimentados *ad libitum* durante ocho sema-

nas, con dietas altas en grasa, suplementadas con extractos de *C. longa* en agua caliente en concentraciones de 300 a 900 mg/kg/peso corporal/día, mostraron ser efectivos en la prevención del hígado graso no alcohólico. Se consideró que el mecanismo de hepatoprotección contra la acumulación de lípidos y el estrés oxidativo pudo deberse a que los compuestos del extracto de *C. longa* provocaron una modulación de la absorción de ácidos grasos. Este hallazgo podría contribuir al desarrollo de terapias efectivas para prevenir el desarrollo de hígado graso.

### Potencial antimicrobiano de la cúrcuma

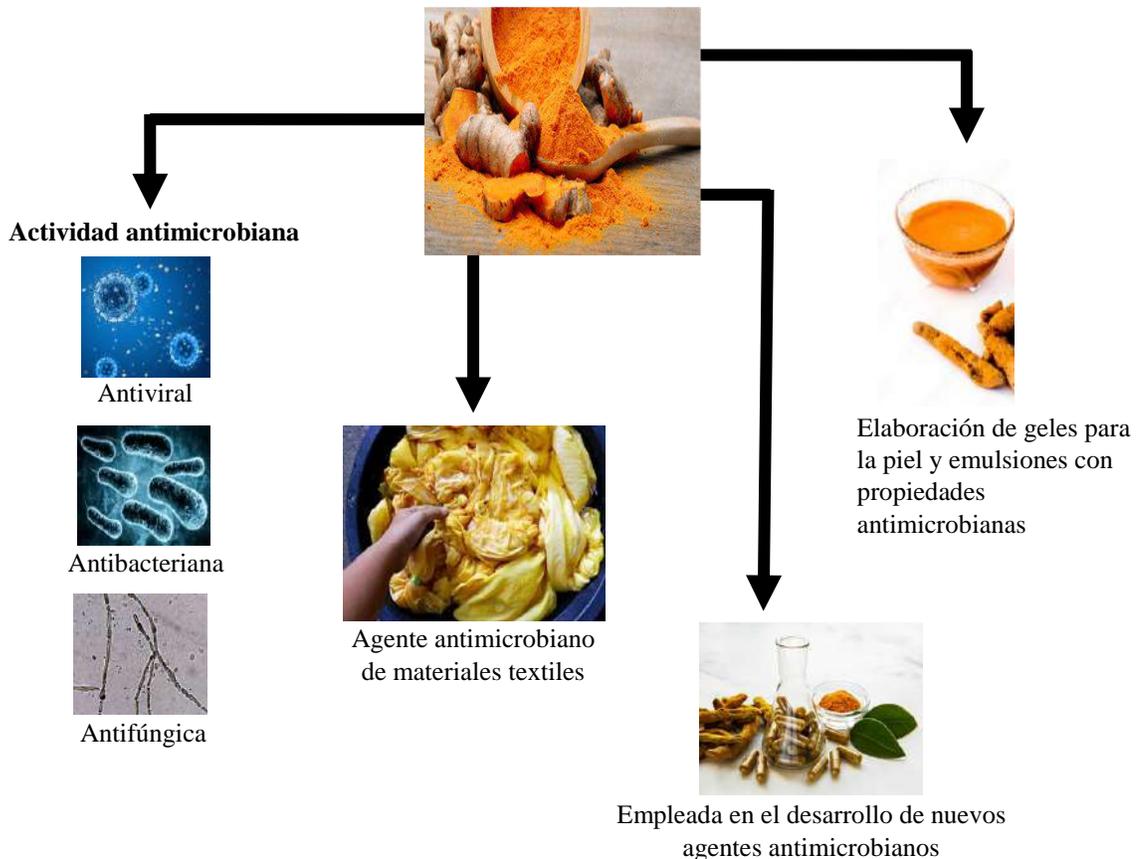
Diversos estudios han reportado que la curcumina posee actividades antimicrobianas de amplio espectro, antivirales y antifúngicas. Dicha propiedad se ha utilizado para diseñar nuevos agentes con actividades antimicrobianas modificadas y aumentadas mediante la síntesis de derivados relacionados con la curcumina. Incluso se ha estudiado como un agente antimicrobiano adecuado para materiales textiles (Zorofchian et al., 2014). La figura 4 muestra algunas de las aplicaciones de la *C. longa* como agente antimicrobiano y su utilización en la industria textil como colorante y en la elaboración de nuevos antimicrobianos y geles para uso tópico.

**Actividad bactericida.** El reino vegetal proporciona una abundante fuente de plantas medicinales que poseen diversos compuestos fenólicos bioactivos, terpenoides y alcaloides. Entre las propiedades antimicrobianas de la curcumina de forma libre se ha reportado su acción contra una amplia gama de microorganismos, incluidas las bacterias Gram positivas, *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus epidermidis* y Gram negativas, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Yersinia enterocolitica* y

*Shigella dysenteriae*. Además, se demostró que el procedimiento de extracción de los curcuminoides influye críticamente en las propiedades antimicrobianas que poseen los extractos contra patógenos transmitidos por los alimentos, bacterias coliformes fecales y *Salmonella* (da Silva et al., 2018).

*Helicobacter pylori* es una bacteria que coloniza el epitelio gástrico y causa infecciones severas al hospedero. Los tratamientos con antibióticos son costosos y el incremento de resistencia bacteriana ha obligado a buscar otras alternativas de tratamiento contra esta bacteria. Investigaciones realizadas *in vitro* utilizando extractos de *C. longa* a una concentración de 100 µg/mL<sup>-1</sup>, demostró un potencial efecto antioxidante y antiinflamatorio ante una infección con *H. pylori* (Ybalmea-Gómez et al., 2021). La curcumina mostró una actividad antimicrobiana significativa con valores en la Concentración Mínima Inhibitoria de 5 a 50 µg/mL<sup>-1</sup> contra 65 aislados clínicos de *H. pylori* (Zorofchian et al., 2014).

Los extractos de cúrcuma se han utilizado para la formulación de geles empleados para la inhibición de la bacteria *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* (*Actinobacillus actinomycetemcomitans*) que es causante de periodontitis (inflamación que afecta los tejidos de soporte de los dientes). En una investigación sobre la eficacia antibacteriana del extracto de cúrcuma en gel, afirmaron que ésta es eficaz, provocando una inhibición catalogada como fuerte. Una concentración al 50 % de extractos de cúrcuma en la formulación de geles orales fue eficaz contra *A. actinomycetemcomitans*, generando zonas de inhibición de 10,8 mm, clasificada como inhibición fuerte. Los geles con extractos de cúrcuma también se han empleado como antiinflamatorios y contra infecciones causadas por *Staphylococcus aureus*, como lo ha reportado Mubarak et al. (2021).



**Figura 4.** Esquema que muestra las diversas actividades antimicrobianas de la curcumina  
Adaptación de Zorofchian et al., 2014

Un estudio realizado por Núñez et al. (2020), demostró que la curcumina en bajas concentraciones (menores a  $125 \mu\text{g/mL}^{-1}$ ) tuvo un efecto antibacteriano sobre cepas de *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, argumentando que los efectos podrían depender de las cepas utilizadas. Los autores sugirieron que se requiere de más estudios en México para confirmar la efectividad de curcumina y realizar una estandarización del método analítico, tomando en consideración el contexto biológico.

**Actividad fungicida.** El potencial inhibitorio que ejerce *C. longa* como fungicida se debe a que contiene flavonoides, saponinas y aceites volátiles con una alta capacidad de inhibir el crecimiento de los hongos. La curcumina tiene el potencial de producir altera-

ciones en la membrana celular así como de inhibir la síntesis de ergosterol (modulador de la fluidez y permeabilidad de la membrana), de la succinato deshidrogenasa (SDH) y de la nicotinamida adenina dinucleótico (NADH) oxidasa. El extracto etanólico de *C. longa* a una concentración de  $1,0 \text{ mg/mL}^{-1}$  mostró un fuerte efecto inhibitorio en hongos patógenos como *Fusarium chlamydosporum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium oxysporium*, *Fusarium graminearum* y *Fusarium tricinctu*. También, se le ha atribuido a la curcumina actividad antifúngica contra *Aspergillus niger*, *Candida albicans* y *Penicillium notatum* (da Silva et al., 2018; Itlal et al., 2020).

El mecanismo de acción antifúngica de los terpenoides y curcuminoides contenidos en la *C. longa* se lleva a cabo en el sitio de

los hidrocarburos cíclicos de la membrana celular. Los terpenoides interfieren en la permeabilidad de la membrana celular, provocando un incremento en la permeabilidad y pérdida de la capacidad celular. Mientras que los curcuminoides afectan el potencial de la membrana e interrumpen la integridad de la misma. La curcumina forma interacciones electrostáticas y/o hidrofóbicas con la membrana celular fúngica y la pared celular causando la interrupción de la membrana (Diastuti et al., 2019).

**Actividad antiviral.** Distintos compuestos extraídos de la *C. longa* han demostrado tener actividad antiviral. Richart et al. (2018), reportaron que la curcumina y sus derivados (galio-curcumina y Cu-curcumina) fueron efectivos antivirales en el tratamiento del virus de inmunodeficiencia humana (VIH), el virus de la hepatitis B y C, del

herpes simple 1 y 2 (HSV-1) y (HSV-2), contra el virus de la gripe, zika, chikungunya y virus del papiloma humano.

Chen et al. (2010), reportaron que la actividad del virus de la influenza en un cultivo celular se redujo en un 90 % aplicando un tratamiento con 30 mM de curcumina. La curcumina demostró tener actividad antiviral contra el virus de Epstein-Barr y el VIH al unirse al sitio activo de la proteasa. De acuerdo a estudios de modelado *In silico*, se comprobó que es un poderoso inhibidor de la integrasa del VIH, al unirse a residuos ácidos en el sitio catalítico de la integrasa, limitando su interacción con sus sustratos (Shivkanya et al., 2022). El cuadro 2 muestra algunas de las actividades de la curcumina ante distintos virus que afectan a los humanos.

**Cuadro 2.** Actividad de la Cúrcuma y curcumina contra distintos tipos de virus

Virus	Compuesto Antiviral	Actividad Antiviral
Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH)	Curcumina	Inhibe la expresión genética dirigida por LTR (Repetición Terminal Larga viral) en el VIH-1 Inhibe la enzima integrasa del VIH-1 Inhibe la acetilación de la proteína Tat
Influenza	Curcumina	Inhibe la hemaglutinación
Virus de Herpes Simple VHS-1 y VHS-2	Curcumina	Reduce la replicación de VHS-1 y VHS-2 Protección significativa en un modelo con ratones
Coxsackievirus	Curcumina	Inhibe la replicación del virus mediante desregulación del Sistema Ubiquitin-Proteosoma (UPS)
Virus de la Hepatitis B (VHB)	Extracto acuoso de Cúrcuma	Supresión de la replicación del VHB por incremento en el nivel de p53
Virus de la Hepatitis C (VHC)	Curcumina	Disminución de la replicación del VHC mediante la supresión de la vía Akt-SREBP-1 (proteína-1 reguladora de la unión de elementos dependientes de la síntesis de ácidos grasos)
Virus del Papiloma Humano (VPH)	Curcumina	Inhibe la expresión de oncoproteínas virales de E6 y E7
Virus del Papiloma Humano (VPH)	Curcumina	Efecto de baja regulación en la transcripción de VPH-18
Virus de la Encefalitis Japonesa (VEJ)	Curcumina	Reducción en la producción de partículas infectivas virales
Virus Linfotrópico Humano de Células tipo T-1 (HTLV-1)	Curcumina	Baja regulación de la proteína JunD en líneas celulares T infectadas con HTLV-1

Adaptación de Zorofchian et al., 2014

Análisis recientes han demostrado el potencial terapéutico de *C. longa* contra el agente etiológico causante de la COVID-19 y su capacidad para modular la cascada de citoquinas en pacientes con COVID-19, lo que ha generado mucho interés en *C. longa* para el tratamiento de esta enfermedad. El contenido en la cúrcuma de otros compuestos incluso con más potencial antiviral que la curcumina, podrían servir como agente terapéutico o al menos, como protector contra el SARS-CoV-2, al tener potencial para provocar especialmente la inhibición de la proteasa principal y la proteína espiga del virus, como se ha señalado en el estudio realizado por Emirik (2020).

### Utilización de la cúrcuma en la industria alimenticia y textil

Existe una inseparable relación entre la alimentación y la salud, destacando los beneficios de las vitaminas, minerales, ácidos grasos, probióticos, prebióticos o fitoquímicos contra distintas enfermedades. Compuestos vegetales como los carotenoides, fenoles, alcaloides y compuestos nitrogenados, han demostrado tener una influencia en el sistema inmunológico de los organismos (Cárdenas et al., 2021).

En la industria alimenticia se estima que en el año 2018, el mercado global de las especias para uso culinario superó los 6,5 mil millones de dólares, mostrando un incremento en la demanda de especias como la cúrcuma, cuya proyección en el mercado mundial para el año 2022 fue de 94,3 millones de dólares (Gordon, 2020; Patra et al., 2018). La cúrcuma es utilizada en la industria alimenticia como saborizante y colorante natural (Wang et al., 2022).

La kombucha es una bebida preparada mediante un proceso controlado en el que se utilizan infusiones de tés azucarados y fermentados, utilizando cultivos simbióticos de

bacterias y levaduras. Entre los microorganismos utilizados se encuentran levaduras de los géneros *Pichia*, *Candida*, *Brettanomyces*, *Saccharomyces*, y *Zygosaccharomyces*, así como bacterias productoras de ácido acético (*Acetobacter xylinum*). En la preparación de kombucha se ha sustituido el té negro (*Camellia sinensis*) por la cúrcuma en la fermentación, con la finalidad de aumentar la biodisponibilidad de nutrientes y así incrementar el valor funcional y nutricional de la bebida. Entre los beneficios adjudicados a esta bebida con cúrcuma se encuentra su acción como antibacteriano, antioxidante y mejorador de la microflora intestinal, lo que facilita la absorción de nutrientes en el sistema digestivo.

Una investigación realizada por Zubaidah et al. (2021), mostró que las cuentas microbianas más elevadas las obtuvieron a una concentración de 1,2 % de cúrcuma ( $2,0 \times 10^7$  UFC/mL<sup>-1</sup>), después de 12 días de fermentada la kombucha, observándose una reducción microbiana cuando se incrementó la concentración de cúrcuma a 2 % ( $1,1 \times 10^7$  UFC/mL<sup>-1</sup>), mientras que en la kombucha preparada con té negro el recuento microbiano fue de  $1,3 \times 10^8$  para el mismo tiempo de fermentación. Los autores argumentaron que esta disminución en las cuentas microbianas se atribuye a las diferencias en las materias primas que proporcionan diferentes nutrientes como el contenido de azúcar, vitaminas y minerales que afectan el crecimiento microbiano.

Respecto a la utilización de *C. longa* en la industria, se puede mencionar que el sector textil es considerado un generador de contaminantes y tiene un impacto ambiental negativo por los efluentes líquidos que se vierten al ambiente. El teñido durante el proceso textil genera contaminación debido a que requiere el uso no solo de colorantes, sino también de varios productos especiales conocidos como auxiliares del teñido.

Además, los colorantes textiles artificiales persisten mayor tiempo en el ambiente.

En este sentido, la *C. longa* ha sido utilizada como una alternativa ecológica al uso del colorante sintético en textiles, por ser más ecológica y no genera daño en la naturaleza, al ser menos contaminante en las aguas residuales y ofrecer las mismas características de teñido que los colorantes sintéticos. La cúrcuma se utiliza como colorante amarillo de lana, algodón, sedas, papel y cueros finos (Arévalo y Sanaguano, 2021).

Pero no solo eso, se ha reportado que las fibras de las hojas y los tallos de las plantas de cúrcuma contienen aceite y otros compuestos que tienen actividades antimicrobianas y antiinsecticidas y la resistencia a la tracción de las fibras es similar a las del yute. Las fibras mostraron tener actividad antimicrobiana contra bacterias Gram positivas y Gram negativas, por lo que se considera que las fibras de cúrcuma podrían ser utilizadas en la industria textil para múltiples aplicaciones (Ilangovan et al., 2018).

## Conclusión

Desde la antigüedad la cúrcuma (*C. longa*) se ha considerado una planta medicinal y culinaria en diversas partes del mundo por tener propiedades farmacológicas considerables y elementos esenciales en su composición. A la curcumina, uno de sus principales componentes se le ha atribuido una amplia variedad de efectos beneficiosos para la salud humana. La cúrcuma tiene diversas aplicaciones en la industria alimentaria y en la textil, como colorante y antimicrobiano, sin embargo, su aporte principal se encuentra en la medicina tradicional y la actual, por la eficacia y seguridad farmacológica que ofrece, convirtiéndola en el objetivo central de diversas investigaciones científicas y estudios clínicos, en los cuales se han

comprobado los beneficios que ofrece el rizoma de esta planta para la salud humana. Esta revisión permite visualizar un panorama amplio relacionado con *C. longa*, desde su taxonomía, eficacia, diversidad de usos y aplicaciones en la industria alimenticia y textil y en la médica como coadyuvante en terapias o tratamiento de enfermedades bacterianas, virales o fúngicas.

## Referencias

- Aggarwal, M.L., Chacko, K.M., & Kuruvilla, B.T. (2016). Systematic and comprehensive investigation of the toxicity of curcuminoid essential oil complex: A bioavailable turmeric formulation. *Molecular Medicine Reports*, 13(1), 592-604. <https://doi.org/10.3892/mmr.2015.4579>
- Akram, M., Uddini, S., Ahmed, A., Usmanhani, K., Hannan, A., Mohiuddin, E., & Asif, M. (2010). *Curcuma longa* and curcumin: A review article. *Romanian Journal of Biology Plant Biology*, 55(2), 65-70.
- Antony, B., Merina, B., Iyer, V.S., Judy, N., Lennertz, K., & Joyal, S. (2008). A pilot cross-over study to evaluate human oral bioavailability of BCM-95CG (Biocurcumax), a novel bioenhanced preparation of curcumin. *Indian Journal Pharmacology Science*, 70(4), 445-449. <https://doi.org/10.4103/0250-474X.44591>
- Araújo C.A.C., & Leon L.L. (2001). Biological Activities of *Curcuma longa* L. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 96(5), 723-728. <http://doi.org/10.1590/s0074-02762001000500026>
- Arévalo, G. D.F. y Sanaguano, A.H.D. (2021). Obtención de colorante natural a partir de cúrcuma (*Curcuma longa* Linn) para la industria textil. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador. Tesis de maestría. Pp.23-25, 55.
- Cárdenas, G.G.R., Elizondo, L.J.H., Bazaldúa, R.A.F., Chávez, M.A., Pérez, H.R.A., Ameyalli J. Martínez, D.A.J., López, V.S.M., Rodríguez, R.J., Sánchez, C.R.M., Castillo, V.U., & Rodríguez, L.O.E. (2021). Benefits of Cardamom (*Elettaria cardamomum* (L.) Maton) and Turmeric (*Curcuma longa* L.) Extracts for Their Applications as Natural Anti-Inflammatory Adjuvants. *Plants*, 10(1908), 1-17. <https://doi.org/10.3390/plants10091908>
- Chandra, S., & Ramachandra, T.V. (2019). Phytochemical and pharmacological importance

