

# Ingeniería en Industrias Alimentarias

ISSN: En trámite

ENERO-JUNIO

Año 2/Núm. 1/2025

## Memorias del 2do Congreso Internacional Producción y Transformación de Alimentos para la Seguridad Alimentaria



### Áreas Temáticas

- Bioprocesos y biotecnología de alimentos
- Ingeniería de alimentos
- Ingeniería de procesos en alimentos
- Química de alimentos
- Seguridad alimentaria e inocuidad

## Directorio

Mtro. Ramón Jiménez López  
*Director General*  
*Tecnológico Nacional de México*

Ing. Raúl René Robles Lacayo  
*Director*  
*TecNM/I. T. Roque*

Mtra. Wendy Mondragón Moreno  
*Subdirectora Académica*  
*TecNM/I. T. Roque*

Mtro. Fernando Germán Flores Guillén  
*Subdirector Administrativo*  
*TecNM/I. T. Roque*

Mtro. Alejandro Guerrero Barrón  
*Subdirector de Planeación y Vinculación*  
*TecNM/I. T. Roque*

M. C. Violeta Herrera Enciso  
*Jefa del Departamento de Ingenierías*  
*TecNM/I. T. Roque*

## EDITORES

*Formadores:*

**Editor General**

Dr. Christian Oliver Díaz Ovalle

**Editor Ejecutivo**

Dr. Ahuizolt de Jesús Joaquín Ramos

## COMITÉ EDITORIAL

**Química de Alimentos**

Dr. José Alberto Gallegos Infante  
*TecNM/I.T. Durango, Durango, México*

**Bioprocesos y Biotecnología de Alimentos**

Dr. José Ángel Huerta Ocampo  
*Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo,*  
*A. C., Hermosillo, Sonora, México*

**Postcosecha y Tecnología Agroalimentaria**

Dra. María Janeth Rodríguez Roque  
*Universidad Autónoma de Chihuahua,*  
*Chihuahua, México*

**Seguridad e Inocuidad Alimentaria**

Dra. Montserrat Hernández Iturriaga  
*Universidad Autónoma de Querétaro,*  
*Querétaro, México*

**Revista de Ingeniería en Industrias Alimentarias**, año 2, núm. 1, enero-junio de 2025, es una publicación semestral editada por el Tecnológico Nacional de México, Av. Universidad No.1200, Col. Xoco, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 033305, Ciudad de México, Teléfono 5536002511 Ext. 65092. Página electrónica de la revista: <http://www.revistaiia.mx/>. Correo electrónico: [riia.editor@roque.tecnm.mx](mailto:riia.editor@roque.tecnm.mx). Editor Responsable: Dr. Christian Oliver Díaz Ovalle. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. **04-2023-122017411500-102**, ISSN: **(en trámite)**, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Ing. Christian Ulises Hernández Montoya, Departamento de Comunicación y Difusión, Instituto Tecnológico de Roque, Km. 8.0 carretera Celaya-Juventino Rosas, C.P. 38124, Celaya, Guanajuato, México, fecha de última modificación: 06 de enero de 2025. Tamaño del archivo 4,081 KB.

El objetivo de la Revista de Ingeniería en Industrias Alimentarias es generar un espacio para la difusión de conocimiento científico, tendencias y novedades en la tecnología y ciencia de los alimentos, el aprendizaje y difusión en los avances de la industria alimentaria.

La revista acepta, para publicación en español e inglés, artículos de: divulgación, difusión, avance técnico-científico, revisión, educación y opinión de expertos. Estos son sometidos a revisión editorial y de lenguaje. Se aplicará arbitraje por pares a los artículos científicos y artículos de revisión, el proceso de evaluación del artículo guardará estrictamente el anonimato y el contenido es responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la postura de los editores de la publicación. Se autoriza la reproducción parcial o total de los contenidos e imágenes de la publicación con crédito de la fuente.

# EDITORIAL

Antes de adoptar una vida sedentaria, el hombre fue acumulando conocimiento empírico en la conservación y transformación de sus alimentos para una disposición adecuada en periodos de escasez. A medida que evolucionaba, también, el hombre fue obteniendo conocimiento teórico para aplicar la ciencia y la tecnología en la preservación de los alimentos, lo cual ha concluido en su producción industrial. Hoy en día, la Seguridad Alimentaria es la continuación de esa evolución debido al incremento en la población mundial y su demanda de alimentos, lo cual ha llamado la atención en la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Lo anterior requiere la optimización de los recursos usados en la cadena productiva, en las tecnologías de conservación y en la distribución de alimentos. Afortunadamente, las estrategias de solución son posibles al compartir avances tecnológicos y académicos en espacios de difusión.

El 2do Congreso Internacional Producción y Transformación de Alimentos para la Seguridad Alimentaria fue un espacio de difusión enfocado en reunir a los sectores académico y privado, donde ambos compartieron experiencias y conocimientos aplicados en la Industria Alimentaria. Los trabajos presentados son evidencia de este evento, el cual abordó una gran variedad de temas como la aplicación de tecnologías emergente en la conservación de alimentos y la búsqueda de aditivos naturales. Por otra parte, las conferencias recibidas describieron las nuevas tendencias en investigación a nivel mundial bajo tecnología vanguardista, como la proteómica y la inteligencia artificial. Incluso, una diversidad de ideas fue planteada para mejorar el desarrollo de alimentos bajo procesos industriales óptimos, una la legislación reforzada en la inocuidad y una estrategia para garantizar altos niveles de calidad en los alimentos.

Con este evento, el Tecnológico Nacional de México/I.T. de Roque reconoce la importancia que tienen el sector alimentario dentro de la agenda agroalimentaria nacional y mundial. Esto fue manifiesto con el apoyo brindado a los comités, organizador y técnico, a través de las actividades in situ y la publicación de las Memorias con este número de la Revista de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Por lo cual, los asistentes e interesados podrán acceder y extender esta información para impulsar el avance científico y de innovación tecnológica en la Industria de Alimentos a nivel nacional y mundial. No queda más que agradecer a cada uno de los involucrados en el desarrollo de este evento.

Christian Oliver Díaz Ovalle  
Ahuitzolt de Jesús Joaquín Ramos  
**Editores**

# Reseña

Del 17 al 20 de septiembre de 2024, el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Roque desarrolló, en las instalaciones del Centro Nacional de Innovación Educativa y Desarrollo Docente, el 2do Congreso Internacional Producción y Transformación de Alimentos para la Seguridad Alimentaria, con la finalidad de difundir el conocimiento científico generado en materia de ciencia y tecnología aplicada a la producción industrial de alimentos. A este evento, cerca de 200 participantes concurren provenientes de diversas instituciones reconocidas como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Universidad Iberoamericana, Universidad Autónoma de Querétaro, CINVESTAV-Querétaro, Universidad de Guanajuato, Universidad Politécnica de Pénjamo, Instituto Tecnológico Superior de Tierrablanca, Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato e Instituto Tecnológico de Celaya.

En este evento, las áreas temáticas tratadas fueron Química de Alimentos, Ingeniería de Alimentos, Seguridad Alimentaria, Bioprocesos y Biotecnología de Alimentos, Ingeniería de Procesos en Alimentos y Enseñanza en la Ingeniería de Alimentos. Así, un total de 39 trabajos libres fueron presentados en modalidad oral (12 trabajos) y modalidad cartel (27 trabajos); de los cuales, estas memorias contienen 26 trabajos. Adicionalmente, el congreso presentó 12 conferencias de investigadores reconocidos por su trayectoria e innovación científica, las cuales fueron 4 magistrales y 8 plenarias, impartidas por los investigadores:

- Dr. Carlos Regalado González, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, trató el tema de “Valorización del bagazo de agave como ingrediente de la masa madre inoculada con *Lactococcus lactis* NRRL B-50307”.
- Dr. Gerónimo Arámbula Villa, CINVESTAV-Unidad Querétaro, describió donde la ciencia y la tecnología aplicada en la producción de tortilla y productos a partir de masa de maíz nixtamalizado, una parte cultural importante del mexicano. La conferencia enfatizó la importancia de desarrollar una tecnología aplicada a la producción de patentes y formación de recursos humanos.
- Dr. Alejandro Castillo, Texas A&M University at College Station, describió las políticas relacionadas con la calidad e inocuidad alimentarias bajo el tema “Legislación y política internacional en inocuidad alimentaria”, la cual es producto de su experiencia y participación en diversos comités internacionales enfocados a la legislación alimentaria.
- Dra. Monserrat Hernández Iturriaga, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, habló de la importancia de desarrollar un método eficiente de rastreo de patógenos de alimentos en ambientes de producción de alimentos para la identificación adecuada de las fuentes de contaminación a lo largo de las cadenas de producción y desarrollo de planes preventivos de inocuidad.

Las conferencias plenarias correspondieron a investigadores reconocidos en distintas áreas de la ciencia, los cuales han contribuido con investigaciones trascendentes en el área de alimentos. Los trabajos presentados fueron:

- Dr. Luis Fabian Fuentes Cortés, Département Systèmes Energétiques et Environnement, IMT Atlantique, Francia, describió la aplicación de la programación mixta entera no-lineal en la optimización de sistemas de generación multi-producto en plantas de procesos de alimentos para minimizar el costo del sistema, la producción de emisiones, el consumo de agua y de energía.
- Dr. José Ángel Huerta Ocampo, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Hermosillo, Sonora, demostró el uso de la proteómica para asegurar la calidad de productos alimenticios e identificar alimentos implicados en fraude alimentario, como mariscos contaminados con patógenos de humanos.
- Dra. Fabiola de León Galván, División de Ciencias de la Vida, Departamento de Alimentos, Universidad de Guanajuato, mostró la obtención de péptidos con actividad biológica a partir de subproductos de la industria alimentaria, como el caso de suero de leche. Este trabajo indicó la actividad biológica de los péptidos en la inhibición de enzimas relacionadas con el padecimiento de enfermedades crónico-degenerativas y el uso de la microencapsulación enfocada a mejorar la estabilidad de péptidos bioactivos para mejorar la asimilación de estos compuestos por el consumidor.
- Dra. Rebeca Monroy Torres, Departamento de Medicina y Nutrición, Universidad de Guanajuato, en su conferencia “El fraude alimentario y sus impactos en la seguridad alimentaria”, relacionó los requisitos necesarios en los alimentos, como disponibilidad, accesibilidad, estabilidad, consumo y uso biológico, con la ley general de salud referente a la alteración o modificación de un producto o materia y su impacto en la salud del consumidor.
- Dr. Gilberto Rodríguez Pérez, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, resaltó la importancia del sector agrícola en la seguridad alimentaria del país.

También es importante destacar la participación del sector privado en las conferencias plenarias:

- Dra. Gilda Zacarías Aboytes, Sodif S. A. de C. V., resaltó la importancia de la diversificación del maíz como un área de oportunidad para la innovación en productos a base de este cereal ancestral.
- M. C. Víctor Miguel García Moreno, Coseci Agro S.C., indicó los diferentes entes de gobierno involucrados en la legislación alimentaria y los caminos que se deben de seguir para lograr certificaciones y normas que rigen la industria alimentaria en México.
- Dr. Javier Arroyo Solís, fundador de la empresa Procesadora de Agave Pénjamo S. A. y egresado de I.T. Roque, hizo notar las bondades del tequila y las áreas de oportunidad existentes en la producción de este destilado.

La infraestructura de la institución sede fue suficiente para impartir los talleres: Bebidas Fermentadas, Simulación de Fluidos en Alimentos, Elaboración de Cerveza Artesanal, Fundamento de Limpieza y Desinfección Industria y Taller de Frutas. Un total de 60 participantes acudieron a todos los talleres con intereses académicos y profesionales como la oficina de Desarrollo Económico del Municipio de Celaya y ANSYS México. Por otra parte, una actividad de cierre fue la charla con egresados de la carrera de Ingeniería e industrias alimentarias del I.T. Roque, quienes hablaron de los retos que enfrentaron al salir al campo laboral y las habilidades que deben cultivar los estudiantes durante y después de sus estudios.

Al final de las actividades del 2do Congreso Internacional Producción y Transformación de Alimentos para la Seguridad Alimentaria fueron generados vínculos de colaboración y la difusión del conocimiento científico y tecnológico en los sectores público y privado participantes. Los esperamos el siguiente año en el 3er Congreso Internacional Producción y Transformación de Alimentos para la Seguridad Alimentaria.

El Comité Organizador y el Comité Técnico agradecen el apoyo brindado por la Administración del Tecnológico Nacional de México/I.T. de Roque, al personal de Recursos Materiales y Servicios, Fomento Productivo, miembros de la Academia de Ingenierías y al equipo de estudiantes que conformaron el staff.

Dr. Ahuizolt de Jesús Joaquín Ramos  
Presidente del Comité Técnico

# CONTENIDO

## Bioprocesos y Biotecnología de Alimentos

**Evaluación de la actividad antioxidante de nanopartículas de plata y de los extractos etanólicos de flor y hoja de *Delonix regia* empleados para su síntesis** 1

Karen M. Valencia-Rodríguez, Ahuiztolt de J. Joaquín-Ramos, María G. Gómez-Espinoza, Miguel Á. Guzmán-Altamirano y Juan G. Ramírez-Pimentel

**Cuantificación de las fracciones proteicas del extracto de *Argemone mexicana* L.** 5

Daniel Augusto Jiménez-Paredes, José Luis Zárate-Castrejón, Juan Carlos Raya-Pérez, Juan Gabriel Ramírez-Pimentel y César Leobardo Aguirre-Mancilla

**Efecto de la sustitución de grasas vegetales hidrogenadas (shortening) por oleogeles en pan tipo pastel sobre sus propiedades fisicoquímicas** 9

Bryan Ochoa-Martínez, Elizabeth C. Varela-Santos, Gilda Avendaño-Vásquez, Karen A. Vargas-García

**Actividad proteolítica e inhibitoria del extracto de *Argemone mexicana* L.** 14

Daniel Augusto Jiménez-Paredes, José Luis Zárate-Castrejón, Juan Gabriel Ramírez-Pimentel, Juan Carlos Raya-Pérez, César Leobardo Aguirre-Mancilla

**Selección de oligonucleótidos para la amplificación de un inhibidor de proteasas de semilla de chan (*Hyptis suaveolens* L.)** 18

Diana C. García-González, Glenda M. Gutiérrez-Benicio, J. Gabriel Ramírez-Pimentel, Eduardo García González, César L. Aguirre-Mancilla

**Estudio preliminar del crecimiento de *Chlorella vulgaris* como fuente alternativa de proteínas en la industria alimentaria** 21

Emmanuel Patiño-Almanza, Juan Gabriel Ramírez-Pimentel, Carlos Alberto Flores-Gómez

## Ingeniería de Alimentos

**Elaboración de cerveza a partir de cebada y garbanzo** 26

María Rocío Pacheco-Girón, Estéfana Alvarado-Bárceñas, Chablé-Moreno Francisco, Juan Carlos Raya-Pérez

**Evaluación de las propiedades reológicas y la actividad microbiana a un queso fresco elaborado con la asistencia de pulsos ultrasónicos** 30

Yohana Alicia Burboa-Márquez, Maritza Noemi Valdenebro-González, Francisco Cadena-Cadena, Ofelda Peñuelas-Rubio, Joe Luis Arias-Moscoso

**Caracterización tecnofuncional de oleogel como sustituto de grasas saturadas trans en una línea de procesamiento industrial de galletas** 35

Paola Rivera-González, Mayra Victoria-Campos, María Azucena Rocha-Mendoza, y Everardo Mares-Mares

<b>Uso de un extracto antioxidante para evitar el oscurecimiento de la pulpa de aguacate</b>	39
María Guadalupe Herrera-Hernández, Salvador Horacio Guzmán-Maldonado, José Luis Pons-Hernández	
<b>Elaboración de galletas como complemento nutrimental con harina de bagazo de vino tinto y amaranto</b>	43
Erika Ramos-Ojeda, Christopher Alesandro Lara-Capulín, Fabiola Herrera-Enciso, Laura Isabel Pérez-García, María Victoria Rodríguez-García	
<b>Análisis del impacto de hidrocoloides en harina de maíz nixtamalizado para elaborar tortillas</b>	47
Ahuíztotl De Jesús Joaquín-Ramos, María de Jesús Andrade-Vargas, Gilda Zacarías-Aboytes, Blanca Esthefania Aguilera-Saucedo	
<b>Evaluación de tostadas elaboradas con bagazo de malta</b>	53
Violeta Herrera-Enciso, Erika Ramos-Ojeda, Abril de María Montesinos-Bernal, Susana E. Altamirano-Romo, Fabiola Herrera-Enciso	
<b>Formulación, y evaluación sensorial de gelatina adicionada con probiótico <i>Lactobacillus paracasei</i></b>	57
Abril de María Montesinos Bernal, Violeta Herrera Enciso, Fabiola Herrera Enciso, Diana Minerva Guerra Pérez	
<b>Ingeniería de Procesos en Alimentos</b>	
<b>CFD study of turbulence in an experimental spray dryer</b>	61
María José Ramírez-Rivera, Christian O. Díaz-Ovalle, Ahuíztotl de Jesús Joaquín-Ramos, Juan Gabriel Ramírez-Pimentel	
<b>Extracción de polifenoles y flavonoles de cacao (<i>Theobroma cacao</i>) natural</b>	67
Fabiola Herrera-Enciso, Omar A. Casique-Zavala, Erika Ramos-Ojeda, Christian O. Díaz-Ovalle	
<b>Química de Alimentos</b>	
<b>Análisis fisicoquímico y sensorial de una cerveza artesanal afrutada adicionada con jugo de granada</b>	71
Patricia López-Perea, Aldair Alejandro Meza-Santiago, María Guadalupe Herrera-Hernández, Erick Alfredo Zúñiga-Estrada	
<b>Caracterización bromatológica y microbiológica de una salsa chimichurri elaborada con chile de árbol</b>	76
Alejandra Guadalupe Cerrito-Hortelano, Luis A. Noriega-González, Carlos A. Flores-Gómez, Ma. Maricela Caballero-Palacio, Ma. Cristina Vázquez-Hernández	
<b>Formulación y evaluación de pan enriquecido con harina de calabaza (<i>Cucurbita maxima</i>) y de camote morado (<i>Ipomoea batatas</i>)</b>	80
Alexa Tapia-Pérez de Lara, Rosa María Mariscal-Moreno y María Cristina Vázquez-Hernández	
<b>Análisis sensorial, fisicoquímico y biofuncional de la zarzamora (<i>Rubus sp.</i>) var. fenomenal</b>	86
Cynthia Teresa Lara-García, Jaime Silva-Ramírez, Rita Miranda-Lopez	

<b>Efecto del desgrasado de harina de semilla de parota en la composición de las diferentes fracciones proteicas</b>	93
Daniel Alberto Mendoza-García, Jesús Rubén Rodríguez-Núñez, Juan Carlos Raya-Pérez, Cesar Leobardo Aguirre Mancilla	
<b>Potencial de la avena y nopal para el desarrollo de pastas tipo fettuccine</b>	98
Susana A. Altamirano-Romo, Diana M. Guerra-Pérez, Violeta Herrera-Enciso, Jorge Gutiérrez-Tlahque	
<b>Calidad fisicoquímica en granos de maíz amarillo y blanco con enfoque a la industria alimentaria</b>	103
Silvia Nayely García-Venegas, Mariano Mendoza Elos, Francisco Cervantes Ortiz, Gilberto Rodríguez Pérez	
<b>Producción de pan con ingredientes no convencionales</b>	106
Carla Andrea Moreno-García, Rosa María Mariscal-Moreno, María Cristina Vázquez-Hernández	
<b>Desarrollo de una pasta integral hecha a base de harina de mijo y mezquite</b>	111
Susana E. Altamirano-Romo, Jorge Gutiérrez-Tlahque, Martha Rubio-Jaime, Abril de María Montesinos-Bernal	
<b>Seguridad Alimentaria e Inocuidad</b>	
<b>Factores morfológicos en condiciones limitantes de agua en frijol</b>	117
Jenny Rodríguez-Rodríguez, Glenda M. Gutiérrez-Benicio, Gabriela González-González, Liliana Gasca-Valadez, César L. Aguirre-Mancilla	
<b>Avances y perspectivas de los recubrimientos comestibles en la industria alimentaria</b>	123
María Victoria Rodríguez García y Laura Isabel Pérez García	
<b>Efecto desinfectante del peróxido de hidrógeno sobre el virus rugoso del tomate (ToBRFV) en cajas de tomate</b>	128
María Guadalupe Acosta Acosta, Laura Isabel Pérez García, María Victoria Rodríguez García, Erika Ramos Ojeda	

## BIOPROCESOS Y BIOTECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

### EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA Y DE LOS EXTRACTOS ETANÓLICOS DE FLOR Y HOJA DE *Delonix regia* EMPLEADOS PARA SU SÍNTESIS

Karen M. Valencia-Rodríguez<sup>1, \*</sup>, Ahuizolt de J. Joaquín-Ramos<sup>2</sup>, María G. Gómez-Espinoza<sup>3</sup>, Miguel Á. Guzmán-Altamirano<sup>4</sup>, y Juan G. Ramírez-Pimentel<sup>1</sup>

#### Resumen

Las nanopartículas de plata (AgNps) son ampliamente reconocidas por poseer una importante actividad antimicrobiana teniendo aplicación principalmente en el área médica y alimentaria. Recientemente el método de síntesis verde fue incorporado a los métodos de síntesis de nanopartículas, pues es considerado un proceso rentable y ecológico. Una de las alternativas de esta propuesta es usar extractos vegetales como bioreductores, de tal forma que los extractos desempeñan un papel fundamental en la formación de las nanopartículas y que su capacidad antioxidante probablemente tenga influencia significativa en las características y la eficiencia biológica de las nanopartículas, así como en el rendimiento del proceso de síntesis. El objetivo de este estudio fue evaluar la actividad antioxidante de los extractos etanólicos de flor y hoja de *Delonix regia* y de las AgNps mediadas con los mismos. Los resultados indicaron que tanto los extractos como las AgNps poseían una importante actividad antioxidante.

**Palabras claves:** Nanopartículas, AgNps, Síntesis verde, Actividad antioxidante.

#### Abstract

Silver nanoparticles (AgNps) are widely recognized for their significant antimicrobial activity, and are mainly used in the medical and food sectors. Recently, a so-called "green" method has been incorporated into nanoparticle synthesis methods, which is recognized as a cost-effective and environmentally friendly process. The plant extracts are used as bioreducers, so the extracts became in a fundamental key for the synthesis of nanoparticles, where their antioxidant capacity has a significant influence on the characteristics and biological efficiency of nanoparticles, as well as on the performance of the synthesis process. The objective of this study was to evaluate the antioxidant activity of ethanolic extracts of *Delonix regia* flower and leaf and AgNps mediated with them. The results indicated that both the extracts and the AgNps had significant antioxidant activity.

**Keywords:** Nanoparticles, AgNps, Green synthesis, Antioxidant activity

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación; <sup>2</sup>Departamento de ingenierías, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas km 8, Celaya, Guanajuato, CP 38110, México.  
<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Politécnica de Pénjamo, Carretera Irapuato - La Piedad km 44, El Derramadero. Pénjamo, Guanajuato, CP 36921, México.  
<sup>4</sup>Departamento de Ing. mecatrónica, Tecnológico Nacional de México/ITS Irapuato, Carretera Irapuato-Silao km.12.5, Col. El Copal, Irapuato, Guanajuato, CP 36821, México.  
\*Autor de correspondencia: [m23980118@roque.tecnm.mx](mailto:m23980118@roque.tecnm.mx)

## 1. Introducción

La nanotecnología a través de los años se ha hecho presente en diversos campos científicos e industriales transformándose en una ciencia de amplio alcance y un importante campo de estudio. Lo interesante de esta tecnología consiste en que al reducir a un tamaño diminuto la materia se genera nuevas y mejores propiedades (Malik et al., 2023).

Las AgNps han mostrado poseer propiedades antioxidantes, catalíticas, eléctricas y ópticas excepcionales. Sin embargo, es su capacidad de inhibir el crecimiento de múltiples microorganismos lo que las ha llevado a ser ampliamente investigadas (Bruna et al., 2021). Algunas de las aplicaciones prácticas que se han realizado para explotar las fascinantes propiedades de las AgNps incluyen terapias antibacterianas y anticancerígenas, desinfección de agua, envases de alimentos, purificación de aire, terapias antifúngicas y antivirales, terapias antiinflamatorias, cicatrización de heridas y otras aplicaciones clínicas, farmacéuticas y en productos de consumo (Deshmukh et al., 2019).

La síntesis verde de nanopartículas es considerada un método prometedor que podría sustituir la síntesis por métodos convencionales, pues el uso de agentes reductores naturales supera limitaciones como el alto gasto energético y el uso de reactivos tóxicos para la salud humana y el medio ambiente atribuidas a los métodos físicos y químicos (Lee y Jun, 2019). El uso de extractos vegetales para la obtención de nanopartículas metálicas es una de las propuestas más populares tomando en cuenta que proporciona una amplia variedad de agentes reductores altamente eficientes, respetuosos con el medio ambiente y rentables, gracias a la rica variedad de especies vegetales y el importante contenido de fitoquímicos del extracto (Malik et al., 2022; Vera & col., 2023).

Hasta ahora se ha sugerido que los compuestos fenólicos son los protagonistas en la síntesis mediada por plantas, pues su importante actividad antioxidante les permite actuar como agentes reductores y estabilizadores durante la formación de las nanopartículas. Por lo antes mencionado, definir la fuente vegetal ideal es uno de los pasos determinantes para la obtención de nanopartículas (Vera et al., 2023). En este contexto varios científicos han documentado que el uso de extractos con composiciones diferentes y por consiguiente con un potencial antioxidante variable puede tener influencia en las características, la estabilidad y la eficiencia biológica de las

nanopartículas, así como en el rendimiento del proceso de síntesis (Stozhko et al., 2019).

Las AgNps tienen posibilidad de ser usadas con éxito en tratamientos contra el cáncer o enfermedades degenerativas como el Alzheimer gracias a su capacidad de prevenir o retardar el daño oxidativo de las células, dicho de otra forma, gracias a su capacidad antioxidante. De manera que conocer la actividad antioxidante de estos nanomateriales ayudaría a determinar sus posibles aplicaciones potenciales (Bedlovičová et al., 2020). Basados en el papel fundamental que tiene la actividad antioxidante de los extractos y de las AgNps, el objetivo de este estudio fue evaluar la actividad antioxidante de los extractos etanólicos de flor y hoja de *Delonix regia* y de las AgNps mediadas con los mismos.

## 2. Metodología

Fueron pesados 0.15 g de muestra en un tubo eppendorf de 2 mL a los cuales se les agregó 1.5 mL de metanol absoluto, posteriormente los tubos fueron sonificados por 30 minutos. Transcurrido el tiempo los tubos fueron centrifugados a 5000 rpm durante 10 min a 4°C. Concluido lo anterior, la pastilla formada fue desechada y se recuperó el sobrenadante para almacenarlo a 4°C en ausencia de luz hasta su uso.

Fueron preparadas diluciones de concentraciones de 0,100, 200, 300, 400, 500, 600, 700 y 800  $\mu$ Molar de Trolox, posteriormente en una microplaca fueron colocados 20  $\mu$ L de cada dilución más 280  $\mu$ L del radical correspondiente según la metodología trabajada en el momento. La medición se realizó después de 30 minutos de reposo a 517 nm para DPPH y después de 6 minutos de reposo a 734 nm para ABTS. Cada dilución se evaluó por triplicado.

Cada muestra fue evaluada por triplicado. En un pocillo de microplaca se agregaron 20  $\mu$ L de cada muestra y 280  $\mu$ L de solución DPPH o ABTS, según correspondiera. La lectura fue realizada después de 30 minutos de reposo a 517 nm para DPPH y después de 6 minutos de reposo a 734 nm para ABTS y en ausencia de la luz. El porcentaje de inhibición de los radicales fue calculado siguiendo la siguiente relación:  $\%Inh = (A_0 - A_M) / A_0$ , donde:  $\%Inh$ , porcentaje de inhibición;  $A_0$ , absorbancia del blanco;  $A_M$ , Absorbancia de la muestra.

## 3. Resultados

Todas las muestras exhibieron el mismo comportamiento en ambas pruebas. Los hallazgos obtenidos revelaron el extracto mediado con flor de

*Delonix regia* poseía la mayor actividad antioxidante (Figura 1). Vera et al. (2023) establecieron que propiedades de las nanopartículas como el tamaño, el índice de polidispersidad, el potencial  $\zeta$  y el rendimiento de la síntesis son dependientes de la planta utilizada para la obtención del extracto. Demostrado que el extracto con el potencial antioxidante más alto resultó ser el mejor candidato para la síntesis de nanopartículas metálicas. De manera similar Stozhko et al. (2019) manifestaron que un aumento en la capacidad antioxidante del extracto conduce a un aumento en la tasa de formación de las nanopartículas, disminuye el tamaño de las partículas formadas y aumenta su estabilidad. En este contexto los extractos de plantas con alta actividad antioxidante permiten obtener las nanopartículas con mejores características, lo que se puede atribuir a que la actividad antioxidante es proporcional a la cantidad de compuestos fenólicos presentes en el extracto, por lo que a mayor actividad antioxidante mayor será la cantidad de compuestos

fenólicos que participen en el proceso de síntesis haciéndolo más eficiente.

La actividad antioxidante mejorada de las AgNps en comparación con los extractos se asocia a que los iones de plata y los fitoquímicos que forman un recubrimiento sobre la nanopartícula podrían funcionar como antioxidantes (Demirbas et al., 2016). De manera similar Kúp et al. (2020) reportaron que una mayor capacidad antioxidante de las nanopartículas era posible gracias a la adsorción de compuestos orgánicos activos provenientes del extracto en la superficie de las nanopartículas. En este caso las AgNps mediadas con flor exhibieron la mayor actividad antioxidante (Figura 1), comportamiento que resulta lógico al ser sintetizadas con el extracto con mayor contenido de compuestos bioactivos disponibles para formar el recubrimiento sobre la superficie de la nanopartícula que tiene influencia en la actividad antioxidante del nanomaterial

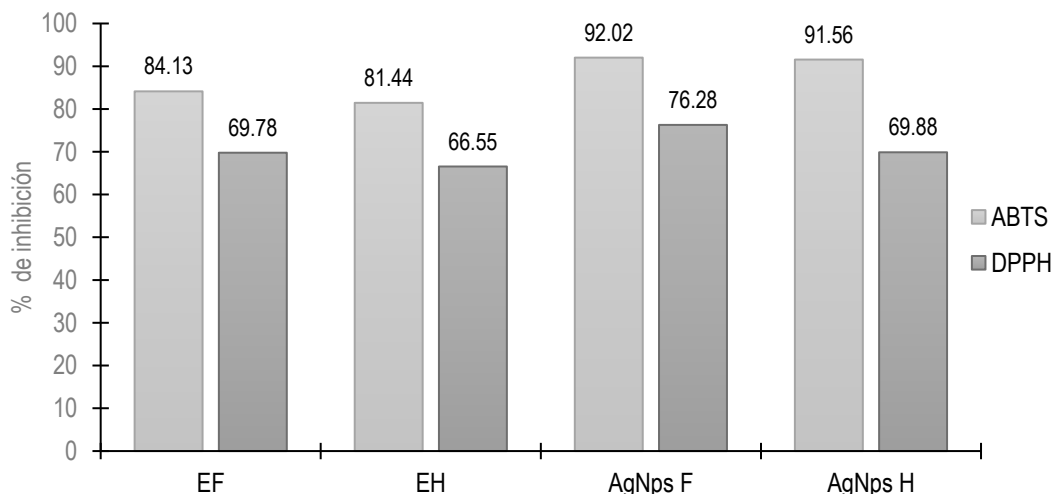


Figura 1. Porcentaje de inhibición de los radicales ABTS $\cdot$  y DPPH $\cdot$  de los extractos y las AgNps sintetizadas con extractos de *Delonix regia*. EF: Extracto flor; EH: Extracto Hoja; AgNps F: Nanopartículas de plata mediadas con extracto de flor; AgNps H: Nanopartículas de plata mediadas con extracto de hoja.

#### 4. Conclusiones

Los hallazgos de esta investigación revelan que la actividad antioxidante de los extractos dependerá de la planta y de la parte de la planta de donde provienen. Se determinó que es importante conocer la actividad antioxidante de los extractos utilizados como biomedicadores en la síntesis de nanopartículas pues es uno de los factores que determinaran en gran medida

las características y propiedades de las nanopartículas, así como en el rendimiento del proceso de producción. Se concluyó que las propiedades antioxidantes de las AgNps están condicionadas por la composición del extracto, y, por lo tanto, del potencial antioxidante del mismo. Conocer la actividad antioxidante de las AgNps contribuye a definir sus aplicaciones potenciales, pues AgNps con actividad antioxidante alta son una

alternativa para terapias anticancerígenas y contra enfermedades degenerativas.

### Referencias

- Bedlovičová, Z., Strapáč, I., Baláž, M., & Salayová, A. (2020). A brief overview on antioxidant activity determination of silver nanoparticles. *Molecules*, 25(14), 3191-3215  
DOI: 10.3390/molecules25143191.
- Bruna, T., Maldonado-Bravo, F., Jara, P., & Caro, N. (2021). Silver nanoparticles and their antibacterial applications. *International journal of molecular sciences*, 22(13), 7202-7223.  
DOI: 10.3390/ijms22137202].
- Demirbas, A., Welt, B.A., y Ocsoy, I. (2016). Biosynthesis of red cabbage extract directed Ag NPs and their effect on the loss of antioxidant activity. *Materials Letters*, 179, 20-23.  
DOI: 10.1016/j.matlet.2016.05.056
- Deshmukh, S.P., Patil, S.M., Mullani, S.B., y Delekar, S.D. (2019). Silver nanoparticles as an effective disinfectant: A review. *Materials Science and Engineering: C*, 97, 954-965.  
DOI: 10.1016/j.msec.2018.12.102]
- Küp, F.Ö., Çoşkunçay, S., y Duman, F. (2020). Biosynthesis of silver nanoparticles using leaf extract of *Aesculus hippocastanum* (horse chestnut): Evaluation of their antibacterial, antioxidant and drug release system activities. *Materials Science and Engineering: C*, 107, 110207.  
DOI: 10.1016/j.msec.2019.110207.
- Lee, S.H., & Jun, B.H. (2019). Silver nanoparticles: synthesis and application for nanomedicine. *International journal of molecular sciences*, 20(4), 865-889.  
DOI: 10.3390/ijms20040865.
- Malik, M., Iqbal, M.A., Malik, M., Raza, M.A., Shahid, W., et al. (2022). Biosynthesis and Characterizations of Silver Nanoparticles from *Annona squamosa* Leaf and Fruit Extracts for Size-Dependent Biomedical Applications. *Nanomaterials*, 12(4), 616-631.  
DOI: 10.3390/nano12040616.
- Malik, S., Muhammad, K., y Waheed, Y. (2023). Nanotechnology: A revolution in modern industry. *Molecules*, 28(2), 661-687.  
DOI: 10.3390/molecules28020661.
- Stozhko, N.Y., Bukharinova, M.A., Khamzina, E.I., Tarasov, A.V., Vidrevich, M.B., y Brainina, K.Z. (2019). The Effect of the Antioxidant Activity of Plant Extracts on the Properties of Gold Nanoparticles. *Nanomaterials*, 9(12), 1655-1671.  
DOI: 10.3390/nano9121655.
- Vera, J., Herrera, W., Hermosilla, E., Díaz, M., Parada, J., et al. (2023). Antioxidant activity as an indicator of the efficiency of plant extract-mediated synthesis of zinc oxide nanoparticles. *Antioxidants*, 12(4), 784-804.  
DOI: 10.3390/antiox12040784.