- of turmeric (*Curcuma longa*): A review. *Research & Reviews: A Journal of Pharmacology*, 9(1), 16-23. <https://www.researchgate.net/publication/333842858>
- Chen, D.Y., Shien, J.H., Tiley, L., Chiou, S.S., Wang, S.Y., Chang, T.J., & Hsu, W.L. (2010). Curcumin inhibits influenza virus infection and haemagglutination activity. *Food Chemistry*, 119(4), 1346-1351. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.011>
- Cheng, A. L., Hsu, C. H., Lin, J. K., Hsu, M. M., Ho, Y. F., Shen, T. S., Ko, J.Y., Lin, B.R., Ming-Shiang, W., Yu, H.S., Jee, S.H., Chen, G.S., Chen, T.M., Chen, C.A. Lai, M.K., Pu, Y.S., Pan, M.H., Wang, Y. J., Tsai, C.C., & Hsieh, C.Y. (2001). Phase I clinical trial of curcumin, a chemopreventive agent, in patients with high-risk or pre-malignant lesions. *Anticancer Research*, 21 (4B), 2895-2900. [https://www.researchgate.net/publication/11642081\\_Phase\\_I\\_clinical\\_trial\\_of\\_curcumin\\_a\\_chemopreventive\\_agent\\_in\\_patients\\_with\\_high-risk\\_or\\_pre-malignant\\_lesions](https://www.researchgate.net/publication/11642081_Phase_I_clinical_trial_of_curcumin_a_chemopreventive_agent_in_patients_with_high-risk_or_pre-malignant_lesions)
- Condorhuamán, F.M., Arroyo, A.J.L., y Zamudio, M.K. (2022). Toxicidad del rizoma pulverizado de *Curcuma longa* L. y curcumina. *Ciencia e Investigación*, 25(1), 23-28. <https://doi.org/10.15381/ci.v25i1.23471>
- da Silva, A.C., de Freitas, S.P.D., do Prado, S.J.T, Leimann, F.V., Bracht, L., & Hess, G.O. (2018). Impact of curcumin nanoformulation on its antimicrobial activity. *Trends in Food Science & Technology*, 72, 74-82. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.004>
- Dei, C.M. & Ghidoni, R. (2019). Dietary curcumin: Correlation between bioavailability and health potential. *Nutrients*, 11, 2147. <http://dx.doi.org/10.3390/nu11092147>
- Diastruti, H., Asnani, A., & Chasani, M. (2019). Antifungal activity of *Curcuma xanthorrhiza* and *Curcuma soloensis* extracts and fractions. IOP Conf. Series: *Materials Science and Engineering* 509, 012047. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/509/1/012047>
- Emirik, M. (2020). Potential therapeutic effect of turmeric contents against SARS-CoV-2 compared with experimental COVID-19 Therapies: In Silico Study. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 40(5), 2024-2037. <https://doi.org/10.1080/07391102.2020.1835719>
- Gangal, N., Nagle, V., Pawar, Y., Gaikwad, M., & Dasgupta, S. (2020). Reconsidering traditional medicinal plants to combat COVID-19. *Advanced International Journals of Research (AIJR)*, 34(1), 1-6. <https://doi.org/10.21467/preprints.34>
- Giordano, A. & Tommonaro, G. (2019). Curcumin and Cancer. *Nutrients*, 11, 2376. <https://doi.org/10.3390/nu11102376>
- González-Albadalejo, J., Sanz, D., Claramunt, R.M., Lavandera, J.L., Alkorta, I., & Elguero, J. (2015). Curcumin and curcuminoids: chemistry, structural studies, and biological properties. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, 81(4), 278-310. [https://analesranf.com/wp-content/uploads/2015/81\\_04/8104\\_02.pdf](https://analesranf.com/wp-content/uploads/2015/81_04/8104_02.pdf)
- Gordon, A. (2020). Market & technical considerations for spices: Nutmeg & mace case study. En A. Gordon. (Ed.), *Food safety and quality systems in developing countries* (367-414). Amsterdam, Netherlands: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814272-1.00009-7>
- Ilangonvan, M., Guna, V., Hu, Ch., Nagananda, G.S., & Reddy, N. (2018). *Curcuma longa* L. plant residue as a source for natural cellulose fibers with antimicrobial activity. *Industrial Crops and Products*, 112, 556-560. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.042>
- Iltal, H.A., Hussein, J.H., & Abeer, F.A-R. (2020). Antifungal activity of the two medicinal plants (*Curcuma longa* L. and *Boswellia carteri* Birdwood) against *Fusarium* species isolated from maize sedes. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 12(3), 408-414. <https://doi.org/10.31838/ijpr/2020.12.03.063>
- Kawasaki, K., Okuda-Hanafusa, C., Aoyagi, M., Taoka, K., Yamamoto, N., Muroyama, K., & Yamamoto, Y. (2018). Inhibitory effect of the compounds from the water extract of *Curcuma longa* on the production of PGE2 and NO in a macrophage cell line stimulated by LPS. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 82(12), 2109-2117. <https://doi.org/10.1080/09168451.2018.1511366>
- Kharat, M., Du, Z., Guodong, Z.G., & McClements, D.J. (2017). Physical and Chemical Stability of Curcumin in Aqueous Solutions and Emulsions: Impact of pH, Temperature, and Molecular Environment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65, 1525-1532. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04815>
- Liju, V.B., Jeena, K., & Kuttan, R. (2013). Acute and subchronic toxicity as well as mutagenic evaluation of essential oil from turmeric (*Curcuma longa* L). *Food Chemical Toxicology*, 53, 52-61. <http://doi.org/10.1016/j.fct.2012.11.027>
- Lim, T. K. (2016). *Curcuma longa*. En T.K. Lim (Ed.), *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volumen 12, Modified Stems, Roots, Bulbs* (241-362). Switzerland: Springer Interna-

- tional Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-26065-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26065-5_1)
- Mubarak, Z., Wahyu, E., Sari, W.E., & Sunnati, S. (2021). Gel Formulation and Evaluation of Antimicrobial Activity of Turmeric (*Curcuma longa* L.) from Aceh, Indonesia against *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*. *Journal of International Oral Health*, 13(5), 508-513. <https://www.jioh.org/text.asp?2021/13/5/508/327864>
- Mun, J., Kim, S., Yoon, H-G., You, Y., Kim, O-K., Choi, K-Ch., Lee, Y-H., Lee, J. Park, J., & Jun, W. (2019). Water Extract of *Curcuma longa* L. ameliorates non-alcoholic fatty liver disease. *Nutrients*, 11, 2536. <https://doi.org/10.3390/nu11102536>
- Núñez, S.A.A., Cerecero, A.P., Sánchez, V.L.O., Robles, N.J.B., & Bermeo, E.J.R. (2020). Antimicrobial effect of curcumin on *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*. *Nova Scientia*, 12(25):1-13. <https://doi.org/10.21640/ns.v12i25.2474>
- Omote R.L.A., y Bustamante, G.Z. (2022). Actividad Antioxidante, Antibacteriana y Citostática de Extractos de Cúrcuma (*Curcuma Longa*). *Gaceta Médica Boliviana*, 45(1), 12-16. <https://doi.org/10.47993/gmb.v45i1.323>
- Patra, J.K., Das, G., Lee, S., Kang, S-S., & Shin, H-S. (2018). Selected commercial plants: A review of extraction and isolation of bioactive compounds and their pharmacological market value. *Trends in Food Science & Technology*, 82, 89-109. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.001>
- Richart, S.M., Li, Y.L., Mizushima, Y., Chang, Y.Y., Chung, T.Y., Chen, G.H., & Hsu, W.L. (2018). Synergic effect of curcumin and its structural analogue (Monoacetylcurcumin) on anti-influenza virus infection. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(3), 1015-1023. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.12.006>
- Shivkanya, F., Jyoti, M., Aditi, Ch., Mahendran, S., Nur, N.I.M.R., Yasmin, B., Vetrivelan, S., Kumarappan, Ch., Lakshmi, T., Rusli, N., Yuan, S.W., Kathiresan, V.S., Pei, T.L., Dhanalekshmi, U.M., Vinoth, K., Abul, K.A., & Neeraj, K.F. (2022). A Comprehensive review on the therapeutic potential of *Curcuma longa* Linn. in relation to its major active constituent curcumin. *Frontiers in Pharmacology*, 13(820806):1-27. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.820806>
- Sivasekaran, K., Stanleay P., Kumar, A., & Sivankalai, K.S. (2021). *Curcuma Longa* (Medicinal Plant) Research: A Scientometric Assessment of Global Publications Output with Reference to Web of Science. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12 (5), 1477-1496. <https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i5.2115>
- Stohs, S.J., Chen, O., Ray, S.D., Ji, J., Bucci, L.R., & Preuss, H.G. (2020). Highly bioavailable forms of curcumin and promising avenues for curcumin-based research and application: A review. *Molecules*, 25(6), 1397. <https://doi.org/10.3390/molecules25061397>
- Wang, Y., Liu, F., Liu, M., Zhou, X., Wang, M., Cao, K., Jin, S., Shan, A., & Feng, X. (2022). Curcumin mitigates aflatoxin B<sub>1</sub>-induced liver injury via regulating the NLRP<sub>3</sub> inflammasome and Nrf<sub>2</sub> signaling pathway. *Food and Chemical Toxicology*, 161(112823), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.112823>
- Ybalmea-Gómez, Y., Feliciano, S.O., Yglesias, R.A., Llana, C.R., y Gutiérrez, G.O. (2021). Efecto antiinflamatorio y antioxidante *in vitro* de *Curcuma longa* sobre macrófagos murinos durante la infección por *Helicobacter pylori*. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 73(3), e702. [https://www.researchgate.net/publication/358187187\\_Efecto\\_antiinflamatorio\\_y\\_antioxidante\\_in\\_vitro\\_de\\_Curcuma\\_longa\\_sobre\\_macrofagos\\_murinos\\_durante\\_la\\_infeccion\\_por\\_Helicobacter\\_pylori](https://www.researchgate.net/publication/358187187_Efecto_antiinflamatorio_y_antioxidante_in_vitro_de_Curcuma_longa_sobre_macrofagos_murinos_durante_la_infeccion_por_Helicobacter_pylori)
- Zorofchian, M. S., Abdul, K. H., Hassandarvish, P., Tajik, H., Abubakar, S., & Zandi, K. (2014). A Review on antibacterial, antiviral, and antifungal activity of curcumin. *BioMed Research International*, Article ID 186864, 1-12. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/186864>
- Zubaidah, E., Nisak, Y. K., Wijayanti, S. A., & Christianty, R.A. (2021). Characteristic of microbiological, chemical, and antibacterial activity of turmeric (*Curcuma longa*) kombucha. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 924,1. IOP Publishing. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/924/1/012080>

## ENTOMOFAGIA: ENTRE EL RECHAZO Y LA NECESIDAD

Julián Vallejo-Gómez; Alfonsina Núñez-Hernández\*; Zoila Gómez-Cruz

Licenciatura en Ciencia de los Alimentos, Departamento de Salud Pública, CUCBA, Universidad de Guadalajara.  
Camino Ramón Padilla Sánchez N° 2100. Nextipac, Zapopan, Jalisco, C.P. 45200.

\*Correo-e: [alfonsina.nunez@academicos.udg.mx](mailto:alfonsina.nunez@academicos.udg.mx)

Recibido: 01/oct/2022 Aceptado: 10/dic/2022 // <https://doi.org/10.32870/rayca.v3i3.8>

### Resumen

La entomofagia o consumo de insectos se encuentra arraigada en la historia evolutiva del ser humano. El consumo de insectos ha sido una alternativa al consumo de carne convencional (res, cerdo, pollo), ya que son considerados una fuente sostenible de proteínas, además de aportar otros nutrientes. En este trabajo se abordan aspectos socioculturales, ecológicos, nutricionales y regulatorios del consumo de insectos con fines alimenticios en México y el mundo mediante una revisión de literatura científica. Se reflexiona sobre la producción sustentable y sostenible de insectos para consumo humano no sólo como una forma de reducir el impacto al medio ambiente sino para cubrir la demanda de alimentos y los requerimientos de proteína para el hombre. También se analiza el valor nutricional de distintos tipos de especies, así como aspectos de su regulación en la producción, preparación y distribución de estos; los problemas que enfrenta actualmente esta práctica alimenticia y su perspectiva a futuro.

**Palabras clave:** Insectos, alimento alternativo, alimentación sustentable.

## ENTOMOPHAGIA: BETWEEN REJECTION AND NEED

### Abstract

Entomophagy or consumption of insects is rooted in the evolutionary history of the human being. The consumption of insects has been an alternative to the consumption of conventional meat (beef, pork, chicken), since they are considered a sustainable source of protein, in addition to providing other nutrients. This paper addresses sociocultural, ecological, nutritional and regulatory aspects of the consumption of insects for food purposes in Mexico and the world through a review of scientific literature. It reflects on the sustainable and sustainable production of insects for human consumption not only as a way to reduce the impact on the environment but also to cover the demand for food and the protein requirements that human being requires. The nutritional value of different types of species is also analyzed, as well as aspects of their regulation in the production, preparation and distribution of these; the problems currently facing this food practice and its future perspective.

**Keywords:** Insects, alternative food, sustainable food.

## Introducción

En el mundo existen diversos tipos de dietas consumidas por las sociedades humanas, influenciadas por aspectos socioculturales, variedad de hábitos alimentarios, creencias religiosas, festividades, costumbres sociales, zonas geográficas y recursos técnicos disponibles a su alcance. En este sentido, existen dietas como la mediterránea donde se consumen alimentos como aceite de oliva, pan de centeno y otra variedad de cereales, vino tinto, pescados, quesos madurados y cárnicos en países como Francia, España e Italia; la dieta de la milpa en México (sureste y centro), cuyos productos principales de consumo son la calabaza, frijol, maíz, chiles, quelites e inclusión de guajolote, cerdo, res, jabalí y conejos; la dieta oriental en la India y otros países de Asia, conformada por la ingesta de hierbas aromáticas, especias, arroz, cereales vegetales, leguminosas, pescados y mariscos, res, puerco y pollo, no sólo con valor nutricional sino medicinal (Vilaplana, 2003).

En general, la supervivencia del ser humano exige una dieta que satisfaga sus necesidades nutritivas mediante la combinación de alimentos vegetales y animales, como cereales, lácteos, leguminosas, grasas, etc. No obstante, el nivel de satisfacción de estas necesidades varía cualitativa y cuantitativamente de una sociedad a otra, en algunas ocasiones puede llegar a ser controvertida como el consumo de insectos como forma de satisfacer los requerimientos de proteína animal.

La entomofagia proviene del griego *ἐντομον* *éntomon* “insecto y *φαγία* *phagia* “tragar o comer”, es decir la práctica o el hábito de comer insectos. Esta se encuentra presente en diversos países de América Latina, África y Asia (Ramos et al., 2012). La ingesta de insectos como parte de la alimentación es una práctica antigua realiza-

da por diversos grupos humanos de los cuales se tienen registros históricos en los libros de la Biblia, en el Levítico y el Éxodo se menciona el consumo de abejas, escarabajos, langostas y langostinos; mientras que en el Nuevo Testamento Juan el Bautista sobrevivió en el desierto comiendo chapulines y miel (Viesca y Romero, 2009).

En las tradiciones islámicas, existe evidencia del uso de insectos a medida que la comida se extendió a las langostas, abejas, hormigas, piojos y termitas durante las cruzadas (Govorushko, 2016) y en el judaísmo, cuatro especies de langostas son reconocidas como *kosher* (Govorushko, 2016; Van Huis, 2013).

El filósofo Aristóteles, recomendaba una receta que incluía la cigarra en su fase ninfa. En África, especialmente en tribus de zonas rurales, Grecia y Roma desde épocas antiguas, aludieron la incorporación de insectos como parte de su alimentación, de igual forma en América y Sudamérica, los conquistadores mediante textos e imágenes expresaron cómo las comunidades de estos lugares consumían diferentes tipos de insectos en preparaciones culinarias, siendo parte de rituales religiosos y festividades (Fleta, 2018; Miranda et al., 2011).

En la Amazonia, las mujeres tienen menos acceso a los alimentos de origen animal (pescado y carne) que los hombres y compensan esta diferencia consumiendo una proporción más elevada de insectos, siendo 14 % del promedio de proteínas consumidas diariamente por las mujeres. En China, las clases pobres e indigentes que carecían de fuentes alternativas de grasas y proteínas animales consumían crisálidas de gusanos de seda, cigarras, grillos, dícticos gigantes (*Lechocerus indicus*), chinches, cucarachas, así como larvas de mosca. En el sudeste asiático los vietnamitas, laosianos y tais eran consumidores de chinches acuáticas, particu-

laramente los laosianos comían huevos de cucaracha, escarabajos, grillos, saltamontes, termitas, cigarras, y otras especies que no son insectos propiamente pero que con frecuencia se asocian a ellos, como arañas grandes y escorpiones (Harris, 2002).

En México, la ingesta de insectos está documentada en códices, textos e imágenes desde épocas prehispánicas, siendo parte de la vida diaria y religiosa de distintas culturas. Durante la conquista Fray Bernardino de Sahagún describió ejemplos del consumo de gusanos de maíz y maguey y algunos acuáticos. Los chapulines fueron un alimento estacional importante para los aztecas, quienes les quitaban alas, cabeza y patas para luego cocinarlos. Se tienen reportadas 549 especies de insectos comestibles asociados a 36 grupos étnicos, estos se continúan consumiendo de la misma manera en que se hacía antes de la llegada de los españoles (Almaguer et al., 2016; Pulido et al., 2020; Ramos et al., 2012).

Las especies de insectos más consumidos son: escarabajos (122), avispas y hormigas (117), chinches (92), chapulines (83), mariposas (55), cigarras y membrácidos (38), moscas y moscos (5), libélulas (6), cargapalitos (5), moscas de mayo (49), piojos (1), termitas (1), manfes y moscas de la yuca (1). Los estados con mayor número de especies comestibles son: Estado de México (160), Chiapas (155), Hidalgo (145), Oaxaca (134), Veracruz (119), Guerrero (92), Puebla (76), Ciudad de México (75) y Yucatán (66) (Ramos-Elorduy, 2009).

Su comercialización está condicionada por la estacionalidad, es decir, se recolectan durante la época de lluvias, esta es la temporada donde se encuentra una mayor cantidad de insectos. Estos suelen ofrecerse al público secos, fritos, asados, vivos, hervidos, envueltos en cutícula de maguey, por litro, por peso, por taco, congelados o pre-

parados en distintos platillos. Es común encontrarlos en mercados y tianguis donde se venden al menudeo en cucuruchos, latas de atún o sardina, cazuelas pequeñas, cuartillos, litros o kilo (Ramos-Elorduy et al., 2006).

## Sustentabilidad y sostenibilidad

Alrededor de dos millones de personas consideran el consumo de insectos en su dieta diaria. La introducción de insectos como alimentos ha ido creciendo y generando interés como un alimento alternativo del futuro que podría cubrir la demanda alimentaria de la población mundial. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en 2030 se tendrán que alimentar más de 9 000 millones de personas, además de los miles de millones de animales que se crían anualmente con fines alimentarios. En este contexto, la producción de alimentos para el consumo humano y animal no podrá cubrir totalmente la demanda generando una crisis alimentaria global (FAO, 2021; Pino, 2018).

Para Ponce-Reyes y Lessard (2021), el aumento de la producción de proteína animal convencional (res, cerdo y aves) es económicamente caro, con altos costos ambientales y restringido por la disponibilidad de recursos naturales ya que representa más del 30 % de todas las calorías consumidas por los humanos. Sin embargo, el vegetarianismo también ha ido generando interés como práctica alimentaria alternativa y las frutas y vegetales utilizados como alimento generan un impacto ambiental ya que se incrementa el uso de tierras para su cultivo, se modifica el hábitat de diversas especies dentro de su ecosistema, generan cantidades de emisiones de gas efecto invernadero, residuos orgánicos y el uso indiscriminado del agua. Ambos sistemas de producción de alimentos animales y vegetales tienen una relación negativa que afecta a los sistemas

alimentarios y cadenas de suministro (FAO, 2021).

En este orden de ideas, la producción sustentable y sostenible de alimentos es una preocupación de orden mundial no sólo como forma de reducir el impacto al medio ambiente sino también para cubrir la demanda de alimentos y los requerimientos nutricionales mínimos que necesita el ser humano.

En este sentido, Avendaño et al. (2020), hace énfasis en el crecimiento de la población como la principal causa que demanda mayor producción de alimentos de origen animal y está última como uno de los protagonistas del deterioro ambiental, explotación de recursos como el agua y el suelo, motivos por los cuales se han buscado alternativas alimentarias que cubran las necesidades nutricionales de la población. Se estima que para el año 2050 habrá un incremento de la población de alrededor de 9 millones 700 mil habitantes y las tierras disponibles para la producción agrícola y ganadera no cubrirán la demanda alimentaria (Pérez et al., 2018).

Hoy en día, se tienen un total de 193 países en el mundo los cuales son entomófagos, es decir, emplean insectos como parte de su dieta diaria y se encuentran distribuidos geográficamente en los cinco continentes. Se consumen aproximadamente 1 745 especies identificadas y pueden llegar a ser cerca de 2 100, de estas 700 se encuentran en América y el Caribe. Los insectos más consumidos son: los escarabajos (coleópteros) con el 31 %; las orugas (lepidópteros) (18 %); las abejas, avispas y hormigas (himenópteros) (14 %); los saltamontes, langostas y grillos (ortópteros) (13 %); las cigarras, los fulgoromorfos, saltahojas, cochinillas y chinches (hemípteros) (10 %); las termitas (isópteros) (3 %); las libélulas (odonatos) (3 %); las moscas

(dípteros) (2 %) y otros órdenes (5 %) (FAO, 2021).

Además, para la producción y cría de insectos, se utiliza menor cantidad de agua reduciendo la huella hídrica, se producen menos emisiones de gases de efecto invernadero y menor explotación de la tierra, comparado con las actividades de cría y alimentación de ganado vacuno, porcino y avícola. En el cuadro 1, se muestra un ejemplo de la producción de gusano de la harina en comparación con la producción de proteína animal convencional, se observa que la cantidad de alimento, agua y tierra es menor en el caso del gusano de tierra, así como el efecto al ambiente (cantidad de CO<sub>2</sub> generado).

### Valor nutricional

Se habla mucho de los insectos como una alternativa para abordar la seguridad alimentaria, ya que son una buena fuente de proteína y se pueden obtener durante un periodo corto (ciclos de vida pequeños) en comparación con la proteína convencional (res, pollo, cerdo) (Guzmán-Mendoza et al., 2016).

De las más de 2 000 especies de insectos comestibles que se conocen, sólo se ha estudiado la composición nutrimental de una pequeña parte de estos. Sin embargo, se sabe que los insectos tienen un alto contenido de proteínas, energía y pueden presentar perfiles diferentes de aminoácidos y ácidos grasos, así como cantidades significativas de micronutrientes como cobre, fósforo, magnesio, vitaminas, selenio y zinc, estos varían en función de cada especie, las condiciones de cría, la fase de desarrollo (huevecillo, larva, pupa, ninfa, adulto) y su dieta (Bisconsin-Junior et al., 2018; Lim, 2022).

Por ejemplo, las larvas y pupas suelen ser más ricas en energía en comparación con los

adultos, por el contrario, las especies de insectos ricas en proteína tienen menor

contenido energético (Kourimská y Adámková, 2016).

**Cuadro 1.** Comparación del uso de recursos naturales y efectos ambientales en la producción de carne convencional y gusano de la harina

Proteína animal	Alimento requerido kg/peso vivo	Huella hídrica L/g proteína	Potencial de calentamiento global (CO <sub>2</sub> -eq)	Uso de tierra [m <sup>2</sup> ]/ proteína [kg]
Vacuno	25	112	88	201
Porcino	9,1	57	27	55
Avícola	4,5	34	19	47
Gusano de la harina	2,1	23	14	18

Miglietta et al., 2015; Oonincx y de Boer, 2012; van Huis, 2013

En México, Ramos-Elorduy et al. (1998), analizaron 78 tipos de insectos y calcularon su contenido calórico en el rango de 293 a 762 kcal/100 g de materia seca. Harris (2002), mencionó que 100 g de termitas africanas contienen 610 kcal, 38 g de proteína y 46 g de materia grasa; 100 g de larvas de polilla incluyen 375 calorías, 46 g de proteína y 10 g materia grasa; las langostas oscilan en peso seco entre un 42 y un 76 % de proteínas y entre 6 y 50 % de materia grasa; las crisálidas de la mosca contienen un 63 % de proteínas y un 15 % de materia grasa.

En Nigeria el consumo de la termita (*Macrotermes nigeriense*) durante el embarazo, beneficia a las mujeres y el consumo de la hormiga (*Polyrhachis vicina*), se asocia al alivio de enfermedades, es decir, además de su valor nutricional se le asocian beneficios a la salud (Costa et al., 2006). En Tailandia, insectos como escarabajos, grillos domésticos y gusanos de seda tienen un contenido de proteína de 27-54 g/100 g.

En países de África central, los insectos proporcionan más del 50 % de la proteína en la dieta donde su valor de mercado es considerado superior con respecto a otras

fuentes de proteínas derivadas de animales (Raubenheime y Rothman, 2013).

En el cuadro 2, se muestra el aporte nutricional de distintos insectos comestibles, el contenido proteico varía según la especie de 31 a 77 g/100 g de insecto. Además del alto contenido proteico presente en los insectos también existen otros trabajos que hacen referencia al contenido total de lípidos.

Santurino et al. (2016), realizaron una caracterización del perfil lipídico de cuatro especies de insectos consumidos tradicionalmente en varias culturas, analizaron la distribución de clases lipídicas, en particular la fracción de fosfolípidos, con el fin de evaluar el potencial de dichos insectos como fuente de lípidos bioactivos con efecto positivo sobre la salud del consumidor. Emplearon dos especies en estado larvario (*Tenebrio molitor*, gusano de la harina y *Zophoba morio*, gusano rey) y dos en estado adulto (*Acheta domesticus*, grillo común y *Locusta migratoria*, langosta común). Sus resultados mostraron que el contenido total de ácidos grasos insaturados (mono y poli-insaturados) fue igual o superior al 60 % en todos los casos, alcanzando un valor particularmente elevado en la larva de *T. molitor* con un 72 % (Cuadro 3).

**Cuadro 2.** Aporte nutricional de diferentes insectos consumibles (g/100g)

Nombre común	Proteína	Grasas	Sales minerales	Fibra cruda
Libélulas	56,22	22,93	4,20	16,61
Langostas y saltamontes	77,63	4,20	2,40	12,13
Chinches	62,80	9,67	8,34	10,46
Mariposas y polillas	58,92	6,80	6,09	22,00
Moscas	35,81	5,80	31,12	22
Escarabajos	31,21	34,30	1,72	32,72
Hormigas, abejas y avispas	60,6	10,61	5,36	10,18

Pulido et al., 2020

**Cuadro 3.** Contenido de ácidos grasos mono y poliinsaturados (g ácidos grasos/100g grasa)

Insecto	Contenido
<i>T. molitor</i> (larva)	71,73
<i>Z. morio</i> (larva)	58,64
<i>A. domesticus</i> (adulto)	62,40
<i>L. migratoria</i> (adulto)	63,00

Santurino et al., 2016

Ramos-Elorduy et al. (1998), realizaron un estudio en 102 especies de insectos colectadas en el Estado de México, de las cuales 22 especies eran de abejas, avispas y hormigas; 19 de chinches; 17 de escarabajos; 16 de chapulines, langostas y esperanzas y 10 de mariposa y palomilla, encontrando que presentan un contenido proteico de 9,45 a 77,13 % por cada 100 g. Del total de insectos analizados el que mayor contenido de proteína reportó fue el chapulín (77 g) seguido del cucarachón (68 g). Al comparar dichos datos con la cantidad de proteína de la carne de res, 28 g (*United States Department of Agriculture [USDA], 2019*), es evidente el mayor aporte proteico de los insectos (Cuadro 4).

En Ecuador los pueblos indígenas de la Amazonía consumen las larvas de los gusanos de la chonta (*Rhynchophorus palmarum*

L.), por tradición gastronómica se le considera una exquisitez al paladar y representa un recurso para su alimentación y nutrición (Barragán et al., 2009). El 60 % de la proteína animal consumida por estos indígenas proviene directamente de los insectos, entre ellos el saltamontes y los gusanos de la chonta (Paoletti et al., 2000).

**Cuadro 4.** Contenido de proteína en insectos del Estado de México y la carne de res (g/100g)

Especie animal	Proteína (g)
Chapulín (variedad de especies, ninfa y adulto)	77,1
Cucarachón (ninfa y adulto)	67,69
Huaricho (larva, pupa y adulto obrero)	65,01
Gusano de nopal (larva)	69,05
Carne de res	27,7

Ramos-Elorduy et al., 1998; USDA, 2019

Pico et al. (2020), analizaron la composición nutrimental del *Rhynchophorus palmarum* L., y encontraron un promedio de 38,59 % de materia seca y 65,45 % de extracto graso y una fracción proteica rica en aminoácidos esenciales, destacando los aromáticos (165,9 mg/g proteína) y con ello demostrando su potencial valor biológico.

## Regulación en la producción, venta e industrialización

Como se ha mencionado anteriormente, el consumo de insectos es una alimentación alternativa que puede cubrir las necesidades y demanda alimenticias de los seres humanos y que a futuro puede ser una alternativa no sólo para la obtención de una fuente de proteína, sino de ácidos grasos insaturados, fibra y minerales (Alexander et al., 2017; Munialo et al., 2022).

Aunque se sabe de su gran aporte nutricional aún existen temores y respuestas negativas relacionadas con su consumo debido a su aspecto visual, textura y sabor y la incertidumbre de padecer alguna alergia alimentaria, principalmente en personas que son alérgicas a los crustáceos, además del tema de la inocuidad (FAO, 2021).

En este sentido, se han realizado estudios donde se evaluaron los riesgos que representa su consumo, encontrando presencia de microorganismos patógenos como bacterias, virus, parásitos y hongos en muestras de harinas elaboradas a partir de insectos; riesgos químicos como residuos de plaguicidas, toxinas y metales pesados entre otros (Burin, 2022; Henchion et al., 2017).

Aunque la FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS), desde el 2013 han dejado en claro su postura a favor del consumo de insectos como fuente de energía y nutrientes. A pesar de las ventajas que presenta la entomofagia expuestas anteriormente, los posibles inconvenientes sobre su consumo y comercialización también han sido tratados por la FAO y la *European Food Safety Authority* (EFSA). En este sentido, algunos problemas que podrían tener un consumo masivo de insectos son: transmisión de enfermedades (portadores de patógenos), alergias similares a la de los

crustáceos y la aceptación del consumidor (EFSA Scientific Committee, 2015).

Si bien tienen un gran potencial, los riesgos derivados de su producción, consumo y distribución deben ser controlados y reglamentados, sobre todo en la elaboración de alimentos adicionados con insectos en su formulación (Pino, 2018).

En la Unión Europea (UE), desde el 01 de enero de 2018 se aplicó a todos los Estados miembros de la UE el Reglamento 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo del 25 de noviembre de 2015 relativo a los nuevos alimentos, los insectos están incluidos en la definición de “nuevo alimento” del Reglamento, en la categoría de alimento que consista en animales o sus partes, o aislado de estos o producido a partir de estos. Dentro de este reglamento se solicitan además los riesgos microbiológicos, químicos y ambientales asociados con el consumo de insectos y su producción para alimentación humana y animal, con el objetivo de asegurar la inocuidad de estos nuevos alimentos. Actualmente, son tres las especies de insectos autorizadas bajo este Reglamento: *Tenebrio molitor* (escarabajo o gusano de la harina), *Locusta migratoria* (langosta migratoria) y *Acheta domesticus* (grillo domestico) (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición [AESAN], 2018).

En Australia, la industria de insectos comestibles está bien posicionada dentro del mercado, aunque aún es considerada emergente con un crecimiento económico positivo para este sector de producción. Actualmente se cuenta con empresas nuevas y en desarrollo dedicadas a la crianza a menor escala y a desarrollar nuevos productos, aunque la aceptación del consumidor es baja. En cuanto a legislación esta se encuentra detrás de la Unión Europea, están en proceso de adoptar nuevas políticas y reformas ya que a nivel estatal y federal su legislación es

variable y no están estandarizadas, además se encuentra en proceso de adaptarse a la certificación *ENTOTRUST*, una organización independiente que certifica la calidad, inocuidad y huella ambiental de alimentos y bebidas basados en insectos y se cuenta con la Asociación de Proteínas de Insectos de Australia (IPAA), organismo principal representante de la industria de insectos (Ponce y Lessard, 2021).

En Estados Unidos, no existe aún una normativa federal en lo que se refiere a la importación de insectos para consumo humano, sin embargo, existe un marco regulatorio para la importación de alimentos para consumo humano y animal elaborado por la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA) y los insectos forman parte de su jurisdicción cuando tienen fines alimenticios y deberán cumplir con sus requisitos sanitarios y de etiquetado para poder ser importados y comercializados en el país (ICEX España Exportación e Inversiones, 2021). En países como Colombia o Perú, por ejemplo, el consumo de insectos es más habitual, sin embargo, todavía falta trabajar para crear marcos regulatorios que garanticen su inocuidad y permitan comercializarlos a mayor escala.

En México, país líder en entomofagia no existe una norma que reglamente la producción de insectos, en la mayoría de los casos existe un manejo tradicional para su explotación en zonas rurales, pero no quién regule aspectos como el mantenimiento, manejo y conservación de las especies, poniendo en riesgo de extinción algunas de ellas (Ramos-Elorduy et al., 2006).

En 2020, se modificaron los lineamientos para la operación orgánica de las actividades agropecuarias y se incluye como producto animal a los insectos, en este documento se establece una regulación y un sistema de control nacional en materia de

operación o producción orgánica, biológica o ecológica, que facilite las exportaciones de productos orgánicos mexicanos a los mercados internacionales, así como el reconocimiento de una regulación equivalente que permita el libre flujo de productos orgánicos entre países (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2020).

Actualmente ya se encuentran en tiendas gourmet y supermercados insectos industrializados, sin embargo, tampoco existe una norma oficial mexicana que regule la industrialización de éstos (Carreño, 2020; Cruz y Peniche, 2018).

### **Alimentos del futuro y presencia en el mercado**

El mercado de insectos comestibles superará los 250 millones de dólares para el 2023, esta demanda se cree que es conducida por una perspectiva cada vez más positiva en el consumo de insectos como una fuente de proteína saludable, alternativa y sostenible. Los productos en los que se incluyen y comercializan son: harinas, barras de proteína, galletas, mezclas de harinas para panificación, proteína aislada como suplemento alimenticio, chocolates, dulces, chips, pasta para hamburguesa e insectos envasados listos para su consumo como botana, además de las distintas preparaciones gastronómicas de cada país donde se consumen y se encuentran exhibidos en tiendas de Estados Unidos, países europeos, asiáticos y en México (enAlimentos, 2022).

Europa y Estados Unidos, son los principales mercados de insectos comestibles del mundo occidental, con más de 400 negocios relacionados con insectos comestibles en operación. En Australia, operan 14 empresas enfocadas en el uso de insectos comestibles, incluyendo criadores, productores, desarrolladores de productos, chefs y consultores (Ponce-Reyes y Lessard, 2021).

Una parte fundamental de la inclusión de estos es la cría, producción y distribución, en la cual se deben adaptar procesos tecnológicos para la industrialización, por lo que en la crianza de insectos se recomienda la implementación de equipos de alto diseño que se adapten a los procesos de selección, producción y envasado de acuerdo a la especie de insecto y su fase de crecimiento, asegurando su inocuidad y calidad (Enwemiwe y Poopola, 2018; Żuk-Gołaszewska et al., 2022).

Un aspecto importante en la aceptación de los insectos como alimento son sus características sensoriales; sabor, aroma, aspecto y textura. Se cree que los aspectos sensoriales influyen, en particular sobre las elecciones de alimentos. Desde una edad temprana, el sabor y la familiarización con los alimentos influyen en la actitud que se tiene hacia éstos, es decir, las preferencias por sabores concretos y las aversiones por

determinados alimentos van surgiendo en función de las experiencias de cada persona y se ven influenciadas por las actitudes, creencias y expectativas (Clarke, 1998).

En relación con lo anterior, el valor nutricional que aportan los insectos es una de las características particulares de estos, la apreciación sensorial de los productos elaborados a partir de insectos puede cambiar la perspectiva de los consumidores y permitirles incorporar estos productos en su dieta diaria. Se han estudiado los atributos sensoriales de algunos insectos y se ha descrito su perfil de sabor como se puede observar en el cuadro 5, muchos de estos sabores forman parte de algunos alimentos que se consumen de manera general, también se encontró que mediante la aplicación de un tratamiento térmico y buenas condiciones de almacenamiento (25 °C y 35 °C) no se modifican sus características sensoriales (Elhassan et al., 2019).

**Cuadro 5.** Descripción de las características sensoriales de algunos insectos comestibles

Insecto	Descripción sensorial	Lugar donde se consume
Gusano de harina	Notas a nuez, umami, aroma intenso a cereal, textura delicada, reacción de Maillard en productos	Asia, África y Australia
Grillo	Sabor a pollo, cremoso, suave, pronunciadas notas a cereal, madera, intenso sabor umami y vegetales	Asia, África y México
Saltamontes	Sabor a camarón, intenso aroma a cereales, intenso aroma a nuez, notas de aromas de reacción de Maillard	Asia, África y Latinoamérica (México)
Termita	Crujiente, notas de nuez, grasoso, cereal, madera y salsa de soya, intenso sabor a productos de reacción de Maillard, vegetales suaves y sabor umami	Sub-Saharan, África (Uganda)

Elhassan et al., 2019

### Comentarios

Se ha evidenciado sobre el contenido nutrimental que brindan los insectos comestibles, la sustentabilidad y sostenibilidad en su producción comparados con otros

alimentos convencionales, pero la ausencia de regulación de estos aún es un problema, como se mencionó anteriormente, no solo el aspecto nutricional de los insectos es importante también hace falta desarrollar una legislación adecuada que facilite la produc-

ción, industrialización, distribución y control de la inocuidad de los insectos. Y finalmente trabajar en la percepción del consumidor a través de la promoción de la entomofagia como una práctica normalizada a futuro y una alternativa a los problemas de alimentación que existen en el mundo.

## Referencias

- Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición [AESAN]. (2018). Situación de los insectos en la alimentación humana. Legislación aplicable Reglamento. Parlamento Europeo y del Consejo y Reglamento (CE). [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad\\_alimentaria/gestion\\_riesgos/INSECTOS\\_ALIMENTACION\\_.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/gestion_riesgos/INSECTOS_ALIMENTACION_.pdf)
- Alexander, P., Brown, C., Arneith, A., Dias, C., Finnigan, J., Moran, D., & Rounsevell, M. (2017). Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Global Food Security*, 15, 22–32. <http://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001>
- Almaguer, G.J., García, R.H., y Padilla, M.M. (2016). *La dieta de la milpa. Modelo de alimentación mesoamericana saludable y culturalmente pertinente*. Secretaría de Salud. <https://alianzasalud.org.mx/wp-content/uploads/2017/03/la-dieta-de-la-milpa-16-12-15-final-almaguer.pdf>
- Avendaño, C., Sánchez, M., y Valenzuela, C. (2020). Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(6), 1029-1037. <http://doi.org/10.4067/S0717-75182020000601029>
- Barragán, A., Dangles, O., Cardenas, R., & Onore, G. (2009). The History of Entomology in Ecuador. *Annales de La Société Entomologique de France (NS)*, 45(4), 410–423. <https://doi.org/10.1080/00379271.2009.10697626>
- Bisconsin-Junior. A., JanuarIo. L., Netto. F., & Barros, M. L. (Agosto, 2018). *Composição de insetos comestíveis*. [Presentación de paper]. In 36 Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Belém, Pará, Hangar. [https://www.researchgate.net/publication/327118458\\_Composicao\\_de\\_insetos\\_comestiveis](https://www.researchgate.net/publication/327118458_Composicao_de_insetos_comestiveis)
- Burin, L. (03 de mayo de 2022). *Nuevos alimentos a base de insectos: ¿nuevos alérgenos?* Portal de inocuidad. <https://www.portaldeinocuidad.com/web/nuevos-alimentos-en-base-de-insectos-nuevos-alergenos/>
- Carreño, D. (11 de febrero de 2020). *Muy nutritivos, pero los insectos comestibles en México están al margen de la ley*. <https://goula.lat/muy-nutritivos-pero-los-insectos-comestibles-en-mexico-estan-al-margen-de-la-ley/>
- Clarke, J. E. (1998). Taste and flavour: their importance in food choice and acceptance. *Proceedings of the Nutrition Society*, 57(4), 639–643. <https://doi.org/10.1079/PNS19980093>
- Costa, N. E. M., Ramos-Elorduy, J., y Pino, J. M. (2006). Los insectos medicinales de Brasil: primeros resultados. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 38, 395–414. [http://sea-entomologia.org/Publicaciones/PDF/BOLN38/395\\_414\\_BolnSEA38InsectosMedicinales.pdf](http://sea-entomologia.org/Publicaciones/PDF/BOLN38/395_414_BolnSEA38InsectosMedicinales.pdf)
- Cruz, P. D., y Peniche, C. (2018). La domesticación y crianza de insectos comestibles: una línea de investigación poco explorada y con gran potencial para el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria en México. *Folia Entomológica Mexicana*, 4(2), 66-79. <http://revistas.acaentmex.org/index.php/fovia/articloe/view/116/109>
- EFSA Scientific Committee. (2015). Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*, 13(10). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4257>
- Elhassan, M., Wendin, K., Olsson, V., & Langton, M. (2019). Quality Aspects of Insects as Food—Nutritional, Sensory, and Related Concepts. *Foods*, 8(3), 95. <https://doi.org/10.3390/foods8030095>
- enAlimentos. (16 de junio 2022). *Economías emergentes podrán brindar oportunidades de crecimiento en mercado global de insectos comestibles*. <https://enalimentos.lat/noticias/5508-economias-emergentes-podran-brindar-oportunidades-de-crecimiento-en-mercado-global-de-insectos-comestibles.html>
- Enwemiwe, V.N., y Popoola, K. (2018). Edible Insects: Rearing Methods And Incorporation Into Commercial Food Products-A Critical Review. *International Journal of Advanced Research and Publications*, 2(2), 38-46. <http://www.ijarp.org/published-research-papers/feb2018/Edible-Insects-Rearing-Methods-And-Incorporation-Into-Commercial-Food-Products-a-Critical-Review.pdf>
- Fleta, Z. J. (2018). Entomofagia: ¿una alternativa a nuestra dieta tradicional? *Sanid. Mil*, 74 (1), 41-46. <https://doi.org/10.4321/s1887-85712018000100008>
- Govorushko, S. (2016). *Human impact on the environment: An illustrated world atlas*. Springer.