## BIOPROCESOS Y BIOTECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

### CUANTIFICACIÓN DE LAS FRACCIONES PROTEICAS DEL EXTRACTO DE *Argemone mexicana* L.

Daniel Augusto Jiménez-Paredes<sup>1\*</sup>, José Luis Zárate-Castrejón<sup>2</sup>, Juan Carlos Raya-Pérez<sup>1</sup>, Juan Gabriel Ramírez-Pimentel<sup>1</sup>, César Leobardo Aguirre-Mancilla<sup>1</sup>

#### Resumen

En los últimos años ha existido un incremento en la utilización de extractos de plantas para control biológico, los cuales presentan una gran ventaja al no generar residuos contaminantes, gracias a su rápida degradación en el ambiente. Estos compuestos se pueden encontrar en flores, tallo, frutos, semillas, hojas, corteza y raíz. Bajo esta situación, se cuantificaron las fracciones proteicas obtenidas de la semilla de *Argemone mexicana* L., como parte de una caracterización de los extractos proteicos. En el caso de las fracciones de proteína obtenidas de la harina desgrasada, la fracción con mayor concentración fue glutelina, representando cerca del 70% de la proteína soluble total. Para el caso de las fracciones de proteína obtenidas de la harina sin desgrasar, la fracción proteica de mayor concentración fue globulina con aproximadamente el 56% de la proteína soluble total.

#### Palabras claves:

Proteína, fracciones, extractos, harina, desgrasado

#### Abstract

In recent years there has been an increase in the use of plant extracts for biological control, which have a great advantage in not generating polluting waste, thanks to their rapid degradation in the environment. These compounds can be found in flowers, stem, fruits, seeds, leaves, bark, and root. Under this situation, the protein fractions obtained from the *Argemone Mexicana* L. seed were quantified, as part of a characterization of the protein extracts. In the case of the protein fractions obtained from defatted flour, the fraction with the highest concentration was glutelin, representing about 70% of the total soluble protein. In the case of the protein fractions obtained from the non-defatted flour, the protein fraction with the highest concentration was globulin with approximately 56% of the total soluble protein.

#### Key words

Protein, fractions, extracts, flour, defatted

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, km. 8 Carretera Celaya Juventino Rosas, Celaya C.P. 38110, Guanajuato, México.

<sup>2</sup>Universidad de Guanajuato. División de Ciencias de la Salud e Ingenierías. Sede Mutualismo,

\*Autor de correspondencia: m22980879@roque.tecnm.mx

## 1. Introducción

*Argemone mexicana* L. también conocida como chicalote o cardo santo, es considerada una de las principales malezas en diferentes partes del mundo, afectando cultivos de interés económico, es endémica de México, (Hernández et al., 2022) se utiliza para tratar diferentes enfermedades como el cáncer o problemas intestinales, además de ser usada para el tratamiento de úlceras (Delgado-Ortiz et al., 2023). Estas propiedades se atribuyen a la presencia de metabolitos secundarios como fenoles, flavonoides, terpenoides y alcaloides, confiriéndole actividad biológica, los cuales se encuentran distribuidos en diferentes partes de la planta como hojas, raíz, flores o semillas (Ji et al., 2016). En las semillas se encuentran las proteínas de reserva, las cuales se acumulan y sintetizan durante el proceso de madurez. Se clasifican de acuerdo con su extracción y solubilidad, en Albuminas (solubles en agua), Globulinas (soluciones salinas), Prolaminas (soluciones alcohólicas) y Glutelinas (Soluciones acidas o básicas) (Abarca et al., 2002). Estas proteínas no solo tienen función en el crecimiento y desarrollo de la planta, si no también pueden presentar actividad antimicrobiana contra diferentes patógenos.

## 2. Metodología

**Colecta de materia prima.** Las semillas de *Argemone mexicana* L. se colectaron en la localidad General Pedro María Anaya en el municipio de Tepetitlán en el

estado de Hidalgo. A partir de la semilla se obtuvo harina y se desgraso con una mezcla de cloroformo-metanol (2:1).

**Extracción y fraccionamiento de proteínas.** Se realizó una extracción secuencial, comenzando con la fracción de albumina. Se pesó 0.1 g de harina y se agregó 1 mL de agua destilada, se colocó en vortex durante 15 min, posteriormente se centrifugó a 14000 rpm durante 15 min y se recuperó el sobrenadante, este proceso se realizó para las cuatro fracciones proteicas (albumina, globulina, prolamina y glutelina) (Raya-Pérez et al., 2014).

**Cuantificación de proteínas.** Se cuantificó la proteína presente en las diferentes fracciones proteicas mediante el método de Bradford con albumina de suero bovino (BSA) como estándar (Bradford, 1976).

## 3. Resultados

En la harina desgrasada se obtuvo que la fracción que representa el mayor porcentaje de la proteína soluble total fue glutelina con 69%, seguido de albumina con 13.34% (Figura 1). En la harina entera se pudo observar que la fracción globulina aumentó su contenido de proteína alcanzando un 56.84% seguido de glutelina con 31.27% (Figura 2) indicando que el proceso de desgrasado afecta el contenido de proteína presente en las fracciones.

Tabla 1 Curva de calibración BSA

Concentración $\mu\text{g/mL}$	Agua	BSA 1 mg/mL
0	1000 $\mu\text{L}$	0 $\mu\text{L}$
50	950 $\mu\text{L}$	50 $\mu\text{L}$
100	900 $\mu\text{L}$	100 $\mu\text{L}$
200	800 $\mu\text{L}$	200 $\mu\text{L}$
300	700 $\mu\text{L}$	300 $\mu\text{L}$
400	600 $\mu\text{L}$	400 $\mu\text{L}$
500	500 $\mu\text{L}$	500 $\mu\text{L}$
600	400 $\mu\text{L}$	600 $\mu\text{L}$
700	300 $\mu\text{L}$	700 $\mu\text{L}$
800	200 $\mu\text{L}$	800 $\mu\text{L}$
900	100 $\mu\text{L}$	900 $\mu\text{L}$
1000	0 $\mu\text{L}$	1000 $\mu\text{L}$

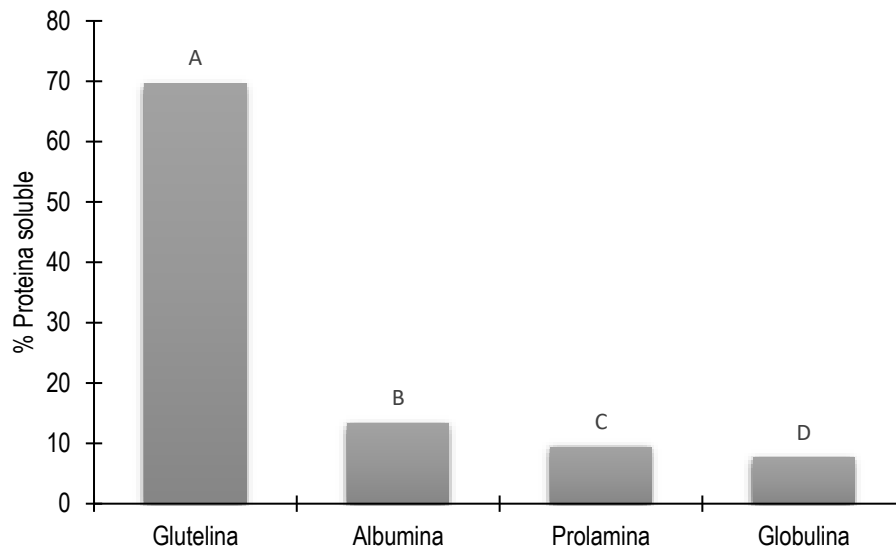


Figura 1. Porcentaje de proteína soluble en las cuatro fracciones obtenidas de harina desgrasada obtenida de semilla de *Argemone mexicana* L. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey,  $p < 0.05$ ).

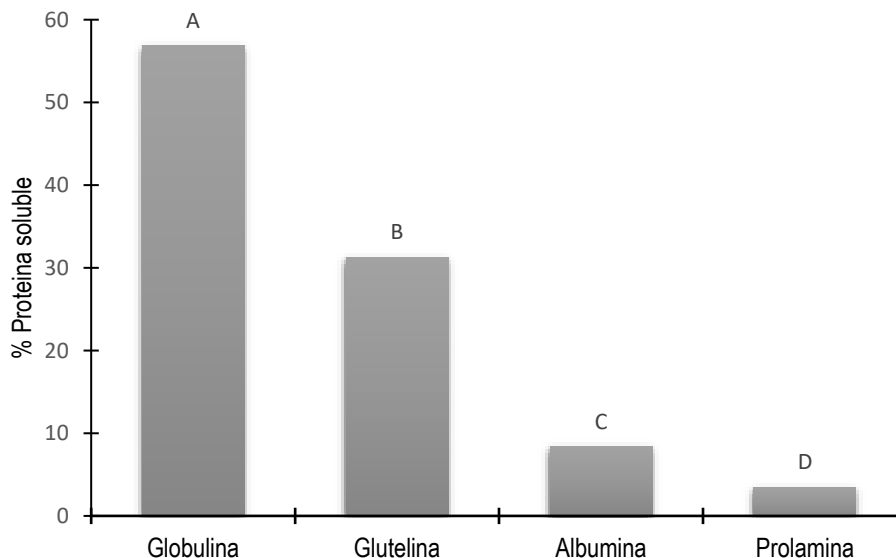


Figura 2. Porcentaje de proteína soluble en las cuatro fracciones obtenidas de harina entera obtenida de semilla de *Argemone mexicana* L. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey,  $p < 0.05$ ).

#### 4. Conclusiones

El extracto de la harina obtenida de semilla de *Argemone mexicana* L. presenta proteínas liposolubles, las cuales se pierden en el proceso de desgrasado, se necesitan más estudios para conocer la función de estas proteínas y si pueden ser utilizadas para el control de patógenos e insectos que producen pérdidas económicas y afectan la calidad de los productos.

#### Referencias

Abarca, N.A., Ávila Reyes, J.A., Naranjo Jiménez, N., Herrera Corral, J., y Gonzales Güereca, C.M. (2002). Perfiles electroforéticos de las proteínas de semilla de pinos como caracteres taxonómicos Pine. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 38–44.

- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248–252.
- Delgado-Ortiz, J.C., López-López, H., Beltrán-Beache, M., Ochoa-Fuentes, Y.M., y Castro del Ángel, E. (2023). Efecto insecticida del extracto metanólico de *Argemone mexicana* para el control de *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Trioziidae). *Revista Bio Ciencias*. DOI: 10.15741/revbio.10.e1404
- Hernández, I., Juárez, A., Germán, R., y Montiel, C. (2022). Metabolitos secundarios de *Argemone mexicana* para el control de hongos fitopatógenos. *Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 8(15), 6–10.
- Ji, G., Dwivedi, P., Sundaram, S., y Prakash, R. (2016). Aqueous extract of *Argemone mexicana* roots for effective protection of mild steel in an HCl environment. *Research on Chemical Intermediates*, 42(2), 439–459. DOI: 10.1007/s11164-015-2029-y
- Raya-Pérez, J.C., Gutiérrez-Benicio, G.M., Ramírez-Pimentel, J.G., Covarrubias-Prieto, J., y Aguirre-Mancilla, C.L. (2014). Caracterización de proteínas y contenido mineral de dos variedades nativas de frijol de México. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), DOI: 10.15517/am.v25i1.14185

## BIOPROCESOS Y BIOTECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

### EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE GRASAS VEGETALES HIDROGENADAS (SHORTENING) POR OLEOGELES EN PAN TIPO PASTEL SOBRE SUS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS.

Bryan Ochoa-Martínez<sup>1</sup>, Elizabeth C. Varela-Santos<sup>1</sup>, Gilda Avendaño-Vásquez<sup>1\*</sup>,  
Karen A. Vargas-García<sup>1</sup>.

#### Resumen

En México, el pan es un alimento básico ampliamente consumido, ya sea fresco o empacado, que contiene grasas saturadas (GS) o mantecas hidrogenadas (manteca vegetal) en su formulación, las cuales pueden contribuir a enfermedades metabólicas como hipertensión, obesidad y diabetes. El objetivo de este estudio es elaborar un pan utilizando oleogeles como sustituto de GS y manteca. Se realizó oleogeles de maíz al 5%p/p con cera de candelilla (CC), los cuales se incorporan a una formulación de pan sustituyendo a la manteca en su totalidad. Se evaluaron características fisicoquímicas (humedad, cenizas, extracto etéreo, proteína y actividad de agua (Aw)), color y microbiología de las formulaciones con oleogel y un control con manteca. Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) entre los sistemas evaluados en características fisicoquímicas, análisis microbiológico y atributos de color. Este sistema se considera un excelente sustituto de las grasas *trans*, mejorando los atributos nutricionales del producto tipo pastel.

In México, bread is a widely consumed staple food, whether fresh or packaged, which contains saturated fats (GS) or hydrogenated butter (vegetable butter) in its formulation, which can contribute to metabolic diseases such as hypertension, obesity and diabetes.

The objective of this study is to make a bread using oleogels as a substitute for GS and butter. Corn oleogels were made at 5% p/p with candelilla wax (CC), which are incorporated into a bread formulation replacing butter in its entirety. Physicochemical characteristics (humidity, ash, ethereal extract, protein and water activity (Aw)), color and microbiology of the formulations with oleogel and a control with butter were evaluated. The results indicated that there were no significant differences ( $\alpha=0.05$ ) between the systems evaluated in physicochemical characteristics, microbiological analysis and color attributes. This system is considered an excellent substitute for trans fats, improving the nutritional attributes of the cake-like product.

**Palabras clave:** Oleogeles Grasas saturadas Panificación

**Keywords:**  
Oleogels, saturated fats, baking

#### Abstract

<sup>1</sup>Maestría en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología, TECNM Campus ITS Tierra Blanca. Av. Veracruz s/n esquina Héroes de Puebla, Col. Pemex, Tierra Blanca, Ver. C.P. 95180, México.  
Autor de correspondencia: [gilda.av@itstb.edu.mx](mailto:gilda.av@itstb.edu.mx)

## 1. Introducción

La sustitución de grasas saturadas (GS) y mantecas hidrogenadas en procesos de panificación es un tema de creciente interés debido a las preocupaciones de salud asociadas con el consumo de ácidos grasos *trans* y saturados (Cabezas-Zábala et al., 2016). Una alternativa prometedora es el uso de oleogeles, que consisten en estructuras semisólidas que pueden formarse mediante la gelificación de aceites líquidos. Los oleogeles son capaces de imitar las propiedades funcionales de las grasas sólidas en productos de panificación, ofreciendo una opción más saludable sin comprometer la calidad del producto final. Existen varias opciones para ser empleadas como moléculas gelantes (Toro-Vázquez et al., 2011). El uso de CC es especialmente atractivo debido a su origen vegetal y su capacidad para formar oleogeles mejor estructurados a bajas concentraciones, en contraste con las grasas duras que requieren concentraciones significativamente mayores para inducir la formación de un gel (da Silva et al., 2019). Este comportamiento se atribuye a la composición predominante de hentriacontano en la cera, acompañado por otros n-alcanos en proporciones menores, como el nonacosano y el tritriacontano, los cuales poseen la capacidad de acoplarse en distintos solventes no polares, generando estructuras microcristalinas que, en todos los casos, configuran una matriz tipo placa. Estas estructuras microcristalinas constituyen las unidades básicas que integran la red cristalina tridimensional de los n-alcanos en los oleogeles (Toro-Vázquez et al., 2011).

Además, el uso de oleogeles en lugar de grasas tradicionales puede tener beneficios significativos para la salud. Un estudio realizado por Martins et al. (2020), demostró que los oleogeles pueden reducir el contenido de GS y *trans* en los productos de panadería sin afectar negativamente sus propiedades organolépticas. Esto es particularmente importante considerando la creciente demanda de productos más saludables por parte de los consumidores (Álvarez-Ramírez et al., 2020). Adicionalmente Giacomozzi et al., (2018) evaluaron la influencia de la incorporación de oleogeles de monoglicerol/aceite de girasol en pan tipo muffins, así mismo, Demirkesen & Mert, (2019); Kim et al., (2017); Lim et al., (2017) y Patel, (2015) han ensayado el efecto de la incorporación de oleogeles estructurados con ceras comestibles en diferentes aceites sobre productos horneados de panificación. Es por ello que el objetivo de este estudio es elaborar un pan utilizando oleogeles como sustituto de GS y

manteca hidrogenadas observando el comportamiento del producto terminado al sustituir su sistema graso tradicional, determinando las características fisicoquímicas (% de humedad, cenizas, extracto etéreo, proteína y actividad de agua (Aw)), asimismo de color y vida de anaquel estimada por análisis microbiológico en lapsos de 0, 3 y 7 días después de su elaboración.

## 2. Metodología

La elaboración del oleogel se realizó de acuerdo con lo establecido por Demirkesen & Mert, (2020) usando 5% p/p de CC y adicionando un 95% de aceite vegetal a 68-72°C con una agitación de 350 RPM, una vez disperso se almacenó a  $\pm 4$  °C, al menos 24 horas previas a su uso en el proceso de panificación.

Los batidos fueron elaborados de acuerdo con Álvarez-Ramírez et al. (2020). Las materias primas fueron pesadas e incorporadas una a una en la batidora (Oster® Modelo FPSTHS3611) durante 1 minuto a velocidad 4 y 9 minutos a velocidad 6, posteriormente se depositaron en moldes de aluminio y se llevan al horno a 190°C por 30 minutos. Los panes elaborados con GS (Control) y con oleogel de maíz (TM) se almacenaron a temperatura ambiente en domos de plástico previamente sanitizados.

Se determinaron en términos de humedad, cenizas, extracto etéreo y proteínas. La determinación de humedad y cenizas se realizaron gravimétricamente (NOM-116-SSA1-1994 y NMX-F-066-S1978) con un horno (ECOSHEL® 9023A) por 24 horas a 105 °C, y una mufla (LabTECH® LEF-203P-0) a 550°C por 2 horas. Mientras que la Aw fue medida por un higrómetro de punto de rocío (HFBTE® modelo HD-6), y el extracto etéreo por Soxhlet utilizando cartuchos de celulosa y hexano como solvente durante 4 horas a 106 °C. La determinación de proteína fue conducida por el Método Micro-Kjeldahl, realizando 3 réplicas por cada tratamiento.

En complemento, el análisis de color se realizó con una muestra de corteza y miga previamente homogeneizada utilizando un Colorímetro Lico 690 con el registro de los valores CIE L\*, a\* y b\* para determinar los parámetros CROMA (c) y HUE (h) de acuerdo con las ecuaciones 1, 2, y 3. El muestreo del análisis se realizó por quintuplicado.

$$\text{Luminosidad} = L^* \quad (1)$$

$$\text{Tonalidad} = h^* = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad (2)$$

$$\text{Pureza} = C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3)$$

Se determinó la vida de anaquel en términos de mohos y levaduras (NOM-147-SSA1-1996) durante el tiempo de almacenamiento 0, 3 y 7 días de la elaboración del pan. Realizando el muestreo por triplicado.

Las variables de respuesta de las determinaciones fisicoquímicas, microbiológicas y de color fueron analizadas mediante un ANOVA utilizando el software STATISTICA (StatSoft, Inc., 1994-2011), con un nivel de significancia de  $\alpha < 0.05$ .

### 3. Resultados

Los resultados obtenidos de las pruebas fisicoquímicas se muestran en la tabla 1, donde se observa que la determinación de humedad en la muestra control no presenta diferencia significativa durante el tiempo de estudio, esto debido a la capacidad de retener humedad por parte de las grasas hidrogenadas reportada por Perez-Santana et al. (2022) dificultando su liberación al ambiente con el paso del tiempo, este fenómeno está correlacionado con los datos obtenidos de  $A_w$  en donde el factor del tiempo influye significativamente con la  $A_w$  del tratamiento, siendo TM quien presenta una menor  $A_w$ , mientras que la humedad disminuyó en un 2% entre los días 0 al 3, sin embargo, no presentó diferencia significativa ( $\alpha < 0.05$ ) en los días 3 al 7, lo cual influyó sobre la carga microbiana observando mayor presencia en el

tratamiento control presentado en la tabla 2. Por otro lado, los parámetros de proteína de TM son estadísticamente diferentes al tratamiento control, presentando un incremento hasta un 2%, estos resultados concuerdan con lo reportado por Chulde, (2022); y Rodríguez, (2020), quienes asocian este comportamiento al efecto barrera que presentan las mantecas hidrogenadas durante su incorporación con el resto de compuestos. Los resultados de grasas y cenizas no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos durante los días de estudio, sin embargo, la muestra control de cenizas del día 3 presentó diferencia significativa ( $\alpha < 0.05$ ) con respecto al día 0 y 7, siendo un comportamiento inverso a la  $A_w$ , lo que refiere que a menor presencia  $A_w$  menor distribución de los minerales.

Los resultados de la determinación de color no presentaron diferencia significativa dentro de los parámetros de luminosidad y tonalidad, (Tabla 3) sin embargo, la saturación presenta una diferencia significativa entre el día 0 y los días 3 y 7 del tratamiento control, siendo un fenómeno atribuido a las reacciones enzimáticas y presencia microbiológica causados por los porcentajes de humedad y  $A_w$  esto similar a lo reportado por Pajak et al., (2012) y Tang & Ghosh, (2021).

Tabla 2. Resultados de las determinaciones fisicoquímicas del pan tipo pastel.

TRATAMIENTO	TIEMPO (DÍAS)	% HUMEDAD	% CENIZAS	% GRASA	% PROTEÍNA	$A_w$
CONTROL	0	24.06 ± 0.89 <sup>a</sup>	0.98 ± 0.03 <sup>a</sup>	16.84 ± 0.15 <sup>a</sup>	1.86 ± 0.19 <sup>a</sup>	0.86 ± 0.011 <sup>a</sup>
	3	23.58 ± 0.34 <sup>a</sup>	1.12 ± 0.02 <sup>b</sup>	16.91 ± 0.53 <sup>a</sup>	2.32 ± 0.17 <sup>a</sup>	0.84 ± 0.010 <sup>b</sup>
	7	23.43 ± 0.24 <sup>a</sup>	0.96 ± 0.03 <sup>a</sup>	16.73 ± 0.10 <sup>a</sup>	1.20 ± 0.42 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.003 <sup>b</sup>
TM	0	23.48 ± 0.57 <sup>a</sup>	1.04 ± 0.08 <sup>ab</sup>	17.66 ± 0.67 <sup>a</sup>	5.79 ± 2.6 <sup>b</sup>	0.84 ± 0.006 <sup>b</sup>
	3	21.53 ± 0.88 <sup>b</sup>	1.07 ± 0.01 <sup>ab</sup>	15.57 ± 0.44 <sup>b</sup>	4.86 ± 0.32 <sup>b</sup>	0.84 ± 0.002 <sup>b</sup>
	7	21.05 ± 0.22 <sup>b</sup>	0.97 ± 0.01 <sup>a</sup>	16.78 ± 0.79 <sup>ab</sup>	5.32 ± 1.4 <sup>b</sup>	0.83 ± 0.004 <sup>c</sup>

Media ± STD, n = 3. Letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ( $\alpha < 0,05$ ).

Tabla 2. Resultados del análisis microbiológico del tratamiento Control y TM.

TRATAMIENTOS	DILUCIÓN	UFC/mL log (10)		
		DÍA 0	DÍA 3	DÍA 7
CONTROL	1 x10	1.10 x10 <sup>2</sup>	6.33 x10 <sup>1</sup>	6.93 x10 <sup>2</sup>
	1 x10 <sup>-1</sup>		N/D	2.33 x10 <sup>1</sup>
	1 x10 <sup>-2</sup>			N/D
TM	1 x10	1.67 x10 <sup>2</sup>	7.67 x10 <sup>1</sup>	1.20 x10 <sup>2</sup>
	1 x10 <sup>-1</sup>			N/D
	1 x10 <sup>-2</sup>			

N/D = No detectado, cada dilución se realizó por triplicado y se reporta el promedio.

Tabla 3. Resultados del análisis de color por el método Croma (C) y HUE (H).

TRATAMIENTOS	TIEMPO (DÍAS)	L	H	C
CONTROL	0	67.16 ± 3.58 <sup>a</sup>	89.89 ± 1.27 <sup>a</sup>	24.24 ± 0.81 <sup>a</sup>
	3	67.36 ± 2.06 <sup>a</sup>	89.50 ± 1.77 <sup>a</sup>	21.95 ± 1.10 <sup>b</sup>
	7	71.68 ± 3.51 <sup>a</sup>	90.10 ± 0.92 <sup>a</sup>	21.60 ± 0.86 <sup>b</sup>
TM	0	69.58 ± 2.93 <sup>a</sup>	90.73 ± 0.94 <sup>a</sup>	24.43 ± 0.18 <sup>a</sup>
	3	71.71 ± 0.96 <sup>a</sup>	89.49 ± 1.74 <sup>a</sup>	23.73 ± 0.95 <sup>a</sup>
	7	71.68 ± 0.81 <sup>a</sup>	89.90 ± 0.95 <sup>a</sup>	21.60 ± 1.32 <sup>a</sup>

Media ± STD, n= 5. Letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ( $\alpha < 0,05$ ).

#### 4. Conclusiones

Los resultados sugieren que sustituir el sistema graso tradicional por un oleogel de aceite de maíz y cera de candelilla es viable en la panificación, encontrándose diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento en la humedad, Aw y proteína, no así en cenizas ni grasas. En cuanto a la saturación del color este fenómeno se atribuye a la redistribución de la humedad desde el interior hasta la superficie esto suavizando la corteza y reduciendo la intensidad del color. de la corteza.

#### Referencias

- Álvarez-Ramírez, J., Vernon-Carter, E., Carrera-Tarela, Y., García, A., & Roldán-Cruz, C. (2020). Efectos del oleogel de cera de candelilla/aceite de canola sobre la reología, textura, propiedades térmicas y digestibilidad del almidón in vitro del pan de bizcocho de trigo. *LWT Food Science and Technology*, 130.
- Cabezas-Zábala, C.C., Hernández-Torres, B.C., & Vargas-Zárate, M. (2016). Fat and oils: Effects on health and global regulation. *Revista Facultad de Medicina*, 64(4), 761–768. DOI: 10.15446/revfacmed.v64n4.53684.
- Chulde, L. (2022). Evaluación de harinas de tres variedades de papa en la sustitución parcial de harina de trigo para la elaboración de pan común. Universidad Politécnica Estatal Del Carchi Facultad.
- da Silva, T.L.T., Arellano, D.B., & Martini, S. (2019). Interactions between candelilla wax and saturated triacylglycerols in oleogels. *Food Research International*, 121, 900–909. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.01.018.
- Demirkesen, I., & Mert, B. (2019). Utilization of Beeswax Oleogel-Shortening Mixtures in Gluten-Free Bakery Products. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(5), 545–554. DOI: 10.1002/aocs.12195.
- Demirkesen, I., & Mert, B. (2020). Recent developments of oleogel utilizations in bakery products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(14), 2460–2479. DOI: 10.1080/10408398.2019.1649243.
- Giacomozzi, A.S., Carrín, M.E., & Palla, C.A. (2018). Muffins Elaborated with Optimized Monoglycerides Oleogels: From Solid Fat Replacer Obtention to Product Quality Evaluation. *Journal of Food Science*, 83(6), 1505–1515. DOI: 10.1111/1750-3841.14174.
- Kim, J.Y., Lim, J., Lee, J.H., Hwang, H.S., & Lee, S. (2017). Utilization of Oleogels as a Replacement for Solid Fat in Aerated Baked Goods: Physicochemical, Rheological, and Tomographic Characterization. *Journal of Food Science*, 82(2), 445–452. DOI: 10.1111/1750-3841.13583.
- Lim, J., Jeong, S., Lee, J., Park, S., Lee, J., & Lee, S. (2017). Effect of shortening replacement with oleogels on the rheological and tomographic characteristics of aerated baked goods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(11), 3727–3732. DOI: 10.1002/jsfa.8235.
- Martins, A.J., Vicente, A.A., Pastrana, L.M., & Cerqueira, M. A. (2020). Oleogels for development of health-promoting food products. *Food Science and Human Wellness*, 9(1), 31–39. DOI: 10.1016/j.fshw.2019.12.001.
- Paják, P., Habryka, C., & Fortuna, T. (2012). Changes in the physical properties of bread during storage. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 6(2), 42–45. DOI: 10.5219/194.
- Patel, A. R. (2015). *Natural Waxes as Oil Structurants* (pp. 15–27).

- DOI: 10.1007/978-3-319-19138-6\_2.
- Perez-Santana, M., Cagampang, G.B., Nieves, C., Cedeño, V., & MacIntosh, A.J. (2022). Use of High Oleic Palm Oils in Fluid Shortenings and Effect on Physical Properties of Cookies. *Foods*, 11(18).  
DOI: 10.3390/foods11182793.
- Rodríguez, R. (2020). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de un pan libre de gluten elaborado con harina de malanga como sustituto de grasa. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Instituto de Ciencias Agropecuarias.
- Tang, Y.R., & Ghosh, S. (2021). Canola protein thermal denaturation improved emulsion-templated oleogelation and its cake-baking application. *RSC Advances*, 11(41), 25141–25157.  
DOI: 10.1039/d1ra02250d
- Toro-Vazquez, J.F., Charó-Alonso, M.A., Pérez-Martínez, J.D., & Morales-Rueda, J.A. (2011). Candelilla Wax as an Organogelator for Vegetable Oils-An Alternative to Develop Trans-free Products for the Food Industry. In *Edible Oleogels: Structure and Health Implications* (Second Edn). AOCS Press.  
DOI: 10.1016/B978-0-9830791-1-8.50009-7.

## BIOPROCESOS Y BIOTECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

### ACTIVIDAD PROTEOLÍTICA E INHIBITORIA DEL EXTRACTO DE *Argemone mexicana* L.

Daniel Augusto Jiménez–Paredes<sup>1\*</sup>, José Luis Zárate–Castrejón<sup>2</sup>, Juan Gabriel Ramírez–Pimentel<sup>1</sup>, Juan Carlos Raya–Pérez<sup>1</sup>, César Leobardo Aguirre–Mancilla<sup>1</sup>

#### Resumen

Las proteasas y los inhibidores de proteasas presentes en las plantas son de gran importancia, debido a que poseen propiedades antiinflamatorias y anticancerígenas. Además, presentan actividad antimicrobiana, por lo cual se han utilizado como una alternativa para el control de patógenos e insectos. En este trabajo se midió la actividad proteolítica e inhibitoria de las fracciones proteicas presentes en el extracto de semilla de *Argemone mexicana* L. Las fracciones proteicas de la semilla desgrasada presentaron actividad proteolítica e inhibitoria, siendo la fracción prolamina la que presentó mayor actividad inhibitoria de proteasas seguido de glutelina, la fracción albumina y globulina no presentaron actividad proteolítica. La fracción prolamina fue la de mayor actividad inhibitoria de proteasas. Lo que nos indica que el extracto de semilla de *Argemone mexicana* L. contiene enzimas proteolíticas e inhibidores de proteasas.

#### Palabras claves

Inhibitoria, fracciones, proteolítica, harina, actividad

#### Abstract

Proteases and protease inhibitors present in plants are of great importance, because they have anti-inflammatory and anti-cancer properties. In addition, they have antimicrobial activity, which is why they have been used as an alternative for the control of pathogens and insects. In this work, the proteolytic and inhibitory activity of the protein fractions present in the seed extract of *Argemone mexicana* L. was measured. The protein fractions of the defatted seed showed proteolytic and inhibitory activity, with the prolamin fraction showing the highest protease inhibitory activity followed by glutelin, the albumin and globulin fraction did not show proteolytic activity. The prolamin fraction was of the highest protease inhibitory activity. This indicates that *Argemone mexicana* L. seed extract contains proteolytic enzymes and protease inhibitors.

#### Key words

Inhibitory, fractions, proteolytic, flour, activity

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, km. 8 Carretera Celaya Juventino Rosas, Celaya C.P. 38110, Guanajuato, México.

<sup>2</sup>Universidad de Guanajuato. División de Ciencias de la Salud e Ingenierías. Sede Mutualismo,

\*Autor de correspondencia: m22980879@roque.tecnm.mx

## 1. Introducción

*Argemone mexicana* L. es una maleza que se encuentra distribuida en diversas partes del mundo, se caracteriza por presentar espinas, hojas de color verde-blanco, flores y cápsulas, las cuales en su interior contienen semillas de color negro brillantes, es una planta que presenta diferentes compuestos como alcaloides, flavonoides, fenoles y terpenoides, los cuales presentan actividad biológica contra diversos organismos como bacterias, hongos e insectos (Hernández et al., 2022). Los inhibidores de proteasas son proteínas de bajo peso molecular que actúan como mecanismos de defensa en las plantas (Castillo et al., 2017), se pueden clasificar de acuerdo con la enzima que interactúan (serin, cistein, aspártico, metalo, treonin y glutámico proteasas) las cuales presentan actividad biológica interfiriendo principalmente en el desarrollo y crecimiento de insectos, teniendo un gran potencial en la agricultura (Molina V. et al., 2011). Las proteasas son enzimas que tienen diversas funciones fisiológicas, las cuales tienen la capacidad de hidrolizar los enlaces peptídicos, estas proteasas se pueden obtener de diversos organismos clasificándose de acuerdo con su pH óptimo en ácidas, básicas o neutras (López et al., 2018). Son de gran importancia principalmente en la industria alimentaria y farmacéutica (Vázquez et al., 2008).

## 2. Metodología

Las semillas de *Argemone mexicana* L. se colectaron en la localidad General Pedro María Anaya en el

municipio de Tepetitlán en el estado de Hidalgo. A partir de la semilla se obtuvo harina y se desgrasó con una mezcla de cloroformo-metanol (2:1).

Se realizó una extracción secuencial, comenzando con la fracción de albumina. Se pesó 0.1 g de harina y se agregó 1 ml de agua destilada, se colocó en vórtex durante 15 min, posteriormente se centrifugó a 14000 rpm durante 15 min y se recuperó el sobrenadante este proceso se realizó para las cuatro fracciones proteínicas (albumina, globulina, prolamina y glutelina) (Raya-Pérez et al., 2014).