- Guzmán-Mendoza, R., Caltzontzi-Marín, J., Salas-Araiza, D., y Martínez-Yáñez, R. (2016). La riqueza biológica de los insectos: análisis de su importancia multidimensional. *Acta Zoológica Mexicana*, 32(3), 370-379. <https://azm.ojs.inecol.mx/index.php/azm/article/view/971>
- Harris, M. (2002). *Bueno para comer. Enigmas de alimentación y cultura*. Alianza Editorial.
- Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A., Fenelon, M., & Tiwari, B. (2017). Future Protein Supply and Demand: Strategies and Factors Influencing a Sustainable Equilibrium. *Foods*, 6(7), 53. <https://doi.org/10.3390/foods6070053>
- ICEX España Exportación e Inversiones. (2021). Requisitos para la importación de insectos y productos alimenticios a base de proteína de insectos para consumo humano y animal en Estados Unidos.
- Kourimská, L., & Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 4, 22-26. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>
- Lim, X. (2022). Los insectos y el futuro de la carne. <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/resources/highschool/chemmatters/issues/2021-2022/april-2022/bugs-future-meat-spanish.pdf>
- Miglietta, P., De Leo, F., Ruberti, M., & Massari, S. (2015). Mealworms for food: A water footprint perspective. *Water*, 7(11), 6190–6203. <https://doi.org/10.3390/w7116190>
- Miranda, R. G., Quintero, S. B., Ramos, R. B., y Olguín- Arredondo, H. (2011). La recolección de insectos con fines alimenticios en la zona turística de Otumba y Teotihuacán, Estado de México. *PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 9 (1), 81-100. [http://www.pasosonline.org/Publicados/9111/PSO111\\_08.pdf](http://www.pasosonline.org/Publicados/9111/PSO111_08.pdf)
- Munialo, C., Stewark, D., Campbell, L., & Euston, S. (2022). Extraction, characterization and functional applications of sustainable alternative protein sources for future foods: A review. *Future Foods*, 6, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100152>
- Ooninx, D.G.A.B., & De Boer, I.J.M. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment. *PLOS ONE*, 7(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2021). Mirando a los insectos comestibles desde una perspectiva de seguridad alimentaria. Retos y oportunidades para el sector. <https://www.fao.org/3/cb4094en/cb4094en.pdf>
- Paoletti, M. G., Dufour, D. L., Cerda, H., Torres, F., Pizzoferrato, L., & Pimentel, D. (2000). The importance of leaf and litter feeding invertebrates as sources of animal protein for the Amazonian Amerindians. *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society*, 267(1459), 2247–2252. <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1275>
- Pérez, V. A., Leyva, T. D., y Gómez, M. F. (2018). Desafíos y propuestas para lograr la seguridad alimentaria hacia el año 2050. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9 (1), 175-189. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.857>
- Pico, P. J., Sarabia, D., Sancho, D., Pintado, P., Sarabia, D., y Landívar, D. (2020). Evaluación de la calidad de las proteínas de larvas de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera curculionidae), a través del cálculo de puntaje químico de las proteínas. *La Técnica. Revista de las Agrociencias*, 24, 73-85. [http://doi.org/10.33936/la\\_tecnica.v0i24.2086](http://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i24.2086)
- Pino, C. M. (2018). Por qué todavía no comemos insectos: marco legal en la Unión Europea. *Revista de Bioética y Derecho*, 42, 311-341. <https://www.redalyc.org/journal/783/78355381016/html/>
- Ponce-Reyes, R., & Lessard, B. D. (2021). *Edible Insects - A roadmap for the strategic growth of an emerging Australian industry*, CSIRO. <https://research.csiro.au/edibleinsects/wp-content/uploads/sites/347/2021/04/CSIRO-Insectos-Comestibles.pdf>
- Pulido, C. V., González, C., Tapia, Y., y Celis, X. (2020). Insectos: Recursos del pasado que podrían ser una solución nutricional para el futuro. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 24(2), 81-100. <https://revistasacademicas.ucol.mx/index.php/agropecuaria/article/view/199/147>
- Ramos-Elorduy, J. (2009). ¿Los insectos se comen?. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, M. J., y Conconi, M. (2006). Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México *Folia Entomológica Mexicana*, 45 (3), 291-318. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42445304>
- Ramos-Elorduy, J., Pino, M.J., y Cuevas, C. S. (1998). Insectos comestibles del Estado de México y determinación de su valor nutritivo. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 69(1), 65-104. <https://www.redalyc.org/pdf/458/45869106.pdf>
- Ramos, R. B., Quintero, S. B., Ramos-Elorduy, J., Pino, M. J., Ángeles, C. S., García, P. A., y Barrera, G. D. (2012). Análisis químico y

- nutricional de tres insectos comestibles de interés comercial en la zona arqueológica del municipio de San Juan Teotihuacán y en Otumba, en el Estado de México. *INTERCIENCIA*, 37(12), 914-920. <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/914-c-PINO-7.pdf>
- Raubenheimer, D. & Rothman, J. M. (2013). Nutritional ecology of entomophagy in humans and other primates. *Annu. Rev. Entomol*, 58(1), 141-160. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100713>
- Santurino, C., García-Serrano, A., Molina, G. J., Sierra, F.P., Castro-Gómez, M., Calvo, M., y Fontecha, J. (2016). Los insectos como complemento nutricional de la dieta: fuente de lípidos potencialmente bioactivos. *Alim. Nutri. Salud*, 23(2), 50-56. <https://digital.csic.es/handle/10261/150384>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]. (2020). ACUERDO por el que se modifican, adicionan y derogan diversas disposiciones del diverso por el que se dan a conocer los Lineamientos para la operación orgánica de las actividades agropecuarias, publicado el 29 de octubre de 2013. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5594612&fecha=08/06/2020#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5594612&fecha=08/06/2020#gsc.tab=0)
- United States Department of Agriculture [USDA] (2019). *FoodData Center*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/331897/nutrients>
- Van Huis, A. (2013). Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual Review of Entomology*, 58, 563-583. <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- Viesca, G. F., y Romero, C. A. (2009). La Entomofagia en México. Algunos aspectos culturales. *El Periplo Sustentable*, 16, 57-83. <https://rperiplo.uaemex.mx/article/view/5039>
- Vilaplana, M. (2003). La alimentación como signo de cultura. *Ámbito farmacéutico. Nutrición OFFARM*, 22(4), 111-114. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13046056>
- Żuk-Gołaszewska, K., Gałęcki, R., Obremski, K., Smetana, S., Figiel, S., & Gołaszewski, J. (2022). Edible Insect Farming in the Context of the EU Regulations and Marketing-An Overview. *Insects*, 13(5), 446. <https://doi.org/10.3390/insects13050446>

## ANÁLISIS SENSORIAL DESCRIPTIVO DE UN PRODUCTO NO PERECEDERO ELABORADO CON FILETE DE PEZ LEÓN (*Pterois volitans* L.)

Nelly Bardales-Echeverría; Virginia Pérez-Flores; Luis Chel-Guerrero;  
David Betancur-Ancona; Santiago Gallegos-Tintoré\*

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán. Periférico Norte Km. 33.5, Tablaje Catastral 13615, Colonia Chuburná de Hidalgo Inn. Mérida, Yucatán, México, 97203. \*Email: [santiago.gallegos@correo.uady.mx](mailto:santiago.gallegos@correo.uady.mx)

Recibido: 21/oct/2022 Aceptado: 22/dic/2022 // <https://doi.org/10.32870/rayca.v3i3.9>

### Resumen

El pez león, es considerado una especie invasora en las costas de Yucatán y el Caribe mexicano. Por ello, es importante el desarrollo de elementos que faciliten su aprovechamiento y caza, y fomenten su consumo y el desarrollo económico. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los atributos sensoriales mediante un análisis descriptivo de un producto no perecedero envasado en frascos de vidrio, el cual fue elaborado a base de filete de pez león. Los atributos para el sabor fueron: dulce, pescado/sardina, jitomate, especias, aceite, para el olor: pescado, pescado/sardina, especias, para el color: beige, café, rojo, y para la textura: fibrosa, seca jugosa, suave, firme y granulosa. Se encontraron similitudes con nivel de confianza superior al 95 % en los atributos de olor (pescado), color (café), sabor (dulce, pescado/sardina, aceite) y textura (fibrosa, seca, jugosa, suave, firme, granulosa) entre el producto elaborado con pez león y el producto comercial o de referencia. El principal aporte del presente proyecto consiste en generar una alternativa para el aprovechamiento y aceptación sensorial de los consumidores de un producto elaborado a partir de esta especie invasora que tiene un gran impacto ambiental en la región.

**Palabras clave:** Pez león, producto no perecedero, evaluación sensorial, atributos sensoriales.

## DESCRIPTIVE SENSORY ANALYSIS OF A NON-PERISHABLE PRODUCT MADE WITH LIONFISH FILLET (*Pterois volitans* L.)

### Abstract

The lionfish is considered an invasive species in the coasts of Yucatan and the Mexican Caribbean; therefore, it is important to develop elements that facilitate its exploitation and hunting, and promote its consumption and economic development. The objective of this study was to evaluate the sensory attributes through a descriptive analysis of a non-perishable product packaged in jars of glass, which was made from lionfish fillet. The attributes for flavor were: sweet, fish/sardine, tomato, spices, oil, for odor: fish, fish/sardine, spices, for color: beige, brown, red, and for texture: fibrous, dry, juicy, soft, firm and grainy. Similarities were found with a confidence level above 95 % in the attributes of odor (fish), color (brown), flavor (sweet, fish/sardine, oil) and texture (fibrous, dry, juicy, soft, firm, granular) between the lionfish product and the commercial or reference product. The main contribution of this project is to generate an alternative for the use and sensory acceptance by consumers of a product made from this invasive species that has a great environmental impact in the region.

**Keywords:** Lionfish, non perishable product, sensory evaluation, sensory attributes.

## Introducción

Durante las últimas décadas, el pez león (*Pterois volitans* L.) ha dañado el ecosistema del Golfo de México y del Mar Caribe debido a su rápido ciclo de reproducción y su dieta, siendo una especie invasora; algunas medidas que han surgido para reducir su población son la pesca deportiva y el fomento de su consumo mediante la elaboración de platillos (Morris et al., 2012).

El desarrollo de alimentos procesados a base de filete de pez león es una alternativa para aumentar el valor agregado de este pez e incentivar su captura para que las comunidades pesqueras afectadas obtengan un beneficio económico además de la conservación del ecosistema.

El motivo de esta investigación es la falta de conocimiento científico sobre la posibilidad de emplear el filete de pez león como materia prima para la elaboración de productos no perecederos envasados en frascos de vidrio y sometidos a un proceso de esterilización. Lo anterior es importante debido al posible uso del pez león como materia prima para la industria alimentaria. Esto es una alternativa para reducir los daños que causa la especie a la biodiversidad del Caribe mexicano y satisfacer la alta demanda de la industria de alimentos que está en una constante búsqueda de nuevas materias y ofrecer nuevos productos a los consumidores.

El análisis sensorial descriptivo permite analizar el sabor integral de un producto, así como sus atributos individuales y la relación que guardan entre ellos. Éste se lleva a cabo de tal manera que se genera el mayor contenido de información posible acerca del producto. Por lo anterior el objetivo de este proyecto fue la evaluación sensorial descriptiva llevada a cabo a un producto no perecedero elaborado a base de filete de pez león y la

comparación con el producto atún en aceite de oliva de una marca comercial.

## Materiales y métodos

### *Obtención del producto*

El producto se elaboró de acuerdo con la metodología desarrollada en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán (FIQ-UADY), empleando filete de pez león proporcionado por la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel SC de RL. Para la elaboración de la conserva se efectuaron las siguientes operaciones: el filete (100 g masa drenada) se envasó en frascos de vidrio con capacidad de 235 mL, se procedió a la cocción a una temperatura de  $70\pm 2^{\circ}\text{C}$  y posteriormente se empleó como líquido de gobierno una mezcla de aceite de oliva con vinagre y especias (sal, pimienta y hojas de laurel), se procedió al cerrado manual de los frascos y el producto envasado se esterilizó en una autoclave a  $121^{\circ}\text{C}$ ,  $15\text{ lb/in}^2$  durante 5 min. Transcurrido este tiempo se dejó enfriar y se almacenó hasta su uso (Ozambela, 2018).

### *Evaluación sensorial*

Para el análisis descriptivo cuantitativo (QDA), el reclutamiento del panel de jueces se realizó con personal que labora en la FIQ-UADY. Se llevó a cabo la metodología reportada por Pedrero y Pangborn (1989). Se realizó una primera sesión de reconocimiento de las muestras que serían evaluadas, la importancia de esta etapa fue que los jueces pudieran familiarizarse con algunas características sensoriales presentes en las muestras. Se pidió a los jueces que evaluaran las características sensoriales y que describieran los atributos correspondientes a: color, olor, sabor y textura del producto. Después del entrenamiento, se eligieron a nueve personas quienes fungieron como jueces semientrenados.

La etapa de entrenamiento se llevó a cabo en dos sesiones de 45 min, usando el test especificado para cada producto. La segunda etapa fue la de evaluación de atributos, con el fin de disminuir la dispersión de las evaluaciones de los jueces, la cual se llevó a cabo en otras 2 sesiones de 45 min; para ello se empleó una escala lineal estructurada de 10 puntos, evaluando cada atributo generado en las sesiones previas. Los descriptores se generaron mediante una prueba descriptiva previa, se realizó con 9 jueces con entrenamiento mínimo. En el cuadro 1 se encuen-

tran todos los descriptores que fueron percibidos por los jueces en las muestras del producto desarrollado y de referencia. Los resultados de la valoración de atributos sensoriales del producto evaluado fueron seleccionados por cada atributo sensorial (aroma, textura, sabor y gusto), por un método de consenso de los jueces de acuerdo con la mayor frecuencia encontrada entre las respuestas y de la misma manera fueron definidos como una referencia para la siguiente fase de la prueba descriptiva.

**Cuadro 1.** Descriptores seleccionados obtenidos durante el concenso para definir las características del producto elaborado con filete de pez león

Descriptores	Definición
	Sabor
Dulce	El sabor en la lengua que se asocia con el azúcar
Pescado/sardina	Sabor característico del producto
Jitomate	Sabor a característico del tomate cocido
Espicias	Se asocia a un conjunto de fragancias dadas por diversas hierbas
Aceite	Impresión de grasa liberada en la boca con ligeras notas afrutadas
	Olor
Pescado	Olor característico que se percibe al abrir una lata del producto en su forma comercial
Pescado/sardina	Fresco, marino
Espicias	Se asocia a un conjunto de fragancias dadas por diversas hierbas
	Color
Beige	Producto decolorado debido al proceso de cocción, de apariencia opaca
Rojo	Tonalidades de color rojo, semejante a la carne fresca.
Café	Producto con exceso de cocción lo que origina un oscurecimiento en la carne
	Textura
Fibrosa	Apariencia que proporcionan la alineación de las “fibras de la carne”
Seca	Escasa presencia de agua en la muestra que destaca una percepción no deseable al consumirlo
Jugosa	Sensación acuosa al morder y deglutir la muestra
Suave	De característica blanda. La cual permite una fácil masticación
Firme	Superficie que se percibe opone una resistencia moderada a la fuerza ejercida ya sea dentro de la boca o con la mano. No se desintegra o desmorona
Granuloso	Un producto en el cual el evaluador puede percibir partículas separadas moderadamente duras. A veces se encuentra esta característica en los alimentos marinos en conserva; Grado en el cual distintas partículas arenosas son percibidas

Para el análisis descriptivo, se le sirvieron a cada panelista aproximadamente 2 g de muestra a temperatura ambiente: pez león envasado en frascos de vidrio y muestra comercial, con códigos aleatorios de tres dígitos (043 pez león en aceite de oliva y 177 al atún en aceite de oliva), acompañado de una galleta salada la cual sirvió como vehículo para ayudar a identificar los atributos sensoriales, para la comparación de

cada muestra se le pidió a cada juez que se enjuagara previamente la boca con agua.

Se les indicó a los jueces asignar una calificación para cada una de las muestras en una escala del 1-10, donde 1 indica menor intensidad y 10 mayor intensidad, para cada atributo, para lo anterior se empleó el cuestionario de atributos y sus descriptores que aparecen en la figura 1.

Instrucciones:

1. A continuación tiene 2 muestras, la muestra 043 y la muestra 177. Evalúe cada atributo en una escala de 1 a 10, donde 1 indica menor intensidad y 10 mayor intensidad, marcando con una: “X” la intensidad de cada atributo para la muestra 043. “√” para la muestra 177.

2. Deguste con la muestra para emitir su juicio.

3. Enjuague su boca con agua entre muestra y muestra, y el consumo de galleta,

Indique en la escala la calificación (1-10) para cada atributo.

Sabor

- +  
Dulce  
| | | | | | | | | | | | | | | |

Pescado/sardina

| | | | | | | | | | | | | | | |

Jitomate

| | | | | | | | | | | | | | | |

Espicias

| | | | | | | | | | | | | | | |

Aceite

| | | | | | | | | | | | | | | |

Olor

Pescado

| | | | | | | | | | | | | | | |

Pescado/sardina

| | | | | | | | | | | | | | | |

Espicias

| | | | | | | | | | | | | | | |

Color

Beige

| | | | | | | | | | | | | | | |

Café

| | | | | | | | | | | | | | | |

Rojo

| | | | | | | | | | | | | | | |

Textura

Fibrosa

| | | | | | | | | | | | | | | |

Seca

| | | | | | | | | | | | | | | |

Jugosa

| | | | | | | | | | | | | | | |

Suave

| | | | | | | | | | | | | | | |

Firme

| | | | | | | | | | | | | | | |

Granulosa

| | | | | | | | | | | | | | | |

**Figura 1.** Formulario de escala de atributos y sus descriptores para la prueba QDA (análisis descriptivo cuantitativo) del producto elaborado con filete de pez león y una muestra comercial

### Análisis estadístico

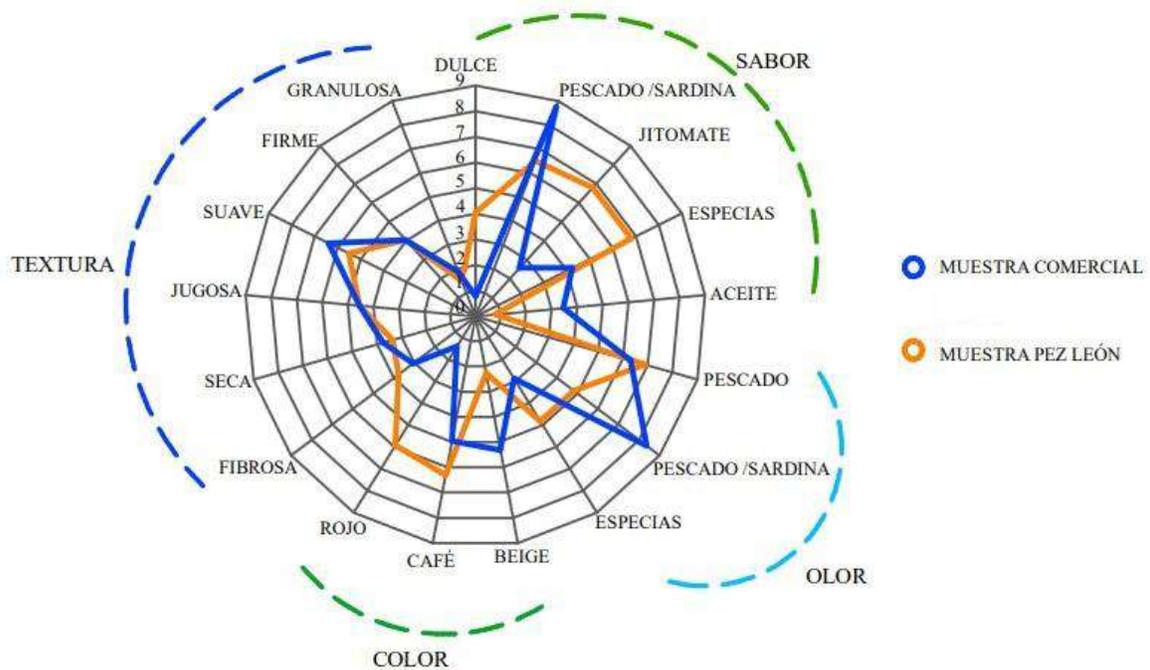
Se empleó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía a un nivel de significancia del 5 %, se llevó a cabo una comparación de medias por el método de Duncan para establecer diferencias en cuanto al sabor, color, olor y textura de las calificaciones de los diferentes tratamientos (muestra comercial (atún en aceite de oliva) y muestra de pez león procesado) emitidas por los jueces, de acuerdo con Montgomery (2013). Se utilizó el programa estadístico Statgraphics Centurion XV®.

### Resultados y discusión

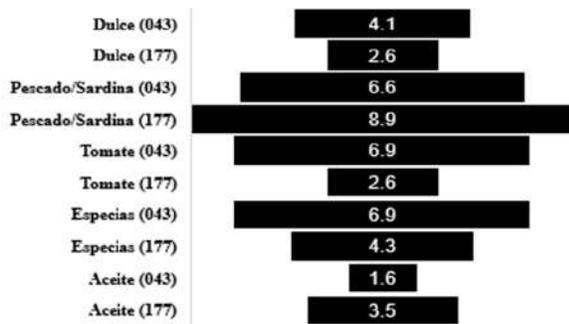
En la figura 2 se muestran los resultados del análisis descriptivo cuantitativo. Respec-

to al atributo de sabor, en la muestra de pez león (código 043) los descriptores dulce y aceite, no presentaron diferencia estadística ( $p > 0,05$ ) al ser comparados con la muestra comercial (código 177, atún en aceite de oliva). En el descriptor pescado/sardina, se obtuvo una valoración superior en la muestra 177 (atún en aceite de oliva) con respecto a la muestra 043 (pez león en aceite de oliva).

En los descriptores jitomate y especias, la muestra 043 obtuvo una valoración superior, con respecto a la muestra 177 ( $p < 0,05$ ). En este caso es importante recalcar que la mayoría de los descriptores presentaron diferencias estadísticas significativas al ser comparados con el control (Figura 3).

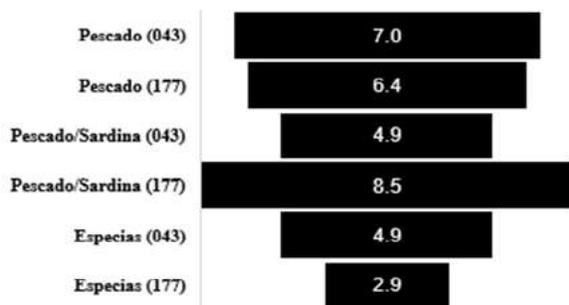


**Figura 2.** Resultados de la prueba QDA (análisis descriptivo cuantitativo) del producto elaborado con filete de pez león y una muestra comercial



**Figura 3.** Calificaciones del atributo y descriptores del sabor del producto elaborado con filete de pez león y una muestra comercial

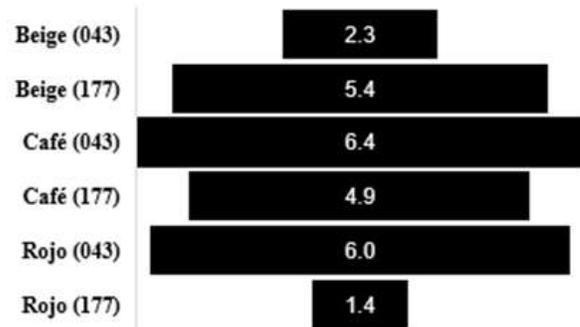
En el atributo olor, con respecto al descriptor pescado, no se presentó diferencia estadística ( $p > 0,05$ ) ya que ambos tratamientos presentaron una valoración similar por parte de los jueces (Figura 4).



**Figura 4.** Calificaciones del atributo y descriptores del olor del producto elaborado con filete de pez león y una muestra comercial

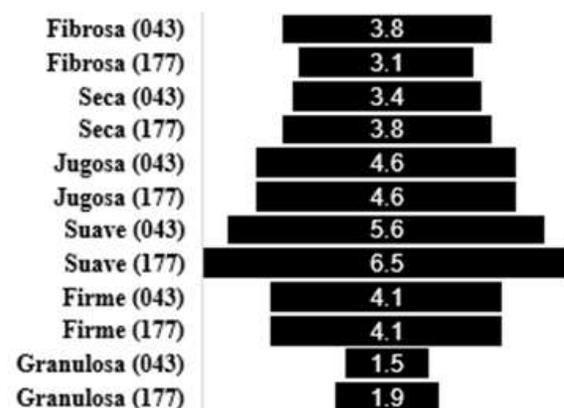
En el descriptor pescado/sardina se obtuvo una valoración superior en la muestra 177 con respecto a la muestra 043 ( $p < 0,05$ ), contrario a lo observado en el descriptor especias. Se ha reportado (García et al., 2018) que la forma de procesamiento del pescado influye significativamente en las características atribuidas al color, ya que por ejemplo un surimi contra un ahumado de trucha cambió desde una aceptación mediana de 4,7 a 7,11 en una escala hedónica de 0 a 11 realizada con jueces semientrenados.

En el atributo color, respecto al descriptor beige y café, ambas muestras presentaron una valoración similar por parte de los jueces (Figura 5). En el descriptor rojo, la muestra 043 obtuvo una valoración superior, con respecto a la muestra 177 ( $p < 0,05$ ).



**Figura 5.** Calificaciones del atributo y descriptores del color del producto elaborado con filete de pez león y una muestra comercial

En el atributo textura respecto a los descriptores fibrosa, seca, jugosa, suave, firme y granulosa, ambas muestras evaluadas presentaron una valoración similar por parte de los jueces ( $p > 0,05$ ). Cabe resaltar que todos los atributos de textura fueron estadísticamente similares al control (Figura 6).



**Figura 6.** Calificaciones del atributo y descriptores de textura del producto elaborado con filete de pez león y una muestra comercial

Comparando la información de los resultados del análisis estadístico (ANOVA) con lo observado en la figura 2 de los resultados experimentales, se valida la comparación de los dos productos evaluados, encontrando bastantes similitudes entre ellos. Como en el caso del olor, la textura es un atributo cambiante en función del tipo de preparación de la materia prima, según reportan García et al. (2018).

Contrastando con lo reportado en la literatura también hay otros atributos generados por consumidores para diversas especies de pescado cocido, Sawyer et al. (1988) reportan los siguientes, siendo los más frecuentes y relacionados a la **apariencia**: blanco, oscuro, gris, marrón, color claro, blanquecino; al **sabor**: pescado, dulce, soso, suave, aceitoso, salado, ligero, graso, delicado, sin sabor, nuez, carne, agrio, amargo); relacionado a la **textura**: escamoso, suave, firme, seco, huesudo, húmedo, pulposo, tierno, suave, masticable, sólido, fibroso; y **olor**: fuerte, pesado, mal olor.

Asimismo, los atributos sensoriales reportados para bacalao (Sveinsdóttir et al., 2009), en el caso de **olor** son: dulce, leche hervida, patatas hervidas, mantequilla, vainilla, carne, almacenamiento congelado, manteles, trimetilamina, agrio, azufre, pútrido; para **apariencia color**: claro/oscuro, homogéneo/heterogéneo, precipitado blanco; para **sabor**: salado, dulce, metálico, agrio, mantequilla, carne, almacenado en congelador, pungente, trimetilamina, pútrido; y para **textura**: escamoso, firme/suave, seco/jugoso, tierno/duro, pulposo, carnosos, pegajoso, gomoso.

## Conclusión

Se lograron generar los principales atributos sensoriales de un producto envasado en frascos de vidrio elaborado con filete de pez

león, encontrándose similitudes en la mayor parte de los atributos respecto al producto comercial. Este pez invasor podría emplearse en la elaboración de otros productos no perecederos para el consumo humano.

## Referencias

- García, J., Núñez, F., Espino, G., Alarcón, A., Rentería, A., Chávez, C., y Espinosa, M. (2018). Características organolépticas de productos elaborados con carne de trucha Arco Iris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *TECNOCENCIA Chihuahua*, 2(3), 156–165. <https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v2i3.78>
- Montgomery, D.C. (2013). Design and Analysis of Experiments. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Morris, Jr., J., Akins, J., Buddo, D., Green, S., y Lozano, R. (2012). Invasive lionfish: A guide to Control and Management. Gulf and Caribbean Fisheries Institute Special Publication Series. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Ozambela, E. F. (2018). Determinación de características fisicoquímicas y sensoriales en la conserva de pescado Gamitana (*Colossoma macropomum*) con tres líquidos de cobertura en Pucallpa. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Ucayali, Perú. <https://library.co/document/q2mjm4py-determinacion-caracteristicas-fisicoquimicas-sensoriales-colossoma-macroponum-liquididos-cobertura.html>
- Pedrero, D. L., y Pangborn, R. M. (1989). Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos. Analíticos. D.F. México: Editorial Alhambra Mexicana.
- Sawyer, F. M., Cardello, A. V., & Prell, P.A. (1988). Consumer evaluation of sensory properties of fish. *Journal of Food Science*, 53(1), 12-18. [https://www.researchgate.net/publication/229480935\\_Consumer\\_Evaluation\\_of\\_the\\_Sensory\\_Properties\\_of\\_Fish](https://www.researchgate.net/publication/229480935_Consumer_Evaluation_of_the_Sensory_Properties_of_Fish)
- Sveinsdóttir, K., Martinsdottir, E., Green-Petersen D., Hyldig, G., Schelvis, R., & Delahunty, C. (2009). Sensory characteristics of different cod products related to consumer preferences and attitudes. *Food Quality and Preference*, 20, 120–132. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2008.09.002>

## EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA DE FRUTOS DE *Malpighia mexicana* A. Juss.

Luis Alfonso Jiménez-Ortega<sup>1</sup>; Bárbara Yazmín Cuevas-Sánchez<sup>1</sup>; Martín Pedro Tena-Meza\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, CIAD A.C. Carretera a Eldorado Km 5.5. Campo el Diez, Culiacán, Sinaloa, México.

<sup>2</sup>Departamento de Botánica y Zoología. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Camino Ramón Padilla Sánchez 2100, Nextipac, Zapopan, Jal, México. C.P.45200. \*Correo-e: [mtena@cucba.udg.mx](mailto:mtena@cucba.udg.mx)

Recibido: 07/oct/2022 Aceptado: 12/dic/2022 // <https://doi.org/10.32870/rayca.v3i3.10>

### Resumen

*Malpighia mexicana* A. Juss., es una especie nativa de México y Centro América, su fruto se consume de manera local principalmente en los estados del sur y occidente de México. La falta de investigaciones de su composición nutrimental y usos gastronómicos lo vuelven un fruto poco comercializado y con un consumo limitado, por consiguiente, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la composición fisicoquímica de los frutos maduros de *M. mexicana*. Los análisis se realizaron por triplicado con base en las metodologías descritas por la AOAC; se determinaron el porcentaje de humedad, proteínas, lípidos, cenizas, fibra cruda, pH, grados Brix (°Bx) y Extracto Libre de Nitrógeno (ELN). El fruto contiene un elevado porcentaje de humedad (80,3 %), y cenizas (minerales) (2,81 %). Los resultados arrojados de la presente investigación esclarecen la naturaleza químico-nutricional del fruto, sin embargo, hacen falta más estudios que diluciden su potencial nutracéutico.

**Palabras clave:** *Malpighia mexicana*, composición química proximal, fruto exótico, acerola.

## PHYSICOCHEMICAL EVALUATION OF FRUITS OF *Malpighia mexicana* A. Juss.

### Abstract

*Malpighia mexicana* A. Juss., is a native species of Mexico and Central America, and its fruit is consumed locally, mainly in the southern and western states of Mexico. The lack of research on its nutritional composition and gastronomic uses makes it a little-marketed fruit with limited consumption, therefore, the objective of this research was to evaluate the physicochemical composition of the ripe fruits of *M. mexicana*. The analyzes were performed in triplicate based on the methodologies described by the AOAC; The percentage of moisture, proteins, lipids, ashes, crude fiber, pH, degrees Brix (°Bx), and Free Nitrogen Extract (ELN) were determined. The fruit contains a high percentage of moisture (80.3 %), and ashes (minerals) (2.81 %). The results of this research clarify the chemical-nutritional nature of the fruit, however, more studies are needed to elucidate its nutraceutical potential.

**Keywords:** *Malpighia mexicana*, proximal chemical composition, exotic fruit, acerola.

## Introducción

El género *Malpighia* reúne 50 o más especies que producen pequeñas drupas que son dispersadas por las aves; cerca de la mitad de las especies de *Malpighia* crecen en México y Centroamérica. De las 19 especies que ocurren en México 12 son endémicas, y el resto (siete) se distribuyen también en Centroamérica (Anderson, 2013; Avilés-Peraza, 2016; Davis & Anderson, 2010). De acuerdo con Stanley (1920), corresponde a arbustos erectos o pequeños árboles; con hojas opuestas, enteras en las especies mexicanas, flores en pequeñas cimas axilares; cáliz con seis a diez glándulas; pétalos dentados de diversas maneras; el fruto es una drupa, usualmente de color rojo.

*Malpighia mexicana* A. Juss. Comúnmente conocida como nanche rojo, manzanita o guachocote, es originario de las zonas tropicales y sub-tropicales de México y Centro América. El fruto es consumido en los estados de Chiapas, Yucatán, Puebla, Guerrero, Jalisco, Durango, Michoacán y Oaxaca durante los meses de mayo a noviembre (Jarquín, 2007). Es un arbusto caducifolio, con uno o varios tallos ramifi-

cados desde la base, posee tallos tortuosos, corteza rugosa de color café, con manchas blanquecinas, las hojas son opuestas, con peciolo corto, lanceoladas, con bordes enteros (Bárceñas et al., 2019; Morton, 1987).

Los frutos son drupas carnosas en forma de oblasto liso, con un epicarpio delgado de color rojo brillante variando a naranja y rosa, la pulpa es blanca, rosa, lila o morada (Figura 1), contiene en promedio tres semillas de 1 cm de largo. Es climatérico y de maduración rápida, se cultiva normalmente para alimentación regional en huertos de traspatio, sin embargo, aún no se han explotado sus usos agronómicos y alimenticios (Maldonado et al., 2017).

Se han reportado diversos usos tradicionales principalmente como fruto ornamental y medicinal (se usa para tratar diabetes y escorbuto). En Chiapas las comunidades indígenas zoques y mestizos consumen los frutos maduros basándose en su conocimiento etnobotánico (Chávez et al., 2009). En Guatemala la decocción de las hojas de *M. glabra* se ha usado para combatir hongos oportunistas en la piel (Cáceres et al., 1993).



Figura 1. Frutos de *M. mexicana* (Autoría propia)

Se considera la posibilidad de que *Malpighia mexicana* se cultive con fines industrializables y de exportación al igual que la acerola (*M. glabra* y *M. emarginata*) debido a que potencialmente puede presentar características nutraceuticas similares a esta última, ya que se ha reportado que la acerola ejerce efectos antioxidantes por sus altas concentraciones de vitamina C (30-100 veces más vitamina C que la naranja y la guayaba), lo que la convierte en un fruto con alto potencial en el mercado (Dembitsky et al., 2011).

Diversos estudios mencionan que el consumo de acerola es inocuo para el ser humano, por ejemplo, Hanamura y Aoki (2008), mencionan que los polifenoles extraídos de frutos de acerola no representan un peligro para su consumo. Así mismo se han aislado fitoquímicos como ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas y carotenoides, los cuales han demostrado actividad antioxidante, antitumoral, antiglicémica, hepatoprotectora y antiinflamatoria, por mencionar algunos (Belwal et al., 2018).

Con la reciente demanda de productos nutraceuticos y funcionales, la acerola ha incrementado su demanda en Europa, Asia y EUA, por lo que se ha diversificado su consumo, desarrollando jugos y otros alimentos (Belwal et al., 2018). La acerola es ampliamente cultivada, siendo Puerto Rico, Hawái, Brasil y Florida los principales productores. Por otro lado, la especie mexicana es poco apreciada en México pese que su distribución es amplia (García et al., 2011).

Debido a que las especies del mismo género conocidas como acerolas (*M. glabra* y *M. emarginata*) son apreciadas en el mercado por su contenido nutricional y nutraceutico, se puede considerar a la especie mexicana como un fruto con alto potencial industrializable y comercializable, sin embargo, debido a la escasa información

científica sobre sus características química y nutricional se limita la divulgación de sus cualidades, frenando su potencial comercial. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar fisicoquímicamente los frutos maduros de *M. mexicana*.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en el laboratorio de Biotecnología del Departamento de Botánica y Zoología y el laboratorio de Nutrición Animal, del Departamento de Producción Animal del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, de la Universidad de Guadalajara. La investigación fue de tipo descriptiva.

### Recolección y conservación de muestras

Se recolectaron frutos maduros de árboles de *M. mexicana* ubicados en el municipio de San Francisco de Ixcatán, Jalisco, ubicado en las siguientes coordenadas 20°52'19.0"N 103°20'46.0"W. La recolección fue de manera manual, evitando dañar el fruto, se seleccionaron aquellos que no tuvieran daños físicos por plagas y de un tamaño uniforme. Se retiró manualmente la semilla y se homogenizó el mesocarpio y el pericarpio, triturándolos en un mortero de porcelana. Se congeló a -16 °C, Las muestras se liofilizaron para la realización de los análisis correspondientes.

### Evaluación fisicoquímica

Se realizaron análisis de humedad por el método de secado en estufa, ceniza por el método de calcinación en seco, proteína por digestión (Kjendahl), grasa por el método Soxhlet, fibra cruda por digestión ácida y alcalina. Se determinó el pH con potenciómetro, se midieron los grados Brix (°Bx) mediante un refractómetro Pocket PAL-ACID1 ATAGO®. Se realizó el cálculo específico para determinar el ELN (extracto libre de nitrógeno).

Todas las determinaciones se realizaron siguiendo los métodos establecidos por la *Association of Official Analytical Chemistry* (AOAC, 1990).

### Análisis estadístico

Todos los análisis se realizaron por triplicado. Los resultados se plasman como medias y desviaciones estándar.

### Resultados y discusión

La composición química proximal de los frutos de *M. mexicana* se muestra en el Cuadro 1. Resalta su alto contenido en humedad 80,3 %, cenizas (minerales) con 2,81 %, pH ácido 3,5 y contenido de grados Brix 7,8.

**Cuadro 1.** Composición fisicoquímica de frutos de *M. mexicana*

Componente	% en fruto fresco
Humedad	80,3 ± 3,98*
Cenizas	2,81 ± 0,2
Proteína	0,93 ± 0,08
Extracto etéreo	0,91 ± 0,24
Extracto libre de nitrógeno	15 ± 0,09

\*Frutos frescos. Media ± desviación estándar de n= 3

Cabe mencionar que la composición química de los frutos suele variar dependiendo el genotipo, condiciones ambientales, y estadio de maduración (Righetto et al., 2005). Por ejemplo, Arrázola et al. (2014), evaluaron acerolas (*M. emarginata*) cultivadas en diversas regiones de Colombia, obteniendo diferencias significativas entre la composición de los frutos. El contenido de humedad mayor fue en la región alto Sinú con 94,98 % siendo mayor a los resultados obtenidos en el presente estudio, en cambio en la región bajo Sinú el contenido fue de 92,60 %.

El contenido de minerales es bajo (2,81 %) en comparación con lo reportado por Arrázola et al. (2014), el cual fue de 6,18 %, esto se puede deber a las condiciones de los

suelos y a las características de las regiones (textura, oligoelementos, pluviosidad, altitud). Sin embargo, es alto en comparación con frutos de *M. puniceifolia* (0,4 %) (Vendramini y Trugo, 2000). Se ha estudiado el contenido de minerales en la acerola (*M. glabra*) destacando su contenido en potasio (146 mg/100 g), magnesio (18 mg/100 g), calcio (12 mg/100 g) y fósforo (11 mg/100 g) (United States Department of Agriculture [USDA], 2001).

En cuanto al contenido de grasa, este es similar entre la acerola y la especie mexicana (0,52 % y 0,91 %) (Arrázola et al., 2014), dentro de esta fracción se han identificado diversos ácidos grasos en frutos de *M. puniceifolia* L. como el ácido hexadecanoico, octadecanoico, eicosanoico, tetradecanoico y pentadecanoico (Vendramini y Trugo, 2000).

El contenido de proteína 0,93 % es similar con lo reportado por Vendramini y Trugo (2000), donde se evaluó el fruto en diferentes estadios de madurez, por ejemplo en frutos inmaduros el contenido es de 1,2 %, intermedio 0,9 % y maduro 0,9 %, este decremento conforme la maduración del fruto puede ser debido a que algunos aminoácidos son precursores de compuestos volátiles que son formados durante el proceso bioquímico de la maduración por ejemplo el acetato de etilo, (Z)-3-acetato de hexenilo, (E)-Z-acetato de hexenilo y 2-metil acetato de propilo (Vendramini y Trugo, 2000).

El contenido de fibra suele ser bajo, los resultados obtenidos concuerdan con lo señalado por Arrázola et al. (2014), con un resultado de 0,16 %. Su pH es ácido (3,5), concordando con lo señalado por Adriano et al. (2011), donde plasman los valores de pH de *M. glabra*, en diversos estadios de madurez, señalando que es de entre 3,5 y 3,6, incrementando su pH en el proceso de maduración. Al igual Oliveira et al. (2014),

señalan el pH de diversas variedades de *M. glabra*, los cuales varían entre 3,17 a 3,68.

En cuanto a los grados Brix o sólidos solubles los resultados del estudio arrojaron un contenido de 7,8 °Bx, siendo similares a lo concluido por Adriano et al. (2011) (7,4-7,5 °Bx), y Oliveira et al. (2014), (5,46-9,46 °Bx).

Dicho parámetro es importante ya que refiere al contenido de azúcares de las muestras (França y Narain, 2003). En el caso de *M. glabra* se concluye que entre más maduro se encuentre el fruto mayor será su contenido de °Bx, además de la época del año en la que se coseche, degradación y biosíntesis de polisacáridos ya que Maldonado et al. (2016), mencionan que de un muestreo mayor a 100 frutos de *M. mexicana* el promedio de sólidos solubles totales fue de 10,18 °Bx.

Los ácidos orgánicos son funcionales para determinar el estado de madurez, además de que influyen en el sabor teniendo relación con los °Bx, dicho fenómeno es debido a la disminución de los mismos, ya que son sustratos de la respiración, al igual estos se convierten en azúcares mediante la gluco-neogénesis (Ferreira et al. 2015; Maldonado et al., 2016).

Moura et al. (2018), mencionan que los ácidos orgánicos predominantes en la acerola son ácido málico, cítrico y tartárico. Otros compuestos como los ésteres, acetonas, terpenos y productos resultado de la degradación de flavonoides y taninos son responsables de su perfil aromático (Delva y Goodrich, 2013).

Se recomienda seguir investigando las propiedades químicas de la especie mexicana, por ejemplo el contenido de ácido cítrico y evaluar biológicamente los extractos del fruto, hojas, tallos y otras partes del árbol. También se podrían dilucidar los metabolitos

secundarios responsables de dichas actividades. Otra área de oportunidad es transformar el fruto a subproductos con mayor vida de anaquel, al igual aprovechar los desechos como la cáscara, semillas y bagazo.

## Conclusión

*M. mexicana* es fuente de minerales, y sólidos solubles totales. Es importante el estudio de frutos autóctonos de México, con fines de promoción para su consumo, producción y comercialización. La *Malpighia mexicana* es un fruto que se comercializa sólo localmente por lo que existe un área de oportunidad para el sector agrícola del país.