La actividad Inhibitoria se determinó con la técnica de (Erlanger et al., 1961), se midió la absorbancia a 405 nm en el programa Perkin Elmer 2030 Manager, en espectrofotómetro marca Beckman. Se realizó un Stock de tripsina ( $1 \frac{mg}{mL}$ ) en agua ácida, de este stock se obtuvo la solución de trabajo con una dilución 1:20. En la microplaca se añadió buffer, tripsina y la fracción evaluada se dejó incubando a 37°C durante 30 min al terminar el tiempo se agregó sustrato (BapNA 0.1 M. en Dimetilsulfóxido). Finalmente se leyó en el espectrofotómetro cada 5 min a 405 nm por 30 min. Se utilizó un blanco, un control positivo y un control negativo, los reactivos se colocaron en la microplaca de acuerdo con las proporciones presentes en la Tabla 1. Para la actividad proteolítica se colocó en la microplaca buffer, sustrato y la fracción evaluada, ocupando el mismo blanco y control positivo (Tabla 2) bajo las mismas condiciones utilizadas en actividad inhibitoria.

Tabla 3 Proporción de reactivos para actividad inhibitoria

	Buffer	Sustrato	Tripsina	Fracción
Blanco	180 $\mu$ L	20 $\mu$ L	-	-
Control positivo	170 $\mu$ L	20 $\mu$ L	10 $\mu$ L	-
Control negativo	170 $\mu$ L	20 $\mu$ L	-	10 $\mu$ L Alb frijol
Muestra	160 $\mu$ L	20 $\mu$ L	10 $\mu$ L	10 $\mu$ L

Tabla 4 Proporción de reactivos para actividad proteolítica

	Buffer	Sustrato	Tripsina	Fracción
Blanco	180 $\mu$ L	20 $\mu$ L	-	-
Control positivo	170 $\mu$ L	20 $\mu$ L	10 $\mu$ L	-
Muestra	170 $\mu$ L	20 $\mu$ L	-	10 $\mu$ L

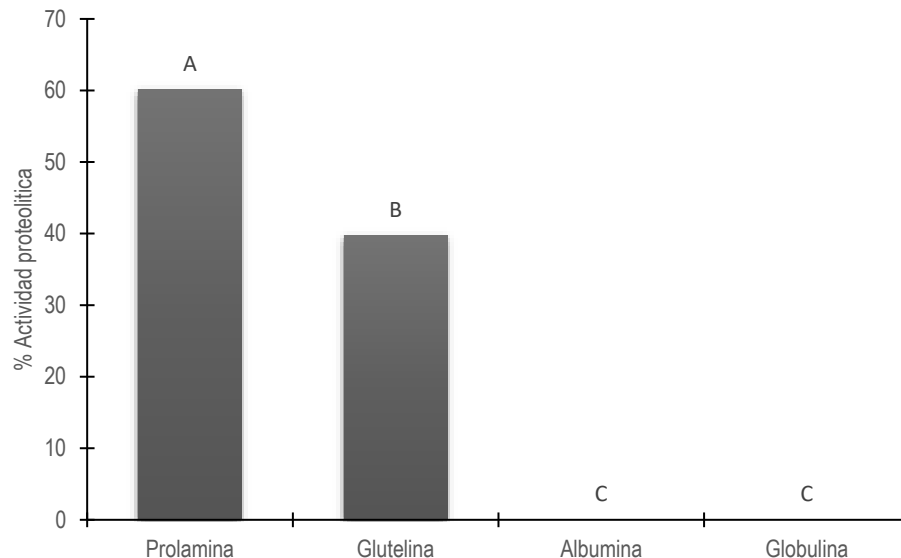


Figura 3 Actividad proteolítica en las cuatro fracciones obtenidas harina desgrasada obtenida de semilla de *Argemone mexicana* L. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey,  $P < 0.05$ ).

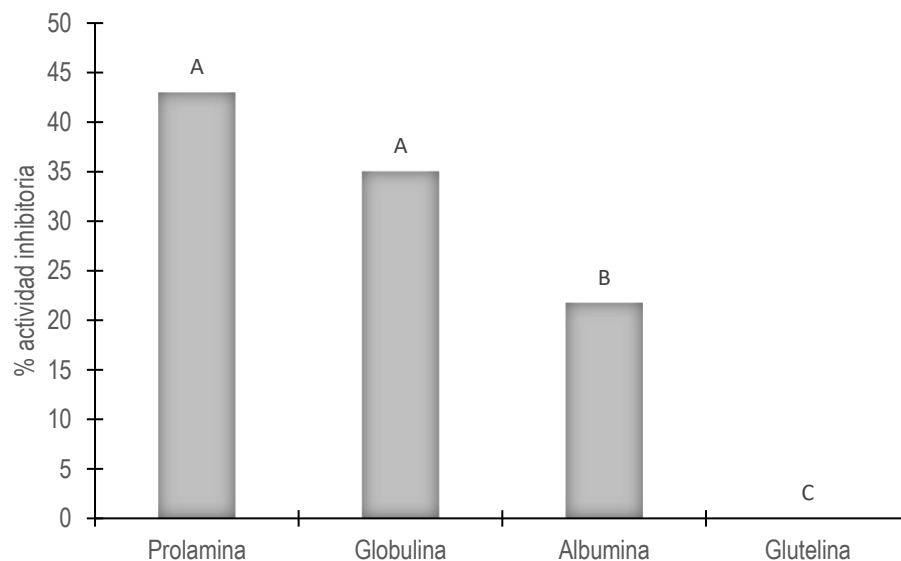


Figura 4 Actividad inhibitoria en las cuatro fracciones obtenidas harina desgrasada obtenida de semilla de *Argemone mexicana* L. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey,  $p < 0.05$ ).

### 3. Resultados

La fracción prolamina presentó mayor actividad proteolítica con un 60.18% seguido de glutelina con 39.71%, la fracción albumina y globulina no presentó actividad proteolítica (Figura 1). Para el caso de actividad inhibitoria la fracción prolamina fue el mejor tratamiento obteniendo un 42.92% seguido de globulina

y albumina con 34.99 y 21.73% respectivamente, la fracción glutelina no presentó actividad proteolítica. Estos resultados nos indican que el extracto obtenido de semilla de *Argemone mexicana* L. presenta enzimas proteolíticas.

### 4. Conclusiones

El extracto de la harina obtenida de semilla de *Argemone mexicana* contiene enzimas proteolíticas e inhibidores de serin proteasas, siendo la fracción prolamina el mejor tratamiento para actividad proteolítica y para actividad inhibitoria la fracción prolamina y albumina, se necesitarían más estudios para caracterizar las proteasas e inhibidores presentes en cada fracción proteica.

### Referencias

- Castillo, P., Quinchuela, L., Echeverría, P., & Jácome, G. (2017). Extracción purificación y caracterización de inhibidores de tripsina provenientes de semillas andinas. *Enfoque UTE*, 4, 53–67.  
<http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>.
- Erlanger, B.F., Kokowski, N., y Cohen, W. (1961). the preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 95, 271–278.
- Hernández, I., Juárez, A., Germán, R., y Montiel, C. (2022). Metabolitos secundarios de *Argemone mexicana* para el control de hongos fitopatógenos. *Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 8(15), 6–10.
- López, D., Galante, M., Ruggieri, G., Lombardi, J., Boeris, V., & Spelzini, D. (2018). Producción de proteasas fúngicas para la hidrólisis de proteínas vegetales. *Energeia*, 15.
- Molina, V.D., Blanco-Labra, A., y Zamora E., H. (2011). Inhibidores de proteasas de plantas efectivos contra las aspártico proteasas de *Hypothenemus hampei*. *Revista Colombiana de Entomología*.
- Raya-Pérez, J.C., Gutiérrez-Benicio, G.M., Ramírez-Pimentel, J.G., Covarrubias-Prieto, J., y Aguirre-Mancilla, C.L. (2014). Caracterización de proteínas y contenido mineral de dos variedades nativas de frijol de México. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 1.  
DOI:10.15517/am.v25i1.14185.
- Vázquez, I.R., Aguilera, A.F., Prado-Barragán, L.A., & Aguilar, C.N. (2008). Producción Fúngica de Proteasas Inducidas con Pelo de Cerdo. *Información Tecnológica*, 19(2), 33–40.

## BIOPROCESOS Y BIOTECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

### SELECCIÓN DE OLIGONUCLEÓTIDOS PARA LA AMPLIFICACIÓN DE UN INHIBIDOR DE PROTEASAS DE SEMILLA DE CHAN (*Hyptis suaveolens* L.)

Diana C. García-González<sup>1</sup>, Glenda M. Gutiérrez-Benicio<sup>1</sup>, J. Gabriel Ramírez-Pimentel<sup>1</sup>, Eduardo García González<sup>2</sup>, César L. Aguirre-Mancilla<sup>1\*</sup>

#### Resumen

Los inhibidores de proteasas (IP's) presentes en granos y semillas son considerados factores antinutricionales. Sin embargo, en fechas recientes se les ha considerado como elementos nutracéuticos por su capacidad anticancerígena. Otra característica que ha sido identificada en los IP's es su capacidad para interferir con el crecimiento y desarrollo de insectos, interfiriendo con la digestión y reduciendo la disponibilidad de aminoácidos de las proteínas ingeridas y en algunos casos ocasionando la muerte. El chan (*Hyptis suaveolens* L.), pertenece a un grupo de semillas conocidas genéricamente como chías y en estudios previos se ha identificado la presencia de IP en la semilla. Es un arbusto de amplia distribución que crece principalmente en México, América Central, América del Sur, Asia y las Islas del Pacífico. La semilla se consume en el centro occidente de México en forma de bebidas refrescantes. Su alta resistencia al ataque de insectos y hongos posiblemente se conocía en la época prehispánica ya que las plantas de chan se cultivaban junto con el maíz para brindar protección contra las plagas de insectos. En el presente trabajo se muestran los principales productos de amplificación provenientes de reacciones de PCR con oligonucleótidos diseñados de acuerdo con la secuencia N-terminal de 18 aminoácidos del IP de semillas de Chan.

**Palabras clave.** Inhibidores de proteasas, Chan, *Hyptis suaveolens* L., oligonucleótidos, amplicón.

#### Abstract

Protease inhibitors (PIs) present in grains and seeds are considered antinutritional factors. However, recently they have been considered nutraceutical elements for their anticancer capacity. Another characteristic that has been identified in PIs is their ability to interfere with the growth and development of insects, interfering with digestion and reducing the availability of amino acids from ingested proteins and in some cases causing death. Chan (*Hyptis suaveolens* L.) belongs to a group of seeds known generically as chia and in previous studies the presence of PIs in the seed has been identified. It is a widely distributed shrub that grows mainly in Mexico, Central America, South America, Asia and the Pacific Islands. The seed is consumed in central-western Mexico in the form of soft drinks. Its high resistance to insect and fungal attack was possibly known in pre-Hispanic times since chan plants were grown together with corn to provide protection against insect pests. This work shows the main amplification products from PCR reactions with oligonucleotides designed according to the 18-amino acid N-terminal sequence of the Chan seed IP.

#### Keywords:

Protease inhibitors, Chan, *Hyptis suaveolens* L., oligonucleotides, amplicon.

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/I.T. Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas km 8.0 Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.

<sup>2</sup>Programa de Biotecnología, Universidad de Guanajuato, Mutualismo #303, colonia la Suiza, Celaya, Guanajuato, C.P. 38060, México.

\*Autor de correspondencia: [cesar.aguirre.m@gmail.com](mailto:cesar.aguirre.m@gmail.com)

### 1. Introducción

Los inhibidores de proteasa (IP) son esenciales para la regulación de la actividad proteolítica y juegan un papel importante en varios procesos biológicos relacionados con el metabolismo y la fisiología celular, así como receptores en vías de señalización celular o durante procesos de carcinogénesis. Por el contrario, varias enfermedades hereditarias como el enfisema o ciertos casos de epilepsia se deben al mal funcionamiento de IP específicos (Clemente *et al.*, 2019). En la actualidad, existen numerosos inhibidores de proteasa en el mercado para el tratamiento de la coagulación, la hipertensión, las infecciones virales, el cáncer y la diabetes, que actúan sobre proteasas bien establecidas, como la enzima convertidora de angiotensina y las proteasas del VIH (López *et al.*, 2019).

También tienen un papel en muchos procesos fisiológicos: movilización de proteínas de almacenamiento; regulación de actividades enzimáticas endógenas; modulación de la apoptosis y muerte celular programada; y estabilización de proteínas o compuestos de defensa contra animales, insectos y microorganismos (Cervantes *et al.*, 2022). La mayoría de estos inhibidores son moléculas pequeñas con masas moleculares relativas que oscilan entre 5 y 25 kDa, con estructuras compactas y en muchos casos con un alto contenido de puentes disulfuro, características que podrían contribuir a su alta estabilidad térmica (Aguirre *et al.*, 2004). En el presente trabajo se muestran los principales productos de amplificación provenientes de reacciones de PCR con oligonucleotidos diseñados de acuerdo con la secuencia N-terminal de 18 aminoácidos del IP de semillas de Chan

### 2. Metodología

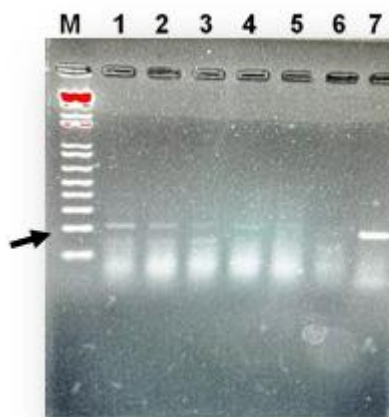
Tabla 1. Juegos de oligonucleótidos forward y reverse diseñados con base en la secuencia N-terminal del inhibidor de proteasas de Chan.

Sentido	SECUENCIA	Antisentido	SECUENCIA
Hsti1	5'-GGATCGGACGAGAAGAAGGA-3'	slr	AGAAAACATAAAAAGTAGGGGTCAG
		atr	TCACTCAGGCCAAAAGGAT
		vvr	TCGCAGACCACTGTTCAAG
Hsti2	5'-GGCTCGGATGAGAAGAAGGA-3'	slr	AGAAAACATAAAAAGTAGGGGTCAG
		atr	TCACTCAGGCCAAAAGGAT
		vvr	TCGCAGACCACTGTTCAAG
Hsti3	5'-CGAGGATGGGGATGCGA-3'	slr	AGAAAACATAAAAAGTAGGGGTCAG
		atr	TCACTCAGGCCAAAAGGAT
		vvr	TCGCAGACCACTGTTCAAG

Se utilizaron 9 juegos de oligonucleótidos (Tabla 1) de los cuales, los iniciadores forward fueron diseñados con base en la secuencia N-terminal del inhibidor de proteasas y los oligonucleótidos reverse se diseñaron con base en secuencias que mostraron alto porcentaje de homología de otras especies vegetales, *Solanum lycopersicum* con un porcentaje de homología del 95% (accesión al NCBI: AC218455.2) con la secuencia N-terminal del inhibidor, *Arabidopsis thaliana*, 80% de homología (accesión al NCBI: NM 111191.3) y *Vitis vinifera*, porcentaje de homología del 94% (accesión al NCBI: AM465282.2) a la secuencia N-terminal al inhibidor de proteasas de semillas de Chan, estos juegos de oligonucleótidos no mostraron dímeros entre ellos y se utilizó ADNg como templado, descrito por Doyle and Doyle, (1987), para la amplificación e identificación mediante PCR de la secuencia que codifica el gen de dicha proteína, las condiciones de amplificación fueron: 1 ciclo de desnaturalización a 94 °C por 3 minutos, 35 ciclos a 95 °C por 30 segundos, la Tm de 52.7°C por 2 min, 72 °C por 2 min y 1 ciclo de síntesis a 72 °C por 5 min, los productos de PCR se analizaron por electroforesis de agarosa al 1.5% teñidos con bromuro de etidio, visualizadas en un fotodocumentador.

### 3. Resultados

El juego de oligonucleótidos sentido (Hsti3: 5'-CGAGGATGGGGATGCGA-3') y antidentido de *Solanum lycopersicum* (slr: 5'-AGAAAACATAAAAAGTAGGGGTCAG-3') (Figura 1), mostró una amplificación de aproximadamente 200 pb, a diferencia de los otros juegos de oligonucleótidos que no mostraron homogeneidad en el tamaño de los fragmentos amplificados que mostraron amplificaciones de tamaño variable desde los 400 hasta las 800 pb (dato no mostrado).



**Figura 1.** Amplificación por PCR de un fragmento de IP de semillas de Chan. M, marcador de peso molecular. PCR en carriles del 1 al 6 con  $T_m$  50.2°C, 50.7°C, 52.7°C, 55.4°C, 59.2°C y 60.4°C, respectivamente. Flecha señala las amplificaciones a 200 pb de bases. 7, Control positivo del gen constitutivo 26S.

#### 4. Conclusiones

Se identificó un juego oligonucleótidos lo cual permitió la amplificación de un fragmento de ADN, el juego de oligonucleótidos amplificó a distintas temperaturas, es por ello que en los análisis posteriores se determinará la temperatura óptima de reacción de PCR, además permitirá continuar con la siguiente etapa del trabajo, que consistirá en reacciones de RT-PCR a partir de ADN complementario para el aislamiento del gen.

#### Referencias

- Aguirre, C., Valdés-Rodríguez, S., Mendoza-Hernández, G., Rojo-Domínguez, A., & Blanco-Labra, A. (2004). A novel 8.7 kDa protease inhibitor from chan seeds (*Hyptis suaveolens* L.) inhibits proteases from the larger grain borer *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae). *Comparative Biochemistry And Physiology Part B Biochemistry And Molecular Biology*, 138(1), 81-89.
- Cervantes-Jiménez, R., Martínez, M.M., Mercado-Luna, A., Chávez-Servín, J.L., Ruiz, B.C., et al. (2022). Effect of Induced Mechanical Leaf Damage on the Yield and Content of Bioactive Molecules in Leaves and Seeds of Tepary Beans (*Phaseolus acutifolius*). *Plants*, 11(24), 3538.
- Clemente, M., Corigliano, M., Pariani, S., Sánchez-López, E., Sander, V., & Ramos-Duarte, V. (2019). Plant Serine Protease Inhibitors: Biotechnology Application in Agriculture and Molecular Farming. *International Journal Of Molecular Sciences*, 20(6), 1345.
- Doyle, J.J. & Doyle, J.L. (1987) A Rapid DNA Isolation Procedure for Small Quantities of Fresh Leaf Tissue. *Phytochemical Bulletin*, 19, 11-15. - *References - Scientific Research Publishing*.
- López, T., Mustafa, Z., Chen, C., Lee, K.B., Ramírez, A et al. (2019). Functional selection of protease inhibitory antibodies. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 116(33), 16314-16319.

## BIOPROCESOS Y BIOTECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

### ESTUDIO PRELIMINAR DEL CRECIMIENTO DE *Chlorella vulgaris* COMO FUENTE ALTERNATIVA DE PROTEÍNAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Emmanuel Patiño-Almanza<sup>1</sup>, Juan Gabriel Ramírez-Pimentel<sup>1,2</sup>, Carlos Alberto Flores-Gómez<sup>1,2\*</sup>

#### Resumen

*Chlorella vulgaris*, ha captado interés tanto en la industria alimentaria, como en la bio-refinería, debido a su tasa de crecimiento alta y composición rica en nutrientes. Esta microalga tiene la habilidad de secuestrar grandes cantidades de CO<sub>2</sub> (gas con efecto invernadero) de la atmósfera, y por acción fotosintética, producir diversas biomoléculas de interés, al mismo tiempo libera al ambiente oxígeno molecular. En este trabajo se analizó el crecimiento de *C. vulgaris* cultivada en laboratorio, en régimen por lotes con un medio basal de Bold. Las condiciones de cultivo incluyeron un fotoperiodo de 16 h con luz y 8 h de oscuridad, con una intensidad luminosa de 2620 lux, a 27 °C. El crecimiento de la microalga mostró un crecimiento exponencial durante los primeros 7 días, seguido de una fase estacionaria de tres días, y una fase de declive a partir del día 11. Las imágenes microscópicas proporcionaron una visión clara de la estructura celular y sus cambios morfológicos de durante el ciclo de crecimiento. La velocidad específica de crecimiento observada este trabajo preliminar fue de  $\mu_m = 0.261 \text{ d}^{-1}$ . Aunado a lo anterior, con la notable composición nutricional de la microalga reportada en la literatura, que incluye un alto contenido de proteínas, lípidos (ácido  $\alpha$ -Linoleico), clorofila y otros compuestos bioactivos; se destaca el potencial de *Chlorella vulgaris* como fuente alternativa y sostenible de proteínas para la industria alimentaria.

#### Palabras clave:

Microalgas, proteínas alternativas, sostenibilidad, bioeconomía.

#### Abstract

*Chlorella vulgaris* is receiving increased attention in the food industry and in the biorefinery due to its high growth rate and nutrient-rich composition. This microalga has the ability to sequester large amounts of CO<sub>2</sub> (a greenhouse gas) from the atmosphere, and through photosynthetic action, produce various biomolecules of interest, and at the same time releases oxygen into the environment. In this work, the growth of this microalgae cultivated under controlled laboratory conditions in a Bold basal medium was analyzed. The cultivation conditions included a photoperiod of 16 hours of light and 8 hours of darkness, with a light intensity of 2620 lux, at a temperature of 27°C. The growth of the microalgae showed exponential growth during the first 7 days, followed by a three-day stationary phase, and a decline phase starting on day 11. The microscopic images provided a clear view of the cell structure and its morphological changes during the growth cycle. The specific growth rate observed in this preliminary work was  $\mu_m = 0.261 \text{ d}^{-1}$ . In addition, with the notable nutritional composition of the microalgae reported in the literature, which includes a high content of proteins, lipids ( $\alpha$ -Linoleic acid), chlorophyll and other bioactive compounds; the potential of *Chlorella vulgaris* as an alternative and sustainable source of proteins for the food industry is highlighted.

#### Key words:

Microalgae, alternative protein, sustainability, bio-economy.

<sup>1</sup> División de Estudios de Posgrado e Investigación; <sup>2</sup> Depto. de Ingenierías. Tecnológico Nacional de México campus Roque. Celaya, Gto., México.

\* Autor de correspondencia: [carlos.fg@roque.tecnm.mx](mailto:carlos.fg@roque.tecnm.mx)

## 1. Introducción

*Chlorella vulgaris* es una microalga verde dulceacuícola que está captando interés en la industria alimentaria, debido a su alta tasa de crecimiento y su rica composición en nutrientes (Cifuentes y López, 2021; Richmond y Hu, 2022). Este estudio presenta un análisis detallado de la curva de crecimiento de *Chlorella vulgaris* y observaciones microscópicas para resaltar sus características morfológicas y potenciales aplicaciones. En la Tabla 1, se muestra la composición general declarada de un suplemento nutritivo comercial a base de polvo seco de *Chlorella vulgaris*.

Por otra parte, existen algunas ecuaciones primarias (Tabla 2) para modelar el crecimiento de microorganismos en función del tiempo (Narayanan et al., 2017; Zwietering et al., 1990).

El objetivo de este trabajo, es evaluar de manera preliminar el crecimiento de *Chlorella vulgaris* a condiciones controladas de laboratorio, así como evaluar el ajuste de los datos experimentales a modelos matemáticos que representen la cinética de crecimiento de dicho microorganismo.

Tabla 1. Composición general de polvo seco comercial de *Chlorella vulgaris* (Dote y Goto, 2023).

Componentes	Contenido (g)
Proteínas	60.600
Carbohidratos	3.700
Grasas	12.800
Fibra dietética	13.000
Cenizas	4.500
Húmedad	5.400
Clorofila	2.400
Carotenos	0.106
Vitamina C	0.074
Vitamina E	0.023

## 2. Metodología

La presente investigación se estableció en condiciones de laboratorio, en el Instituto Tecnológico de Roque. La cepa de *Chlorella vulgaris* CCAB 90/41, se cultivó en un Medio Basal de Bold (BBM) en régimen por lote. Las condiciones de cultivo incluyeron un fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad, con una intensidad luminosa de 2620 lux, y una temperatura de 25-28 °C. Se utilizó una bomba de aire para agitar el sistema de cultivo. Para monitorear el crecimiento se empleó un espectrofotómetro de microplaca registrando la densidad óptica a una longitud de onda de 600 nm ( $DO_{600}$ ).

Las observaciones microscópicas se llevaron a cabo utilizando un microscopio óptico invertido OLYMPUS IX71, las fotografías fueron tomadas con ayuda de una cámara fotográfica adaptada al microscopio OLYMPUS DP72. La composición nutricional de *Chlorella vulgaris* se discutió con base en datos de literatura científica.

Los datos de la cinética de crecimiento de *Chlorella vulgaris*, se ajustaron por regresión no lineal a cada modelo matemático evaluado, empleando el complemento Solver de Microsoft Excel, que minimiza la suma de los residuos al cuadrado, usando el

algoritmo de Gauss-Newton. Además, se realizaron pruebas de calidad de ajuste y el análisis de varianza (ANOVA) de los parámetros cinéticos con significancia biológica, para evaluar la significancia del modelo.

## 3. Resultados

El crecimiento de *Chlorella vulgaris* fue determinado durante un periodo de 15 días, observado sus características morfológicas en el microscopio. En la figura 1 muestra una imagen de las células individuales, donde se puede apreciar el color verde brillante característico del organismo fotosintético. Se puede observar también la forma esférica típica de la microalga unicelular, así como una "instantánea" de la dinámica de los cambios morfológicos que ocurren durante el ciclo de crecimiento. Las células de *C. vulgaris* presentan dimensiones características de entre 2 a 10  $\mu\text{m}$  de diámetro.

En la figura 2, se muestra la curva de crecimiento de *C. vulgaris*; en la donde se puede observar que la fase de crecimiento exponencial inicia después del tercer día de cultivo y hasta cerca del día 10, seguido de una fase de desaceleración que va de entre los días 10 a 15, y finalmente se puede apreciar el inicio de la fase de

estancamiento del crecimiento en el régimen de cultivo evaluado.

Tabla 2. Expresiones matemáticas para modelar el crecimiento de microorganismos.

Modelo	Expresión	Nomenclatura:
Gompertz modificado	$y = A \exp \left\{ - \exp \left[ \frac{\mu_{max} * \exp (1)}{A} (\lambda - t) + 1 \right] \right\}$	$y = \ln(N/N_0)$ ; $t$ es el tiempo (días). Los parámetros del modelo con significado biológico, son: $\lambda$ , tiempo de retardo inicial o fase "lag"; $\mu_{max}$ velocidad específica de crecimiento máxima; $A$ , máximo valor de la variable "y" alcanzada.
Weibull modificado	$y = \exp(-\theta * t^\delta) (\beta - \alpha) + \alpha$	$\alpha, \beta, \delta, \theta$ son parámetros empíricos de cada modelo
Logístico modificado	$y = \frac{(\beta - \alpha)}{1 + \exp \left[ \frac{(t - \theta)}{\delta} \right]} + \alpha$	

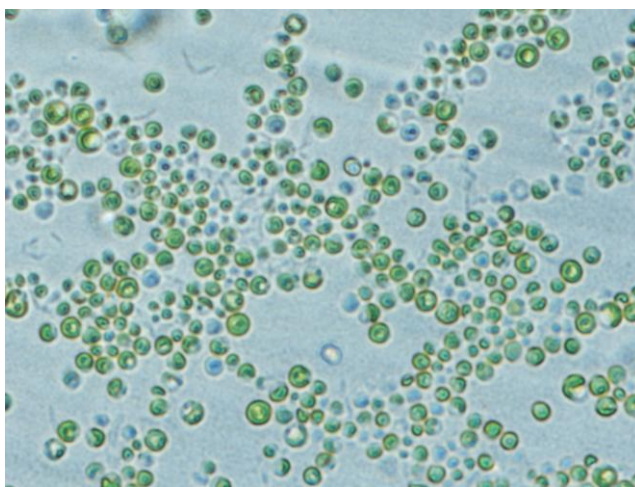


Fig. 1. Microfotografía de *Chlorella vulgaris* CCAB 90/41.

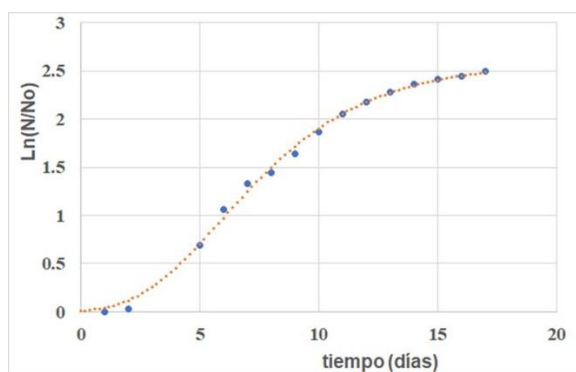


Fig. 2. Curva de crecimiento de *Chlorella vulgaris*. Puntos azules: datos experimentales; línea punteada: ajuste con el modelo de Gompertz modif.

Los resultados del ajuste por regresión no lineal al modelo de Gompertz modificado, de los datos promedio de la cinética de crecimiento de *Chlorella vulgaris*, se pueden observar gráficamente en la línea punteada de la Figura 2. Por otra parte, en la Tabla 2, se reportan los estimados de los parámetros de las tres ecuaciones, así como los coeficientes de determinación  $R^2$  del análisis del ajuste a los modelos.

Aunque los modelos evaluados no representan todos los fenómenos significativos que suceden en la cinética de crecimiento de *C. vulgaris* en el régimen de cultivo por lotes, son útiles para representar en forma sencilla, el modelamiento matemático necesario en futuras etapas de diseño de fotobiorreactores. Se puede observar que la calidad de ajuste de los tres modelos de crecimiento a los datos experimentales es excelente, toda vez que todos los coeficientes de determinación  $R^2$  son superiores a 0.997. Se acentúa el correspondiente al modelo de Gompertz modificado, por la significancia biológica de sus parámetros, que arroja una velocidad específica de crecimiento máxima  $\mu_{max} = 0.261 \text{ d}^{-1}$ ; a partir de este valor, se puede

calcular un tiempo de duplicación de  $t_d = 2.6$  días, de acuerdo a la ecuación de cinética de crecimiento ( $dN/dt = \mu N$ ). El valor de la fase "lag" es  $\lambda = 2.192 \text{ d}$ , que es elevado para casos prácticos, se podría explicar porque no hubo acondicionamiento previo de la microalga a las condiciones de cultivo, lo que resalta la importancia de realizarlo en futuros ensayos. Finalmente, la asíntota  $A = 2.624$ , demuestra el valor máximo del número de células normalizado ( $N_{max}/N_0$ ) que se alcanzaría según la tendencia de los datos cinéticos obtenidos en el periodo evaluado.

Los valores de la velocidad específica de crecimiento máxima, reportados en la literatura consultada van de:  $0.13 \text{ d}^{-1} \leq \mu_{max} \leq 0.69 \text{ d}^{-1}$ , obtenidas con diferentes medios/condiciones de cultivo (Lee y Yoon, 2021). Comparando con el correspondiente valor obtenido en este trabajo, se puede observar por una parte que se obtuvo un valor coherente, y por la otra, se puede inferir que las condiciones de cultivo son susceptibles a optimizarse y buscar elevar la tasa de crecimiento (Vaičiulytė et al., 2014).

Tabla 2. Coeficientes de determinación y valores estimados de los parámetros obtenidos por *regresión no lineal* de los datos del cultivo de *Chlorella vulgaris*.

Modelo	$R^2$	Parámetros de los modelos						
		$\alpha$	$\beta$	$\theta$	$\delta$	A	$\mu_m$	$\lambda$
Logístico	0.9976	2.576	-0.3378	6.4984	3.011	-	-	-
Weibull	0.9981	2.556	-0.0065	0.0161	1.918	-	-	-
Gompertz	0.9978	-	-	-	-	2.624	0.261	2.192

#### 4. Conclusiones.

La cinética de crecimiento de la microalga fotosintética *Chlorella vulgaris* fue obtenida exitosamente, presentó una velocidad específica de crecimiento máxima  $\mu_{max}$  de  $0.261 \text{ d}^{-1}$ , una fase de adaptación (lag)  $\lambda = 2.192 \text{ d}$ , y el número de células máximo posible a obtener es de  $(N_{max}/N_0) = 2.624$ , a las condiciones de cultivo evaluadas.

Las ecuaciones modificadas de Gompertz, de Weibull y logística, describen adecuadamente los datos de crecimiento de *Chlorella vulgaris* obtenidos a las condiciones evaluadas, su ajuste resultó estadísticamente significativo.

#### Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México por el apoyo financiero para la realización del presente trabajo de investigación con folio de proyecto 18772.23-P.

#### Referencias

- Cifuentes, A., & López, R. (2021). Advances in the industrial application of microalgae: A focus on *Chlorella vulgaris*. *Biotechnology Advances*, 49, 107737.  
DOI: 10.1016/j.biotechadv.2021.107737
- Dote, T., & Goto, S. (2023). Nutritional and biochemical properties of *Chlorella vulgaris* as a functional food. *Journal of Applied Phycology*, 35(2), 467-480.  
DOI: 10.1007/s10811-022-02786-9
- Lee, Y. K., & Yoon, B. S. (2021). Optimization of growth conditions for *Chlorella vulgaris* and its potential in commercial applications. *Algal Research*, 59, 102473.  
DOI: 10.1016/j.algal.2021.102473
- Richmond, A., & Hu, Q. (2022). *Handbook of microalgae culture: Applied phycology and biotechnology* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.

- Narayanan, V., Schelin, J., Gorwa, G.M., & Carlquist, M. (2017). Increased lignocellulosic inhibitor tolerance of *S. cerevisiae* cell populations in early stationary phase. *Biotechnology for Biofuels*, 10(1).
- National Center for Biotechnology Information (2024). PubChem Compound Summary for , *Chlorella vulgaris*. Retrieved December 1, 2024 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Chlorella-vulgaris>.
- Vaičiulytė, S., Padovani, G., Kostkevičienė, J., & Carozzi, P. (2014). Batch growth of *Chlorella vulgaris* versus semi-continuous regimen for enhancing oil-rich biomass productivity. *Energies*, 7(6), 3840-3857.
- Zwietering, M. H., Jongenburger, I., & van 't Riet, K. (1990). Modeling of the bacterial growth curve. *Applied & Env. Microbiol.*, 56(6), 1875-1881.

## INGENIERÍA DE ALIMENTOS

### ELABORACIÓN DE CERVEZA A PARTIR DE CEBADA Y GARBANZO

María Rocio Pacheco-Girón<sup>1</sup>, Estéfana Alvarado-Bárceñas<sup>2</sup>, Chablé-Moreno Francisco<sup>2</sup>, Juan Carlos Raya-Pérez<sup>2\*</sup>

#### Resumen

Para la elaboración de cerveza se requiere agua, cebada, levadura cervecera, la cual producirá la fermentación y lúpulo, que le dará el sabor y olor característico a una cerveza. Se puede elaborar con otras fuentes de almidón como el maíz, arroz y las que son utilizadas como el mijo, el sorgo y la raíz de yuca usada en África, la patata en Brasil y el agave en México entre otras. En nuestro caso se elaboró con cebada y con garbanzo porquero, levadura y lúpulo en flor. La levadura contiene nutrientes que ayudan a aliviar el estreñimiento y el colesterol. A la cerveza se le hicieron los análisis físico químicos: % de alcohol, pH, grados °Brix, espuma; para grados brix el valor obtenido fue de 5.00, El valor de pH fue de 4.06, el contenido de alcohol fue de 7.4 %. La mezcla de garbanzo (51 g) y cebada (38 g) dio buenos resultados en la elaboración, obteniéndose un producto con buena aceptación entre el grupo de panelistas.

#### Palabras clave:

Bebida artesanal, lúpulo, fermentación

#### Abstract

To make beer, water, barley, brewing yeast, which will produce fermentation, and hops, which will give the beer its characteristic flavor and smell, are required. It can be made with other starch sources such as corn, rice and those used such as millet, sorghum and cassava root used in Africa, potatoes in Brazil and agave in Mexico, among others. In our cases it was made with barley and chickpeas, yeast and flowering hops. Yeast contains nutrients that help relieve constipation and cholesterol. Physical and chemical analyzes were carried out on the beer: % alcohol, pH, °Brix degrees, foam; for Brix degrees the value obtained was 5.00, the pH value was 4.06, alcohol content was 7.4%. Mixture of chickpea (51 g) and barley (38 g) gave good results in the preparation, obtaining a product with good acceptance among panelists group.

#### Key words:

Craft drink, hops, fermentation

<sup>1</sup>Departamento de Ingenierías, <sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/I T Roque, Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato, 38110, México.

\*Autor de correspondencia: [juan.rp2@roque.tecnm.mx](mailto:juan.rp2@roque.tecnm.mx)

## 1. Introducción

Los primeros centros cerveceros en Europa se ubicaron en Lovaina, Brujas, Gantes y Amberes en Flandes y Haarlem; Gouda en Holanda, en Alemania en Lübeck y Munich, entre otros. Para la producción de cerveza se requiere de la malta, lúpulo, levadura y agua, esta última constituye el 90 % del total de la cerveza. A nivel internacional, los grupos dominantes en la producción son Anheuser-Busch InBev cuyo origen se encuentra en Lovaina, Bélgica y mantienen un poco más del 50 % de la producción mundial, seguido de Heineken NV de Países Bajos con el 17.3 % del total. (Hernández Cortés & Castañeda Meléndez 2024).

La cerveza puede ser elaborada artesanal o industrialmente de la mezcla de diferentes cereales como cebada, arroz, maíz, entre otros (Bofill-Rodríguez & Gallardo-Aguilar, 2014; Monroy, 2019). La variedad de las cervezas, son resultado de los procesos postfermentativos, las temperaturas y tiempos utilizados, así como también los ingredientes y aditivos que se emplean.

La cebada es una gramínea con espigas largas y flexibles. Se puede plantar en suelos poco fértiles y a diferentes alturas. Crece adecuadamente en climas

frescos y poco secos. Necesita poco calor para madurar y se adapta a diferentes condiciones ambientales (SAGARPA, 2016). El garbanzo (*Cicer arietinum*) forma parte de a la familia Fabaceae y al género Cicer. En México el garbanzo tipo Desi es destinado al forraje para la alimentación del ganado, en Asia y África se consume como grano entero, y se cocina en platillos como estofados, ensaladas, también se rostizan y endulzan o se consumen como sopa. La planta femenina de lúpulo posee inflorescencias que se desarrollan alrededor de un eje central (Raquis) de las que nacen brácteas y bractéolas donde se forma un polvo resinoso de color amarillo. Las glándulas de lupulina tienen gran número de resinas amargas como son las humulonas o  $\alpha$ -ácidos y aceites esenciales. El responsable del grado de amargor de la cerveza son las sustancias amargas del lúpulo (Burgos, 2022). El objetivo de este trabajo la elaboración de cerveza con el empleo de una mezcla de cebada y garbanzo.

## 2. Materiales y métodos

La cebada fue donada por el INIFAP de Celaya, el garbanzo porquero fue proporcionado por el Tecnológico de ROQUE, la levadura y el lúpulo fueron adquiridos en Querétaro.

Tabla 1. Formulaciones de cerveza.

Formulaciones para 1 litro	Cebada (gr)	Garbanzo (gr)	Lúpulo inicial	(gr) final	Levadura (gr)	Grenetina (gr)	Azúcar (gr)
Formulación 1	26	64	0.869	0.434	0.58	0.266	7.5
Formulación 2	41.6	48	0.619	0.934	0.58	0.266	8
Formulación 3	38	51.13	1	0.52	0.58	0.266	8.5

Se puso a germinar el grano; se interrumpió el proceso de germinado y el material fue secado en horno. El grano fue triturado en un molino manual de acero inoxidable, para obtener cerca de 20% de harina, 50% de grano partido y aproximadamente 30% de grano entero. Se mezcló agua caliente 70 a 72 °C cubriendo la malta, se dejó tapado el recipiente durante una hora y media, para gelatinizar los almidones, y convirtiéndose los almidones en azúcares fermentables. Se le agregó agua caliente de 70 a 72 °C cubriendo la malta y se deja reposando durante 20 minutos para extraer los azúcares. Al comenzar a hervir se pone 50 % de lúpulo de un total de 1 gr-lúpulo para amargor. A los 45 minutos 25 % de lúpulo, 0.5 gr - lúpulo para sabor. A los 55 minutos el 25 % del lúpulo restante, 0.52 gr -Lúpulo para aroma. A los 55 minutos de hervido se adicionó 0.266 gr de grenetina para

precipitar las proteínas del mosto que se produjeron por el lúpulo y la malta, y lograr que estas impurezas se vayan al fondo de la olla, por decantación. Durante el proceso de cocción se genera espuma, lo que es importante retirarla para evitar que los aceites esenciales contenidos generen sabores extraños a la cerveza. Se sumerge la olla en un recipiente con hielo y agua para bajar la temperatura de la mezcla lo más rápido posible, alcanzando una temperatura de 25°C, Se utilizó la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Safale US-0.5), que es una de las levaduras para la elaboración de cerveza tipo Ale, trabaja a temperaturas de 12 a 25°C, Se vierte el mosto en el recipiente fermentador, ya esterilizado para evitar la contaminación con bacterias. Al Airlock se le pone agua, para dejar escapar el gas generado debido a la fermentación, el recipiente utilizado para fermentar se

mantuvo a una temperatura ambiente de 18 a 25°C durante 14 días. Después del proceso de fermentación, se pasa al envasado, en donde se le pone de 5 a 9 gramos de azúcar por cada litro de cerveza, obteniendo niveles de carbonatación adecuada.

La medición de espuma se realizó basándose en el principio de "NIBEM". Este se basa en medir el tiempo en segundos, después de estabilizarse la espuma descendiendo 10, 20 y 30 mm en la probeta. Se introdujo una gota de cerveza en el refractómetro de medición de 0-80% de alcohol, la cerveza debe estar previamente desgasificada y a temperatura ambiente. La cerveza debe estar a una temperatura de 20°C y desgasificada por completo y se midió el pH, con un potenciómetro HI 2211. Los grados °Brix se determinaron, introduciendo una gota de cerveza, previamente desgasificada y a temperatura ambiente, con un refractómetro Sper Scientific.

Se realizó el análisis sensorial con 50 jueces, estos evaluaron el grado de aceptabilidad de las 3 formulaciones, evaluando al sabor, color y olor. Para el sabor se tomó, 1 para es amargo, 2 para es dulce, 3 para insípido, y 4 para agrio. Para el color se tomó, 1 para es claro, 2 para es dorado y 3 para oscuro y por último para el olor, 1 para no es adecuado, 2 para satisfactorio y 3 para es adecuado.

### 3. Resultados

La formulación 1 no tuvo mucha aceptación por los jueces, debido a que de los 50 jueces solo a 9 de ellos les gusto esta formulación. La formulación 2, tuvo mayor aceptación que la formulación número 1, de los 50 jueces 13 de ellos les gustó esta formulación. La formulación 3 tuvo mayor aceptación por los jueces, de los 50 jueces, 28 de ellos les gusto esta formulación, a la que se le hicieron los análisis físico químicos. Los grados °Brix para una cerveza deben ser mayores a 4.5°Brix. La cerveza elaborada cumple con este valor debido a que lo obtenido para grados brix fue de 5.00, siendo un valor menor a los rangos reportados por los autores; Ortega, (2001) de 8.75 a 9.75, Barranco y Villarreal (2021).

El valor obtenido de pH en la cerveza fue de 4.06%, encontrándose menor de acuerdo al rango reportado por los autores; de 4.4 a 5.0, siendo más favorable 4.5 para su crecimiento y acción. Monroy, (2019) refiere valores de 4.240 y 4.26 para cervezas artesanales, y Ortega, (2001) con rangos 5.00 a 5.75, Barranco y Villarreal, (2021) reportando valores de 4.31 y 4.24.

El % de alcohol en la cerveza de cebada con garbanzo fue de 7.4%, para una cerveza completa de 3.5 a 4.5%

y 4.8 a 5.5% para una cerveza fuerte, Ortega, (2001) de 3.12 a 4.22. Cumple con la NOM-142-SSA1/SCFI-2014, en donde establece que para bebidas alcohólicas fermentadas debe ser de 2 a 20 % Alc. Vol. Se obtuvo un desplazamiento de espuma de 10, 20 y 30 mm, con tiempos de 24.69 s 44.94 s y 60.87 s. La presencia de la espuma en la cerveza, demuestra que ha sido elaborada, fermentada y envasada adecuadamente. La formulación número 3, fue la adecuada en cuanto a sabor, color y olor; se le realizaron los análisis físico químicos; y se obtuvo un contenido de alcohol de 7.4 %, con 5 grados °Brix y un pH de 4.06 %.

### 4. Conclusión

Se logró la obtención de una cerveza artesanal a partir de la mezcla de garbanzo y cebada, tuvo buena aceptación entre los panelistas, cumple con las características de una bebida fermentada, representa una alternativa para su cultivo en la región y otra forma en su consumo.

### Referencias

- Boffill-Rodríguez, Y., Gallardo-Aguilar, I. (2014). Ventajas de la producción de cerveza a partir de malta de sorgo. *Tecnología Química*. XXXIV (3):266-274.
- Burgos, C.M.E. (2022). Lúpulo, usos más allá de la cerveza. Universidad Austral de Chile.
- Hernández Cortés, C. & Castañeda Meléndez, B. (2024). Associations, groups, actors and controversies in the establishment of a "Modelo" group brewery in Acopinalco, Hidalgo, Mexico. *Revista Geografía Agrícola* 72(2):1-22. DOI:10.5154/r.rga.2022.72.5.
- Barranco, G.S.A. & Villarea, L.C.G.N. (2021). Evaluación del efecto de la temperatura en el proceso fermentativo en la producción de cerveza artesanal tipo blonde ale [Tesis de ingeniería]. Fundación Universidad de América facultad De Ingenierías Programa de Ingeniería Química Bogotá.
- Burgos, C.M.E. (2022). Lúpulo, usos más allá de la cerveza Revisión bibliográfica. Universidad Austral de Chile. Pg.4
- Castillo, L.R.I. (2021). Evaluación de las propiedades antioxidante de una cerveza artesanal a partir de maíz azul (*Zea mays*). Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Monroy, C.M. (2019). Evaluación de parámetros físicoquímicos en una cerveza utilizando triticale como adjunto (*X. triticosecale wittmack*) [Tesis

- de ingeniería]. Universidad Autónoma Del Estado de México Facultad De Ciencias Agrícolas. Pg. 67, 72
- Ortega, V.M.T. (2001). Elaboración de cerveza tipo lager a partir de malta y adjuntos cerveceros de sorgo. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Pg. 83, 85.
- Ortega-Murrieta, P.F., Fierros Leyva, G.A., Padilla Valenzuela, I., Valenzuela Herrera, V.A., Gallegos, J.A., et al. (2016). Blanoro, nueva variedad de garbanzo blanco de grano extra grande para exportación. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(1), 209-216.
- Rodríguez, C.H.A. (2003). Determinación de Parámetros Físico-Químicos para la Caracterización de cerveza Tipo Lager Elaborada Por Compañía Cervecera kunstmann S.A.[ Tesis de licenciatura ]. Universidad Austral de Chile.
- SAGARPA. (2016). Planeación Agrícola Nacional. Primera edición, Ciudad de México, México. <https://www.gob.mx/agricultura>.

## INGENIERÍA DE ALIMENTOS

### EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS Y LA ACTIVIDAD MICROBIANA A UN QUESO FRESCO ELABORADO CON LA ASISTENCIA DE PULSOS ULTRASÓNICOS

Yohana Alicia Burboa Marquez<sup>1</sup>, Maritza Noemi Valdenebro González<sup>1</sup>, Francisco Cadena-Cadena<sup>1</sup>, Ofelda Peñuelas-Rubio<sup>1</sup>, Joe Luis Arias-Moscoso<sup>1\*</sup>

#### Resumen

En este estudio, se comparó el efecto de la pasteurización frente al uso de los pulsos ultrasónicos, para la producción de queso fresco y evaluar las características reológicas y microbiológicas. Se determinó el contenido de coliformes fecales a la leche utilizada, se evaluó mediante el análisis del perfil de textura (TPA), a los quesos elaborados, almacenados durante 4, 12 y 19 días. La producción de queso fresco elaborado con leche pulsada con ultrasonido mostro un rendimiento mayor que el queso fresco elaborado con leche pasteurizada. El TPA para el queso elaborado con la asistencia de pulsos obtuvo los valores más altos durante la evaluación sensorial. Finalmente, la evaluación microbiológica evidencio que la leche tratada con pulsos ultrasónicos no presenta unidades formadoras de colonias de coliformes, valores similares al uso de la pasteurización.

#### Palabras claves:

Pulsos ultrasónicos, queso fresco, propiedades reológicas, microbiología.

#### Abstract

In this study, the effect of pasteurization was compared to the use of ultrasonic pulses for the production of fresh cheese, and the rheological and microbiological characteristics were evaluated. The content of fecal coliforms in the milk used was determined, and the cheeses produced were evaluated through Texture Profile Analysis (TPA) after being stored for 4, 12, and 19 days. Fresh cheese produced with ultrasound-pulsed milk showed a higher yield than fresh cheese made with pasteurized milk. The TPA for the cheese made with pulse assistance obtained the highest values during the sensory evaluation. Finally, the microbiological evaluation showed that milk treated with ultrasonic pulses did not present coliform colony-forming units, with values similar to those obtained with pasteurization.

#### Key words:

Ultrasonic pulses, Fresh cheese, Rheological properties, microbiology.

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería, Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Bacúm 85276, México.

\*Autor de correspondencia: [jarias.moscoso@itvy.edu.mx](mailto:jarias.moscoso@itvy.edu.mx)

## 1. Introducción

La leche se caracteriza por su gran aporte en nutrientes, constituye en la dieta el aporte de aminoácidos esenciales, así como de vitaminas y minerales. La forma más común de conservarla es realizar tratamientos térmicos de pasteurización y esterilización, que inactivan las enzimas y microorganismos, extendiendo su vida útil (Pérez-Piqueras, 2020; Clement, 2018). Así mismo existen técnicas no térmicas para el procesamiento de la leche como: ultrasonidos, irradiación, tecnología de alta presión, tecnología de plasma frío, pulso eléctrico y la microfluidización (Kenari & Razavi, 2021).

El uso de ultrasonido es una alternativa para reducir la concentración de microorganismos sin modificar las características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales ni perder el valor nutricional de los productos alimenticios en comparación con los métodos térmicos de pasteurización y esterilización (Nole, 2023).

El queso fresco se define como un queso no maduro, moldeado, de una textura relativamente firme, y preparado a partir de leche pasteurizada, adicionada con cuajo se moldea y está listo para consumirse. Es un producto no homogéneo, con diferencias importantes en su estructura interna, el cual puede verse afectado por una gran cantidad de factores, como su composición, maduración, procedimiento de elaboración, o incluso temperatura de almacenaje (Nogales & Sánchez, 2018). En el queso el análisis microbiológico es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y la calidad del producto. Este análisis permite detectar la presencia de microorganismos patógenos, como coliformes fecales, que pueden afectar la salud del consumidor (Capuñay & Quiroz, 2022)

Por otro lado el análisis de perfil de textura (TPA) es uno de los métodos instrumentales más ampliamente utilizado para la evaluación de textura del queso. Por lo cual es una prueba popular de doble compresión para determinar las características texturales de alimentos (Nogales & Sánchez, 2018).

La presente investigación evaluó las propiedades reológicas y actividad microbiana a un queso fresco elaborado con la asistencia de pulsos ultrasónicos como alternativa a los tratamientos térmicos utilizados de manera tradicional. Se evaluó los cambios que presentan el queso fresco a través de un análisis de perfil de textura (TPA), se midió el esfuerzo al corte, dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad a un queso fresco almacenado por 4,12

y 19 días, la medición del texturometro se realizó a un porcentaje de compresión del 75%.

## 2. Metodología

Para la elaboración de queso fresco Se siguió la metodología de Bernardo, A. (1997)., para la elaboración de queso a partir de 20 litros de leche, para cada tratamiento. Por un lado, se sometió a pasteurización 72 °C/30 min y por otro lado se sometió a los pulsos ultrasónicos a 40 Khz de amplitud de onda por 10 min. Luego, se añadió un cultivo iniciador y cuajo a la leche para coagularla. La cuajada se cortó en pequeños trozos para liberar el suero, que se drena posteriormente. A continuación, la cuajada se colocó en moldes y se prensó suavemente para eliminar el exceso de suero, dando forma al queso.

*Análisis fisicoquímicos a la leche.* Determinación de temperatura. El siguiente procedimiento fue basado por lo que describió (Fuentes-Coto et al, 2013), mediante el uso de un termómetro. Determinación de densidad. Se siguió la metodología propuesta por (Herrera, 2019). La determinación de la densidad es de importancia porque indica los valores establecidos por la ley y ayuda a determinar una posible falsificación o adulteración, valores por debajo de lo establecido indican que se le agregó agua a la leche o caso contrario indican descremado de la leche. La determinación se realizó con la ayuda de un lactodensímetro. Determinación de Acidez (Ácido Láctico). Se siguió la metodología propuesta por (Herrera, 2019). La acidez expresada como ácido láctico debe ser de 0.14-0.19 g/100 mL. La leche fresca, en estado normal, no contiene prácticamente ácido láctico.

Prueba de Alcohol. Se siguió la metodología propuesta por López et al. (2015). Esta prueba determina la estabilidad de la leche al calor. Si se tiene la formación de grumos al mezclarse el alcohol con la leche, indica que es una leche que no es apta para someterla a altas temperaturas.

*Análisis proximal.* Determinación de Humedad. Se siguió la metodología propuesta por la AOAC 2005, primero se precalentó la estufa Binder a 120°C por 1 hora, donde se colocaron los crisoles previamente lavados. Una vez transcurrida la hora se sacaron los crisoles y se colocaron en un desecador por 30 minutos hasta alcanzar peso constante. Posteriormente se pesaron en balanza analítica (Velab) y se registró el peso de cada uno ( $m_1$ ).

*Determinación de cenizas.* La determinación de cenizas se realizó siguiendo la metodología de la AOAC (2005). La muestra obtenida en la determinación de

humedad se utilizó para la determinación de cenizas, la cual se incinero en una mufla (Marca Felisa) a 550°C por 2 horas, al término del tiempo se dejó enfriar 30 min dentro de la mufla y posteriormente se colocaron las muestras en un desecador por otros 30 min hasta obtener el peso constante.

Se calculó el porciento de ceniza del alimento mediante los siguientes datos: Peso del crisol con muestra – Peso del crisol vacío = Peso de la muestra; Peso del crisol con cenizas – Peso del crisol vacío = Peso de las cenizas; y las ecuaciones 1 y 2.

$$\% \text{ de cenizas en base seca} = \frac{\text{Peso de cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ de materia orgánica} = 100 - \% \text{ de cenizas base seca} \quad (2)$$

$$\% \text{ de grasa cruda en base seca} = \frac{\text{Peso de la grasa}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad (3)$$

**Determinación de lípidos.** Los lípidos se obtuvieron con la metodología propuesta por la AOAC 2005. En el cual se colocó una muestra de 4 gramos al cual se añadió hexano por un periodo de tiempo de 4 horas. Posteriormente se extrajeron los lípidos del hexano mediante el rotaevaporador, calculando el porcentaje de grasa mediante los siguientes cálculos: Peso del vaso con grasa – Peso del vaso vacío = Peso de la grasa; y la ecuación 3.

**Determinación de proteínas por el método de microkjeldahl.** Se siguió la metodología propuesta por la AOAC 981.10. Se pesaron 3 muestras de cada queso elaborado de manera tradicional con leche pasteurizada y queso elaborado con leche asistida con pulsos ultrasónicos de 0.5 mg de muestra en la balanza analítica y se transfirieron cada una en matraces Kjeldahl, para su procesamiento siguiendo la técnica antes mencionada se añadió 1 gr de mezcla catalizadora y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado a cada muestra.

**Análisis de perfil de textura (TPA).** Para la realización del análisis se utilizó una máquina de texturómetro se hizo uso de las siguientes piezas la navaja para esfuerzo al corte es una Warner- Bratzler de 1 mm de grosor y espacio de corte de 30 mm fue a 60 mm/min y el tiempo de ejecución también es menos a 120 seg y para (TPA) usamos una sonda constituida por un plato cilíndrico de 50 mm de diámetro (p/50) con una doble compresión al 75% a una velocidad de 60 mm/min con

una celda de carga de 100 N por lo que estas pruebas se realizaron 6 repeticiones para cada queso.

El análisis microbiológico fue basado por lo que describió Dickinson (2013). BD Endo Agar es un medio ligeramente selectivo y de diferenciación para el aislamiento y la diferenciación de la familia Enterobacteriaceae y diversos otros bacilos gram negativos a partir de muestras clínicas.

### 3. Resultados

Los resultados se muestran en la tabla 1. El producto obtenido se dividió en dos moldes medianos los cuales tuvieron un prensado exacto para cada y los resultados de la caracterización fisicoquímica de la leche cruda son mostrados en la tabla 2. El análisis proximal realizado a las muestras es especificado en la tabla 3. El análisis Microbiológico se muestra en la tabla 4. se muestran los resultados de los análisis microbiológicos de los tratamientos realizados en la leche, la cual se realizó 7 muestras en placa de cada uno de los tratamientos.

Los valores medios del Análisis de Perfil de Textura (TPA) a una velocidad de 60 mm/min y 75% de compresión a muestras cubicas de queso fresco y pulsado de 1 cm x1cm y en el caso de los valores medios del análisis del perfil de textura aplicado con lo mencionado anteriormente a muestras cúbicas de queso fresco y pulsado de 1.5cm x 1.5cm están resumidos en la tabla 5.

Tabla 1. Resultados de elaboración de quesos

Tipo de tratamiento	Litros de leche	Tipos de queso	Cantidad de producto
Pasteurización	20	Fresco	1186 g
Pulsos ultrasónicos	20	Fresco	1273 g

Tabla 2. Análisis fisicoquímicos de la leche cruda

Parámetros	Leche cruda fresca
Temperatura	23°C
Densidad	1.0290 g/mL
Acidez (Ácido Láctico)	0.16%
Alcohol	Positiva

Tabla 3. Análisis proximal al queso fresco

Parámetros	Queso fresco pasteurizado	Queso fresco pulsado
Humedad	56.27 ± 0.552 <sub>a</sub>	48.00 ± 0.148 <sub>b</sub>
Cenizas	2.93 ± 0.021 <sub>a</sub>	1.95 ± 0.014 <sub>b</sub>
Proteínas	25.33 ± 0.516 <sub>a</sub>	22.91 ± 0.629 <sub>b</sub>
Grasas	32.70 ± 0.189 <sub>a</sub>	32.77 ± 0.026 <sub>a</sub>

Los resultados son expresados en porcentaje en base húmeda.

Letras diferentes entre los valores de los quesos indican diferencia significativa con  $\alpha=0.05$

Tabla 4. Análisis microbiológico a tratamientos en leche

Tratamiento	Coliformes UFC
Leche cruda fresca	6 UFC/mL
Leche Pasteurizada	0 UFC/mL
Leche con ultrasónico	0 UFC/mL

Tabla 5. Análisis de TPA en queso fresco y queso fresco pulsado

Parámetros Texturales	Tiempo (Días)	Queso Fresco	Queso Fresco Pulsado
Esfuerzo al Corte (N)	4	1.28 ± 0.25 <sub>a</sub>	3.77 ± 0.67 <sub>b</sub>
	12	1.40 ± 0.28 <sub>a</sub>	3.80 ± 0.53 <sub>b</sub>
	19	1.52 ± 0.25 <sub>a</sub>	3.27 ± 0.37 <sub>b</sub>
Dureza (N)	4	10.14 ± 4.97 <sub>a</sub>	37.35 ± 6.42 <sub>b</sub>
	12	18.84 ± 3.73 <sub>a</sub>	41.08 ± 6.88 <sub>b</sub>
	19	17.64 ± 3.60 <sub>a</sub>	41.22 ± 6.19 <sub>b</sub>
Cohesividad	4	0.29 ± 0.04 <sub>a</sub>	0.39 ± 0.09 <sub>b</sub>
	12	0.21 ± 0.02 <sub>a</sub>	0.35 ± 0.05 <sub>b</sub>
	19	0.19 ± 0.02 <sub>a</sub>	0.25 ± 0.02 <sub>b</sub>
Elasticidad	4	0.56 ± 0.07 <sub>a</sub>	0.71 ± 0.02 <sub>b</sub>
	12	0.62 ± 0.06 <sub>a</sub>	0.75 ± 0.05 <sub>b</sub>
	19	0.48 ± 0.02 <sub>a</sub>	0.69 ± 0.016 <sub>b</sub>
Gomosidad	4	5.79 ± 2.91 <sub>a</sub>	26.80 ± 4.58 <sub>b</sub>
	12	11.71 ± 2.24 <sub>a</sub>	31.30 ± 6.46 <sub>b</sub>
	19	8.52 ± 2.01 <sub>a</sub>	28.82 ± 4.86 <sub>b</sub>
Masticabilidad (N)	4	1.66 ± 0.75 <sub>a</sub>	10.69 ± 3.40 <sub>b</sub>
	12	2.47 ± 0.54 <sub>a</sub>	11.23 ± 3.16 <sub>b</sub>
	19	1.67 ± 0.35 <sub>a</sub>	7.30 ± 1.84 <sub>b</sub>

Letras diferentes entre los valores de los quesos indican diferencia significativa con  $\alpha=0.05$

#### 4. Conclusiones

Se elaboró un queso fresco de manera tradicional y con la asistencia de pulsos ultrasónicos, denotando que el queso que tuvo mejor apariencia fue al que se le sometió a los pulsos ultrasónicos. El análisis microbiológico mostro que no hay diferencia significativa entre las leches tratadas por los distintos métodos de procesamiento frente a la leche control sin tratamiento. Las características proximales mostraron diferencias siendo los valores más altos los obtenidos por el queso fresco elaborado con leche pasteurizada. En cuanto a la evaluación del TPA, siendo el queso elaborado con la asistencia de pulsos ultrasónicos obtuvo los valores más altos en cuanto a textura relacionada con el análisis sensorial de palatabilidad.

#### Referencias

- A.O.A.C. (2005). International Official Methods of Analysis. *The association of official analytical chemists*, Volumen II.
- Bernardo, A. (1997). Fundamentos de la elaboración de quesos, Editorial Mundi prensa, España. pp. 227
- Capuñay Puican, M.J., & Quiroz Cobeñas, T.Z.Z. (2022). Efecto del tratamiento térmico de la leche aplicando ultrasonido en la producción de queso fresco.
- Dickinson, B. (2013). Instrucciones de uso-medio en placas listo para su uso.
- Fuentes-Coto, G., Ruiz-Romero, R.A., Sánchez-Gómez, J. I., Ávila-Ramírez, D.N., & Escutia-Sánchez, J. (2013). Análisis microbiológico de leche de origen orgánico: atributos deseables para su transformación. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10(4), 419-432.
- Herrera, M. (2019). Manual de prácticas de laboratorio de análisis de alimentos.
- Kenari, Reza & Razavi, Razie. (2021). Effect of sonication conditions: Time, temperature and amplitude on physicochemical, textural and sensory properties of yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*. DOI: 10.1111/1471- 0307.12761.
- López, A., Barriga, D., Jara, J., Ruiz, J., & Junta de Andalucía, (2015). Determinaciones analíticas en leche. Sevilla: Junta de Andalucía, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Consejería de Agricultura y Pesca.
- Nogales, D., & Sánchez, D. (2018). Efecto de la forma y dimensión de muestras de queso fresco y velocidad de prueba sobre el análisis de perfil de textura instrumental (tesis pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Nole Rivera, A.Y., & Adrianzén Saavedra, A.B.D.R. (2023). Efectos de ultrasonidos y pasteurización sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche de cabra.
- Pérez Piqueras, C.I. (2020). Métodos no térmicos para la pasteurización de leche de cabra y materna (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

## INGENIERÍA DE ALIMENTOS

### CARACTERIZACIÓN TECNOFUNCIONAL DE OLEOGEL COMO SUSTITUTO DE GRASAS SATURADAS TRANS EN UNA LÍNEA DE PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DE GALLETAS

Paola Rivera-González<sup>1</sup>, Mayra Victoria-Campos<sup>1</sup>, María Azucena Rocha-Mendoza<sup>2</sup>, y Everardo Mares-Mares<sup>1\*</sup>.

#### Resumen

Con la finalidad de proponer una alternativa emergente para la sustitución de grasas saturadas y trans en alimentos, en esta investigación se propone el desarrollo y aplicación de oleogeles, los cuales se elaboraron mediante emulsión-templado, se les determinó el perfil oxidativo y ácidos grasos libres (AGL) y se aplicaron mediante la sustitución total de la grasa saturada (mantequilla). Al producto final se le determinó textura, color, índice de peróxidos (IP), AGL y la composición química proximal. Los oleogeles de soja, canola y oliva mantienen una estabilidad oxidativa, ya que no superan el valor límite permisible del 2% para AGL e IP < 70. Con respecto a su aplicación, el oleogel con aceite de oliva y lecitina de soja no mostró resultados diferentes estadísticamente significativos en el perfil de textura y color en comparación con control por lo que se consideró el mejor tratamiento. En conclusión, los oleogeles a base de aceite de oliva son matrices poliméricas lipídicas estables que permitirán la sustitución de ingredientes ricos en ácidos grasos saturados.

#### Palabras claves:

Oleogel, grasas, galletas

#### Abstract

In order to propose an emerging alternative for the substitution of saturated and trans fats in foods, this research proposes the development and application of oleogels, which were prepared by emulsion-template, their oxidative profile and Free Fatty Acids (FFA) were determined and they were applied by the total substitution of saturated fat (butter). The texture, color, IP, FFA and proximal chemical composition of the final product were determined. The soy, canola and olive oleogels maintain oxidative stability, since they do not exceed the permissible limit value of 2% for FFA and IP < 70. Regarding its application, the oleogel with olive oil and soy lecithin did not show statistically significant different results in the texture and color profile compared to the control, so it was considered the best treatment. In conclusion, olive oil-based oleogels are stable lipid polymeric matrices that will allow the substitution of ingredients rich in saturated fatty acids.

#### Key words:

Oleogel, fat, cookies

<sup>1</sup> Ingeniería en Industrias Alimentarias/Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México / ITS de Guanajuato. Carr. Guanajuato – Puentecillas km 10.5. Puentecillas, CP 36262. Guanajuato, Gto., México.

<sup>2</sup> Posgrado en Biociencias, División de Ciencias de la Vida del Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato. Carr. Irapuato – Silao km 9. Ex Hacienda El Copal. CP. 36824 Irapuato, Gto., México.

\*Autor de correspondencia: emares@itesg.edu.mx

## 1. Introducción

Estudios de salud en México indican que el uso de grasas trans provoca cerca de 20 000 muertes al año y a nivel mundial cerca de los 500 000, debido a que las grasas trans y saturadas se acumulan en el organismo, bloqueando las arterias y elevando el riesgo de cardiopatías y eventos cerebrovasculares, así como de padecer diabetes. El creciente estigma hacia las grasas saturadas, debido al aumento de las tasas de obesidad y los trastornos metabólicos asociados, ha llevado a un impulso sustancial para el desarrollo de alternativas a este tipo de grasas tradicionales (Hwang et al., 2020). Los beneficios de salud positivos, atribuidos a las grasas no saturadas, como las encontradas en muchos aceites vegetales, han estimulado el interés en los sustitutos de grasa, a base de aceite. Por lo anterior, a partir del 24 de marzo, que se publicó el decreto en el Diario Oficial de la Federación, la industria alimentaria en México tiene un plazo de seis meses para aplicar cambios en la formulación y regular las grasas trans en la producción de alimentos (Perta-Crisa et al., 2023). Las grasas son componentes esenciales de muchos productos alimenticios, ya que ayudan a proporcionar el color, sabor, textura y vida útil deseados. Actualmente es bien sabido que el consumo elevado de ácidos grasos saturados y trans tiene efectos negativos en la salud humana, lo que obliga a la industria alimentaria a buscar alternativas tecnológicas que permitan obtener productos con características físicas y organolépticas similares a los tradicionalmente comercializados, pero saludables para los consumidores. En la búsqueda de soluciones factibles y escalables, la estructuración de aceites en oleogeles se ha convertido en un área de investigación de creciente interés en los últimos años (Bascuas et al., 2021).

Una de las principales alternativas, motivo de investigación durante los últimos años, se centra en estructurar aceites líquidos e impartir características funcionales, de aspecto sólido, a través de oleogeles. El estudio de oleogeles, dirigidos a aplicaciones comestibles, farmacéuticas y cosméticas, se ha convertido en un campo muy activo en los últimos años y ha llevado a la identificación de una variedad de moléculas gelificadoras (Álvarez et al. 2018). Los oleogeles pueden usarse eficazmente para reemplazar las grasas sólidas en cremas, galletas y productos cárnicos triturados. El perfil de ácidos grasos, de los aceites gelificados, se mantiene así, como la funcionalidad y textura de los productos finales, siendo una estrategia para impartir las propiedades

funcionales deseables propias de las grasas y eliminar las grasas trans, reduciendo en gran medida el contenido de grasas saturadas (Quiles-Chuliá et al., 2022).