## Referencias

- Adriano, E., Leonel, S., & Evangelista, R.M. (2011). Qualidade de fruto da aceroleira cv. olivier em dois estádios de maturação. *Revista brasileira de fruticultura*, 33(spe1), 541-545. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500073>
- Anderson, W. (2013). Origins of Mexican Malpighiaceae. *Acta Botánica Mexicana*, 104, 107-156. <https://doi.org/10.21829/abm104.2013.60>
- Association of Official Analytical Chemistry [AOAC]. (1990). *Official Method of Analysis*. Virginia, USA: 16a. Edición.
- Arrázola, G.G., Alvis y Páez, M. (2014). Composición, Análisis Termofísico y Sensorial de Frutos Colombianos. Parte 2: Acerola (*Malpighia emarginata* L.). *Información Tecnológica*, 25(3), 23-30. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300005>
- Avilés-Peraza, G. (2016). El género *Malpighia* en la porción mexicana de la Península de Yucatán. Herbario CYCY. [https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde\\_Herbario/2016/2016-12-01-Aviles-Peraza-El-genero-Malpighia-en-PYM.pdf](https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2016/2016-12-01-Aviles-Peraza-El-genero-Malpighia-en-PYM.pdf)
- Bárceñas, L.L.Y., Montañó, A.S.A., López, S.J.A., González H.A., Rubí, A.M., y Vargas S.G. (2019). Anatomía foliar de *Malpighia mexicana* (Malpighiaceae). *Acta Botánica Mexicana*, 126, e1404. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1404>

- Belwal, T., Devkota, H.P., Hassan, H.A., Ahluwalia, S., Ramadan M.F., Mocan, A. & Atanasov A.G. (2018). Phytopharmacology of Acerola (*Malpighia* spp.) and its potential as functional Food. *Trends in Food Science & Technology*, 74, 99-106. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.01.014>
- Cáceres, A., López, B., Juárez, X., Aguila, J. & García, S. (1993). Plants used in Guatemala for the treatment of dermatophytic infections. 2. Evaluation of antifungal activity of seven American plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 40(3), 207-213. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(93\)90070-1](https://doi.org/10.1016/0378-8741(93)90070-1)
- Chávez, Q.E., Roldán, T.J., Sotelo, O.B.E., Ballinas, D.J., y López, Z.E.J. (2009). Plantas comestibles no convencionales en Chiapas, México. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 10(2), 1-11. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn-2009/spn092g.pdf>
- Davis, CH., & Anderson, A. (2010). A complete generic phylogeny of Malpighiaceae inferred from nucleotide sequence data and morphology. *American Journal of Botany* 97(12), 2031–2048. <https://doi.org/10.3732/ajb.1000146>
- Delva, L & Goodrich, R.S. (2013). Acerola (*Malpighia emarginata* DC): Production, Postharvest Handling, Nutrition, and Biological Activity. *Food Reviews International*, 29(2), 107-126. <http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2012.714433>
- Dembitsky, V.M., Poovadorom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Vearasilp, S., Trakhtenberg, S., & Gorinstein, S. (2011). The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. *Food Research International*, 44, 1671-1701. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.003>
- Ferreira, B.P., Coelho, M.A.L. Gomes, D.C.T., & Elesbao, R.A. (2015). Quality of different tropical fruit cultivars produced in the Lower Basin of the São Francisco Valley. *Revista Ciencia Agronomica*, 46(1), 176-184. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902015000100021>
- França, V.C & Narain, N. (2003). Caracterização química dos frutos de três matrizes de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). *Food Science and Technology*, 23(2), 157-160. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612003000200009>
- García, H.A., Sánchez, R.J., García, H.L.A. y de León, G.F. (2011). Reproducción sexual e influencia de sustratos en el desarrollo de *Malpighia glabra* L. (Malpighiaceae). *Polibotánica*, 32, 119-133. <https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n32/n32a7.pdf>
- Hanamura, T & Aoki, H. (2008). Toxicological Evaluation of Polyphenol Extract from Acerola (*Malpighia emarginata* DC.) Fruit. *JFS. Toxicology and Chemical Food Safety*, 73(4), <http://dx.doi.org/55-61.10.1111/j.1750-3841.2008.00708.x>
- Jarquín, L.R. (2007). Parasitoides asociados a insectos en frutos de nanche rojo (*Malpighia mexicana*) en Oaxaca. (Tesis de Maestría en Ciencias), Instituto Politécnico Nacional. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. [http://literatura.ciidir.oaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/LITE\\_R\\_CIIDIROAX/40/Jarqu%C3%ADN%20L%20C3%B3pez%2c%20R..pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://literatura.ciidir.oaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/LITE_R_CIIDIROAX/40/Jarqu%C3%ADN%20L%20C3%B3pez%2c%20R..pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Maldonado, P.M.A., García, S.G., García, N.J.R., Corona, T.T., Cetina, A.V.M. y Ramírez H.C. (2016). Calidad morfológica de frutos y endocarpios del nanche rojo (*Malpighia mexicana*, Malpighiaceae). *Acta Botánica Mexicana*, 117, 37-46. <http://dx.doi.org/10.21829/abm117.2016.1166>
- Maldonado, P.M.A., García, S.G., García, N.J.R., y Rojas, G.A.R. (2017). Propagación vegetativa de nanche *Malpighia mexicana* y *Byrsonima crassifolia*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(3), 611-619. <http://dx.doi.org/10.29312/remexca.v8i3.35>
- Morton, J.K. (1987). Barbados Cherry In: Fruits of warm climates Miami, Florida, 204-214 pp.
- Moura, C.F.H., Oliveira L.C., Souza, K.O., Franca, L.G., Ribeiro, L.B., Souza, P.A., & Miranda, M.R.A. (2018). Exotic Fruits Reference Guide. Acerola- *Malpighia emarginata*. Academic Press, London United Kingdom, 7-13 pp. <https://www.elsevier.com/books/exotic-fruits-reference-guide/rodrigues/978-0-12-803138-4>
- Oliveira, S.K., Herbster C.F.M., Sousa, E.B. & Alcántara, M.R.M. (2014). Antioxidant compounds and total antioxidant activity in fruits of acerola from CV. Flor Branca, Florida sweet and BRS 366. *Revista Brasileira de fruticultura*, 36(2), 294-304. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-410/13>
- Righetto, A.M., Netto, F.M., & Carraro, F. (2005). Chemical Composition and Antioxidant Activity of Juices from Mature and Immature Acerola (*Malpighia emarginata* DC). *Food Science and Technology International*, 11(4), 315-321. <https://doi.org/10.1177/1082013205056785>
- Stanley, P.C. (1920). Trees and shrubs of Mexico. Contributions from the United States National Herbarium. Washington, D.C. p 565

United States Department of Agriculture [USDA].  
Department of Agriculture, Agricultural Research  
Service: Nutrient Database for Standard  
Reference, 2001. Nutrient Data Laboratory  
Homepage:  
<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>

Vendramini, A.L. & Trugo L.C. (2000). Chemical  
composition of acerola fruit (*Malpighia  
punicifolia* L.) at three stages of maturity. *Food  
Chemistry*, 71(2), 195-198.  
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00152-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00152-7)

## EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA, NUTRIMENTAL Y SENSORIAL DE ADEREZO DE CEBOLLA, ESPINACA, PROTEÍNA DE SOYA TEXTURIZADA Y ESPIRULINA

Juan Pablo Quezada-Díaz\*; Carlos Alberto Campos-Bravo

Licenciatura en Ciencia de los Alimentos, Departamento de Salud Pública, CUCBA, Universidad de Guadalajara.  
Camino Ramón Padilla Sánchez N° 2100. Nextipac, Zapopan, Jalisco, C.P. 45200.

\*Correo-e: [jpablo.quezada@alumnos.udg.mx](mailto:jpablo.quezada@alumnos.udg.mx)

Recibido: 01/oct/2022 Aceptado: 09/dic/2022 // <https://doi.org/10.32870/rayca.v3i3.11>

### Resumen

Los aderezos son productos de composición aceite-agua con 30 % a 80 % de aceite vegetal comestible, que tienen como propósito sazonar y aromatizar los alimentos. Con el fin de evaluar su perfil fisicoquímico, nutricional y el grado de aceptación por los consumidores, se formuló un aderezo con base de cebolla, espinaca, proteína de soya texturizada y espirulina. Para su elaboración se utilizaron productos libres de proteína animal. Por análisis fisicoquímicos se obtuvieron: humedad, sólidos totales, proteína, grasa, pH y ceniza. Con base en el Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes se obtuvo su composición nutricional. El análisis sensorial se realizó aplicando una prueba subjetiva con escala hedónica de 1 a 5 por 100 jueces no entrenados. Se obtuvo un aderezo de sabor salado, textura cremosa y aceitosa, con un olor aliáceo y de color verde claro. Humedad 22,23 %, pH 6,06, 2,3 g de proteína, 1,3 g de fibra, 311 mg de sodio, sin azúcares. Se determinó un 83 % de grasa, mayor al descrito en la definición del producto. La aceptación global del producto fue del 88,75 %. En conclusión, se obtuvo un producto con porcentajes satisfactorios de aceptación, sin embargo, con un contenido de grasa elevado que puede ser un punto negativo para su comercialización.

**Palabras clave:** Aderezo, cebolla, espinaca, proteína de soya, espirulina.

## PHYSICOCHEMICAL, NUTRIENTIAL AND SENSORY EVALUATION OF ONION, SPINACH, TEXTURED SOY PROTEIN AND SPIRULINA DRESSING

### Abstract

Dressings are oil-water composition products with 30 % to 80 % of edible vegetable oil, which are intended to season and aromatize food. In order to evaluate its physicochemical and nutritional profile, as well as the degree of acceptance by consumers, a dressing based on onion, spinach, textured soy protein and spirulina was formulated. For its preparation, products free of animal protein were used. By physicochemical analyses was obtained: moisture, total solids, protein, fat, pH and ash values were obtained. Based on the Mexican System of Equivalent Foods, its nutritional composition was obtained. Sensory analysis was performed by applying a subjective test with a hedonic scale from 1 to 5 to 100 untrained judges. A dressing with a salty flavor, creamy and oily texture, with an alliaceous odor and a light green color was obtained. Moisture 22,23 %, pH 6,06, 2,3 g of protein, 1,3 g of fiber, 311 mg of sodium, no sugar. 83 % fat was determined, higher than that described in the product definition. The global acceptance of the product was 88.75 %. In conclusion, a product with satisfactory percentages of acceptance was obtained, however, with a high fat content that can be a negative point in its commercialization.

**Keywords:** Dressing, onion, spinach, soy protein, spirulina.

## Introducción

Los aderezos son considerados sistemas químicos complejos debido a que se elaboran a partir de una fase oleosa dispersa, un surfactante y una gran cantidad de ácidos orgánicos con una fase acuosa. Su contenido de aceite ronda entre el 30 % al 80 %. Se consideran microbiológicamente estables debido a su acidez y al alto contenido de grasa (Bravo et al., 2020).

La cebolla es una especie originaria de la región de Asia central, entre Afganistán, India e Irán. Este alimento se utiliza principalmente para condimentar comidas y en tratamientos terapéuticos debido a sus propiedades. La pungencia es desarrollada en el momento en el que el bulbo es cortado, al romperse el tejido la enzima allinasa reacciona con los compuestos azufrados, convirtiéndose en los precursores del sabor y del efecto lacrimógeno de la cebolla (Enciso et al., 2019).

En México, el consumo por persona es de 10 kg, siendo la tercera hortaliza que más se produce en el país. En su estado crudo, su consumo contribuye a mejorar la digestión, disminuir la presión arterial, inflamación y colesterol, también previene el asma e infartos (Procuraduría Federal del Consumidor [PROFECO], 2021).

La espinaca es un vegetal, perteneciente a la familia de los amarantáceos comestibles, está compuesto por hojas grandes y de color verde oscuro, aporta fibra, agua, vitaminas, y minerales, con una baja cantidad de calorías, no contiene grasas y es fuente de antioxidantes (Cedillo et al., 2021).

La soya es una planta herbácea anual, de primavera-verano, cuyo ciclo vegetativo oscila entre 3 a 7 meses. La semilla es esférica del tamaño de un guisante, de color amarillo y rica en proteínas y en aceites. En algunas variedades mejoradas presenta alrededor del 40-42 % de proteína y del 20-22 % en aceite,

respecto a su peso seco. En la proteína de soja hay un buen balance de aminoácidos esenciales, destacando lisina y leucina (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [CONACYT], 2019).

La espirulina, proviene de la *Spirulina platensis*, (que también se conoce como *Arthrospira platensis*), específicamente es el extracto proteico obtenido de la microalga (Hernández, 2021). Posee múltiples beneficios, en los que destacan el contenido en proteína (55 – 70 %), hidratos de carbono, ácidos grasos, vitaminas del grupo B, minerales y pigmentos (clorofila, carotenoides, xantofila y ficobiliproteínas); los cuales le confieren la capacidad antioxidante y la capacidad de mejorar el control de la glucemia (Fernández et al., 2020; Hernández, 2021).

El valor biológico de la proteína vegetal, que se determina por la presencia de aminoácidos esenciales, es diferente para cada tipo de alimento, es por esto que se necesita una estrategia para evitar deficiencias combinando alimentos que se complementan, esto supervisado por un profesional en materia de nutrición (Padillo, 2019).

Por lo anterior es importante innovar en el desarrollo de productos que tengan alguna función positiva en la salud, y más cubriendo necesidades de las nuevas tendencias que surgen año con año. La elaboración de un aderezo de cebolla, espinaca, proteína de soya texturizada y espirulina, podría ayudar a complementar las necesidades de proteína que escasean en la dieta vegana, principalmente por el contenido de aminoácidos de sus ingredientes, como la proteína de soya texturizada y la espirulina.

## Objetivo

Elaborar un aderezo vegano de cebolla, espinaca, proteína de soya texturizada y espirulina, para evaluar su aceptabilidad, determinar su perfil fisicoquímico y sus valores nutrimentales.

## Materiales y métodos

La elaboración y evaluación del aderezo de cebolla, soya y espinaca, adicionado con espirulina se llevó a cabo en los laboratorios de Gastronomía, Fisicoquímica y Microbiología Alimentaria del Departamento de Salud Pública, División de Ciencias Veterinarias del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) pertenecientes a la Universidad de Guadalajara, en el periodo agosto 2019 a mayo 2020.

### *Formulación y estimación de costo*

Para hacer la presente evaluación, se realizaron varias formulaciones, de las cuales se eligió la que mejores atributos mostró en las pruebas preliminares. Finalmente se eligió la formulación con: 8 % de cebolla blanca cortada en julianas y freída en aceite, 2,8 % de soya texturizada, 0,2 % de pimienta, 22,9 % de bebida de soya, 0,4 % de lecitina de soya, 0,2 % de sal, 50,5 % de aceite de soya, 8 % de espinaca, 0,4 % de espirulina, 2,8 % de cebollín y 3,8 % de chile poblano.

La formulación se almacenó en refrigeración a 4 °C, en un recipiente de vidrio de 500 mL con tapa metálica de rosca. Con base en los precios de los ingredientes utilizados en la formulación se estimó el costo total para un aderezo de 500 mL (ingredientes y envase), y se realizó la comparación con un aderezo vegano similar en el mercado.

### *Análisis sensorial*

Se realizó una evaluación sensorial por 100 jueces no entrenados de entre 18 y 50 años en el CUCBA, proporcionando una muestra de 13 g de pan tipo baguette tostado con aproximadamente 2 g de muestra untada sobre el mismo. La evaluación de los atributos (olor, color, sabor y textura) se realizó empleando una escala hedónica de 5 niveles, donde 1 representa “me disgusta

mucho” y 5 “me gusta mucho”. Se realizó un histograma de frecuencia para expresar estos resultados, así como un análisis estadístico donde se obtuvieron media y desviación estándar.

Al final se preguntó a los jueces su opinión respecto a: a) ¿compraría el producto?; b) ¿cuánto pagaría por una presentación de 250 mL?; c) ¿qué cambiaría del producto?; d) ¿es vegano?

### *Análisis fisicoquímicos*

Se realizaron tres repeticiones para efectuar las siguientes determinaciones: Humedad, sólidos totales por tratamiento térmico (Secretaría de Salud [SS], 1994); pH (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial [SCFI], 1978); proteína por método Kjeldahl (SS, 1980); extracto etéreo en porcentaje de peso por método Soxhlet (Secretaría de Economía [SE], 2004) y ceniza (SS, 1978).

### *Información nutrimental*

Por medio de los cuadros de información nutricional del Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE) cuarta edición (Pérez et al., 2014), se calculó el contenido nutricional por porción del aderezo y se comparó con un producto vegano comercial similar.

## Resultados

El Aderezo de cebolla, espinaca, proteína de soya texturizada y espirulina tiene un sabor suave, de textura cremosa y aceitosa, se aprecian partículas de la espinaca triturada dispersas en el medio, así como de otros ingredientes, con notas suaves de espinaca, el olor era característico, aliáceo por la cebolla, donde las especias influyen y se podía distinguir, además del olor a espinaca fresca. En la figura 1 se puede observar que

el color es verde no intenso, simple y suave con ligeros toques de blanco.



Autor: Juan Pablo Quezada-Díaz

**Figura 1.** Aderezo de cebolla, espinaca, proteína de soya texturizada y espirulina

### Estimación de costos

Se realizó para una presentación final de 500 mL. Su costo total fue de \$ 38,23 MXN de acuerdo con la cantidad de ingredientes empleados en la formulación, como se muestra en el cuadro 1.

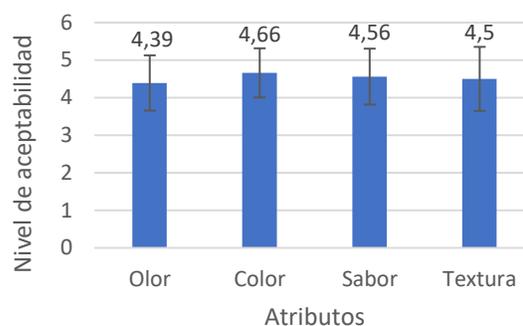
**Cuadro 1.** Ingredientes y costo para la formulación del aderezo de cebolla, espinaca, proteína de soya texturizada y espirulina

Ingrediente	Costo (\$ MXN)
Cebolla	1,03
Proteína de soya texturizada	1,65
Bebida de soya	4,25
Lecitina de soya	0,50
Sal	0,0016
Pimienta	0,31
Aceite de oliva	7,03
Espinaca	5,86
Espirulina	2,4
Cebollín	0,6
Chile poblano	0,6
Envase	13
Total	38,23

### Análisis sensorial

Se obtuvo una aceptabilidad general del 88,75 % con base en los resultados prome-

dio, como se muestra en la figura 2. Respecto al olor, se obtuvo una aceptabilidad del 85 %, el color 97 %, el sabor 88 % y 85 % en cuanto a la textura.



**Figura 2.** Nivel de aceptabilidad general de los atributos evaluados

En cuanto a los resultados de las preguntas para conocer la opinión de los evaluadores, el 91 % de los participantes comprarían el producto. El 100 % de la población encuestada pagaría más de 75 pesos por una presentación de 250 mL de producto. Mientras que el 33 % cambiarían algún aspecto del sabor. Finalmente, del total de evaluados, solo el 6 % son veganos.

### Análisis fisicoquímicos

En el cuadro 2 se pueden observar los resultados obtenidos de cada análisis. Resalta el 83,03 % obtenido en el contenido de grasa.

**Cuadro 2.** Resultados de los análisis fisicoquímicos del aderezo

Determinación	Promedio
Humedad	22,23%
Sólidos totales	74,78%
pH	6,06
Proteína	0,61%
Ceniza	0,99%
Extracto etéreo	83,03%

### Información nutrimental

La información nutrimental del aderezo de cebolla, espinaca, proteína de soya texturizada y espirulina, se muestra en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Información nutrimental del aderezo de cebolla, espinaca, proteína de soya texturizada y espirulina

Característica	Valor
Tamaño de porción	7 g (1 cucharada)
Porciones por envases	Aprox. 75,25
Cantidad por porción	
Contenido energético	28,56 Kcal
Grasas	5,81 g
Proteínas	0,16g
Fibra Dietética	0,09 g
Carbohidratos totales	0,38 g
Azúcares	0,0 g
Sodio	21,77 mg

En el cuadro 4 se muestra la comparativa entre los resultados de la información nutrimental del producto y una marca comercial. El valor de energía es menor a la competencia, y el contenido de grasa es superior, esto debido a la cantidad de aceite. Lo cual podría desencadenar una problemática, debido a que la cantidad de grasa en alimentos veganos es una de las principales razones por las que se buscan otras alternativas.

El contenido de proteína es mayor, como se esperaba, el valor de carbohidratos es superior, el aderezo de cebolla tiene fibra mientras que la competencia no. El aderezo de cebolla no tiene azúcar mientras que la competencia sí, y respecto al sodio, la competencia tiene 19 mg más. El costo del producto es de 38,23 pesos, por lo que se pretende venderlo a 75 pesos mexicanos al mercado, un valor menor al de la competencia.

**Cuadro 4.** Comparativa de información nutrimental

Nutriente	Aderezo en estudio / 100 g	Aderezo comercial / 100 g
Energía	408 kcal	500 kcal
Grasa	83,03 g	15 g
Proteína	2,3 g	1 g
Carbohidratos	5,5 g	2 g
Fibra	1,3 g	0 g
Azúcares	0 g	1 g
Sodio	311 mg	330 mg
Precio (por presentación)	75 pesos MXN (500 mL)	97,65 pesos MXN (355 mL)

### Discusión

Para elaborar un aderezo como alimento funcional con beneficios a la salud, se buscó una problemática actual, hasta llegar a los problemas que puede desencadenar el veganismo y la desinformación nutricional a la que la población joven se expone, por lo que se pensó en descartar ingredientes de origen animal y adicionar materias primas con altos

valores de proteína, ya que la variación de este macronutriente en la dieta vegana es el principal problema al que se enfrenta la población que decide seguir esta tendencia.

Al iniciar con las formulaciones se agregó soja a los ingredientes para enriquecer el producto en cuanto a proteína ya que su concentración proteica es la mayor en todas las legumbres, contiene aminoácidos en canti-

dad suficiente para satisfacer los requerimientos del adulto normal (Ridner, 2008).

También se agregó espirulina ya que contiene, de igual forma, una cantidad significativa de aminoácidos, complementando los que se encuentran en menor cantidad en la soja (Pedraza, 1989), esto debido a que el consumo de proteínas y varios nutrientes especialmente en esta dieta es preocupante por lo que se tiene que optar por sustituir de alguna forma éstos que generalmente proporcionan los alimentos de origen animal (Díaz, 2018).

Respecto al análisis sensorial, algunos de los encuestados mencionaron que les gustó el producto ya que presentaba un color y una textura parecida a un producto ya existente, el guacamole, por lo que la familiaridad del producto en cuanto a esos atributos pudo haber influido en el gusto por el mismo, ya que, de hecho, el sabor fue el atributo que la mayoría de los encuestados dijo que podría mejorar.