Estudios recientes han ido demostrando que la sustitución de las grasas trans y grasas saturada por ácidos grasos insaturados en matrices poliméricas denominadas "olegeles" es tecnológicamente posible, y está comprobado que disminuye el riesgo de cardiopatías (Sivakanthan et al., 2022), sin embargo, hace falta evidencias tecnológicas sobre su aplicación y escalamiento a nivel piloto e industrial, así como su estabilidad química y tecnológica, es por ello que en la presente propuesta se plantea el desarrollo tecnológico y estudio de un sustituto como un homólogo de grasa saturada y trans a partir de oleogel, con la finalidad de obtener productos de panificación nutritivos que contribuyan a satisfacer las políticas públicas en materia de salud y las demandas del consumidor, basados en una alimentación saludable. Por tal motivo, en el presente proyecto de investigación se caracterizó a nivel tecno funcional un oleogel como sustituto de grasas saturadas-trans en una línea de procesamiento industrial de galletas.

## 2. Metodología

A partir de la metodología descrita por Álvarez et al. (2018) con algunas modificaciones, se desarrollaron fórmulas de oleogel a partir de tres aceites ricos en ácidos grasos insaturados /polinsaturados (canola, oliva y soya), cada fórmula se elaboró con hidroxipropilmetilcelulosa al 30% y con goma xantana al 1%. Se probaron dos emulsificantes al 0.1%, Lecitina de Soya (LS) y monoestearato de glicerilo (MG). En todas las fórmulas se agregó butilhidroxianisol (0.1% m/V) y ácido cítrico (0.15% m/V) como antioxidantes. Las emulsiones se prepararon por emulsión-temple. A cada fórmula se le determinó el índice de peróxidos (IP) y % de ácidos grasos libres (AGL) de acuerdo con la NMX-F-154-SCFI-2010 y NMX-F-101-SCFI-2012 respectivamente. Posteriormente, se aplicaron los oleogeles a una fórmula industrial de galleta de la empresa guanajuatense "Santo Apetito" y se empleó un control (mantequilla) para evaluar el perfil de textura, color y análisis químico proximal de acuerdo con la metodología de la AOAC (2003), Así mismo, se determinó el porcentaje de AGL e IP de acuerdo con la normativa antes mencionada. Se aplicó un análisis de varianza a través de un diseño factorial 3x2 empleando el software de Statgraphics y la prueba

de Tukey al 95% de confianza para determinar el efecto significativo del tipo de aceite y emulsificante.

Tabla 1. Estabilidad oxidativa de las emulsiones

Aceite-Emulsificante	Índice de peróxidos meq O <sub>2</sub> /kg	% de Ácidos Grasos- Libres (Oleico)
C-LC	31.25±1.88 a	0.62±0.02 a
O-LC	24.54±1.20 b	0.58±0.01 a
S-LC	22.25±2.55 c	0.39±0.02 b
C-MG	39.52±3.22 d	0.56±0.03 ac
O-MG	28.25±1.99 a	0.32±0.01 d
S-MG	25.77±1.44 b	0.31±0.02 d
Referencia	70.0	2.0

Donde LC-Lecitina de Soya, MG-Monoestearato de Glicerilo, C-Canola, O-Oliva y S-Soya. Datos con diferente literal indican diferencia estadísticamente significativa /Tukey Test ( $P<0.05$ )

### 3. Resultados

Los resultados obtenidos (Tabla 1), demuestran que el que los oleogeles obtenidos a partir de las emulsiones con el método de emulsión-témplate mantiene la estabilidad oxidativa de los aceites, en especial con el aceite de soya que mantiene un menor índice de peróxidos y ácidos grasos libres. Los resultados son similares a lo reportado por Vargas-Ortiz y col (2017).

Con respecto a su aplicación en galletas (Tabla 2), se determinó que la fórmula con aceite de oliva y lecitina de soya, no muestran diferencias significativas con respecto al control (mantequilla) en color, textura, humedad, grasa, proteína y carbohidratos lo que permite inferir sobre la viabilidad positiva de sustitución total de grasas saturadas y trans a nivel bromatológico y fisicoquímico.

Tabla 2. Evaluación fisicoquímica y bromatológica de oleogeles en fórmulas de galleta

Oleogel	Firmeza (N)	Vector de Color	% Humedad	% Grasa	% Proteína	% Carbo- hidratos	%AGL	IP
C-LC	16.58 a	75.52 a	5.52 a	9.30 a	1.60 a	19.99 a	0.98 a	32.54 a
O-LC	15.87 a	74.66 a	5.11 a	9.55 a	1.67 a	21.28 a	0.82 b	39.11 b
S-LC	12.87 b	81.78 b	4.88 a	10.71 b	1.65 a	24.00 b	0.78 b	29.42 a
C-MG	17.52 a	77.87 a	5.32 a	9.64 a	1.62 a	20.88 a	0.79 b	42.55 b
O-MG	18.99 a	74.52 a	5.76 a	9.52 a	1.68 a	21.22 a	0.85 b	41.55 b
S-MG	17.44 a	78.51 a	5.44 a	9.11 a	1.63 a	23.55 b	0.78 b	32.54 a
Control	11.99 b	82.54 b	5.41 a	10.81 b	1.62 a	19.10 a	1.01 a	48.52 c

Donde: LC-Lecitina de Soya, MG-Monoestearato de Glicerilo, C-Canola, O-Oliva y S-Soya. Datos con diferente literal indican diferencia estadísticamente significativa /Tukey Test ( $P<0.05$ ).

### 4. Conclusiones

El proceso de elaboración de oleogeles con el método emulsión-templado resulta eficiente al mantener el índice de peróxidos y porcentaje de ácidos grasos libres. En producto terminado, el oleogel con aceite de oliva y el emulsificante de lecitina de soya permiten obtener productos similares en textura y color a los que emplean grasas saturadas, por lo que pueden ser considerados como alternativas sustitutas y viables para dar cumplimiento a las normativas en materia de

salud en productos cuyas propiedades bromatológicas y fisicoquímicas no son afectadas.

### Referencias

Álvarez., M.E., Ciro., H.J., y Arango., J.C. (2018). Caracterización fisicoquímica de oleogeles de aceite de aguacate (*Persea americana*) y sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 21(1), 89–97.  
DOI: 10.31910/rudca.v21.n1.2018.666.

- AOAC (2003). Official methods of analysis of the Association of Official's Analytical Chemist, 17th Edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia USA.
- Bascuas, S., Morell, P., Hernando, I. & Quiles, A. (2021). Recent trends in oil structuring using hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 118: 106612, enero.  
DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.106612.
- Hwang, H. S. (2020). A critical review on structures, health effects, oxidative stability, and sensory properties of oleogels. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 26, 101657.
- NMX-F-101-SCFI-2012 Alimentos – aceites y grasas vegetales o animales – determinación de ácidos grasos libres - método de prueba.
- NMX-F-154-SCFI-2010 Alimentos – aceites y grasas vegetales o animales - determinación del valor de peróxido – método de prueba.
- Quiles-Chuliá, M.D., Larrea-Santos, V., Hernando-Hernando, M.I., Morell-Esteve, P. (2022). Oleogeles, una alternativa saludable a las grasas sólidas tradicionales. Repositorio de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Vargas-Ortiz, M., Servent, A., Salgado, C.M. (2017). Stability of the lipid fraction of avocado puree obtained by flash vacuum-expansion process. *Innovative food science and emerging technologies*. 41:109-116.  
DOI:10.1016/j.ifset.2017.02.016
- Perța-Crișan, S., Ursachi, C. Ștefan, Chereji, B.D., Tolan, I., & Munteanu, F.D. (2023). Food-Grade Oleogels: Trends in Analysis, Characterization, and Applicability. *Gels*, 9(5).  
DOI: 10.3390/gels9050386
- Sivakanthan, S., Fawzia, S., Madhujith, T., & Karim, A. (2022). Synergistic effects of oleogelators in tailoring the properties of oleogels: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(4), 3507-3539.

## INGENIERÍA DE ALIMENTOS

### USO DE UN EXTRACTO ANTIOXIDANTE PARA EVITAR EL OSCURECIMIENTO DE LA PULPA DE AGUACATE

María Guadalupe Herrera-Hernández<sup>1\*</sup>, Salvador Horacio Guzmán-Maldonado<sup>1</sup>, José Luis Pons-Hernández<sup>1</sup>

#### Resumen

Se han probado diferentes métodos para evitar el oscurecimiento como modificar el pH, aplicar calor o añadir antioxidantes, sin embargo, en ocasiones estos métodos llegan a ser costosos o poco accesibles. El presente trabajo tuvo como objetivo formular y evaluar una pasta de aguacate empleando como antioxidante un extracto de la piel del hueso de aguacate criollo además de un antioxidante comercial. Se midió color, se cuantificó el contenido de fenoles, taninos y flavonoides. Los resultados muestran que el antioxidante más eficaz para evitar la oxidación de la pulpa fue ácido ascórbico 0.5% + extracto de piel, puesto que presenta la menor diferencia neta de color de todos los tratamientos estando almacenada en refrigeración (4°C) durante 7 días. En cuanto a la caracterización fitoquímica, los mejores resultados para evitar la oxidación fueron obtenidos con ascórbico 0.5% y la mezcla ácido ascórbico 0.5% + extracto de piel de hueso de aguacate.

**Palabras claves:** *Persea americana*, piel del hueso  
**Abstract**

Different methods have been tested to prevent browning, such as modifying the pH, applying heat or adding antioxidants. However, these methods are sometimes expensive or difficult to access. The objective of this work was to formulate and evaluate an avocado paste using an extract from the skin of the creole avocado seed as an antioxidant, in addition to a commercial antioxidant. Color was measured, and the content of phenols, tannins and flavonoids was quantified. The results show that the most effective antioxidant to prevent pulp oxidation was 0.5% ascorbic acid + skin extract, since it presents the lowest net color difference of all the treatments when stored in refrigeration (4°C) for 7 days. Regarding the phytochemical characterization, the best results to prevent oxidation were obtained with 0.5% ascorbic acid and the mixture of 0.5% ascorbic acid + avocado seed skin extract.

**Key words:** *Persea americana*, skin seed

<sup>1</sup>Unidad de Biotecnología, Campo Experimental Bajío INIFAP, Celaya, Gto., CP: 30110 México

\*Autor de correspondencia: [herrera.guadalupe@inifap.gob.mx](mailto:herrera.guadalupe@inifap.gob.mx)

## 1. Introducción

La mayoría de las variedades comerciales de aguacate son híbridos interraciales, desarrollados a partir del intercambio de materiales entre las diferentes razas. En general, la raza mexicana incluye variedades nativas con nombres locales, producen frutos que se consumen y comercializan localmente y se usan como pie de injerto para el cultivar 'Hass', que es el más distribuido en el mundo (Fiedler et al., 1998) y México es el principal proveedor del mercado internacional con una aportación de 45.95% del valor de las exportaciones mundiales. A pesar de la existencia un gran número de cultivares de aguacate, hay una marcada predilección por el consumo de aguacate Hass lo que ha generado el poco desarrollo de nuevas variedades adaptables a las diferentes condiciones agroecológicas y generación de nuevas variedades como alternativa a la variedad Hass, además de la falta de optimización de la extracción de aceite y generación de subproductos de aguacate (SAGARPA, 2017). Todo ello ha ocasionado que el aguacate criollo mexicano esté siendo sustituido por cultivares comerciales (principalmente aguacate Hass) o perdiéndose por la destrucción del ecosistema. Por esta situación los productores de aguacate criollo han externado su interés en conservar y darles valor agregado a sus cultivares, lo que a su vez permitirá encontrar alternativas para diversificar la producción e industrialización de aguacate. El presente trabajo tuvo como objetivo formular y evaluar una pasta de aguacate empleando como antioxidante un extracto de la piel del hueso de aguacate criollo además de un antioxidante

comercial, con la finalidad de encontrar la formulación y condiciones más adecuadas para evitar su oxidación y que conserven mejor su composición, ofreciendo así una alternativa de industrialización del aguacate criollo y utilización de subproductos (hueso).

## 2. Metodología

Los aguacates empleados para elaborar la pasta se obtuvieron de la sociedad de productores de aguacates de Comonfort y la región del municipio de Comonfort, Guanajuato. Se lavaron y posteriormente se procedió a retirar la cáscara quitando la menor cantidad posible de pulpa y se separó en una bolsa. Además, la pulpa y la piel del hueso de aguacate se separaron con mucho cuidado y se pusieron en bolsas diferentes. La piel de hueso de aguacate fue almacenada en un congelador a  $-20^{\circ}\text{C}$  por aproximadamente 24 horas y posteriormente se colocó en bolsas de tela para liofilizarlas durante 3-4 días. Una vez que la muestra se liofilizó, se molió y almacenó en refrigeración hasta su uso.

Para la obtención del extracto que se utilizó como antioxidante de la pasta de aguacate, se pesó 1 g de piel del hueso de aguacate y se le agregaron 10 mL de solución etanol-agua (70:30 v/v), después se agitó durante 20 minutos, enseguida se centrifugó por 15 minutos a 7000 rpm y finalmente el sobrenadante se filtró en papel Whatman y se colocó en un tubo falcon para utilizarlo posteriormente. Las muestras se prepararon de acuerdo a los tratamientos presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos evaluados

Tratamiento	Muestras	Preparación
T1	Control	No contenía ningún antioxidante
T2	Ácido ascórbico 0.5%	0.15 g de ácido ascórbico
T4	Extracto	1 mL:10 g de pulpa
T5	Extracto + ácido ascórbico 0.5 %	1 mL:10 g de pulpa + 0.15 g de ácido ascórbico

Se pesaron 100 g de pasta de aguacate, estos fueron colocados en un procesador de alimentos el cual ya estaba previamente desinfectado, para posteriormente adicionar los demás ingredientes de acuerdo a los tratamientos correspondientes. Se envasaron al vacío y se almacenaron a temperatura ambiente y refrigeración por siete días. Además, según el límite permitido por el *Codex alimentarius* se agregaron 90 mg de sorbato de potasio y 30 mg de benzoato de sodio para 30 g de pulpa, estos aditivos fueron empleados

como conservantes para evitar el crecimiento de mohos y levaduras en la pasta de aguacate y así prolongar aún más su vida de anaquel, además estos aditivos no alteraron el sabor.

Para determinar el color se utilizó un colorímetro CR-400/410 Konica Minolta, tomando como base el sistema CIE-Lab, el equipo proporcionó los valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  y la diferencia neta de color ( $\Delta E$ ) se calculó de acuerdo a la metodología de Barreiro et al., (1997). La determinación de fenoles totales se realizó siguiendo el

método Folin-Ciocalteu descrito por Singleton et al. (1999). Los taninos condensados se cuantificaron de acuerdo al ensayo de vainillina de Desphande & Cheryan (1985). La cuantificación de flavonoides se realizó bajo la técnica descrita por Dewanto et al. (2002).

### 3. Resultados

Los parámetros de color medidos en las formulaciones elaboradas fueron tomados en las pastas de aguacate recién preparadas y después de su tratamiento de almacenamiento ya sea a temperatura ambiente (TA) o refrigeración (R) por siete días. Con los parámetros de color se calculó la diferencia neta de color ( $\Delta E$ ) (Tabla

2). La cual presentó diferencias significativas. Se observó que el almacenamiento a temperatura ambiente, para todos los tratamientos evaluados, presentó las mayores diferencias netas de color con valores que van desde los 13.9 hasta los 23.2.

La mezcla de ácido ascórbico 0.5% + extracto en refrigeración por 7 días, obtuvo la menor diferencia neta de color ( $\Delta E=3.9$ ) seguida del ácido ascórbico 0.5% con una diferencia neta de color de  $\Delta E=4.4$ . Lo cual indica que la mejor opción de almacenamiento sería someter las muestras en refrigeración por 7 días adicionándoles ácido ascórbico 0.5% + extracto natural de la piel del hueso de aguacate.

Tabla 2. Evaluación de la diferencia neta de color de los tratamientos

$\Delta E$	T1	T2	T3	T4
TA 7 días	17.5±4.0 aBC	14.6±1.9 aC	23.2±0.5 aA	13.9±0.7 aC
R 7 días	6.7±1.4 bA	4.4±0.2 bB	4.9±0.3 bB	3.9±0.1 bC

Medias con letras iguales minúsculas en la misma columna no presentan diferencia estadística (Tukey  $\alpha=0.05$ ). Medias con letras iguales mayúsculas en el mismo renglón no presentan diferencia estadística (Tukey  $\alpha=0.05$ ).

De todas las muestras analizadas las que presentaron una mayor cantidad de fenoles solubles fueron las del tratamiento con ácido ascórbico 0.5% + extracto (1922.8±12.7 mg EAG/100 g) después de su almacenamiento en refrigeración por 7 días, observándose un aumento considerable respecto al control. Lo anterior debido a que el mecanismo de la técnica se basa en una reacción redox, así que al contener ácido ascórbico en las formulaciones este le posee la capacidad de regenerar vitamina E, y de esta manera la mantiene en un estado activo contribuyendo a la acción antioxidante. La vitamina C protege de la oxidación a las lipoproteínas de baja densidad (LDL),

conjugándose con compuestos hidrofóbicos (palmitato de ascórbico, ácido acetal ascórbico) e incorporándose a las LDL para cumplir su rol antioxidante (Serra, 2007). El caso contrario se observó con los taninos condensados y los flavonoides. En el caso de los taninos, éstos fueron mayores en el control comparados con los tratamientos de los cuales el que presentó menor contenido fue el del extracto. Para los flavonoides el de menor concentración fue el tratamiento de ácido ascórbico 0.5% + extracto; entre los demás tratamientos no se presentaron diferencias significativas.

Tabla 3. Compuestos fenólicos cuantificados después de 7 días de almacenamiento a 4 °C

Muestra	Fenoles solubles mg EAG/100 g	Taninos condensados mg EC/100 g	Flavonoides mg EC/100 g
T1	517.5±6.5 c	68.0±2.9 a	82.5±4.0 a
T2	888.6±14.6 b	48.1±4.5 b	84.9±7.1 a
T3	436.3±10.1 d	35.2±2.9 c	85.2±6.1 a
T4	1922.8±12.7 A	47.1±0.0 b	59.1 ±3.9 b

Medias con letras iguales en la misma columna no presentan diferencia estadística (Tukey  $\alpha=0.05$ ). EAG=equivalentes de ácido gálico, EC=equivalentes de catequina.

### 4. Conclusiones

La mezcla de ácido ascórbico y el extracto de piel de hueso de aguacate fue el tratamiento más eficaz que el extracto solo para evitar la oxidación de la pasta de aguacate puesto que presenta la menor diferencia neta

de color de todos los tratamientos. Además, al usar esta mezcla el contenido de compuestos fenólicos solubles fue significativamente mayor por lo que el consumidor obtendrá los beneficios de estos compuestos antioxidantes presentes en la pulpa. Con este

tratamiento se puede alargar la vida útil de la pulpa del aguacate a nivel casero, restaurantero o industrial. Lo que podría representar un ingreso extra para el productor. Además, ayuda al aprovechamiento de un subproducto de desecho como lo es el hueso de aguacate.

### Referencias

- Barreiro, J.A., Milano, M. & Sandoval AJ. (1997). Kinetics of colour change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. *J Food Engineer* 33: 359–371.
- Fiedler, J., Bufler, G. & Bangerth, F. (1998). Genetic relationships of avocado (*Persea americana* Mill.) using RAPD markers. *Euphytica* 101:249-255.
- Deshpande, S.S. & Cheryan, M. (1985). Evaluation of vanillin assay for tannin analysis of dry beans. *Jornal of Food Science* 50, 905-910.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K.K., & Liu, R.H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50, 3010-3014.
- SAGARPA (2017). Planeación Agrícola Nacional. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257067/Potencial-Aguacate.pdf>.
- Serra, H.M. & Cafaro, T.A. (2007). Ácido ascórbico: desde la química hasta su crucial función protectora en ojo. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana* [en línea]. Vol.41, núm. 4, pp. 525-532.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., & Lamuela R.M. (1999). Analysis of total phenols y other oxidation substrates y antioxidants by means of Folin Ciocalteu reagent. *Methods in enzymology*, 299, 152-178.

## **ELABORACIÓN DE GALLETAS COMO COMPLEMENTO NUTRIMENTAL CON HARINA DE BAGAZO DE VINO TINTO Y AMARANTO**

*Erika Ramos-Ojeda<sup>1\*</sup>, Christopher Alesandro Lara-Capulín<sup>1</sup>, Fabiola Herrera-Enciso<sup>1</sup>, Laura Isabel Pérez-García<sup>2</sup>, María Victoria Rodríguez-García<sup>3</sup>*

### **Resumen**

En este proyecto de investigación se presentó el desarrollo de unas galletas, empleando harina de bagazo de uva (Tempranillo) y de amaranto. Considerando la importancia de una buena alimentación y la oportunidad de incorporar subproductos a la panificación como alternativa saludable logrando un mejor balance en el contenido de fibra. Se realizó la evaluación fisicoquímica, perfil de textura (TPA) y evaluación sensorial a cada formulación; así mismo, para evaluar los atributos de color, olor, sabor por medio de una escala hedónica de siete puntos. Se obtuvo que la formulación que contiene 85%-15% de harina de amaranto y bagazo de vino tinto respectivamente tuvo mayor aceptación en la evaluación sensorial, con un porcentaje de fibra del 5.4901 %, 2.2876 % de proteína, 2.7542% de humedad, con una actividad de agua de ( $a_w$ ) de 0.343 y una cantidad de grasa y cenizas de 32.0468% y 2.9650% respectivamente.

**Palabras claves:** Alimento funcional, análisis proximal, bagazo de vino tinto.

### **Abstract**

In this research project, the development of cookies was presented, using grape bagasse flour (Tempranillo) and amaranth. Considering the importance of a good diet and the opportunity to incorporate by-products into baking as a healthy alternative, achieving a better balance in fiber content. The physicochemical evaluation, texture profile (TPA) and sensory evaluation were carried out for each formulation; Likewise, to evaluate the attributes of color, smell, and flavor using a seven-point hedonic scale. It was obtained that the formulation containing 85%-15% amaranth flour and red wine bagasse respectively had greater acceptance in the sensory evaluation, with a fiber percentage of 5.4901%, 2.2876% protein, 2.7542% moisture, with a water activity of ( $a_w$ ) of 0.343 and a quantity of fat and ash of 32.0468% and 2.9650% respectively.

**Key words:** Functional food, proximal analysis, red wine bagasse.

<sup>1</sup>Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/ITRoque, Km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Gto,38110, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Básica, Tecnológico Nacional de México/ITRoque, Km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Gto,38110, México.

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias Agropecuarias, Tecnológico Nacional de México/ITRoque, Km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Gto,38110, México.

\*Autor de correspondencia: erika.ro@roque.tecnm.mx

## 1.Introducción

La producción de vino en México representa solamente el 0.16% del total mundial, con una producción de 38000 toneladas, en los últimos años el consumo nacional de vino va en aumento en promedio de un 10 -13% anual. Por lo que el proceso de vinificación genera aproximadamente un 40-60% de subproducto conocido como orujo, el cual es rico en fibra y compuestos polifenólicos (González, 2018).

Existen variedades de uva destinadas a la elaboración de vinos, entre ellas se encuentra la uva Tempranillo. Es la especie de uva mayormente utilizada porque se pueden elaborar con ella todo tipo de vinos tintos. Existe una alta gama en la producción de vinos, desde los afrutados y espontáneos hasta los más deseados vinos de reserva (Romero, 2005).

En la actualidad se ha incrementado la innovación y desarrollo de nuevos productos que además de proporcionar cantidades importantes de nutrientes aportan un efecto beneficioso a la salud (Baker et al., 2022), ya que existe un aumento considerable de obesidad y enfermedades asociadas en donde parte de la población se ha interesado en mejorar sus hábitos alimenticios, consumiendo productos con alto nivel nutrimental (Atanasova, 2022).

Por lo que la presente investigación realiza la formulación de galleta elaboradas con el bagazo, como aprovechamiento de los residuos de la elaboración del vino tinto cuidando la sustentabilidad y la salud de los mexicanos.

## 2. Metodología

La formulación de las galletas tiene similitud con otros productos convencionales que emplean el uso de harina de bagazo del vino tinto y otras galletas comerciales (Machado et al., 2024), por lo cual se empleó una mezcla para definir la mejor formulación la cual contiene: harina de amaranto (HA), harina de bagazo de vino tinto (HBU), sal, jugo de naranja, polvo para hornear, rayadura de naranja, mantequilla, azúcar y huevo. Realizando tres formulaciones con diferentes porcentajes de harina. Con 85% de harina de amaranto (HA) y 15% harina de bagazo de vino tinto (HBU), 90% HA -10% HBU, y 95% HA – 5% HBU, junto a la muestra estándar Quaker y Great Valué.

Así como los análisis correspondientes para conocer el contenido nutricional que presentan las galletas elaboradas con harina de bagazo de uva de vino tinto (Tempranillo) y harina de amaranto, a cada una de las

formulaciones seleccionadas se les hizo su determinación de humedad, actividad de agua, cantidad de proteína, grasa, fibra, cenizas, perfil de textura (TPA) y la evaluación sensorial de cada uno de sus atributos. Realizando sus réplicas para una mejor determinación.

## 3.Resultados

La tabla 1 muestra los resultados del análisis de ANOVA para la cantidad de fibra en las diferentes formulaciones, incluyendo los controles Quaker (4) y Great value (5). Se determinó que la mejor formulación fue la que contiene 85%-15% (204g de HA, 36g HBU). Así mismo se determinó el ANOVA en el software Minitab, tomando en cuenta un nivel de significancia de  $\alpha < 0.05$  (Ronald, 2019).

Los resultados de los análisis y su comparación con galletas estándar, se muestran en la Tabla 2 en donde se pudo determinar la galleta con mayor fibra, considerada la variable de respuesta.

Posteriormente se determinó el perfil de textura, el cual permitió analizar parámetros significativos de las galletas, como la dureza, fracturabilidad, masticabilidad, comparando las formulaciones elaboradas con la muestra comercial como estándar. No se reportan valores de elasticidad, gomosidad, debido a que se analizaron muestras sólidas y estos únicamente son considerados para productos en estado semisólido.

En la Tabla 3 se observan los valores de las características del perfil de textura (TPA) obtenidas. Las muestras estándar, presentaron una dureza un poco inferior que las desarrolladas, esto tiene relación con el contenido de humedad de cada una, así como de sus demás componentes. La muestra 95% HA – 5% HBU, presentó una fracturabilidad de 195.053, a comparación de las comerciales, que de acuerdo a lo mostrado requiere mayor fuerza para ocasionar la fractura del alimento, con una alta dureza para hacerla pedazos, lo que representa la capacidad para masticar el bocado, involucra el contenido de humedad que contiene el alimento y los ingredientes, así como también las cantidades de harina de los mismos.

Se realizó el análisis sensorial en donde se indica el nivel de agrado para cada una de las muestras, indicando desde el número 1 como el mayor grado de disgusto ascendientemente hasta la escala 7 de mayor gusto o aceptación.

Tabla 1. Tabla resumen del método Tukey.

Factor	N	Contenido de fibra (%)	Desviación estándar	Intervalo de confianza de 95%
1	3	5.490	0.267	(4.761, 6.219)
2	3	4.784	0.336	(4.055, 5.513)
3	3	3.787	0.292	(3.057, 4.516)
4	3	0.900	0.854	(0.171, 1.629)
5	3	1.649	0.780	(0.920, 2.378)

Tabla 2. Análisis proximales de las galletas.

Producto	85-15 (%)	90-10 (%)	95-5 (%)	Quaker (%)	Great Valué (%)
Energía (Kcal/100g)	537.3572 kcal/g (2243.7096 KJ)	464.9014 kcal/g (1943.9072 KJ)	474.0556 kcal/g (1988.4898 KJ)	434 kcal/g (1825 KJ)	464,71 kcal/g (1949,18 KJ)
Humedad (%)	2.7542	1.6103	4.4249	2.4002	4.6779
Proteína (%)	2.2876	15.2285	7.8603	2.3108	0.2648
Grasas (%)	32.0468	25.5390	20.9972	18.6747	21.9936
Cenizas (%)	2.9650	3.0135	3.3077	1.7269	0.7530
Carbohidratos (HC)	59.9464	43.5341	63.4099	63.5	61.67
Fibra (%)	5.4901	4.7842	3.7866	0.8999	1.6490
A <sub>w</sub>	0.343	0.341	0.344	0.251	0.451

Tabla 3. Perfil de textura.

Muestra	Dureza (N)	Fracturabilidad (Kgf)
85%-15%	3974.728	4323.755
90%-10%	5854.477	2955.699
95%-5%	136.403	195.053
Quaker	374.870	398.003
Great Valué	2317.622	1676.016

La formulación indicada con el código 85%HA-15%HBU tuvo la mayor aceptación tomando en cuenta los atributos de color y aroma desde la perspectiva de los consumidores, mientras que, para el sabor, la apariencia y la textura, prefirieron la muestra Quaker, establecido por su similitud en los valores obtenidos, en cuanto a la dulzura, la muestra Gran Value, tuvo la mayor preferencia, estos resultados en conjunto permitieron seleccionar la mejor formulación de las galletas.

La prueba sensorial mostro diferencias significativas entre las galletas estándar y la galleta que presento la mayor aceptabilidad. La adición de harina de bagazo de uva (tempranillo) provocó cambios funcionales y de textura significativos que afectaron de manera positiva los atributos de calidad de las galletas.

#### 4. Conclusiones

Después del análisis del producto mediante el análisis estadístico (ANOVA) y las pruebas tanto fisicoquímicas como de textura, se determinó que la formulación con el 85% harina de amaranto y 15% harina de bagazo presentó los atributos: fibra del 5.4901 %, proteína del 2.2876 %, humedad de 2.7542, a<sub>w</sub> de 0.343 y cenizas de 2.9650%. La cantidad de fibra obtenida, comprueba que en efecto si existe diferencia significativa entre cada tratamiento, recordando que el bagazo es rico en este compuesto, ayudando en parte a prevenir enfermedades. A comparación de las otras formulaciones, y el estándar tomado de referencia, cada atributo indica diferencias significativas. La combinación de las harinas puede ser utilizadas por la industria alimentaria para producir galletas con una buena calidad, accesibles y sensorialmente aceptables

para la población en general, la cantidad de humedad es la responsable de la textura del producto, aunado a esto la dureza puede variar por lo mismo ya que, regularmente, el contenido de humedad de una galleta será inferior al 5% después del horneado y un límite permisible conforme a lo estipulado en la NMX-F-006.1983, cuyo porcentaje máximo de humedad ronda el 8.0%, lo que originaría una textura crujiente y estabilidad.

Gracias a la interpretación de los datos, a los panelistas les parecieron mucho mejor las galletas con la formulación del 85% HA y el 15% HBU por la mayor preferencia de los atributos que indican no solo la evaluación sensorial, sino también por el ANOVA y los análisis fisicoquímicos.

### Bibliografía

- Atanasova, P., Kusuma, D., Pineda, E., Frost, G., Sassi, F., & Miraldo, M. (2022). The impact of the consumer and neighbourhood food environment on dietary intake and obesity-related outcomes: A systematic review of causal impact studies. *Social science & medicine*, 299, 114879.
- Baker, M.T., Lu, P., Parrella, J.A., & Leggette, H.R. (2022). Consumer acceptance toward functional foods: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1217.
- González, H.M. (2018). Aprovechamiento de subproductos en la industria alimentaria para la obtención de compuestos bioactivos. México: AGT Editor.
- Machado, A.R., Voss, G.B., Machado, M., Paiva, J.A., Nunes, J., & Pintado, M. (2024). Chemical characterization of the cultivar 'Vinhão' (*Vitis vinifera* L.) grape pomace towards its circular valorisation and its health benefits. *Measurement: Food*, 100175.
- Romero, L. (2005). La tempranillo: todo lo que necesita saber sobre esta uva y sus vinos. Obtenido de La tempranillo: todo lo que necesita saber sobre esta uva y sus vinos.

## INGENIERÍA DE ALIMENTOS

### ANÁLISIS DEL IMPACTO DE HIDROCOLOIDES EN HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO PARA ELABORAR TORTILLAS.

Ahuitzolt De Jesús Joaquín-Ramos<sup>1</sup>, María de Jesús Andrade-Vargas<sup>1</sup>, Gilda Zacarías-Aboytes<sup>2</sup>,  
Blanca Esthefania Aguilera-Saucedo<sup>3</sup>.\*

#### Resumen

El presente trabajo investiga el impacto de diferentes hidrocoloides, como goma guar (GG), goma xantana (XT) y carboximetil celulosa (CMC), en la optimización de la calidad de textura de tortillas de maíz industriales, abordando uno de los principales desafíos de la industria: la formulación adecuada de aditivos que aseguren un desempeño adecuado del producto bajo diversas condiciones de almacenamiento y manipulación. La firmeza, adhesividad, elasticidad y cohesividad fueron evaluadas en masa; tenacidad y extensibilidad en tortillas para diferentes combinaciones de los aditivos CMC, GG y XT. Los resultados mostraron que la XT, sola o combinada, mejoró la firmeza y elasticidad de las tortillas, mientras que las combinaciones de CMC y GG ofrecieron texturas más suaves y mayor extensibilidad. Además, XT mejoró la rolabilidad, reduciendo la cantidad y longitud de las roturas al enrollar las tortillas, lo que la posiciona como el aditivo más eficaz para optimizar la calidad textural y la manipulación del producto en la industria tortillera. Los resultados logrados destacan la importancia de seleccionar los hidrocoloides adecuados para garantizar un producto final de alta calidad sensorial y reológica.

**Palabras Claves:** textura, harina de maíz, tortilla, nixtamalización

#### Abstract

This study delves into the impact of various hydrocolloids—such as guar gum (GG), xanthan gum (XT), and carboxymethyl cellulose (CMC)—on enhancing the texture and flavor of industrial corn tortillas. This addresses a significant industry challenge: formulating the right additives to maintain product performance during storage and handling. The study assessed qualities like firmness, adhesiveness, elasticity, and cohesiveness in the dough, as well as tenacity and extensibility in the tortillas for different combinations of CMC, GG, and XT. The results revealed that XT, whether used alone or in combination, enhanced the firmness and elasticity of the tortillas, while combinations of CMC and GG yielded softer textures and greater extensibility. Furthermore, XT improved rollability, reducing the incidence and length of breaks when rolling the tortillas, positioning it as the most effective additive for optimizing the textural quality and product handling in the tortilla industry. These findings underscore the significance of selecting the appropriate hydrocolloids to guarantee a final product of exceptional sensory and rheological quality.

**Key words:** texture, corn, flour, tortilla, nixtamalization

<sup>1</sup>Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas km 8.0 Celaya, Gto., 38124, México.

<sup>2</sup>Universidad Anánuac campus Querétaro Circuito Universidades km7 El Marqués, Qro, 76246 México.

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México/IT Celaya, Antonio García Cubas Pte #600 esq. Av. Tecnológico, Celaya C.P. 38010, Guanajuato, México

\*Autor de correspondencia: [investigación@sodif.com.mx](mailto:investigación@sodif.com.mx)

## 1. Introducción.

Las tortillas, esenciales en la gastronomía mexicana, destacan por su sabor auténtico y su textura, siendo uno de los alimentos más importantes en México y algunos países de Centroamérica. Un alto porcentaje de los cambios que se producen en el cocimiento mediante el proceso de nixtamalización se deben a modificaciones en la estructura del almidón, principal macromolécula del maíz con un 72-73 g/100g (Lin et al., 2022). Sin embargo, los cambios que se generan entre el proceso de nixtamalización tradicional y el proceso industrial, han generado que la industria tortillera actualmente dependa en gran medida de aditivos mejoradores de textura y antimicrobianos, en su mayoría de origen sintético, aunque, en las proporciones erróneas, estos aditivos pueden disminuir la calidad sensorial, atentando contra el perfil de calidad del producto (Pudjianto et al., 2023).

El perfil de calidad sensorial en tortillas tradicionales engloba cualidades como: resistencia, elasticidad y rolabilidad adecuadas, mientras que, a nivel de masa, incluye características como: adhesividad baja y firmeza adecuada (Artavia et al., 2022). El principal problema al que se enfrenta la industria es seleccionar la formulación de hidrocoloides favorable que logre adaptarse a su propio proceso de fabricación,

permitiendo un producto terminado con buen desempeño textural o reológico incluso en condiciones de enfriamiento, congelación y recalentado (Rincón-Aguirre et al., 2021). El objetivo de este trabajo fue analizar el efectos de los hidrocoloides carboximetil celulosa (CMC), goma guar (GG) y goma xantana (XT) y sus diferentes combinaciones masas y tortillas de harina de maíz nixtamalizado.

## 2. Metodología.

A la harina de maíz nixtamalizado marca Naturelo (lote: C231211-01-HMBN) le fueron agregadas goma guar (GG), goma xantana (GX) y carboximetil celulosa (CMC) mediante en diferentes proporciones de acuerdo a un diseño mostrado en la tabla 1. Las mezclas fueron preparadas identificadas de acuerdo a la tabla 1 y después fueron agregadas a las masas en razón del 2% (m:m), 2 gramos de la mezcla más 98 g de masa de harina de maíz; posteriormente las harinas fueron amasadas en una batidora hasta tener una masa homogénea. La masa fue dividida en 4 porciones del mismo peso y amasada hasta formar esferas para el análisis de perfil de textura; las esferas fueron usadas para elaborar tortillas de aproximadamente 12 cm de diámetro y 1 mm de espesor usadas para medir tenacidad y extensibilidad.

Tabla 1. Proporciones usadas en las formulaciones del diseño generado con Minitab 19.

ID	CMC (g)	GG(g)	XT(g)
1	2.0	0.0	0.0
2	0.0	2.0	0.0
3	0.0	0.0	2.0
4	1.0	1.0	0.0
5	1.0	0.0	1.0
6	0.0	1.0	1.0
7	0.67	0.67	0.67

ID, identificador simple del experimento; CMC, carboximetil celulosa; GG, goma guar; XT, goma xantana.

Para la prueba de tensión y extensibilidad la tortilla cocida fue pesada, las dimensiones de diámetro y grosor fueron medidas a cada muestra para ingresar los datos a la prueba. El equipo Texture Analyzer TA-XT2 y el accesorio TORTILLA/PASTRY BURST RIG (HDP/TPB) que consta de dos placas que se pueden atornillar con la muestra intercalada entre ellas. Las placas tienen orificios en el centro que exponen una sección circular de la muestra que permite empujar una sonda esférica de 1" y un anillo de soporte liso que evita la rotura de muestras en el borde interior de las placas de sujeción. Para esta prueba la tortilla fue insertada de

manera que quedara tensa entre las dos placas y sujetando la tortilla con las tuercas para mantenerla inmóvil permitiendo de esta manera que este expuesta para la prueba la parte central de la tortilla, fija y tensa. El texturometro fue operado en modo de compresión y un cilindro de acrílico de 18 mm de diámetro comprimido hasta la distancia de 20 mm a una velocidad de  $1.17\text{mm}^{-1}$  en el recorrido el cilindro extendió la tortilla hasta su ruptura. Para la prueba de TPA de la masa se utiliza una sonda cilíndrica P/100 y la Heavy Duty Platform, que se utiliza para fijar muchos de los accesorios generales de los analizadores de textura

puesto que garantiza la alineación precisa de la sonda y la muestra de producto. Para la prueba la muestra se sitúa en el centro de la base y la sonda comprime de manera uniaxial, es decir se comprime y descomprime dos veces para imitar la acción de prensado de la masa; se debe hacer a una compresión alta sin llegar en ningún momento a que se disperse demasiado la masa. Una vez cocidas las tortillas, estas fueron envueltas en una servilleta de algodón por 30 minutos, posteriormente 4 tortillas fueron seleccionadas al azar y enrolladas en forma de taco con apoyo de la mano,

mantienen así por 10 segundos; después fueron desenrolladas y las grietas profundas marcadas con un plumón, posteriormente fueron colocadas en un lienzo para fotografiar y procesadas por análisis de imágenes mediante el software libre *ImageJ*. Las tortillas fueron calificadas de acuerdo a las escalas de las Tablas 2 y 3. Estas escalas evalúan dos factores: la longitud de las roturas generadas y el número de roturas por tortilla, asignando una calificación del 1 al 5, donde 1 la peor calificada y 5 la mejor.

Tabla 2. Escala de calificación de longitud de roturas

Rango	Valor
0 - 20	5
20.1 - 40	4
40.1 - 60	3
60.1 - 80	2
80.1 - 100	1

Los valores de referencia para la escala son porcentajes de la longitud de la ruptura respecto del diámetro total de la tortilla.

Tabla 3. Escala de calificación de número de roturas por cada tortilla

Rango de roturas	Calificación asignada
0 - 3	5
4 - 6	4
7 - 9	3
10 - 12	2
13 - 15	1

### 3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra las gráficas de firmeza, adhesividad, elasticidad y cohesividad (1A, 1B, 1C y 1D), en la característica de firmeza los aditivos CMC y GG solos o en combinación con XT la firmeza mantiene valores altos (ID1, ID2, ID5, ID6, ID7), mientras al usar XT únicamente la firmeza disminuyó y la mezcla binaria CMC:GG (ID4) registró el valor más bajo. La adhesividad mide el trabajo que la sonda necesita para desprenderse de la muestra, en este caso la masa, valores negativos altos indican adhesividad grande. En la figura 1B, los valores de adhesividad más altos fueron para las mezclas ID6 e ID7, para el resto de las mezclas los valores fueron menores. En elasticidad (Figura 1C), los valores más altos son para ID3, ID6 y ID7, seguidos por ID5, en todos está presente la goma xantana, mientras que donde no está presente la goma xantana (ID1, ID2 e ID4) los valores disminuyeron, respecto a la cohesividad (Figura 1D) el comportamiento fue muy similar a la elasticidad, es decir, aumentó en presencia de xantana. La presencia

de goma xantana implicaría una ventaja al momento de elaborar la tortilla pues evitaría la ruptura.

Chhabra et al., (2018) usaron diferentes proporciones (0 a 1% m/m) de goma Guar y Xantana en harinas de diferentes variedades de maíz y midieron las viscosidad, encontrando un aumento cuando las cantidades de goma fueron incrementadas y proponen a estos hidrocoloides para ser usados como agentes ligantes en productos de maíz, sin embargo, no mostraron un efecto combinado de ambas gomas. En este trabajo los valores de elasticidad y cohesividad, características relacionadas con agentes ligantes, de CMC y GG fueron menores que en la formulación usando XT y al combinar el CMC con XT los valores de elasticidad y cohesividad no se vieron afectados, pero si la firmeza y la adhesividad, no así la firmeza que necesitó de CMC y GG para mantener valores similares a donde solo estuvieron presentes estos últimos, lo anterior puede deberse a efectos de la retrogradación del almidón que afecta las características reológicas de las harinas y soluciones de almidón (Fu y BeMiller, 2017).

El análisis de textura en la tortilla mostró que la tenacidad aumentó y fue más alto cuando se usó solamente XT (ID3, figura 1E) y la extensibilidad disminuyó (ID3, figura 1F). En las mezclas binarias de CMC y GG (ID4, figura 1E) la tenacidad disminuyó y la extensibilidad aumentó (ID 4, figura 1F); en presencia de XT ya sea en combinación con CMC, con GG o con ambas (ID5, ID6 e ID7, figura 1E) la dureza fue menor que cuando se usó goma xantana pero mayor que en la mezclas binarias de CMC y GG; por otro lado la extensibilidad (ID5, ID6 e ID7, figura 1F) fue menor que en ambas mezclas binarias de CMC y GG, pero mayor

que en la componente puro XT. Lo anterior implica que a mayor tenacidad (resistencia a la deformación) menor extensibilidad. Benazir et al. (2019) observaron que el módulo de elasticidad ( $G'$ ) y módulo de almacenamiento ( $G''$ ) incrementaron en presencia de CMC, indicando un aumento de la viscosidad en un pan a base de harina de maíz. Por otro lado, Platt-Lucero et al. (2010) reportaron una disminución de la firmeza y una mejor rolabilidad con valores de XT de 0.5% (m/m) y en la combinación de las mismas gomas (XT, 0.25 % m/m; CMC, 0.15% m/m; y GG, 0.10% m/m), resultados similares a los reportados en este trabajo.

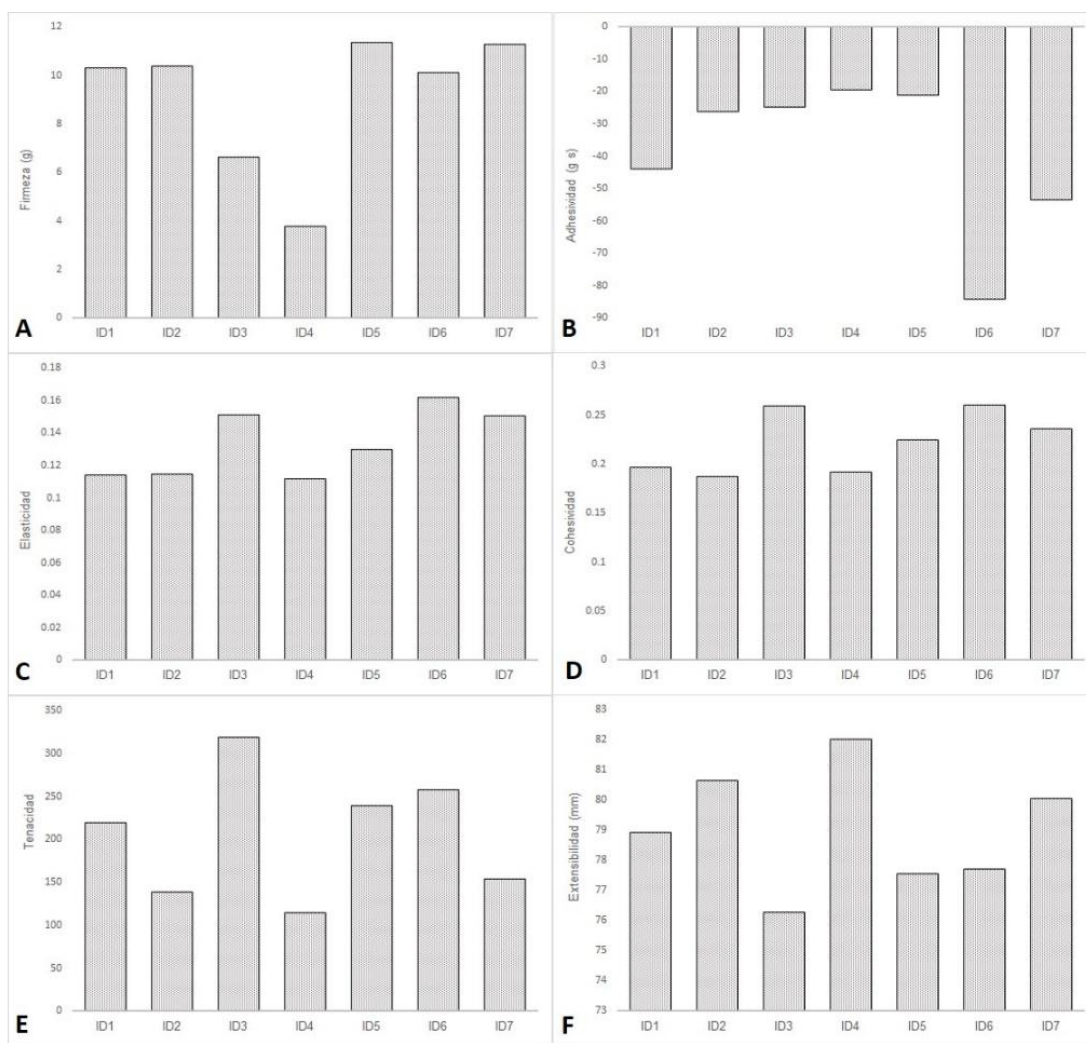


Figura 1. Efectos de la mezcla de aditivos sobre la textura masa de masa y tortilla evaluados en el texturometro. Los valores corresponden a la media de 12 réplicas (A, B, C y D) para masa; y 15 réplicas (E y F) para tortilla. ID1, Carboximetil celulosa (CMC); ID2, Goma guar (GG); ID3, Goma Xantana (XT); ID4, mezcla binaria CMC:GG (1:1); ID5, mezcla binaria CMC:XT (1:1); ID6, mezcla binaria GG:XT (1:1); ID7, mezcla ternaria CMC:GG:XT (0.67:0.67:0.67).

Tabla 4. Mejoría experimental de las formulaciones (ID) con respecto a control

Identificador	% de Mejoría
ID1	11.8634 %
ID2	10.8314 %
ID3	6.6789 %
ID4	-4.2199 %
ID 5	13.6621 %
ID 6	18.6432 %
ID 7	20.6771%

Los resultados de las pruebas de ampolla y rolabilidad en base a la mejoría obtenida tenemos los siguientes datos mostrados en la tabla 4. Con esta evaluación, se busca encontrar aquellas formulaciones que permitan tortillas con menor cantidad de roturas, principalmente y, de haber roturas, priorizar entonces las que presenten aquellas con menor longitud.

Los resultados de mejoría en orden decreciente (ID7 20.6771%, ID6 18.6432%, ID5 13.6621%, ID1 11.8634%, ID2 10.8314%, ID3 10.8314, ID4 -4.2199%) indican que hubo una mejora en las características para ambas pruebas con calificación de 5 en ambas e ID7 con fue la más alta con 20.6771%, estos resultados ayudarán a definir las concentraciones adecuadas de hidrocoloides en la masa para mejorar las características de la tortilla.

#### 4. Conclusión

Los aditivos para mejorar las características de tortillas interactúan con las macromoléculas (proteínas, almidón y lípidos) y agua contenidos en la masa, estos aditivos son usados en concentraciones bajas debido a que los cambios pueden ser muy drásticos y las combinaciones causan diferentes reacciones como fue demostrado en el presente trabajo. La firmeza es una característica evidentemente afectada cuando interactuaron CMC y GG, pero que se vio restaurada en presencia de XT. XT actuando solo o en combinación con CMC o GG o con ambos mejoró la elasticidad y cohesividad de la masa. Sin embargo, los resultados en tortilla mostraron que XT aumentó la tenacidad y disminuyó la elasticidad. En las pruebas de rolabilidad y ampolla la mezcla CMC:GG:XT fue la mejor, a partir de estos resultados podrán ser propuestas cantidad adecuadas de hidrocoloides que permitan mejorar la manipulación de la masa y las características de las tortillas.

#### Bibliografía

- Artavia, G., Arias-Álvarez, C., Cortés-Herrera, C., & Granados-Chinchilla, F. (2022). Physicochemical and sensory assessment of partial corn substitutions with carotenoid-containing non-traditional flours during tortilla preparation. *Cogent Food and Agriculture*, 8(1). DOI: 10.1080/23311932.2022.2122273.
- Benazir, S., Majeed, D., Maswal, M., Gani, M., Mir, S. A., & Dar, B.N. (2019). Influence of hydrocolloids on rheological properties of gluten-free dough based on corn flour. *07(1)*, 72–83.
- Chhabra, N., Kaur, A., & Kaur, A. (2018). Assessment of physicochemical characteristics and modifications of pasting properties of different varieties of maize flour using additives. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 4111–4118. DOI: 10.1007/s13197-018-3337-1.
- Fu, Z., & BeMiller, J.N. (2017). Effect of hydrocolloids and salts on retrogradation of native and modified maize starch. *Food Hydrocolloids*, 69, 36–48. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2017.01.023.
- Lin, L., Zhao, S., Li, E., Guo, D., & Wei, C. (2022). Structural properties of starch from single kernel of high-amylose maize. *Food Hydrocolloids*, 124(November). DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107349.
- Platt-Lucero, L.C., Ramirez-Wong, B., Torres-Chávez, P.I., López-Cervantes, J., Sánchez-Machado, D.I., et al. (2010). Improving textural characteristics of tortillas by adding gums during extrusion to obtain nixtamalized corn flour. *Journal of Texture Studies*, 41(5), 736–755. DOI: 10.1111/j.1745-4603.2010.00252.x.
- Pudjianto, K., Sabirin, Putra, O.N., Darusalam, A., Mulawati, I.P.N., & Musa. (2023). Effects of Food

Additives Treatment on the Texture of Artificial Rice prepared from Dried Cassava and Corn Flours Mixture. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1246(1).

DOI: 10.1088/1755-1315/1246/1/012055.

Rincón-Aguirre, A., Figueroa-Cárdenas, J. de D.,  
Ramírez-Wong, B., Arámbula-Villa, G.,

Jiménez-Sandoval, et al. (2021). Effect of nixtamalization with  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ , and  $\text{CaCO}_3$  on the protein secondary structure, rheological, and textural properties of soft wheat flour doughs. Journal of Cereal Science, 101, 103271.

DOI: 10.1016/j.jcs.2021.103271.

## INGENIERÍA DE ALIMENTOS

### EVALUACIÓN DE TOSTADAS ELABORADAS CON BAGAZO DE MALTA

*Violeta Herrera-Enciso<sup>1\*</sup>, Erika Ramos-Ojeda<sup>1</sup>, Abril de María Montesinos-Bernal<sup>1</sup>, Susana E. Altamirano-Romo<sup>1</sup>, Fabiola Herrera-Enciso<sup>1</sup>*

#### Resumen

El bagazo de malta es el mayor subproducto de la industria cervecera, es fuente importante de vitaminas, fibra y proteínas; por lo que es considerada como ingrediente para desarrollar nuevos productos o incorporar y enriquecer a otros. El objetivo del presente trabajo es elaborar un alimento funcional adicionado en fibra, una tostada a base de maíz nixtamalizado con aprovechamiento del bagazo de malta de cebada. Fueron realizadas tres formulaciones con proporciones diferentes de masa de maíz y harina de bagazo; se aplicaron análisis proximales realizando el comparativo con un producto comercial; así mismo fueron evaluadas sensorialmente identificando la formulación de mayor aceptación. Los resultados obtenidos muestran una mejora en el valor nutrimental de las tostadas hechas con un 25% de bagazo.

#### Palabras clave:

Tostadas, bagazo, fibra

#### Abstract

Malt bagasse is the largest by-product of the brewing industry, it is an important source of vitamins, fiber and proteins; therefore, it is considered as an ingredient to develop new products or incorporate and enrich others. The objective of this work is to develop a functional food with added fiber, a toast based on nixtamalized corn using barley malt bagasse. Three formulations were made with different proportions of corn dough and bagasse flour; proximal analyses were applied, making a comparison with a commercial product; they were also evaluated sensorially, identifying the formulation with the greatest acceptance. The results obtained show an improvement in the nutritional value of the toasts made with 25% bagasse.

#### Key words

Toast, bagasse, fiber

<sup>1</sup>Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas km 8.0 Celaya, Gto., 38124, México

\*Autor por correspondencia: violeta.he@roque.tecnm.mx

## 1. Introducción

Se sabe que la cerveza es una de las bebidas alcohólicas más populares y consumidas del mundo; la producción de malta cervecera ha mostrado un incremento continuo en los últimos años desde 2016 a 2022, siendo la tasa de crecimiento promedio anual de 3.4% (Inegi, 2023). El 85% del peso total de la malta, se descarta en forma de bagazo, caracterizado por conservar el 30% de las propiedades del grano de la malta (Monroy, 2019).

El bagazo de cerveza puede estar compuesto de un 15 - 26% de proteínas y un 70% de fibra (Pacheco-Espejo, 2022); conformada por celulosa (15.5 - 25%), hemicelulosa (28 - 35%) y lignina (aproximadamente el 28%). También contiene lípidos (3.9 - 18%), cenizas (2.5 - 4.5%), vitaminas, aminoácidos y compuestos fenólicos. Entre los componentes minerales se cuentan el calcio, fósforo, hierro y selenio. En lo referente a vitaminas contiene biotina, colina, ácido fólico, niacina, ácido pantoténico, riboflavina, tiamina y vitamina B6 (Santacruz, 2023).

La tendencia en el aprovechamiento de este tipo de residuos ha generado el desarrollo de alimentos

funcionales donde estos se puedan incorporar como ingrediente en sus formulaciones. Considerando lo anterior, se tiene como objetivo el desarrollo de una tostada elaborada con una base de masa de maíz nixtamalizado adicionada con harina de bagazo de malta en diferentes proporciones; así como la aplicación de los respectivos análisis proximales para la comprobación del mejoramiento en las propiedades nutrimentales del producto comparado con otro similar ya comercializado.

## 2. Metodología

El bagazo de malta fue obtenido como residuo de la elaboración de cerveza tipo Blonde Ale de la marca Fundadores; fue secado a 60°C durante 24 hrs, molido y tamizado para generar la harina. En la elaboración de las tortillas, se utilizó maíz amarillo cultivado en la comunidad de los capulines, el cual fue nixtamalizado, cocido y molido. La Tabla 1., muestra las proporciones de harina de bagazo y masa de maíz utilizadas en las 3 diferentes formulaciones de las tostadas.

Tabla 1. Proporciones de harina usadas en las formulaciones de tostadas

Formulación	Harina de bagazo (%)	Masa de maíz (%)
A	25	75
B	15	85
C	10	90

La mezcla de ambos componentes fue amasada hasta formar una pasta homogénea adicionando agua y sal; con una prensa se hicieron las tortillas con un diámetro cercano a los 15 cm y espesor de 2 mm; estas fueron deshidratadas en horno a 100° C por 45 minutos.

Los análisis proximales fueron aplicados por triplicado a cada una de las formulaciones y se realizó una comparación de medias (método de Tuckey), utilizando una tostada horneada comercial como control.

La fracturabilidad de las tostadas se obtuvo mediante un texturómetro, con los siguientes parámetros de operación: velocidad antes de la prueba de 1.0 mm/s, durante la prueba de 1.0 mm/s y velocidad final de 10.0 mm/s a una distancia de 3 mm.

Para la evaluación sensorial, se empleó una prueba de nivel de agrado (Villavicencio, 2021), donde 60

panelistas no entrenados (consumidores habituales) contestaron una encuesta de escala hedónica de 6 puntos para cada una de las formulaciones, dado que esta es una de las escalas más fáciles de comprender por los consumidores. Las muestras se evaluaron en base a los atributos característicos de las tostadas tradicionales, como son el color, olor, sabor y dureza.

## 3. Resultados

Las masas preparadas con la mezcla de harina de bagazo y masa de maíz mostraron las características adecuadas de humedad y flexibilidad para poder elaborar las tostadas, como lo muestra la Figura 1 y los resultados obtenidos del análisis proximal se presentan en la Tabla 2

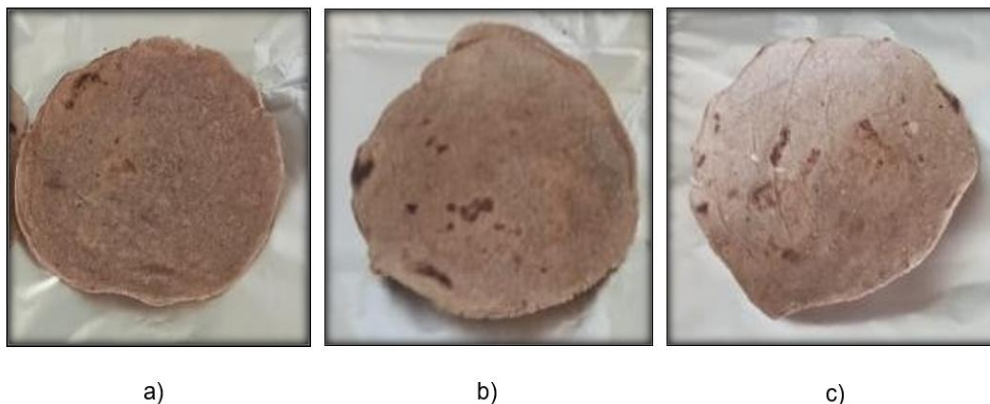


Fig. 1. Tostadas elaboradas con las formulaciones; a), FA; b), FB; y c), FC indicadas en la Tabla 1.

Tabla 2. Composición proximal de las formulaciones a base de bagazo de malta y harina de maíz nixtamalizado en comparación con un control de solo harina de maíz nixtamalizado

Componente	FA	FB	FC	Control
Humedad (%)	3.292 <sup>ab</sup>	3.625 <sup>a</sup>	2.397 <sup>b</sup>	2.347 <sup>b</sup>
Cenizas (%)	4.586 <sup>a</sup>	3.428 <sup>b</sup>	2.769 <sup>d</sup>	3.277 <sup>c</sup>
Fibra (%)	17.688 <sup>a</sup>	9.752 <sup>b</sup>	6.161 <sup>c</sup>	7.133 <sup>c</sup>
Proteína (%)	6.435 <sup>a</sup>	6.393 <sup>a</sup>	6.569 <sup>a</sup>	5.884 <sup>a</sup>
Grasa (%)	1.022 <sup>a</sup>	1.235 <sup>a</sup>	1.135 <sup>a</sup>	2.006 <sup>b</sup>
Carbohidratos (%)	66.630 <sup>c</sup>	75.156 <sup>b</sup>	80.589 <sup>a</sup>	78.682 <sup>b</sup>

Los valores son medias de tres réplicas expresadas en porcentaje en base húmeda. Letra diferentes en los renglones indica diferencia significativa con  $P < 0.05$ .

Los componentes nutrimentales que muestran diferencias significativas entre las formulaciones y control, son la proteína y las cenizas; la “a”, con mayor cantidad de bagazo es la que muestra el mayor porcentaje de fibra, 17.69; siguiéndole la “b” con 9.75%; la formulación “c” y el control no tienen diferencia; la adición de 10% de bagazo de malta no aporta más fibra que la contenida en el maíz. Un patrón muy similar se repite para la concentración de minerales (cenizas), en donde la variación es directamente proporcional con la

cantidad de bagazo adicionado. La Tabla 3, muestra los resultados de fracturabilidad de las tostadas, observando que la comercial requiere mayor fuerza para poder romperse, demostrando que es más dura que la elaborada con bagazo de malta. En la evaluación sensorial, no hubo diferencias estadísticamente significativas en alguno de los atributos evaluados entre las diferentes formulaciones, encontrándose en el nivel 5 de agrado, “me gusta”.

Tabla 3. Valores de fracturabilidad

Formulación	Fracturabilidad (g f)
A	658.868
B	545.937
C	479.763
Control	1307.965

#### 4. Conclusiones

Respecto a las propiedades nutrimentales, se puede concluir que la adición de harina de bagazo de malta

genera una mejora en las tostadas, en lo que se refiere al contenido de fibra dietética y minerales.

En la evaluación sensorial, no generó cambios en el nivel de agrado comparado con una tostada comercial,

se puede identificar un ligero cambio en la coloración, sin embargo, no es una característica que modifique la aceptación del producto.

Así como en las tostadas, el bagazo puede ser utilizado en una gran variedad de productos alimenticios aprovechando tanto sus propiedades nutrimentales como tecnológicas para el desarrollo de alimentos funcionales que sean de fácil acceso para la mayoría de la población mexicana.

### Referencias

- Arcia, P., Curutchet, A., Cozzano, S., Rodríguez, S., (2018). Bagazo de cervecería como Ingrediente en el desarrollo de panificados. Impacto del rotulado en la intención de compra y aceptabilidad. INNOTECH. DOI: 10.26461/16.02.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Anuario de estadísticas por entidad federativa. México, 2023.
- Monroy, M. (2019). Evaluación de parámetros físicoquímicos en una cerveza utilizando triticales como adjunto (x. *Triticosecale wittmack*). Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Pacheco-Espejo, M. (2022). Estudio de alternativas de reutilización del bagazo producido en la industria cervecera. Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- Santacruz-Salas A. (2023). Sustainability in the brewing industry: a critical review of the waste generated and its management. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. Vol. 21, No 2. ISSN-1692-3561
- Villavicencio, E. (2021). Entrenamiento de panel y Análisis descriptivo convencional de tostadas de maíz criollo de Oaxaca. Universidad Nacional Autónoma de México.

## INGENIERÍA DE ALIMENTOS

### FORMULACIÓN, Y EVALUACIÓN SENSORIAL DE GELATINA ADICIONADA CON PROBIÓTICO *Lactobacillus paracasei*.

Abril de María Montesinos Bernal<sup>1</sup>, Violeta Herrera Enciso<sup>1</sup>, Fabiola Herrera Enciso<sup>1</sup>, Diana Minerva Guerra Pérez<sup>1</sup>.

#### Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo formular y elaborar gelatina de lactosuero con piña, alfalfa, naranja, zanahoria, combinadas (piña/alfalfa, naranja/zanahoria) adicionada con probiótico (*Lactobacillus paracasei*). El lactosuero es un agente contaminante cuando es desechado al medio ambiente, la importancia del proyecto consistió en el aprovechamiento de este subproducto para la formular gelatina adicionada con probiótico. Los análisis realizados en este experimento fueron: pruebas microbiológicas (mohos, levaduras y mesófilos aerobios) y evaluaciones sensoriales. En la formulación fueron incluidos dos conservadores (ácido cítrico y benzoato de sodio).

#### Palabras clave:

Suero de leche, subproductos agroindustriales, proteína de suero de leche

#### Abstract

The aim of this study was to formulate and produce whey gelatin with pineapple, alfalfa, orange, carrot, combined (pineapple/alfalfa, orange/carrot) added with probiotic (*Lactobacillus paracasei*). Whey is a contaminating agent when it is discarded into the environment, the importance of the project consisted in the use of this by-product to formulate gelatin added with probiotic. The analyses carried out in this experiment were: microbiological tests (molds, yeasts and aerobic mesophiles) and sensory evaluations. Two preservatives (citric acid and sodium benzoate) were included in the formulation.

#### Keywords:

Whey protein, agro-industrial by-products, whey protein.

Departamento de Ingenierías/Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Roque, Km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Gto, México, 381124  
Autor por correspondencia: abril.mb@roque.tecnm.mx

## 1. INTRODUCCIÓN

Entre las industrias alimentarias que más contaminan se encuentran las industrias lácteas, las cuales generan residuos considerables de leche diluida, leche separada, crema, suero, grasas, aceites, sólidos suspendidos, nitrógeno y residuos de limpieza. Estos elementos llegan a ser altamente contaminantes si no son tratados adecuadamente antes de ser desechados. (Sosa, 2015). El lactosuero o suero de leche es el líquido que se separa de la leche cuando ésta se coagula para la obtención del queso, y está constituido por todos los componentes de la leche que no se integran en la coagulación de la caseína. Se estima que a partir de 10 litros de leche de vaca se puede producir 1 kilogramos de queso y restar un promedio de 8 litros de lactosuero. Esto representa cerca del 90% del volumen de la leche que contiene la mayor parte de los compuestos hidrosolubles de ésta, el 95% de lactosa (azúcar de la leche), el 25% de las proteínas, el 8% de la materia grasa y un completo perfil de minerales. Cerca del 70% de la proteína cruda que se encuentra en el suero corresponde a un valor nutritivo superior al de la caseína (Villareal, 2017), de manera que este subproducto de la industria láctea posee un alto valor nutritivo y puede ser una opción de materia prima para la elaboración de alimentos. En este trabajo fue analizada la calidad nutrimental y sensorial de una gelatina elaborada a base de suero de leche, sub producto de la elaboraciones de quesos.

## 2. METODOLOGÍA

La cepa liofilizada de *L. paracasei* fue reactivada agregando caldo MRS al vial del microorganismo, incubando a 37°C y después estriando en placas de agar MRS para incrementar el microorganismo. Después fueron generados cultivos de trabajo en caldo MRS para agregar a la gelatina con el objetivo de cuantificar las cantidad de unidades formadoras de colonias, se trabajó con agar MRS en placa utilizando diluciones seriadas preparadas a partir del cultivo madre ( $10^{-1}$ - $10^{-2}$ - $10^{-3}$ - $10^{-4}$ ). El análisis se aplicó por duplicado para cada dilución y se determinó las UFC/mL de medio.

En el procedimiento, se colocó 1 mL de la dilución en la base de la caja y posteriormente se vertió el agar, con movimientos suaves se homogenizo. Una vez solidificado el medio se incubó a 37 °C por 24 horas.

Realización de siembra por inmersión y por medio de estriado de *L. paracasei* para adicionar las formulaciones. Desarrollo de las formulaciones. Fueron utilizadas para la prueba piloto, suero ácido como suero dulce. Para las formulaciones se determinó utilizar suero dulce de leche (previamente pasteurizado), adicionando el probiótico *L. paracasei*. A cada una de las formulaciones se agregó ácido cítrico, benzoato de sodio y el testigo sin conservador, diferentes grados de dulzor. Los análisis realizados en fueron: Análisis microbiológico (mohos y levaduras para los tratamientos con conservador y sin conservador).

El análisis microbiológico de viabilidad de probióticos a los 28 días fue llevado a cabo usando como medio de cultivo Agar MRS y agua peptonada. En tubos de vidrio se colocaron 9 ml de agua peptonada y 1 g de muestra de gelatina, este proceso se siguió para todas las muestras las cuales se trabajaron por duplicado, posteriormente teniendo todas nuestras diluciones  $10^{-1}$ , se procedió a realizar una segunda dilución de todas las muestras seleccionadas obteniendo así una dilución de  $10^{-2}$ .

El tipo de análisis sensorial que se llevó a cabo fue el de las pruebas descriptivas, aplicada a jóvenes entre edades 18 a 20 años, las cuales permiten conocer los atributos sensoriales como lo son el color, olor, sabor, consistencia que tiene el producto y la intensidad de los mismos. Los parámetros con más desviación de resultados fueron "olor" y "sabor". Prueba aplicada a jóvenes entre edades 18 a 20 años.

## RESULTADOS

Para la primera parte de este proyecto trabajamos con distintas concentraciones de los conservadores elegidos para determinar la concentración óptima (Tablas 1, 2 3, 4 y 5). Entre los conservadores como mejor resultado obtuvimos el benzoato en una concentración de 1 g/L la recomendada en su uso, sin embargo, las formulaciones sin conservador evidentemente no obtuvieron los mismos rendimientos en las formulaciones.

Las pruebas sensoriales arrojaron mejor aceptación las formulaciones combinadas de zanahoria y naranja, seguida de la de la de alfalfa con piña con grado de dulzor del 25%. Los parámetros con más desviación de resultados fueron "olor" y "sabor". Prueba aplicada a jóvenes entre edades 18 a 20 años.

Tabla 1. Resultados de la determinación de mohos y levaduras para la concentración de 3 g/L de ácido cítrico en las diferentes formulaciones de gelatina.

Días de incubación	F1	F2	F3	F4
Semana 1	9	10	10	12
Semana 2	29	35	33	37
Semana 3	87	95	89	93

\*Los resultado expresados en UFC son el promedio de tres repeticiones realizadas para cada formulación.\*

Tabla 2. Resultados de la determinación de mohos y levaduras para la concentración de 5 g/L de ácido cítrico en las diferentes formulaciones de gelatina.

Días de incubación	F1	F2	F3	F4
Semana 1	6	7	9	9
Semana 2	19	22	22	24
Semana 3	68	72	61	69

\*Los resultados expresados en UFC son el promedio de tres repeticiones realizadas para cada formulación \*

Tabla 3. Resultados de la determinación de mohos y levaduras para la concentración de 0.8 g/L de benzoato de sodio en las diferentes formulaciones de gelatina.

Días de incubación	F1	F2	F3	F4
Semana 1	4	6	6	8
Semana 2	16	20	18	20
Semana 3	65	59	65	69

\*Los resultados expresados en UFC son el promedio de tres repeticiones realizadas para cada formulación.

Tabla 4. Resultados de la determinación de mohos y levaduras para la concentración de 1 g/L de benzoato de sodio en las diferentes formulaciones de gelatina.

Días de incubación	F1	F2	F3	F4
Semana 1	0	4	0	6
Semana 2	11	15	9	12
Semana 3	52	48	56	53

\*Los resultado expresados en UFC son el promedio de tres repeticiones realizadas para cada formulación.

Tabla 5. Resultados de la determinación de mohos y levaduras en formulaciones de gelatinas sin conservador.

Días de incubación	F1	F2	F3	F4
13 días	11	11	13	16
14 días	33	37	35	28
28 días	112	97	90	98

\*Los resultado expresados en UFC son el promedio de tres repeticiones realizadas para cada formulación.

## CONCLUSIONES

Para realizar las formulaciones se utilizaron suero ácido y suero dulce, considerando el mejor la segunda opción, ambos sueros fueron previamente pasteurizados. Los sabores empleados de origen natural solamente la piña fue pasteurizada para mezclar con el lactosuero. El sabor mejor evaluado fue la gelatina de naranja y zahoria, otro de los parámetros mejor calificado el color de la gelatina de la alfalfa, esto se debe a la vivacidad intensa de esta. Este estudio se podría implementar utilizando otros probióticos.

## REFERENCIAS

- Amaro, J., & Iparraguirre, M. (2018). Efecto del Consumo de Extracto de Alfalfa (Medicago sativa L.) Sobre el Recuento de Leucocitos, en Ratones (*Mus musculus*). *Revista Médica Herediana*, 29(2)
- Cuaspud, P. (2015). Elaboración de Bebidas Naturales a Partir de Taxo (*Passiflora tripartita* Var. *mollissima*) y Piña (*Ananas comosus*) Enriquecidas con Lactosuero.
- Sosa, M.A. (Julio de 2015). Implementación de una Estrategia para la Utilización del Lactosuero como Medida para la Mitigación de la Contaminación del Río Naolinco en Miahuatlán, Veracruz
- Villareal, A. (2017). Desarrollo en Planta Piloto de una Bebida de Lactosuero y Fruta Natural para Adultos Mayores.

## INGENIERÍA DE PROCESOS EN ALIMENTOS

### CFD STUDY OF TURBULENCE IN AN EXPERIMENTAL SPRAY DRYER

*María José Ramírez-Rivera, Christian O. Díaz-Ovalle\*, Ahuízotl de Jesús Joaquín-Ramos, Juan Gabriel Ramírez-Pimentel*

#### Abstract

Spray drying process is a well-established method to produce powder products under low degradation, oxidation, and loss of volatile compounds. This process suffers the risk of wall deposition that modifies the quality of the powder product. The operative conditions influence this problem and might be modified to mitigate the problem. This theoretical study describes the remarkable turbulence parameters during the spray drying by testing some turbulence models. The software ANSYS Fluent ® 2024 R1 made possible these simulations based on an experimental spray dryer. The results observed the difference in using diverse turbulence models.

#### Keywords:

ANSYS FLUENT, Simulation, Suction pressure

#### Resumen

El proceso de secado por aspersión es un método bien establecido para producir alimentos en polvo con poca degradación, oxidación y pérdida de compuestos volátiles. Este proceso sufre el riesgo de deposición en las paredes, lo cual modifica la calidad del producto en polvo. Las condiciones de operación influyen este problema y podrían ser modificadas para mitigarlo. Este estudio teórico describe los parámetros notables de turbulencia durante el secado por aspersión mediante algunos modelos de turbulencia. El software ANSYS Fluent ® 2024 R1 hace posible estas simulaciones basadas en un secador de aspersión experimental. Los resultados muestran la diferencia en el uso de los diversos modelos de turbulencias.

#### Palabras clave:

ANSYS FLUENT, Simulación, Presión de Succión

Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas  
km 8.0 Celaya, Gto., 38124, MÉXICO.

\*corresponding author: [christian.do@roque.tecnm.mx](mailto:christian.do@roque.tecnm.mx)

## 1. Introduction

Spray drying is an important unit operation in the food industry that presents a high level of preservation in the foodstuff and consists of supplying a hot airstream upon a sprayed liquid to reach a sudden removal of water present into the liquid droplets (Barbosa-Cánovas & Vega-Mercado, 1996). Nowadays, thousands of products come from this process whereby food engineering research has focused on the properties and nutrients of powder products (Anandharamakrishnan, 2013). Currently, the experimental spray drying equipment is a suitable option to avoid the large energy consumption of the industrial process; the experimentation has been possible in pilot plants (Kieviet et al., 1997) and small-scale equipment (Usui et al., 1985). Despite acceptable results, the hydrodynamic behavior within the small-scale spray dryers significantly influences the results (Keshani et al., 2015) and its understanding might improve the performance.

Computer simulation analysis provides relevant information on unit operations, and this has been continuously applied in spray drying (Kuriakose & Anandharamakrishnan, 2010). Particularly, the CFD technique has allowed to reach remarkable conclusions, such as: a) short drying time within the spray area (Langrish & Kockel, 2001), b) heat and mass transfer models of the drop limit the accuracy of simulations (Harvie et al., 2002), c) the required geometric dimensions are different for the type of spray system (nozzles and disc) (Huang et al., 2006) d) the Lagrangian formulation is more suitable to simulate the coalescence in sprayed droplets (Nijdam et al., 2006), e) the thermal efficiency is inversely proportional to the entropy production of the system. (Jin & Chen, 2011), and f) spray dryer optimization should consider: drying kinetics, reaction kinetics for volatile components, dryer geometry, residence time, and particle distribution (Schmitz-Schug et al., 2016). All these works demonstrate the benefit of applying CFD in spray drying (Fletcher et al., 2006).

Early CFD works described the flow patterns and complexity of simulating turbulence in spray dryers (Oakley, 1994). The application of CFD is essential to indicate the hydrodynamic effect inside the dryer on the properties of the powder product (Abouali & Ahmadi, 2012). There are several turbulence models available for CFD simulation of spray drying, some of them are:

a)  $k$ - $\epsilon$  standard model represents a fully turbulent flow and considers the concept of turbulence kinetic energy by applying the Reynolds stress equation (Launder & Spalding, 1972), b)  $k$ - $\epsilon$  RNG model considers the effect of small motion scales and their contribution to turbulent diffusion and includes the eddy effect and low Re (Yakhot, 1986), c) standard  $k$ - $\omega$  model acceptably represents the transition between laminar-turbulent behavior and incorporates modifications for low Reynolds number, d)  $k$ - $\omega$  SST model effectively combines the robust and accurate formulation of the standard  $k$ - $\omega$  model in the near-wall region (Ment, 1994), and e) Reynolds stress BSL model is the most complex RANS turbulence model that takes into account the effects of streamline curvature, eddies, rotation, and rapid changes in the strain rate (Launder et al., 1975).

Experimental or small-scale dryers have not been fully simulated. Herein, the CFD technique is applied in a Yamato ® spray dryer to probe the different turbulence models and determine a recommended turbulence model for a small-scale spray dryer. The upcoming sections succinctly describe the application of the CFD approach.

## 2. Methodology

The simulation is performed in a dryer without liquid particle injection, in which the air enters at a high temperature to achieve drying. Figure 1 a) schematizes the experimental Yamato ® dryer with dimensions. An air filter was at the top and considered an ideal porous medium, with porosity equal to 0.1. The air presented ideality and constant density ( $1.225 \text{ kg/m}^3$ ) at  $147^\circ\text{C}$  and extracted at  $-2 \text{ atm}$ . The analysis considered the  $k$ - $\epsilon$  standard,  $k$ - $\epsilon$  RNG, standard  $k$ - $\omega$ ,  $k$ - $\omega$  SST, and Reynolds stress BSL turbulence models. Table 1 contains the governing equations in a non-isothermal system with the  $k$ - $\epsilon$  standard as an example.

The solution was possible with ANSYS 2024 R2 ®. The geometry was realized in Design Modeler ® and the discretization in ANSYS ® Meshing with 1,001,593 tetrahedral elements. The mesh quality quantified the skewness parameter with a maximum value of 0.21 (values close to zero indicate good mesh quality). Figure 1 b) depicts the mesh quality profile for the proposed system. The boundary conditions applied in ANSYS FLUENT ® and solved with the SIMPLE algorithm under the second-order relaxation method.

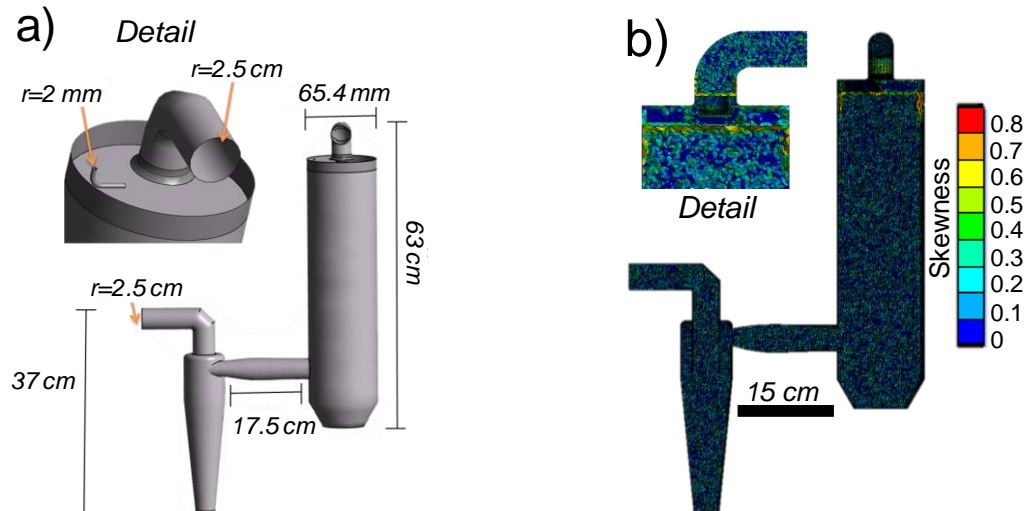


Fig.1. Yamato ® drying system: a) dimensions and b) discretization of the system. Taken from Ramírez-Rivera et al. (2023).

Table 1. Governing equations for the proposed CFD simulation.

Name	Equation
Conservation of mass	$\frac{\partial v_i}{\partial x_i} = 0$
Conservation of momentum	$\rho \left( \frac{\partial v_i}{\partial t} + \frac{\partial v_j v_i}{\partial x_j} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \mu \frac{\partial^2 v_i}{\partial x_j^2} + g_i \rho$
Turbulence kinetic energy	$\rho \left( \frac{\partial k}{\partial t} + \frac{\partial v_j k}{\partial x_j} \right) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( (\mu + \mu_t) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + 2\mu_t \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \left( \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) - \rho \epsilon$
Turbulence dissipation energy	$\rho \left( \frac{\partial \epsilon}{\partial t} + \frac{\partial v_j \epsilon}{\partial x_j} \right) = -\frac{\partial}{\partial x_j} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{1.3} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right) + 2.88\mu_t \frac{\epsilon}{k} \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \left( \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) - 1.92\rho \frac{\epsilon^2}{k}$
Nomenclature	$v$ : velocity, $x$ : coordinate, $P$ : pressure, $g$ : gravity, $\mu$ : viscosity, $\rho$ : density, $\mu_t$ : turbulence viscosity ( $0.09\rho k^2/\epsilon$ ), $\epsilon$ : turbulence kinetic energy, $\kappa$ : turbulence dissipation rate $i$ and $j$ : coordinate indexes.

### 3. Results

The results considered the hydrodynamic parameters: velocity, pressure, and turbulence kinetic energy,  $k$ . Figure 2 shows a comparison of the velocity contours at 76 m/s for the turbulence models. Both  $k$ - $\epsilon$  models presented a similar behavior due to the mathematical fundamentals, and the Reynolds stress BSL models predicted a larger zone for this velocity contour. Figure 3 contains the pressure profiles, which indicate a difference for the turbulence models. The highest-pressure gradients corresponded to both  $k$ - $\epsilon$  models and the lowest pressure gradient for the Reynolds

Stress BSL. All models indicated the influence of the porous filter. Figure 4 indicates a volume for  $k > 200 \text{ m}^2/\text{s}^2$  and reaches a well-view of the turbulence distribution into the spray dryer. The highest turbulence section corresponded to the upper area of the spray dryer due to the feed duct and the fresh air inlet pipe, as well as the connection region of the cyclone separator. However, the standard  $k$ - $\epsilon$  model presented the highest occupied turbulence zone within the spray dryer, which is similar to Reynolds Stress BSL (a turbulence model of high precision level).

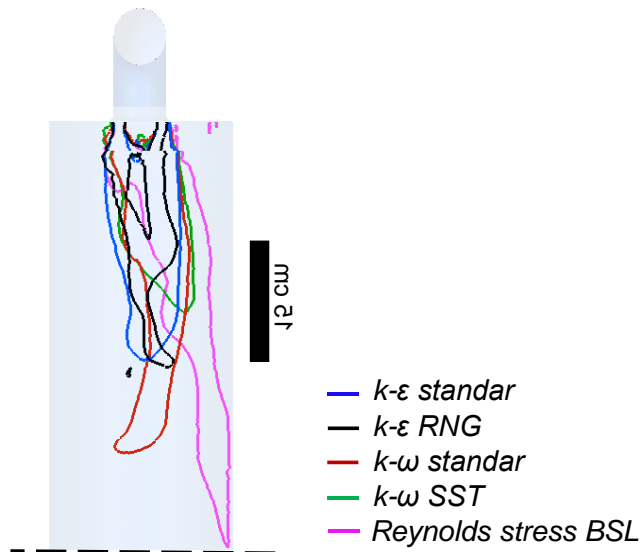


Fig. 2. Comparison of the velocity distribution of 76 m/s for the different turbulence models of the case study.

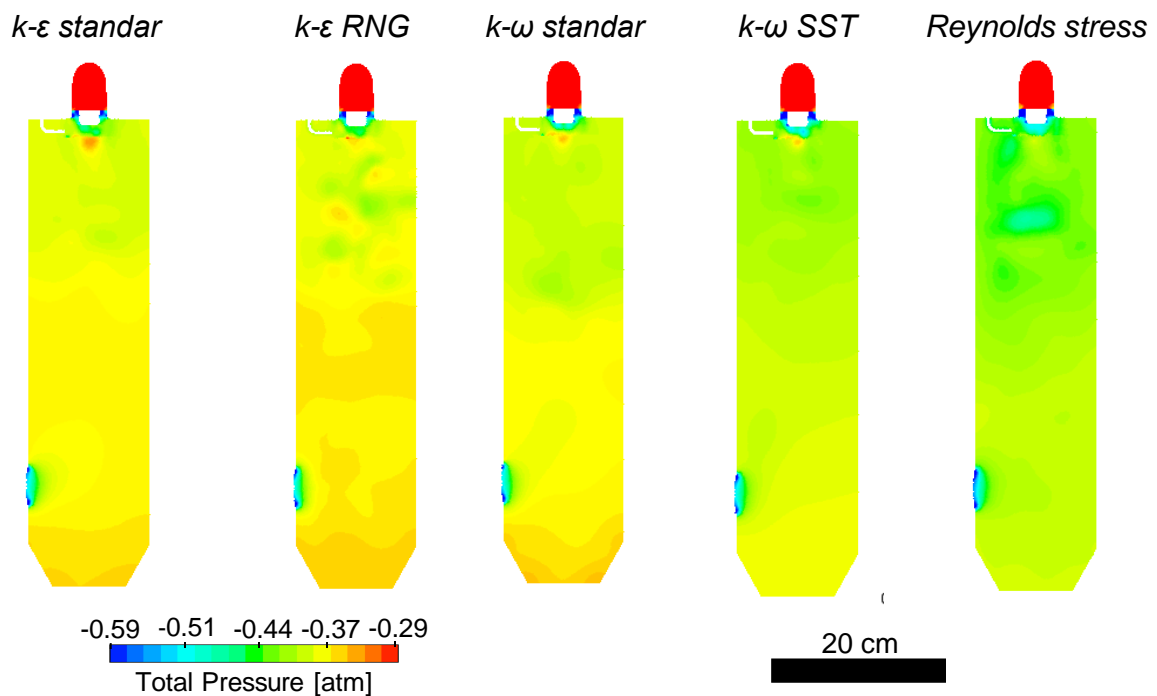


Fig. 3. Pressure profile of the different turbulence models.

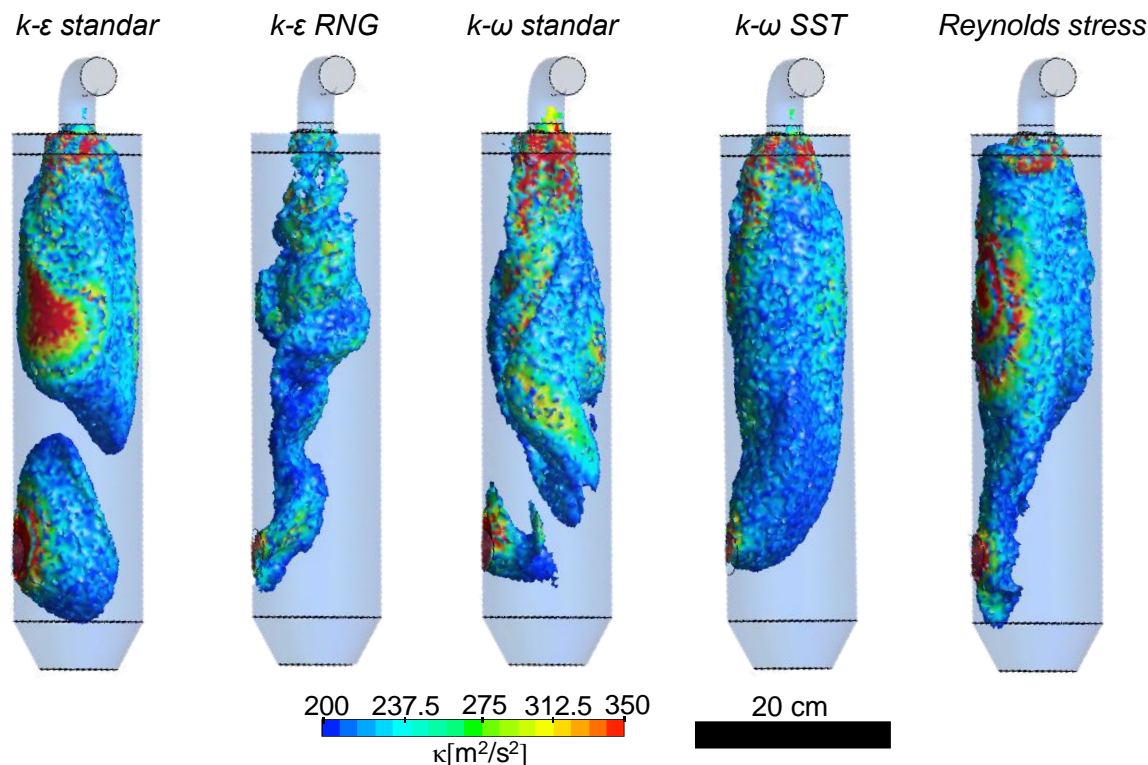


Fig. 4. Turbulence volume  $k > 200 \text{ m}^2/\text{s}^2$  for the proposed turbulence models. The ratio of this volume and the total spray dryer volume for the turbulence models is: a)  $\kappa$ - $\epsilon$  standar, 0.47, b) RNG, 0.15, c) standard  $k$ - $\omega$ , 0.31, d)  $k$ - $\omega$  SST, 0.45, and e) Reynolds stress BSL, 0.37.

#### 4. Conclusions

The CFD analysis of experimental small-scale spray dryers is fundamental to understanding the formation patterns of food powders. This work simulated a Yamato ® dryer and demonstrated the benefit of comparing several turbulence models to elucidate the hydrodynamic behavior. The results described a typical behavior inside the spray drying chamber and indicated a diversity of turbulence kinetic values. Thus, this analysis recommended the  $\kappa$ - $\epsilon$  standard model for including multiphase flow.

#### References

- Abouali, O., & Ahmadi, G. (2012). Computer simulations of natural convection of single phase nanofluids in simple enclosures: A critical review. *Applied Thermal Engineering*, 36, 1-13. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2011.11.065.
- Anandharamakrishnan, C. (2013). *Computational Fluid Dynamics Applications in Food Processing*. Springer Verlag.
- Barbosa-Cánovas, G., & Vega-Mercado, H. (1996). *Dehydration of foods*. Springer-Verlag.
- Fletcher, D.F., Guo, B., Harvie, D.J.E., Langrish, T.A.G., Nijdam, J.J., & Williams, J. (2006). What is important in the simulation of spray dryer performance and how do current CFD models perform? *Applied Mathematical Modelling*, 30(11), 1281-1292. DOI: doi: 10.1016/j.apm.2006.03.006.
- Harvie, D.J. E., Langrish, T.A.G., & Fletcher, D.F. (2002). A computational fluid dynamics study of a tall-form spray dryer. *Food and Bioprocess Processing*, 80(3), 163-175. DOI: 10.1205/096030802760309188.
- Huang, L. X., Kumar, K., & Mujumdar, A.S. (2006). A comparative study of a spray dryer with rotary disc atomizer and pressure nozzle using computational fluid dynamic simulations. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 45(6), 461-470. DOI: 10.1016/j.cep.2005.11.004.
- Jin, Y., & Chen, X. D. (2011). Entropy production during the drying process of milk droplets in an industrial spray dryer. *International Journal of Thermal Sciences*, 50(4), 615-625.

- DOI: 10.1016/j.jthermalsci.2010.10.013.
- Keshani, S., Daud, W.R. W., Nourouzi, M.M., Namvar, F., & Ghasemi, M. (2015). Spray drying: An overview on wall deposition, process and modeling. *Journal of Food Engineering*, 146, 152-162.  
DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2014.09.004.
- Kieviet, F.G., Van Raaij, J., De Moor, P.P. E.A., & Kerkhof, P.J. A.M. (1997). Measurement and Modelling of the Air Flow Pattern in a Pilot-Plant Spray Dryer. *Chemical Engineering Research and Design*, 75(3), 321-328.  
DOI: 10.1205/026387697523778.
- Kuriakose, R., & Anandharamakrishnan, C. (2010). Computational fluid dynamics (CFD) applications in spray drying of food products. *Trends in Food Science & Technology*, 21(8), 383-398.  
DOI: 10.1016/j.tifs.2010.04.009. .
- Langrish, T.A.G., & Kockel, T.K. (2001). The assessment of a characteristic drying curve for milk powder for use in computational fluid dynamics modelling. *Chemical Engineering Journal*, 84(1), 69-74.
- Launder, B.E., Reece, G.J., & Rodi, W. (1975). Progress in the development of a Reynolds-stress turbulence closure. *J. Fluid Mechanics*, 68, 537-566.
- Launder, B.E., & Spalding, B.D. (1972). *Lectures in Mathematical Models of Turbulence*. Academic Press.
- Ment, F.R. (1994). Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications. *AIAA Journal*, 32, 1598-1605.
- Nijdam, J.J., Guo, B., Fletcher, D.F., & Langrish, T.A.G. (2006). Lagrangian and Eulerian models for simulating turbulent dispersion and coalescence of droplets within a spray. *Applied Mathematical Modelling*, 30(11), 1196-1211.  
DOI: 10.1016/j.apm.2006.02.001.
- Oakley, D.E. (1994). Scale-up of spray dryers with the aid of computational fluid dynamics. *Drying Technology*, 12(1-2), 217-233.  
DOI: 10.1080/07373939408959954.
- Ramírez-Rivera, M.J., Díaz-Ovalle, C.O., Joaquín-Ramos, A.d.J., & Ramírez-Pimentel, J.G. (2023). Análisis CFD de un secador de aspersión experimental. *Revista Tecnológica CEA*, 20(1), 45-50.
- Schmitz-Schug, I., Kulozik, U., & Foerst, P. (2016). Modeling spray drying of dairy products – Impact of drying kinetics, reaction kinetics and spray drying conditions on lysine loss. *Chemical Engineering Science*, 141, 315-329.  
DOI: 10.1016/j.ces.2015.11.008].
- Usui, H., Sano, Y., Yanagimoto, Y., & Yamasaki, Y. (1985). Turbulent flow in a spray drying chamber. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 18(3), 243-247.  
DOI: 10.1252/jcej.18.243.
- Yakhot, V.O., S.A. (1986). Renormalization group analysis of turbulence basic theory. *Journal of Scientific Computing*, 1, 1-51.

## INGENIERÍA DE PROCESOS EN ALIMENTOS

### EXTRACCIÓN DE POLIFENOLES Y FLAVANOLES DE CACAO (*THEOBROMA CACAO*) NATURAL

Fabiola Herrera-Enciso<sup>1\*</sup>, Omar A. Casique-Zavala<sup>1</sup>, Erika Ramos-Ojeda<sup>1</sup>, Christian O. Díaz-Ovalle<sup>1</sup>

#### Resumen

Este proyecto presenta una investigación experimental con un diseño factorial  $2^3$  como herramienta empleada en la mejora del proceso de extracción de polifenoles y flavanoles de cacao (*Theobroma cacao*) natural. El desarrollo se centra en el área de extracción de una empresa productora de antioxidantes vegetales de la región. La determinación de los niveles fue obtenida a partir de experimentación preliminar en el laboratorio y datos bibliográficos. Los factores determinados fueron: concentración de ácido ascórbico/cítrico, temperatura y tiempo de extracción. El método de Folin-Ciocalteu de acuerdo con Makkart, fue el utilizado para la determinación de los polifenoles. En razón de los experimentos unifactoriales en el laboratorio, los niveles de los factores trabajados fueron ácido ascórbico/ácido cítrico (g/g) 10/4 y 5/2, temperatura 27 y 30 °C, y tiempo 1 y 4 horas. Es utilizado el análisis matemático para determinar los valores en la frontera que optimizan el proceso, así como el criterio de la segunda derivada para varias variables con el fin de encontrar los valores máximos y mínimos de la función que predice la variable respuesta.

#### Palabras clave:

Diseño factorial, extracción de polifenoles, flavanoles, cacao.

#### Abstract

This project presents an experimental investigation with a  $2^3$  factorial design as a tool used to improve the extraction process of polyphenols and flavanols from natural cocoa (*Theobroma cacao*). The development focuses on the extraction area of a company that produces plant antioxidants in the region. The determination of the levels was obtained from preliminary experimentation in the laboratory and bibliographic data. The factors determined were: concentration of ascorbic/citric acid, temperature and extraction time. The Folin-Ciocalteu method according to Makkart was used for the determination of polyphenols. Due to the single-factor experiments in the laboratory, the levels of the factors used were ascorbic acid/citric acid (g/g) 10/4 and 5/2, temperature 27 and 30 °C, and time 1 and 4 hours. Mathematical analysis is used to determine the values on the boundary that optimize the process, as well as the second derivative criterion for several variables in order to find the maximum and minimum values of the function that predicts the response variable.

#### Key words

Factorial design, extraction of polyphenols, flavanol, cocoa.

<sup>1</sup>Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/I.T. de Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas Km 8.0, Celaya Guanajuato, C.P. 38124, México.  
\*correo de contacto: [fabiola.he@roque.tecnm.mx](mailto:fabiola.he@roque.tecnm.mx)

## 1. Introducción

La demanda de polifenoles en la formulación de alimentos funcionales, como agente antioxidante, ha generado numerosas investigaciones con el objetivo de alcanzar procesos de producción cada vez más rentables. Los polifenoles más abundantes son los flavonoides, cuyos subgrupos principales son: dihidroflavonas, antocianidinas, flavan-3-ol y flavanoles monoméricos y poliméricos (catequinas, leucoantocianidinas y proantocianidinas) (Valencia-Avilés et al., 2017).

El cacao en polvo, producto obtenido del haba de cacao (*Theobroma cacao*) tras eliminar la grasa y moler hasta un tamaño de partícula muy fino, es rico en polifenoles (12 a 18% en peso), de los que los flavonoides son los componentes mayoritarios, entre los que se encuentran proantocianidinas (58-65%), catequinas (29-38%) y antocianidinas (1,7-4%) (Portillo, 2017).

Los métodos de extracción de polifenoles más conocidos son a partir de vegetales con extracción mediante solventes como: agua acidificada, etanol, metanol y acetona (Navarro-Hoyos et al., 2018). Las principales variables que afectan la extracción son relación soluto: solvente (p/V; peso (g) y Volumen (mL)), pH, temperatura, tipo de solvente y tiempo de extracción. Es recomendable no sobrepasar una temperatura de 60°C para evitar la degradación térmica (Shirmohammadli et al., 2018). El pH entre 6.1-6.5 no tiene evidencia de cambios considerables en la extracción (Cáceres et al., 2023), no así entre 4 y 5 (Toro-Urbe et al. 2014, Villamizar-Jaimes & López-Giraldo, 2017).

## 2. Metodología

Para la extracción de polifenoles a nivel laboratorio, se utilizó polvo de cacao natural proporcionado por la empresa, se trabajó con una relación soluto: solvente 1:10 (p/V; peso (g) y Volumen (mL)), respectivamente) y metanol: agua 80:20 (V: V; es decir mL: mL) (Dailey y Vuong, 2015). En la tabla 1 se muestran las variables y los valores de los niveles alto y bajo de las corridas experimentales (Gutiérrez et al., 2009). Muestras de 1g. El primer paso que se realizó fue la cuantificación de polifenoles y flavanoles en polvo de cacao natural; se procedió a retirar la humedad y se calculó el porcentaje de sólidos; en base a este peso se obtuvo el % de polifenoles y % de flavanoles, la técnica de determinación fue el método de Folin-Ciocalteu de acuerdo con Makkart. El ensayo Folin-Ciocalteu es empleado como medida del contenido en compuestos fenólicos totales en productos vegetales. Se basa en que los compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo de Folin-Ciocalteu, a pH básico, dando lugar a una coloración azul susceptible de ser determinada espectrofotométricamente a 765 nm. El % de flavanoles fue calculado con la cuantificación de catequinas y xantinas presentes en las muestras de cacao por medio de análisis de cromatografía de líquidos de alto rendimiento (HPLC). Se usó un cromatógrafo de líquido marca Agilent serie 1200 modelo VL, utilizando un detector de arreglo de diodos (DAD) a una longitud de onda de 280nm. La separación cromatográfica se optimizó modificando las fases estacionaria y móvil, además de la temperatura de la columna (Quintero, 2012).

El orden de las corridas y el promedio de las 2 réplicas de las variables respuesta; polifenoles y flavanoles son presentadas en la tabla 2.

Tabla 1. Niveles evaluados en el diseño de experimentos.

Factor	Ácido Ascórbico /ácido Cítrico g/g		Temperatura (°C)		Tiempo de extracción (horas)	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Valor	5/2	10/4	27	37	1	4

Tabla 2. Factores y niveles del diseño factorial. Fuente propia.

Identificación	ácido Ascórbico /ácido Cítrico g/g	Temperatura (°C)	Tiempo de extracción (horas)	Polifenoles (g)	Flavanoles (g)
BBB	5/2	27	1	2.35	0.32
ABB	10/4	27	1	3.79	0.41
BAB	5/2	37	1	3.2	0.63
AAB	10/4	37	1	4.32	0.41
BBA	5/2	27	4	9.22	0.26
ABA	10/4	27	4	10.47	0.87
BAA	5/2	37	4	8.21	0.47

AAA	10/4	37	4	12.9	1.99
-----	------	----	---	------	------

### 3. Resultados

Para el cálculo de los efectos se utiliza el algoritmo Box, Hunter y Hunter (Bartés et al. 1998), los valores obtenidos de los efectos de interacción generan el modelo de regresión lineal para polifenoles (1) y flavanoles (2).

$$y = -9.66 + 1.150A + 0.304B + 7.41C - 0.0315AB - 0.689AC - 0.1873BC - 0.02507ABC \quad (1)$$

$$y = -2.439 + 0.37A + 0.1060B + 0.995C - 0.01433AB - 0.1849AC - 0.044BC - 0.00813ABC \quad (2)$$

Considerando los efectos más alejados de 0 de las expresiones 1 y 2, se obtiene el gradiente:

$$\nabla(y_0)^T = (1.15 - 0.689C, 0.304, 7.41 - 0.689A) \quad (3)$$

$$\nabla(y_0)^T = (0.37 - 0.1849C, 0.1060, 0.995 - 0.1849B) \quad (4)$$

Para  $\nabla(y_0)^T = (0)$ , se genera el sistema de ecuaciones para 3:

$$\begin{aligned} 1.15 - 0.689C &= 0 \\ 0.304 &= 0 \\ 7.41 - 0.689A &= 0 \end{aligned}$$

Y para (4):

$$\begin{aligned} 0.37 - 0.1849C &= 0 \\ 0.1060 &= 0 \\ 0.995 - 0.1849B &= 0 \end{aligned}$$

En ambos sistemas no se presentan puntos de inflexión ni críticos.