## Conclusiones

1. Se obtuvo un producto con porcentajes satisfactorios de aceptación, en promedio del 88,75 %, lo cual indica que puede ser atractivo para consumidores no veganos.
2. Se tiene un porcentaje de proteína superior al esperado.
3. El porcentaje de grasa es mayor al descrito en la definición del producto, por lo que se buscará reformular para ajustar este mismo.
4. La falta de resultados contundentes pausa la factibilidad del producto en cuanto a la información nutrimental.

## Referencias

- Bravo, K., Calderón, A. y Lozano, M. (2020). Formulación de un aderezo para ensalada a partir de mango de la variedad Tommy Atkins [Tesis de Ingeniería, Universidad Autónoma de Nicaragua para el título de Ingeniería en Alimentos]. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/8095/1/245333.pdf>
- Cedillo, E., Martínez, L., Casiano, H., Hernández, D., Padilla, C. y Rodríguez, M. (2021). Manual de Producción de Espinaca (*Spinacea oleracea*) en Invernadero. UNAM. <https://planificacionfesaragon.com/sites/default/files/manuales/Manual%20de%20Produccion%20de%20Espinacas%20en%20Invernadero.pdf>
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [CONACYT]. (2019). Soya. Gobierno de México. <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/soya>
- Díaz, A. (2018). Ventajas y Desventajas de las Dietas Vegetarianas, [Grado de Enfermería, Facultad de Ciencias de la Salud Universidad de la Laguna]. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/9093/Ventajas%20y%20desventajas%20de%20las%20dietas%20vegetarianas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Enciso, C., Vera, P., Santacruz, A. y González, J. (2019). Guía técnica, cultivo de cebolla. Jica, Universidad Nacional de Asunción. [https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/ot\\_hers/c8h0vm0000ad5gke-att/gt\\_02.pdf](https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/ot_hers/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_02.pdf)
- Fernández, C.B., Ríos, C.M., Hernández, C.A., Gómez, M.F., Rodríguez, P.M., García, G.O., Bárcena, V.G. y Ramírez, H.J. (2020). Desarrollo de un cultivo a cielo abierto de alga espirulina en zona tropical como fuente de proteína. *En: Investigación en la Educación Superior: Morelia 2020* (pp. 455-460). Academia Journals. [https://www.researchgate.net/publication/343163560\\_DESARROLLO\\_DE\\_UN\\_CULTIVO\\_A\\_CIELO\\_ABIERTO\\_DE\\_ALGA\\_ESPIRULINA\\_EN\\_ZONA\\_TROPICAL\\_COMO\\_FUENTE\\_DE\\_PROTEINA](https://www.researchgate.net/publication/343163560_DESARROLLO_DE_UN_CULTIVO_A_CIELO_ABIERTO_DE_ALGA_ESPIRULINA_EN_ZONA_TROPICAL_COMO_FUENTE_DE_PROTEINA)
- Hernández, J. (2021). Espirulina como producto nacional con potencialidades para su empleo en pacientes con diabetes mellitus. *Revista Cubana de Endocrinología*, 32(1), e247. <http://scielo.sld.cu/pdf/end/v32n1/1561-2953-end-32-01-e247.pdf>

- Padillo, L. (2019). Consecuencias de la dieta vegana en adolescentes. Repositorio de la UNAM. [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/687928/pradillo\\_garrido\\_lauratfg.pdf?sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/687928/pradillo_garrido_lauratfg.pdf?sequence=1)
- Pedraza, G. (1989). Cultivo de Spirulina maxima para suplementación proteica. Livestock Research for Rural Development. <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/lrrd/lrrd1/1/gloria.htm>
- Pérez, L.A.B., Palacios, G.B., Castro, B.A.L., y Flores, G.I. 2014. Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes cuarta edición [SMAE]. 4 ed. Fomento de Nutrición y Salud, A.C.
- Procuraduría Federal del Consumidor [PROFECO]. (2021, 15 de julio). Cebolla, que sea la única que te haga llorar. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/profeco/articulos/cebolla-que-sea-la-unica-que-te-haga-llorar?state=published>
- Ridner, E. (2008). Soja, propiedades nutricionales y su impacto en la salud. Sociedad Argentina de Nutrición. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=AR2007000257>
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial [SCFI]. NOM-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos. Diario Oficial de la Federación. México, D.F., mayo 23 de 1978. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4704689&fecha=23/05/1978](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4704689&fecha=23/05/1978)
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial [SCFI]. NOM-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos. Diario Oficial de la Federación. México, D.F., agosto 4 de 1978. <https://studylib.es/doc/6078649/nmx-f-066-s-1978.-determinaci%C3%B3n-de-cenizas-en-alimentos>
- Secretaría de Economía [SE]. NOM-F-615-NORMEX-2004. Determinación de extracto etéreo (Método Soxhlet) en alimentos. Diario Oficial de la Federación. México, D.F., marzo 8 de 2004. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=678206&fecha=21/05/2004#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=678206&fecha=21/05/2004#gsc.tab=0)
- Secretaría de Salud [SS]. NOM-F-68-S-1980. Alimentos. Determinación de proteínas. Diario Oficial de la Federación. México, D.F., agosto 4 de 1980. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4858024&fecha=04/08/1980#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4858024&fecha=04/08/1980#gsc.tab=0)
- Secretaría de Salud [SS]. NOM-116-SSA1-1994. Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Diario Oficial de la Federación. México, D.F., octubre 8 de 1994. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69540.pdf>

## VALORACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA INCLUSIÓN DE TRES EDULCORANTES Y EL REEMPLAZO PARCIAL DE GRASA, SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, TEXTURA Y SENSORIALES DE UN PAN TIPO MUFFIN

Severiano Patricio-Martínez<sup>1\*</sup>; Luis Fernando González-Zamora<sup>1</sup>;  
Teresa de Jesús Jaime-Ornelas<sup>1</sup>; Ramón Reynoso-Orozco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Salud Pública, CUCBA. <sup>2</sup>Departamento de Biología Celular y Molecular, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Camino Ramón Padilla Sánchez N° 2100. Nextipac, Zapopan, Jalisco, C.P. 45200. \*Correo-e: [severiano.patricio@academicos.udg.mx](mailto:severiano.patricio@academicos.udg.mx)

Recibido: 10/oct/2022 Aceptado: 13/dic/2022 // <https://doi.org/10.32870/rayca.v3i3.12>

### Resumen

Se evaluó el efecto de una mezcla de edulcorantes (Palatinosa<sup>®</sup>, Isomalt y Maltitol) y la reducción de grasa (mantequilla y aceite vegetal), sobre el perfil de textura (volumen, dureza, masticabilidad) y características sensoriales de un pan tipo muffin. Una formulación control (C) se modificó para desarrollar 5 formulaciones con reemplazo de sacarosa por una mezcla de edulcorantes y reducción de grasa (menos margarina, sin aceite vegetal o adición de inulina). Se evaluó la gravedad específica de la masa, así como volumen, volumen específico, perfil de textura y propiedades sensoriales de los muffins horneados. Los resultados se analizaron mediante ANOVA con un 95 % de confianza. El volumen de los muffins fue menor en las formulaciones con sustituto de azúcar que en el control, a excepción de la muestra reducida en grasa (P2), coincidiendo con los análisis de la masa. La mezcla de edulcorantes incrementó la masticabilidad de los muffins. Las formulaciones con inulina (P3 y P5), presentaron mayor dureza, masticabilidad y contenido de humedad que el resto de las muestras. La percepción sensorial fue favorable para las muestras elaboradas con mezcla de edulcorantes mientras que, las formulaciones con reemplazo parcial de grasa obtuvieron menor aceptación por los consumidores. La inclusión de inulina afectó la textura, características sensoriales y aceptación del producto.

**Palabras clave:** Muffin, polioles, sustitutos del azúcar, sustitutos de grasa, propiedades sensoriales.

### EVALUATION OF THE EFFECTS OF THE INCLUSION OF THREE SWEETENERS AND THE PARTIAL REPLACEMENT OF FAT ON THE PHYSICAL, TEXTURE AND SENSORY PROPERTIES OF A MUFFIN TYPE BREAD

#### Abstract

The effect of a mixture of sweeteners (Palatinose<sup>™</sup>, Isomalt and Maltitol) and fat reduction (butter and vegetable oil) on the texture profile (volume, hardness, chewiness) and sensory characteristics of a muffin bread was evaluated. A control recipe (C) was modified to develop 5 formulations with sucrose replacement by a mixture of sweeteners and reduced fat (less margarine, no vegetable oil or added inulin). The specific gravity of the dough, as well as volume, specific volume, texture profile and sensory properties of the baked muffins were evaluated. The results were analyzed by ANOVA with 95% confidence. The volume of the muffins was lower in the formulations with sugar substitute than in the control, except for the reduced-fat sample (P2), coinciding with mass analysis. The sweetener blend increased the chewiness of the muffins. The formulations with inulin (P3 and P5) presented greater hardness, chewiness and moisture content than the rest of the samples. The sensory perception was favorable for the samples made with a mixture of sweeteners, while the formulations with partial fat replacement obtained less acceptance by consumers. The inclusion of inulin affected the texture, sensory characteristics and acceptance of the product.

**Keywords:** Muffin, polyols, sugar substitution, fat replacement, texture, sensory properties.

## Introducción

Los muffins son un tipo de panecillo horneado de textura suave y esponjosa, con estructura porosa y elevado volumen. Para lograrlo, se requiere de una masa batida estable es decir, con pequeñas burbujas de aire homogéneamente distribuidas la cual, forma un complejo emulsionado grasa-agua (Martínez-Cervera et al., 2012; Martínez-Cervera et al., 2014). Dicha masa está constituida por una fase discontinua de burbujas de aire y partículas de harina dispersadas en una fase continua de azúcar, huevo, agua y grasa (Rodríguez, 2014).

El azúcar o sacarosa es uno de los ingredientes con mayor funcionalidad en la repostería, por lo que es muy difícil encontrar un sustituto capaz de realizar las mismas funciones. En el mercado existen diversos sustitutos de azúcar como los alcoholes de azúcares o polioles, considerados agentes de carga sustituyentes del azúcar por brindar un sabor dulce pero, además brindan textura y volumen a los productos de panificación (Struck et al., 2014).

El Maltitol es un poliol que asemeja las propiedades tecnológicas del azúcar y pudiera reemplazar completamente la sacarosa aunque, con ligeros cambios en el color, dulzor y humedad del producto (Edelstein et al., 2008; Kearsley & Deis, 2012). Por su parte, el isomalt es otro poliol que tiene la capacidad de reemplazar al azúcar 1:1 en panificación, siendo además, de bajo aporte calórico (2 kcal/g) y bajo índice glicémico (Edelstein et al., 2008; Sentko & Willibald-Ettle, 2012).

La isomaltulosa, comercialmente conocida como Palatinosa<sup>®</sup>, es un carbohidrato derivado de la isomerización enzimática de la sacarosa. Sensorialmente tiene un perfil similar al azúcar común y su dulzor es aproximado al 50 %, sin dejar retrogusto

(Krastanov et al., 2006). Con respecto a la sacarosa, sus propiedades físicas se asemejan mucho, presenta un bajo índice de higroscopicidad a 25 °C con humedad relativa del 85 %. Su temperatura de fusión es más baja (123-124 °C) que la sacarosa (186 °C) al igual que su solubilidad. Sin embargo, la viscosidad y densidad es similar en soluciones. Debido a que químicamente es más estable en medios ácidos y a su baja temperatura de fusión, durante el calentamiento es menos propensa a la caramelización. Aunque, debido a que es un azúcar reductor (azúcar con grupo aldehído) puede generar reacciones de Maillard (Sentko & Willibald-Ettle, 2012).

A pesar de ser un disacárido muy similar a la sacarosa, las propiedades fisiológicas de la isomaltulosa son muy diferentes, por lo que su uso como un sustituto de azúcar puede mejorar las características nutricionales del producto en el que se emplea (bajo índice glicémico) (Sentko & Willibald-Ettle, 2012).

En los productos de panificación, la grasa es responsable de la textura del producto final, promueve y contribuye a la incorporación de aire durante el batido (Rodríguez, 2014). También aporta aroma, sabor y cualidades propias en mordida y masticabilidad del producto (González y Valencia 2013; Vásquez, 2016). Permite una estructura más compacta, suave y esponjosa (París, 2016). Por lo tanto, sustituirla representa un reto para los reposteros.

Algunos estudios han demostrado que la inulina, fructano de bajo aporte calórico (1,5 kcal/g), brinda textura y palatabilidad a los productos de panificación (Chavan et al., 2016; Martínez-Cervera, 2013). Es un oligómero que se encuentra en diversas plantas como la achicoria, su poder endulzante es de 30-65 % respecto a la sacarosa. Comparado con el azúcar de mesa, presenta un

bajo grado de polimerización (DP) de entre 2 a 60 aproximadamente. Comercialmente existen dos tipos de inulina: de cadena corta DP 10 -12 y de cadena larga (o de alto rendimiento) 23 - 25 DP. La primera presenta un sabor ligeramente dulce por contener azúcares libres como la glucosa o fructosa y simula las propiedades funcionales del azúcar empleándose como sustituto de este. Por su parte, la inulina de cadena larga puede sustituir la grasa ya que, no modifica el sabor, no aporta dulzor aunque, sí brinda textura y palatabilidad similar a la grasa. Se recomienda su uso como sustituto de grasa en concentraciones de 2 a 10 % de la formulación (Franck, 2006).

En la elaboración de panes de trigo con adición de inulina para sustituir la grasa vegetal, no se modificaron las características reológicas de la masa antes de hornear ni la calidad sensorial del producto terminado (Wang et al., 2002).

De tal forma que el objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos de la sustitución del azúcar y reemplazo parcial de grasa, sobre la textura y las propiedades sensoriales de un pan tipo muffin.

## Material y métodos

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Panificación de la empresa Palsgaard Industri de México S. de R. L. de C.V.®, ubicado en la ciudad de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.

### Preparación

Los muffins se prepararon tomando como base la formulación control (C) que consta de: harina de trigo comercial para todo uso (36,4 %), leche descremada en polvo (0,9 %), huevo líquido pasteurizado (6 %), azúcar refinada (19 %), margarina sin

sal (19 %), aceite de canola (1 %), agua (17 %) y agente leudante (0,7 %).

A partir de ésta formulación, se desarrollaron cinco formulaciones con sustitución de azúcar por una mezcla de edulcorantes y reducción de grasa. Los edulcorantes empleados fueron Palatinosa®, Isomalt ST-PF® y Maltitol 75% proporcionados por la empresa Palsgaard® los cuales, se emplearon en la misma concentración 10 %, 2,4 % y 6,6 % respectivamente, para todas las formulaciones.

A la formulación P1 se le sustituyó el azúcar por la mezcla de edulcorantes; a las formulaciones P2 a P5 se les sustituyó el azúcar por la mezcla de edulcorantes y además, se redujo la concentración de grasa. A las formulaciones P3 y P5 se sustituyó la grasa por Inulina FTX® (Palsgaard®); mientras que a las formulaciones P4 y P5 se les incorporó un agente impulsor (Palsgaard®) para comparar el efecto con aquellas a las que no se agregó el aditivo (Cuadro 1).

### Análisis fisicoquímicos

Gravedad específica: Se utilizó un recipiente estandarizado para 100 mL de agua el cual, se llenó con muestra de cada formulación. Posteriormente se pesó el contenido para calcular la gravedad específica con la expresión siguiente:

$$SG = W_2 / W_1 \quad (1)$$

Donde: **SG** = gravedad específica; **W<sub>1</sub>**=peso de referencia (100); **W<sub>2</sub>**=peso de la muestra. (Martínez-Cervera, 2013)

Volumen: Para su determinación, un día después de que los muffins fueron horneados, se empleó un equipo de sensor láser (Volscan 600®, Texturolab®). Para ello, cada muestra se colocó en una base giratoria que pesa el producto y escanea la superficie del

mismo para recabar los datos y procesarlos con ayuda de un software especializado.

**Textura:** Se determinó utilizando un texturómetro (Ta.xt.plus<sup>®</sup>, Texturolab<sup>®</sup>) el cual mide la porción cilíndrica de cada formulación mediante una prueba de doble compresión (*Texture Profile Analysis*). Para ello se empleó un adaptador cilíndrico de 75 mm, con fuerza de compresión del 50 % a la altura inicial y una velocidad de 1 mm/seg con 5 seg entre cada ciclo. Cada muestra se evaluó 1 día después de su preparación y se realizaron 8 repeticiones. Al final del análisis, se obtuvo el perfil de textura (dureza,

elasticidad, cohesividad y masticabilidad (Martínez-Cervera, 2013).

**Humedad:** Se determinó en una termobalanza (Ohaus MB45<sup>®</sup>). 5 g de cada muffin se colocaron en una charola de aluminio siguiendo el procedimiento establecido en el manual de instrucciones del equipo.

**aw:** Se determinó empleando una balanza (Lab-swift-aw<sup>®</sup>, Novasina<sup>®</sup>); Las pruebas se realizaron 24 horas después de la elaboración del muffin. Sólo se analizó una muestra por formulación (Cauvain & Young, 2006).

**Cuadro 1.** Formulaciones de pan tipo muffin con sustitución de azúcar y reducción de grasa

Ingredientes	Formulación (%)					
	Control	P1	P2	P3	P4	P5
Harina de trigo	36,4	36,4	36,4	36,4	36,0	36,0
Azúcar refinada	19,0	-	-	-	-	-
Palatinosa <sup>®</sup>	-	10	10	10	10	10
Isomalt ST-PF <sup>®</sup>	-	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Maltitol 75%	-	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
Margarina	19	19	14	9,5	14	9,5
Aceite vegetal	1	1	-	-	-	-
Inulina FTX <sup>®</sup>	-	-	-	1,8	-	1,8
Agua de hidratación	-	-	-	2,8	-	2,8
Agua	17	17	23,0	22,9	23,0	22,9
Huevo líquido	6	6	6	6	6	6
Agente leudante	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
PM 0508 <sup>®</sup>	-	-	-	-	0,4	0,4
Leche descremada en polvo	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

### Evaluación sensorial

Se realizó una Prueba de aceptación con 50 participantes de la Unidad de Competencia “Evaluación Sensorial” de la Licenciatura en Ciencia de los Alimentos del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. Los participantes aplicaron una escala hedónica de 7 puntos donde: 1=me disgusta demasiado; 2=me disgusta mucho; 3=me disgusta; 4=no me gusta ni me disgusta; 5=me gusta; 6=me gusta mucho;

7=me gusta demasiado; para evaluar los atributos de textura, dulzor, color y apariencia en general de los muffins elaborados.

Adicionalmente se realizó un perfil descriptivo para el atributo de textura en el cual, se compararon las texturas de las formulaciones desarrolladas con el tratamiento control. Para ello, se aplicó una escala de 4 puntos: 1=muy suave; 2= suave; 3= duro; 4=muy duro.

### Evaluación de la miga

La evaluación de la miga permite definir la estructura del muffin. Para ello, se verifica que la miga presente alvéolos homogéneos pequeños y de paredes finas, lo que corresponde a una evaluación óptima. Además se evalúa el color de la miga que idealmente debe ser blanco crema como evaluación óptima (Almeida et al., 2013).

### Análisis estadístico

El análisis de resultados se realizó mediante análisis de varianza de una sola vía (ANOVA) utilizando el software estadístico Sigma Stat® V. 3.1. para Windows®. Las diferencias entre los promedios de los grupos se realizaron con el método de Dunn's para elasticidad, cohesividad y masticabilidad mientras que para volumen, peso, gravedad específica y dureza, se aplicó el método de Holm-Sidak. Para el análisis sensorial, las

diferencias entre los promedios se analizaron aplicando la prueba de Tukey.

### Resultados y discusión

Se lograron desarrollar muffins con diferentes modificaciones de una receta original. Las modificaciones consistieron en sustituir el azúcar por edulcorantes, reducir el contenido de grasa, sustituir parcialmente la grasa por inulina así como la inclusión de un impulsor de panificación.

La gravedad específica (g/mL) de las masas para muffins evaluadas (cuadro 2), arroja que la formulación control presentó menor densidad que el resto de las formulaciones. Esto se atribuye a una mayor incorporación de aire en el batido de la masa (Cross, 2007). Las formulaciones con inulina (P3 y P5) fueron más densas, es decir, incorporaron menor cantidad de aire que las otras formulaciones (Cauvain & Young, 2006).

**Cuadro 2.** Evaluación física de la masa del muffin y del muffin horneado

Formulación	Masa del muffin		Muffin horneado	
	Gravedad específica (g/mL)	Volumen (mL)	Peso (g)	Volumen específico (mL/g)
Control	0,83	102,96 <sup>a</sup> ± 3,33	43,87 <sup>c</sup> ± 1,55	2,34 <sup>a</sup> ± 0,07
P1	0,90	94,31 <sup>b</sup> ± 4,59	48,75 <sup>a</sup> ± 1,28	1,93 <sup>c</sup> ± 0,07
P2	0,89	97,54 <sup>ab</sup> ± 2,94	47,62 <sup>ad</sup> ± 1,41	2,04 <sup>b</sup> ± 0,07
P3	0,94	95,75 <sup>b</sup> ± 4,79	46,5 <sup>bd</sup> ± 0,93	2,05 <sup>b</sup> ± 0,08
P4	0,89	93,64 <sup>b</sup> ± 3,24	45,0 <sup>bc</sup> ± 0,93	2,08 <sup>b</sup> ± 0,07
P5	0,93	95,85 <sup>b</sup> ± 2,83	46,75 <sup>bd</sup> ± 1,67	2,05 <sup>b</sup> ± 0,05

Promedio ± desviación estándar

<sup>abcd</sup> Superíndices con literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre grupos ( $p < 0,05$ ), según el método de Holm-Sidak

El volumen es uno de los principales indicadores de calidad en productos horneados como el muffin; proporciona información sobre el proceso de elaboración y los ingredientes utilizados en la formulación (Cauvain & Young, 2006). Respecto al volumen de los muffins evaluados, todas las

muestras presentaron un volumen menor que el control, excepto el grupo P2 ya que no presentó una diferencia estadísticamente significativa respecto al control. El tratamiento control presentó el mayor volumen, lo que se relaciona con una mayor incorporación de aire durante el batido, confirman-

do lo observado con los valores de gravedad específica de la masa de muffin.