El efecto estandarizado es presentado a partir de los diagramas de Pareto de la figura 1.

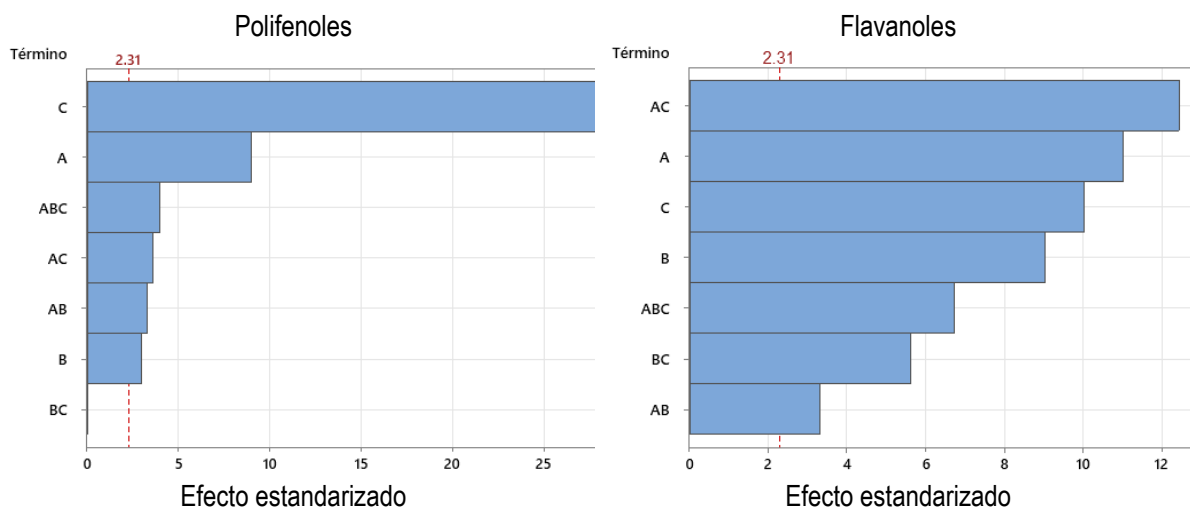


Fig. 1. Diagrama de Pareto para efectos principales. Factor A correspondiente a acidez, B a temperatura y C tiempo de extracción.

### 4. Conclusiones

Los resultados de los efectos estudiados pueden ser trascendentes al momento de considerar el escalamiento del proceso, en razón del costo de producción, ya que los valores de mayor extracción se obtienen con los niveles altos. El conocimiento de la cinética de extracción para este producto en particular favorecería considerablemente la toma de decisiones. Los resultados muestran un comportamiento favorable en la extracción a la par de los polifenoles y los

flavanoles, ya que estos últimos no muestran descomposición o alteración con la acidez y temperatura dentro de los rangos trabajados.

### Referencias

Cáceres-Roa, S.A., López-Giraldo, L.J., & Muvdi-Nova, C.J. (2023). Extracción de polifenoles: una comparación a partir de cáscara de cacao

- húmeda vs cáscara de cacao secada. Ingeniería y competitividad, 25(2).
- Dailey, A. & Vuong, V. (2015). Effect of Extraction Solvents on Recovery of Bioactive Compounds and Antioxidant Properties from Macadamia (*Macadamia Tetraphylla*) Skin Waste. Food Science & Technology, 1115646, 10.
- Gutiérrez, G.P., Díaz C.L., & Guzmán S.M., (2009). Elementos de diseño de experimentos, México: Astra Ediciones.
- Navarro-Hoyos, M., Alvarado-Corella, D., Moreira-González, I., Arnaez-Serrano, E., & Monagas-Juan, M. (2018). Polyphenolic composition and antioxidant activity of aqueous and ethanolic extracts from *Uncaria tomentosa* bark and leaves. Antioxidants. 7(5):65.
- Portillo, L.D. (2017). Efecto del procesado en el contenido y perfil de polifenoles de cacao.
- Prat, B.A., Tort-Martorell, L., Xavier, G.C. & Pere, P.F., (1998). Control y Mejora de la Calidad, Ediciones UPC.
- Shirmohammadli, Y., Efhamisisi, D., & Pizzi, A. (2018). Tannins as sustainable raw material for green chemistry: A review. Industrial Crops and Products. 126:316 – 332. DOI: 10.1016/j.indcrop.2018.10.034.
- Toro-Urbe, S., Estupiñan, R., López-Giraldo, L. J. (2014). Cocoa husk as a source of natural phenolic antioxidants: comparison of polyphenols and antioxidant activity in *Theobroma cacao* beans and husk. Rev. Facultad Nacional de Agronomía. 67(2):664 - 668.
- Valencia-Avilés, E., Ignacio-Figueroa, I., Sosa-Martínez, E., Bartolomé-Camacho, M.C., Martínez-Flores, H.E., & García-Pérez, M. E. (2017). Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. Revista de la Facultad de Ciencias Químicas, (16), 15-29.
- Villamizar-Jaimes, A. & López-Giraldo, L.J. (2017). Cáscara de cacao fuente de polifenoles y fibra: simulación de una planta piloto para su extracción. 22(1):75-83.

## QUÍMICA DE ALIMENTOS

### ANÁLISIS FISCOQUÍMICO Y SENSORIAL DE UNA CERVEZA ARTESANAL AFRUTADA ADICIONADA CON JUGO DE GRANADA

*Patricia López-Perea<sup>1,\*</sup>, Aldair Alejandro Meza-Santiago<sup>2</sup>, María Guadalupe Herrera-Hernández<sup>1</sup> y Erick Alfredo Zúñiga-Estrada<sup>2</sup>*

#### Resumen

El objetivo de este trabajo fue emplear la granada considerada como no clasificable para venta en una cerveza artesanal afrutada. Se realizaron dos formulaciones de cerveza base Blond Ale una con lúpulo cascade (CC) y otra con Saaz (CS), el jugo de granada fue adicionado en la segunda y tercera fermentación. Se realizaron análisis de calidad de cerveza bajo metodología de la ASBC (2012). El análisis sensorial se realizó con jueces entrenados y aceptabilidad del consumidor. La cerveza afrutada obtenida cumplió con los valores de calidad para una cerveza afrutada, la percepción sensorial de los jueces entrenados fue de una cerveza con aporte evidente del jugo de granada, con suavidad del alcohol que es perceptible, pero sin nota de solvente, y de parte de los consumidores fue evaluada como me gusta mucho. En conclusión, se puede producir una cerveza afrutada con jugo de granada que sea aceptable por el consumidor.

#### Palabras claves:

Jugo, fermentación, calidad cervecera, sensorial, aceptabilidad.

#### Abstract

The objective of this work was to use pomegranate, which is considered unclassifiable for sale, in a fruity craft beer. Two formulations of Blond Ale base beer were made, one with Cascade hops (CC) and another with Saaz (CS). Pomegranate juice was added in the second and third fermentation. Beer quality analyses were carried out using ASBC methodology (2012). Sensory analysis was carried out with trained judges and consumer acceptability. The fruity beer obtained met the quality values for a fruity beer. The sensory perception of the trained judges was of a beer with an evident contribution of pomegranate juice, with a perceptible softness of alcohol, but without a solvent note, and consumers rated it as "I like it very much." In conclusion, a fruity beer can be produced with pomegranate juice that is acceptable to the consumer.

#### Keywords:

Juice, fermentation, beer quality, sensory, acceptability.

<sup>1</sup>Campo Experimental Bajío INIFAP, Carretera Celaya San Miguel Allende Km. 6.5 Celaya, Gto., 38110, México.

<sup>2</sup>Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Domicilio Conocido SN, Tepatepec, Hgo., 42660, México.

\*Autor de correspondencia: patricialoperea@yahoo.es

## 1. Introducción

En México el fruto de granada fue introducido por los españoles donde tuvo mayor adaptabilidad en las regiones centro y centro norte. A pesar de que está presente en huertos familiares de casi todo el país, solamente en dos estados se cultiva de manera comercial, Hidalgo y Guanajuato, alcanzando una producción anual aproximada de 7 000 ton (SADER, 2021). Esta producción es para exportación del fruto o para transformación en jugo.

Según el CODEX STAN 310-2013 (FAO, 2013) los frutos de granada deberán ser clasificados de la siguiente manera: 1) Extra, las granadas de esta categoría deben tener características de calidad superior y de variedad. Los defectos no deben afectar la apariencia general, la calidad, el estado de conservación o la presentación del producto en el envase, a menos que sean muy leves. 2) Categoría 1, pueden tolerarse los siguientes defectos leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación o la presentación en el envase: defectos leves de forma, coloración o piel, incluidas grietas. No se debe permitir que los errores afecten al arilo del fruto. 3) Categoría 2, las granadas que cumplen con los requisitos mínimos especificados. De acuerdo con la NOM-142-SSA1-2014 la cerveza se define como una bebida alcohólica fermentada elaborada con malta, lúpulo, levadura y agua potable, puede adicionarse con infusiones de cualquier semilla farinácea procedente de gramíneas o leguminosas, raíces o materia prima vegetal feculenta y/o carbohidratos de origen vegetal susceptibles de ser hidrolizados o, en su caso, azúcares que son adjuntos de la malta, con adición de lúpulos o sucedáneos en éstos. Dependiendo del tipo de levadura y de la temperatura a la cual se realice la fermentación se dividirán en ale, lager o espontaneas.

La adición de frutos silvestres durante la fermentación de cervezas ha sido realizada por países como Bélgica desde hace más de 400 años, cuyos frutos involucrados en su elaboración son guindas (*Prunus cerasus* L.) y frambuesas (*Rubus idaeus* L.) para obtener estilos de cerveza Lambic ("Kriek") o frambuesa lambic ("Framboise") respectivamente, teniendo como procedimiento principal la fermentación de dicha cerveza en barricas con el fruto (Segura et al., 2014). Por lo anterior, esta investigación propone un uso alternativo de del fruto de granada que no satisface los parámetros de calidad, empleando el jugo en la elaboración de una cerveza afrutada que cumpla con

las características fisicoquímicas y sensoriales de este estilo de bebida.

## 2. Metodología

El fruto de granada se obtuvo de una empacadora y exportadora ubicada en el municipio de Chilcuautla, Hidalgo. Para la elaboración de cerveza se adquirió malta base de la marca Central del Altiplano 2H (2 hileras), levadura para fermentación alta tipo ale de la marca Fermentis S04®, lúpulos Cascade y Saaz en presentación de pellets. Se utilizaron como fermentadores botes con capacidad de 20 L adaptados con trampas de CO<sub>2</sub> y llaves para facilitar su futuro trasvase. El jugo de granada se obtuvo por medio de una prensa manual, después de limpiar y descascarar el fruto, se estandarizó a 14° Brix si era necesario por concentración.

La cerveza se preparó una cerveza base en formulación de Blond Ale, la cual tuvo una primera fermentación de por 10 días a 20°C. Al finalizar este periodo se adicionó el jugo de granada previamente pasteurizado en una concentración de 15% v/v, se dejó fermentar por un periodo de 7 días. La tercera fermentación se le agregó concentrado de jugo de granada (20%v/v) y 77.8 g de dextrosa en polvo, se envasaron en botellas ámbar con capacidad de 355 mL y se mantuvieron a temperatura ambiente durante siete días hasta que se obtuvo una gasificación. Posteriormente se mantuvieron en refrigeración para maduración y evitar detectar compuestos creados durante la fermentación de la fruta en la cerveza.

La cerveza obtenida se le determinó la gravedad específica, proteína soluble, pH, acidez total, contenido de cenizas, color, contenido de alcohol, bajo metodología de la ASBC (2004). La evaluación sensorial de esta cerveza fue realizada por jueces entrenados y certificados por la BJCP mediante un análisis específico para el estilo Fruit Beer; y el análisis de preferencia de consumidor se realizó basado en una prueba hedónica de 9 puntos, los participantes esta prueba fueron adultos en un rango de edad de 25 a 60 años, de los cuales 12 fueron personas del género masculino y 8 del género femenino. La evaluación fue realizada en el laboratorio de cebada, ubicado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agronómicas y Pecuarias (Campus experimental Bajío) ubicado en el estado de Guanajuato, México. Los atributos evaluados fueron color, olor, sabor y palatabilidad.

Las variables de respuesta fueron sometidas a un análisis de varianza con un diseño completamente al

azar con 3 repeticiones. Al encontrar diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) en las variables de respuesta analizadas, se realizó un

análisis de comparación de medias mediante la prueba Tukey empleando el paquete de análisis estadístico JMP.

Tabla 1. Resultados de análisis fisicoquímicos de la cerveza estilo specialty Fruit Beer.

Parámetro/Muestra	3FC	3FS
Proteína (%)	0.35±0.05a	0.57±0.02b
Viscosidad (cPs)	1.16±0.00a	1.59±0.00b
pH	3.34±0.02a	3.50±0.01b
Acidez (%)	5.08±0.02a	4.90±0.03b
Ácido láctico (%)	0.04±0.00a	0.04±0.00b
Ceniza (%)	0.26±0.01a	0.14±0.00b
Gravedad Específica (g/L)	1.0087±0.00a	1.0074±0.00b
Color	4.60±0.00a	5.90±0.00b
Alcohol (%)	6.05±0.11a	6.68±0.01b

\*Letras iguales dentro de la misma columna significa que no existe diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ).

\*\* Media  $\pm$  Desviación Estándar.

### 3. Resultados

Los resultados de las características fisicoquímicas de la cerveza elaborada se muestran en la Tabla 1. El contenido de proteína soluble de una cerveza promedio sin adición de jugo de granada, así como las cervezas comerciales es de 0.3 a 1.31 % esto dependiendo de sus componentes y aditivos (Martínez, 2015). En el caso de otras cervezas elaboradas con frutos, se encuentran valores que van desde los 0.29% hasta 0.81% de acuerdo con lo reportado por Martínez en el 2015, por lo cual la cerveza elaborada se encuentra dentro de lo reportado.

La cerveza elaborada con la adición del jugo de Granada obtuvo una viscosidad que osciló entre los 1.16 y 1.59 cP a pesar de haber sido añadidas con la misma cantidad de jugo de granada, al ser tratadas con un lúpulo diferente y probablemente relacionado a la cantidad de alfa ácidos se obtuvo diferencia estadísticamente significativa entre ambas muestras. Respecto a la acidez y su expresión en ácido láctico resultantes de la metodología por ASBC se puede observar que, a pesar de tener diferencias estadísticamente significativas respecto a la acidez total, el resultado de ácido láctico es prácticamente igual y sin diferencias estadísticamente significativas. De igual manera se puede atribuir a la utilización de lúpulos diferentes, así como la adición del jugo de granada, debido a que si son comparadas con cervezas base o sin adición de alguna fruta su acidez promedio ronda los 0.30% a los 0.43% en el caso de las cervezas

comerciales claras y 0.23 a 0.40% en el caso de las cervezas oscuras (Espinoza, 2015).

El contenido de cenizas en una cerveza comercial normalmente es despreciable esto debido a la utilización de filtros específicos así como clarificantes a base de emulsificantes que eliminan la mayor parte de residuos sólidos que le dan la turbidez normal, existen residuales de ceniza, los cuales normalmente son provenientes de la malta, del lúpulo y en este caso del jugo de granada, que comparados con otras cervezas artesanales cuyo porcentaje de dicho parámetro va desde 1.61 en caso de clara y 1.84 en caso de oscuras (Barberán & Muñoz, 2022), valores que son altos comparados a los obtenidos con la cerveza adicionada con jugo de granada. En los parámetros de gravedad específica y color pueden ser influenciados por diversos factores entre ellos la adición del jugo de granada, por lo cual no pueden ser comparados uno a uno con cervezas comerciales ni con otras cervezas artesanales debido a que son parámetros que no son medidos de manera frecuente, ni mucho menos están establecidos en normativas para su distribución y consumo.

En el caso del parámetro de alcohol podemos encontrar que la cerveza elaborada con adición de jugo de granada sobrepasa el 6% en ambas formulaciones, lo cual comparado con cervezas comerciales ya se claras u oscuras es un porcentaje mayor, ya que la mayoría de las que son distribuidas en México se aproximan en porcentajes de 4 a 5.5%. En el análisis sensorial realizado por jueces entrenados se obtuvo una calificación de cada juez donde se promedió y se

obtuvo un puntaje de 21.8 de 50 siendo catalogada como BUENA (Pierde puntos en precisión de estilo y/o defectos de menor importancia).

Considerando que los jueces están certificados por la BJCP para la evaluación de cervezas artesanales, sidra y el aguamiel, por lo tanto al encontrar una amplia gama de estilos dentro de cada de estos productos especialmente en la cerveza, los comentarios obtenidos deben de ser considerados de manera subjetiva, ya que ninguno de ellos está especializado es Specialty Fruit Beer, teniendo como ejemplo comentarios contradictorios entre la misma mesa de jueces donde algunos daban ciertos puntos como positivos y otros como defectos.

Con respecto a la prueba de aceptabilidad del consumidor de la cerveza elaborada, solo se empleó la obtenida por lúpulo Saaz (3FS) por las mejores características fisicoquímicas presentadas. En la Figura 1, se muestran los atributos evaluados, donde de acuerdo con la escala hedónica de nueve puntos empleada, la evaluación adquirida se encuentra en "Me gusta mucho", los atributos de sabor y palatabilidad son mejor evaluados, la palatabilidad está relacionada con lo agradable que es la sensación en boca de un alimento, en el caso de bebidas alcohólicas el contenido de alcohol influye, sin embargo debido al sabor afrutado de la cerveza aunque el contenido de alcohol es mayor que otras, no es de desagrado para los consumidores.

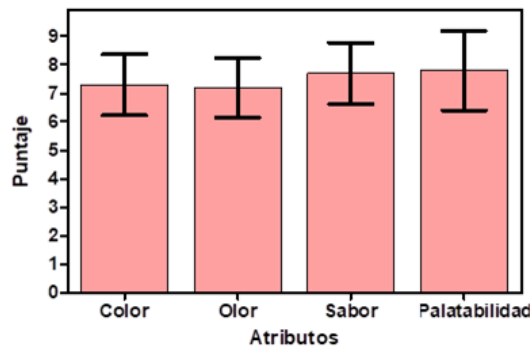


Fig. 1. Resultados de prueba de aceptación del consumidor de la cerveza specialty Fruit Beer con lúpulo cascade.

#### 4. Conclusiones

El uso de jugo de granada en la elaboración de una cerveza artesanal estilo Specialty Fruit Beer influye en las características fisicoquímicas del producto final, sin embargo, son propias del estilo elaborado. Estas características son aceptadas por los jueces entrenados, considerando que pueden hacerse cambios en la formulación, pero fue evaluada como una Fruit Beer dejando a un lado las características propias del estilo specialty Fruit Beer, pero para los consumidores la cerveza evaluada fue muy bien aceptada.

#### Referencias

- ASBC. (2004). *Methods of Analysis*. American Society of Brewing Chemists. En *Barley-7* (Vol. I). USA: St. Paul.
- Barberán, T.O.L. & Muñoz, G.W.A. (2022). Caracterización química de los residuos sólidos procedentes de la elaboración de tres tipos de

cerveza artesanal (stout -negra, imperial - rubia, guayacán - roja). *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 27:13-25.

- FAO (2013). Food and Agriculture Organization. CODEX STAN 310-2013. Norma para la granada. Normas internacionales de los alimentos, Codex Alimentarius. FAO-WHO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/en/>. (Revisado 03 de septiembre de 2024).
- Espinosa, M.E. (2015). Calidad de diferentes cervezas mexicanas comerciales. 5to. Congreso Internacional Biología, Química y Agronomía, Universidad Autónoma de Guadalajara.
- NOM-142-SSA1/SCFI-2014. Norma Oficial Mexicana, Bebidas alcohólicas. Especificaciones sanitarias. Etiquetado sanitario y comercial.
- Martínez, M.A. (2015). Análisis comparativo de compuestos Bioactivos en cerveza artesanal y

- cerveza Industrial. Universidad de Lleida, Facultad de medicina.
- SADER (2021). Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural: Granada, granos rojos llenos de sabor. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/granada-granos-rojos-llenos-de-sabor?idiom=es> (revisado 03 de septiembre de 2024).
- Segura, R.V.F., Núñez, D.M.Y.M., & Cabrera, L.A.J.M. (2014). Optimización de una cerveza tipo lager saborizada con zumo de granada (*Punica granatum L.*). INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación, 1(1), 107-107.

## QUÍMICA DE ALIMENTOS

### CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA Y MICROBIOLÓGICA DE UNA SALSA CHIMICHURRI ELABORADA CON CHILE DE ÁRBOL

*Alejandra Guadalupe Cerrito-Hortelano<sup>1</sup>, Luis A. Noriega-González<sup>1</sup>, Carlos A. Flores-Gómez<sup>2</sup>, Ma. Maricela Caballero-Palacio<sup>3</sup>, Ma. Cristina Vázquez-Hernández<sup>1,\*</sup>*

#### Resumen

En México existe una gran variedad de consumidores de salsas que han enriquecido la oferta gastronómica del país y del mercado, lo que ha propiciado que en los últimos años aumente el crecimiento en el desarrollo e innovación de estos productos, en el caso del estado de Guanajuato una de las salsas que más se consumen es la salsa chimichurri ya que usualmente sirve como acompañamiento para la pizza que es un alimento. En el presente trabajo se realizó el análisis bromatológico y diseño de etiqueta de una salsa chimichurri elaborada con chile de árbol. El objetivo fue caracterizar los componentes presentes en el producto para posteriormente diseñar la etiqueta nutricional de acuerdo a la norma NOM-051-SCFI/SSA1-2010 modificada en 2020. Los resultados mostraron que la salsa contiene un 18% de grasa, 55% de humedad, 2.03% de cenizas, 6.3% de proteína, 19% de carbohidratos, viscosidad de 430cp y un pH de 3.65

#### Palabras clave

Inocuidad, calidad nutricional, chile de árbol

#### Abstract

In Mexico there is a wide variety of sauce consumers that have enriched the country's and the market's gastronomic offering, which has led to an increase in the development and innovation of these products in recent years. In the case of the state of Guanajuato, one of the most consumed sauces is chimichurri sauce since it is usually served as an accompaniment to pizza, which is a food. In the present work, the bromatological analysis and label design of a chimichurri sauce made with chile de árbol was carried out. The objective was to characterize the components present in the product to later design the nutritional label according to the NOM-051-SCFI / SSA1-2010 standard modified in 2020. The results showed that the sauce contains 18% fat, 55% moisture, 2.03% ash, 6.3% protein, 19% carbohydrates, viscosity of 430cp and a pH of 3.65

#### Keywords

Safety, nutritional quality, chile de árbol

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Agropecuarias; <sup>2</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación; <sup>3</sup>Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, carretera Celaya-Juventino Rosaskm 8.0 Celaya, Gto., 38124, México.

\*Autor de correspondencia: ma.vh@roque.tecnm.mx

## 1. Introducción

En México existe una gran variedad de recetas de salsas (artesanales y comerciales), las cuales han enriquecido la gastronomía del mercado y ha propiciado el aumento de la producción y comercialización de estos productos (Arredondo-Hidalgo et al., 2017; Sloan, 2016). El objetivo de este tipo de productos es el de acompañar los platillos, mejorando, contrastando y/o complementando su sabor (Yubero, 2021). Nuestro país al ser centro de origen de diversas especies de chile ofrece una gran gama de posibilidades para diversificación de salsas un ejemplo de ellas es la "Chimichurri", este tipo de aliño de origen argentino fue modificado, según registros históricos en la ciudad de León, Guanajuato en 1958 en donde se sustituyeron ingredientes como el perejil y se agregó mayonesa, ajo y chile de diferentes tipos (Chile de árbol, pasilla, habanero, entre otros) para convertirse en uno de los complementos preferidos de los Guanajuatenses (Lorenzo et al., 2020). La salsa es producida en su mayoría de forma artesanal en los restaurantes y existen pocas marcas que la comercializan de forma industrial y no cumplen con la norma de etiquetado (Guayta & Maji, 2024). Al menos el 41% de familias mexicanas consumen, en promedio, casi siete botellas de 238 gramos al año, por este motivo, se ha perfilado como un negocio en ascenso (FIQA, 2024).

La seguridad alimentaria impacta directamente en los objetivos propuestos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agenda 2030 (ODS3 y ODS12; Salud y bienestar y Producción y Consumo responsable, respectivamente) debido a la necesidad de satisfacer los suficientes alimentos a la población de forma inocua y al mismo tiempo buscando mejorar la nutrición de los consumidores (ONU, 2024; Segovia-Arroyo, 2020). En el caso de los alimentos procesados es de suma importancia evitar la proliferación de enfermedades transmitidas por alimentos aplicando las buenas prácticas de manufactura (BPM) y tecnología de conservación para evitar la contaminación directa y cruzada (Garzón, 2019).

## 2. Metodología

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en el Tecnológico Nacional de México campus Roque, en el Laboratorio de Calidad. La muestra de salsa Chimichurri (250 g) fue proporcionada por una empresa ubicada en Celaya, Gto., y refrigerada a 4°C hasta su análisis. Se codificó de la siguiente manera SCT-M01T

(Salsa Chimichurri Tradicional). Se realizaron mediciones físico-químicas para determinar pH y viscosidad, al mismo tiempo se analizó el contenido de coliformes totales según la metodología de la norma NOM-113-SSA1-1994 y contenido de Salmonella según la norma NOM-114-SSA1-1994, también se cuantificaron hongos y levaduras con base en la norma NOM-111-SSA1-1994 y cuantificación de microorganismos aerobios utilizando la norma NOM-092-SSA1-1994. Posteriormente se realizaron los análisis bromatológicos (Montoya, 2022) y el análisis de los resultados (La muestra fue analizada por triplicado y calculado el promedio, desviación estándar y error estándar medio).

## 3. Resultados

Al analizar la muestra se observó que el pH promedio fue de 3.68 para la salsa SCT-M01T con una viscosidad de 435. Lo cual indica que es un producto con alta acidez y viscosidad media. En la Figura 1 a) se muestran los resultados para hongos y levaduras los cuales se sembraron en medio papa dextrosa, incubados por 4 días a  $25\pm 2^\circ\text{C}$ , las placas no mostraron crecimiento de colonias por lo cual se considera que cumple con los estándares de inocuidad. Para la determinación de Salmonella fue utilizado agar XLD y agar verde brillante, se realizó estriado con las respectivas diluciones de las muestras, fueron incubadas durante 48 h a  $35\pm 2^\circ\text{C}$  y los resultados mostraron que no se presentó crecimiento de colonias (Figura 1 b)) por lo cual se puede decir, que las normas de higiene durante la elaboración del producto fueron realizadas adecuadamente.

Con respecto al contenido de Coliformes totales, se utilizó agar RVBA para el cultivo de las diluciones de la muestra, esta fue incubada durante 4 días a  $35\pm 2^\circ\text{C}$ . No se tuvo crecimiento bacteriano, lo cual indica que el alimento está libre de contaminación fecal y no representa riesgo para el consumo humano (Figura 1 c)). Los microorganismos aerobios fueron cultivados en agar cuenta estándar durante 7 días a  $35\pm 2^\circ\text{C}$ , posterior a este tiempo se revisó el crecimiento bacteriano en donde se observó un resultado negativo lo cual asegura la calidad del producto en cuanto a la inocuidad alimentaria (Figura 1 d)).

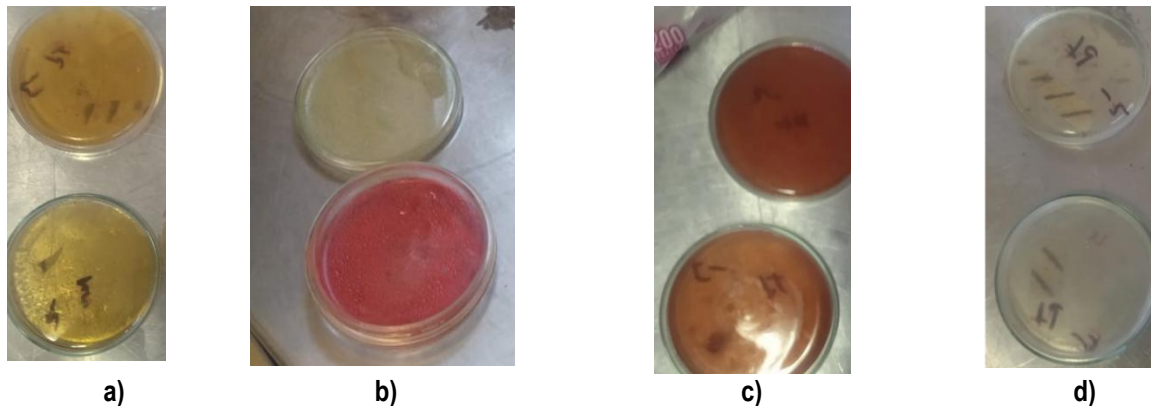


Figura 1. Resultados de las determinaciones: a) hongos y levaduras, b) salmonella, c) coliformes totales, y d) microorganismos aerobios.

Los análisis bromatológicos se muestran en la Tabla 1, en donde observamos que la salsa Chimichurri tradicional contiene 6.3 g de proteína por cada 100 g de producto lo cual comparado con salsas comerciales similares es entre 5 a 6 veces más la cantidad que aporta (Aldo's Vita 0.82 g y DE ÁRBOL 1g), menor cantidad de grasa (18 g por 100 g de producto) las marcas comerciales Aldo's Vita y DE ÁRBOL reportan el doble de contenido de grasa (32 g y 29 g respectivamente) y en cuanto a carbohidratos añadidos la marca Aldo's Vita reporta 34.8 g por 100 g de producto que en comparación con la salsa Chimichurri proporcionada para este proyecto es casi el doble (19 g por cada 100 g de producto), cabe mencionar que la marca DE ÁRBOL en esta variable reporta datos no confiables debido a que en sus ingredientes menciona que contiene varios carbohidratos añadidos entre ellos

almidón modificado pero en su tabla nutricional menciona que no contiene azúcares añadidos y solo 3 g de Hidratos de carbono disponibles, lo cual no es congruente con la información de la etiqueta. Si bien este producto no es considerado como parte de la canasta básica y solo se consume como acompañamiento o aliño es importante para los consumidores que todos los alimentos frescos o procesados como en el caso de esta salsa tengan un aporte nutricional y no solo se ingieran calorías vacías, además que es muy importante que la información contenida en la tabla nutricional sea confiable y congruente con los ingredientes reportados en la etiqueta la cual debe estar diseñada de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA-2010 modificada en 2020 (NOM-051, 2024).

Tabla 1. Análisis bromatológico de salsa Chimichurri (SCT-M01T). SEM (Error estándar medio). (Elaboración Propia, 2024).

	Promedio	Desviación Estándar	SEM
Humedad (%)	55	1.040833	±0.58901981
Cenizas (%)	2.03	0.207331	±0.26288873
Grasas (%)	18	2.516611	±0.91589874
Proteínas (%)	6.3	2.424871	±0.89904971
Carbohidratos (%)	19	3.840501	±1.13144475

#### 4. Conclusiones

Recientemente en México, se ha incrementado el consumo de salsa tipo Chimichurri elaborada con la adición de mayonesa, chile de árbol y ajo además de otros ingredientes como acompañamiento de alimentos o aliño en pizzas, hamburguesas, carnes rojas y

blancas, sopas, pastas, etc., su excéntrico sabor y textura cremosa la han convertido en un producto altamente comercial y una oportunidad de negocio. Sin embargo, la mayoría de la producción se realiza de forma artesanal, sin considerar las normas de higiene e inocuidad para la seguridad alimentaria pudiendo

convertirse en un riesgo a la salud de los consumidores. Además, muchas de las marcas comerciales no realizan un adecuado análisis bromatológico lo que resulta en la incongruencia de las tablas nutrimentales y nos lleva a pensar en una falsedad de la información presentada en la etiqueta. Con la caracterización de la salsa Chimichurri elaborada por la empresa Giannino's se demuestra que se puede elaborar un acompañamiento con características funcionales para disminuir el consumo de calorías vacías de este tipo de producto, aportando nutrientes.

### Referencias

- Arredondo-Hidalgo, M.G., del Consuelo Caldera-González, D., & Torres, C.P.M. (2017). La incursión de la salsa chimichurri en el mercado italiano: análisis del potencial exportador. *CP Mark-Caderno Professional de Marketing*, 5(2), 77-93.
- FIQA. Food Innovation Quality Assurance. (2024). El mercado de las salsas en México. Disponible en: <https://fiqa.com.mx/el-mercado-de-las-salsas-en-mexico/>. Consultado el 12 de septiembre de 2024.
- Garzón, M. a. (2019). La inocuidad de alimentos y el comercio internacional. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 330-338.
- Guayta Guamán, D. E., & Maji Chimbolema, E. E. (2024). Plan de negocios para la elaboración de una línea de producción de salsa de chimichurri en el cantón Ambato provincia de Tungurahua (B.C., Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Administrativas. Carrera de Administración de Empresas).
- Lorenzo, G., Ranalli, N., Andrés, S., Zaritzky, N., & Califano, A. (2020). Textural characteristics and viscoelastic behavior of traditional Argentinian foods. *Textural characteristics of world foods*, 89-106.
- Montoya, P.L. (2022). Formulación y caracterización de una salsa tipo italiana con alto valor nutrimental elaborada con tomate orgánico (*Solanum lycopersicum* cv. Uva). Celaya: Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus Roque.
- NOM-051. Diario Oficial de la Federación (2020). Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria. [https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4010/seeco11\\_C/seeco11\\_C.htm](https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4010/seeco11_C/seeco11_C.htm)
- NOM-092-SSA1-1994. (1995). Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0)
- NOM-113-SSA1-1994. (1995). Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4880115&fecha=25/08/1995#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4880115&fecha=25/08/1995#gsc.tab=0)
- NOM-114-SSA1-1994. (1995). Bienes y servicios. Método para la determinación de salmonella en alimentos. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4881851&fecha=22/09/1995#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881851&fecha=22/09/1995#gsc.tab=0)
- NOM-111-SSA1-1994. (1995). Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
- Segovia-Arroyo, D. K. (2020). Diseño de un sistema de análisis de peligros y puntos críticos (HACCP) en salsas y aliños para la empresa Condimensa (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2020).
- Sloan, A.E. (2016). A Role Reversal for Ethnic Foods. *FOOD TECHNOLOGY*, 70(2), 15-15.
- Yubero, I.D. (2021). Salsas Sabor, color, compañía y refinamiento gastronómico. En L.O. Vázquez, *Distribucion y Consumo* (p. 120). España: Editorial MIC.

## **FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PAN ENRIQUECIDO CON HARINA DE CALABAZA (*Cucurbita máxima*) Y DE CAMOTE MORADO (*Ipomoea batatas*)**

Alexa Tapia-Pérez de Lara<sup>1</sup>, Rosa María Mariscal-