Los resultados indican que la inclusión del agente impulsor (Nutriplus®) en las muestras (P4 y P5) no produce un efecto significativo en el volumen de los muffins ( $p > 0,05$ ).

Las muestras P1 y P2 muestran un mayor peso en los muffins a diferencia del resto de los grupos. Según Martínez-Cervera, et al. (2014), la mayoría de los sustitutos de azúcar tienden a estabilizarse varias horas después de salir del horno, pudiendo ser quizás más de 24 horas. A diferencia de las muestras P3 y P5 con adición de inulina, que presentaron menor peso, sabiendo que la inclusión de la fibra tiene mayor capacidad de retención de agua (Rodríguez-Cortés, 2016).

Para el volumen específico de los muffins horneados, el control (2,34 ml/g) resultó significativamente diferente, respecto a P1 (1,93 ml/g). Estos resultados indican que a excepción del control, en las diferentes formulaciones no se incorporó suficiente aire, sobretodo en P1. Esto coincide con lo

observado en los resultados de gravedad específica de la masa y volumen de los muffins.

En cuanto a la dureza de los muffins, en el cuadro 3 se observa que la sustitución del azúcar resultó en una mayor dureza en comparación con el tratamiento control. Además se observó que P2 y P3 obtuvieron valores similares de dureza. Ambas formulaciones redujeron su contenido de grasa pero, a P3 además se adicionó inulina. Este resultado comprueba que la adición de inulina logra un efecto similar a la margarina en la dureza del muffin (París, 2016).

La elasticidad y cohesividad son un indicador de la estructura interna del muffin, refiriéndose a la formación de una red tridimensional de proteínas (Kalinga & Mishra, 2009) e indican la altura que el muffin recupera después de ser mordido (París, 2016). Para las muestras evaluadas, los valores de elasticidad (cuadro 3) son similares entre la muestra control y el resto de las formulaciones aunque, la P5 que contiene edulcorantes, reducción de grasa, inulina e impulsor, obtuvo la mayor elasticidad lo cual, puede atribuirse al impulsor.

**Cuadro 3.** Resultados de análisis de perfil de textura (TPA) de las formulaciones muffins

Formulación	Dureza <sup>1</sup> (g)	Elasticidad <sup>2</sup>	Cohesividad <sup>2</sup>	Masticabilidad <sup>2</sup>
Control	640,58 <sup>c</sup> ± 55,69	0,71 <sup>ab</sup> ± 0,02	0,37 <sup>ab</sup> ± 0,01	161,87 <sup>ac</sup> ± 21,50
P1	921,42 <sup>a</sup> ± 43,78	0,59 <sup>b</sup> ± 0,02	0,24 <sup>c</sup> ± 0,01	134,24 <sup>c</sup> ± 12,64
P2	780,35 <sup>b</sup> ± 88,43	0,60 <sup>b</sup> ± 0,07	0,32 <sup>bc</sup> ± 0,07	149,50 <sup>bc</sup> ± 25,61
P3	760,13 <sup>a</sup> ± 275,65	0,65 <sup>bc</sup> ± 0,03	0,31 <sup>bc</sup> ± 0,01	155,94 <sup>bc</sup> ± 60,59
P4	595,33 <sup>c</sup> ± 45,98	0,77 <sup>ac</sup> ± 0,01	0,43 <sup>ab</sup> ± 0,01	201,67 <sup>ab</sup> ± 17,86
P5	721,65 <sup>b</sup> ± 22,79	0,83 <sup>a</sup> ± 0,01	0,44 <sup>a</sup> ± 0,01	267,36 <sup>a</sup> ± 8,63

Promedio ± desviación estándar

<sup>abc</sup> Superíndices diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) de acuerdo con el método de Holm-Sidak<sup>1</sup> y Dunn's<sup>2</sup>, respectivamente.

La cohesividad se relaciona con una mayor densidad en la estructura de la miga (Rodríguez, 2014). En los resultados se

observa que la P1 (0,24 ± 0,01) presentó el menor valor de cohesividad (cuadro 3) lo cual podría atribuirse a la cantidad de grasa

que contiene puesto que fue la preparación que mantuvo las concentraciones de la receta original. Parece haber diferencia entre los muffins del control y las fórmulas con polioles, sin embargo, al emplear la inulina como reemplazante de grasa, el valor aumenta. Esto se relaciona con una mayor densidad en la estructura de la miga, como lo reportó Rodríguez (2014), al reemplazar la grasa en distintas proporciones por inulina en bizcochos.

Respecto a la masticabilidad, se observan diferencias entre los grupos control, P1, P2 y P3, mientras que las muestras con el agente impulsor presentan los mayores valores. Por lo tanto, la masticabilidad del producto parece no ser afectada por el uso de los agentes de carga, ya que al tener menores valores se indica un menor esfuerzo en la mordida y masticación del producto contra el control, contrario a lo obtenido de las pruebas con inulina en las que aumenta considerablemente. Esto concuerda con lo observado en la masticabilidad de muffins bajo condiciones similares por Martínez-Cervera (2013).

El contenido de humedad (%) de los muffins reducidos en grasa (P2=35,03%; P4=35,51 %) fue mayor al del grupo control (29,09 %) mientras que, las muestras con inulina (P3=36,52 %; P5=37,09 %) tienen los mayores contenidos de humedad. Esto indica que las formulaciones con inulina presentan mayor retención de humedad tal

como lo indica Rodríguez-Cortés (2016). Por su parte P1 (31,13 %) en la que solo se modificó el tipo de edulcorante, presentó un valor similar al control.

Respecto a la actividad de agua, en promedio los muffins presentaron valores similares para todas las formulaciones (C=0,83; P1=0,84; P2=0,85; P3=0,85; P4=0,85; P5=0,85), por lo que no se observó diferencia estadísticamente significativa entre las formulaciones para este parámetro.

Los resultados sensoriales obtenidos de la prueba de aceptación se muestran en el cuadro 4. En el atributo textura, los participantes lo evaluaron dentro del rango 4,1 a 5,1 equivalente a “no me gusta ni me disgusta” y “me gusta”, observándose una menor aceptación en las formulaciones con inulina (P3 y P5) y la P4. Las muestras control, P1 y P2 se posicionan con valores similares entre sí, siendo esta última la mejor valorada.

Martínez-Cervera et al. (2014), encontraron calificaciones favorables cuando se utilizaron sorbitol y maltitol como sustitutos, por el dulzor y características que brindaron a los productos, en cambio el isomalt y el eritritol recibieron menor aceptación, por lo que la combinación de maltitol-isomalt en las formulaciones contribuyó a la aceptación de dichas formulaciones.

**Cuadro 4.** Resultados del análisis sensorial de aceptación por atributos de los muffins

Formulación	Textura <sup>1</sup>	Dulzor <sup>1</sup>	Color <sup>2</sup>	Apariencia <sup>1</sup>	Aceptación global
Control	4,8 <sup>ab</sup> ± 1.24	5,3 <sup>a</sup> ± 1.19	5,2 <sup>a</sup> ± 1.01	5,3 <sup>a</sup> ± 1.12	73 %
P1	4,9 <sup>ac</sup> ± 1.25	5,1 <sup>ac</sup> ± 1.18	5,4 <sup>a</sup> ± 0.92	5,2 <sup>a</sup> ± 1.10	73 %
P2	5,1 <sup>a</sup> ± 1.38	5,0 <sup>ab</sup> ± 1.06	5,4 <sup>a</sup> ± 1.05	5,3 <sup>a</sup> ± 1.23	74 %
P3	4,5 <sup>ab</sup> ± 1.23	4,5 <sup>bc</sup> ± 1.27	4,9 <sup>a</sup> ± 1.18	4,7 <sup>ab</sup> ± 1.42	66 %
P4	4,2 <sup>bc</sup> ± 1.19	4,2 <sup>b</sup> ± 1.17	5,3 <sup>a</sup> ± 1.13	4,8 <sup>ab</sup> ± 1.30	66 %
P5	4,1 <sup>b</sup> ± 1.45	4,5 <sup>bc</sup> ± 1.40	5,1 <sup>a</sup> ± 1.04	4,1 <sup>b</sup> ± 1.38	63 %

Promedio ± desviación estándar

<sup>abcd</sup> Superíndices con literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre grupos ( $p < 0,05$ ) según el método de Tukey<sup>1</sup> ( $p < 0,05$ ) y ANOVA por rangos<sup>2</sup> ( $p = 0,380$ ), respectivamente

Se deduce que la inclusión de inulina afectó en la percepción de la textura de los participantes, calificando como “duras” las muestras P3 y P5. Observaciones similares obtuvieron Zahn et al. (2013), al realizar el reemplazo de grasa por inulina al 50 % en muffins, afectando significativamente en la percepción del evaluador sobre el atributo de textura. Para el atributo dulzor la muestra control resultó con calificaciones más favorables, el resto a pesar de tener la misma cantidad de edulcorante no igualó el dulzor de la sacarosa de la muestra control, sin embargo, se puede observar una menor calificación nuevamente para las pruebas con inulina (P3 y P5).

El color fue el atributo que resultó con calificaciones similares entre todas las muestras, concluyendo que la mezcla de Polioles y el uso de inulina no afectan en este parámetro sensorialmente. Finalmente, la apariencia de los muffins se vio afectada principalmente en las fórmulas en las que se empleó inulina, resultando en pastelillos menos uniformes y por tanto de menor agrado visualmente para el consumidor tal como lo describe Rodríguez-Cortes (2016), por otro lado las muestras C, P1 y P2 obtuvieron valoraciones similares.

En el perfil descriptivo para el atributo textura se presentaron promedios similares entre la fórmulas control, P1 y P2 valoradas como de textura “suave”, no obstante, las

formulaciones en las que se utilizó inulina como reemplazante de grasa fueron calificadas como “duras” en comparación con el control esto concuerda con lo reportado por Martínez-Cervera (2013).

El comportamiento de la miga en las diferentes formulaciones se muestra en la figura 1. El grupo control presenta una miga uniforme con alveolos (poros) pequeños típicos de este tipo de masas batidas, mientras que los grupos P3 y P4 muestran alveolos grandes y no homogéneos por la presencia de inulina como reemplazante de grasa. De acuerdo con Rodríguez (2014), la incorporación de aire en la masa, puede encontrarse en la fase grasa o acuosa en forma de pequeñas burbujas dispersas, influenciada también por las proteínas del huevo y la adición de azúcar que modifica las propiedades reológicas de la masa para una mejor retención del aire incorporado.

Con respecto al color de la miga, las muestras P3 y P5 mostraron una coloración ligeramente un poco más oscura, mientras que el resto presentaron colores similares. La presencia de oxidantes químicos en general, producen una miga más blanca durante la cocción pero, esta coloración se ve influenciada por los ingredientes que enriquecen un producto de panificación (Martínez-Cervera, 2013; París, 2016).

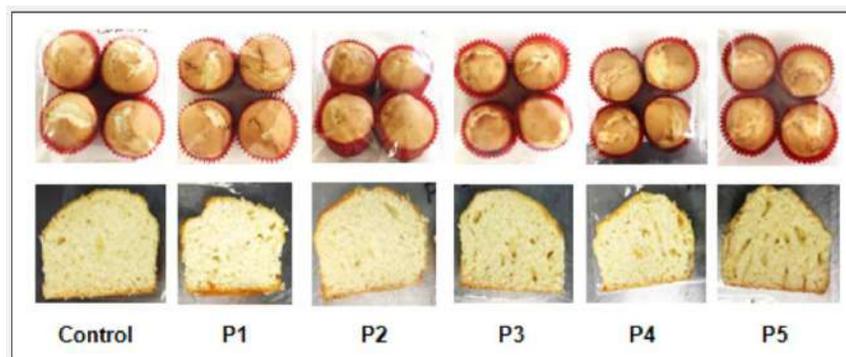


Figura 1. Miga de las formulaciones y su comportamiento

## Conclusiones

1. Se lograron desarrollar muffins con la sustitución de azúcar de mesa por una mezcla de edulcorantes y la reducción de grasa por inclusión de inulina.
2. La sustitución de la sacarosa por la mezcla de edulcorantes no afectó significativamente el volumen de los muffins aunque, su masticabilidad se incrementó con la sustitución de sacarosa por edulcorantes.
3. Las formulaciones en las que no se agregó inulina y solo se redujo la concentración de grasa con sustitución de azúcar por edulcorantes, no se vieron afectados ni el volumen ni la masticabilidad de los muffins.
4. El reemplazo del 30 % de grasa por inulina resultó en muffins de menor volumen y aceptación sensorial comparado contra el resto de los grupos. La humedad de los muffins también se afectó por la inclusión de inulina ya que retiene humedad y al ser una fibra, incrementa la dureza y masticabilidad del muffin. Además, al tener un mayor contenido de agua, reduce su vida de anaquel. Más estudios son requeridos para la optimización de la textura y de aspectos sensoriales del producto.

## Agradecimientos

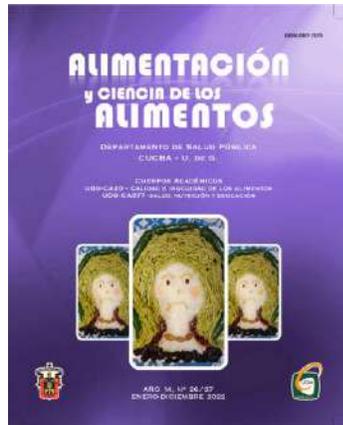
Los autores agradecen a Palsgaard Industrias de México S. de R.L. de C.V.<sup>®</sup> por las facilidades otorgadas para la realización de este proyecto, al M.C. Orlando Ramírez Gómez y al Ing. Daniel de León Trejo por su apoyo y disponibilidad dentro del laboratorio de panificación de Palsgaard<sup>®</sup>.

## Referencias

Almeida, L.E., Chang K.Y., & Steel, J.C. (2013). Dietary fibre sources in frozen part-baked bread: Influence on technological quality. *LWT - Food*

- Science and Technology*, 53 (1), 262-270. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.01.008>
- Cauvain, S. & Young, L. (2006). *Baked Products: Science, Technology and Practice*. (1 ed.). Oxford, Reino Unido: Blackwell Publishing. [https://books.google.co.cr/books?id=Gj1bKrE\\_tf8C&printsec=frontcover&source=gbs\\_atb#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.cr/books?id=Gj1bKrE_tf8C&printsec=frontcover&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false)
- Chavan, R.S., Khedkar, C.D. & Bhatt, S. (2016). Fat replacer. In: Caballero, B., Finglas, P., and Toldrá, F. (Eds.), *The Encyclopedia of Food and Health* vol. 2 (pp. 589-595). Oxford, Reino Unido: Academic Press. [https://www.researchgate.net/profile/Chandraprakash-Khedkar/publication/303674005\\_Fat\\_replacers/links/575664f008ae0405a57585b7/Fat-replacers.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Chandraprakash-Khedkar/publication/303674005_Fat_replacers/links/575664f008ae0405a57585b7/Fat-replacers.pdf)
- Cross, N. (2007). Muffins and Bagels. Chapter 15. In: H. Hui (Ed.), *Handbook of Food Products Manufacturing* (pp. 279-305). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470113554.ch15>
- Edelstein, S., Smith, K., Worthington, A., Gillis, N., Bruen, D., Hyung Kang, S., Ling Ho, W., Gilpin, K., Ackerman, J., & Guiducci, G. (2008). Comparisons of six new artificial sweetener gradation ratios with sucrose in conventional-method cupcakes resulting in best percentage substitution ratios. *Journal of Culinary Science & Technology*, 5, 61-74. [https://doi.org/10.1300/J385v05n04\\_05](https://doi.org/10.1300/J385v05n04_05)
- Franck, A. (2006). Inulin. In A. Stephen (Ed.), *Food Polysaccharides and Their Applications*. 2 ed. (pp. 335-352). Nueva York, USA: Marcel Dekker. <https://tngmai.files.wordpress.com/2012/10/food-polysaccharidestheirapplications.pdf>
- González, A.D. y Valencia, G.F.E. (2013). Evaluación del comportamiento de sustitutos de grasa y edulcorantes en la formulación de galletas light. *Journal of Engineering and Technology*, 2(1), 08-17. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/25040/1/ValenciaFrancia\\_2013\\_ComportamientoFormulacionGalletas.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/25040/1/ValenciaFrancia_2013_ComportamientoFormulacionGalletas.pdf)
- Kalinga, D. & Mishra, V.K. (2009). Rheological and physical properties of low fat cakes produced by addition of cereal b-glucan concentrates. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33(3), 384-400. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00260.x>
- Kearsley, M.W. & Deis, R.C. (2012). Maltitol Powder. In: K. O'Donnell & M.W. Kearsley (Ed.), *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology* (pp. 295-308). Oxford, Reino Unido:

- John Wiley & Sons, Ltd. [https://www.academia.edu/35200188/Sweeteners\\_and\\_Sugar\\_Alternatives\\_in\\_Food\\_Technology](https://www.academia.edu/35200188/Sweeteners_and_Sugar_Alternatives_in_Food_Technology)
- Krastanov, A., Blazheva, D., Yanakieva, I. & Kratchanova, M. (2006). Conversion of sucrose into palatinose in a batch and continuous processes by immobilized *Serratia plymuthica* cells. *Enzyme and Microbial Technology*, 39(6), 1306–1312. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2006.03.013>
- Martínez-Cervera, S. (2013). *Reemplazo de grasa y azúcar en magdalenas. Efecto sobre las propiedades reológicas, térmicas, de textura y sensoriales*. (Tesis Doctoral). Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, Universitat Politècnica de València, Valencia, España. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29394/TESIS%20DOCTORAL%20%20Sandra%20Martinez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez-Cervera, S., Salvador, A. & Sanz, T. (2014). Comparison of different polyols as total sucrose replacers in muffins: Thermal, rheological, texture and acceptability properties. *Food Hydrocolloids*, 35, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.07.016>
- Martínez-Cervera, S., Salvador, A., Sanz, T. & Fiszman, S.M. (2012). Rheological, textural and sensorial properties of low-sucrose muffins reformulated with sucralose/polydextrose. *LWT - Food Science and Technology*, 45(2), 213-220. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.08.001>
- París, M.E. (2016). *Impacto de la sustitución de grasa por fibra en la estructura de bizcochos*. (Tesis de Licenciatura). Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural, Universitat Politècnica de València, Valencia, España. <https://riunet.upv.es/handle/10251/66958>
- Rodríguez-Cortés, J. (2016). *Evaluación de inulina como reemplazante de grasa en tortas de bajo contenido calórico a través de la vida útil*. (Tesis de Maestría). Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. [https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57928/TG\\_V\\_20\\_08\\_2016%20%20FINAL%20Nov%202016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57928/TG_V_20_08_2016%20%20FINAL%20Nov%202016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rodríguez, J. (2014). *Reformulación de productos horneados para disminuir el contenido en grasa y azúcar mediante sustitución con inulina. Efectos sobre la estructura y propiedades físicas*. (Tesis Doctoral). Departamento de Tecnología de Alimentos, Universitat Politècnica de València, Valencia, España. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/37232>
- Sentko, A. & Willibald-Ettle, I. (2012). Sorbitol and Mannitol. In: K. O'Donell y M.W. Kearsley (Ed.), *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology* (pp. 397-415). Oxford, Reino Unido: John Wiley & Sons, Ltd. [https://www.academia.edu/35200188/Sweeteners\\_and\\_Sugar\\_Alternatives\\_in\\_Food\\_Technology](https://www.academia.edu/35200188/Sweeteners_and_Sugar_Alternatives_in_Food_Technology)
- Struck, S., Jaros, D., Brennan, C. & Rohm, H. (2014). Sugar replacement in sweetened bakery goods. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(9), 1963–1976. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12617>
- Vásquez, L. (2016). *El puré de papaya como sustituto de grasa en muffins*. (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de la Fraternidad de Agrupaciones Santo Tomas de Aquino. <https://1library.co/document/qodr31jz-pure-papaya-sustituto-grasa-muffins.html#fulltext-content>
- Wang, J., Rosell, C., & Benedito, C. (2002). Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry*, 79(2), 221-226. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00135-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00135-8)
- Zahn, S., Forker, A., Krügel, L. & Rohm, H. (2013). Combined use of rebaudioside A and fibres for partial sucrose replacement in muffins. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 695-701. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.026>



---

**Alimentación y  
Ciencia de los Alimentos**  
Año 3, N° 3  
enero-diciembre 2022

**Fotografía en portada:**  
*Nubia Guadalupe Alfaro Cárdenas*  
“Mamá me mira comer”

*Obra en foodart realizada en el curso*  
“Los alimentos en el arte”

**Diseño de portada:**  
*Erwin Astorga*

---

ISSN 2007-7076

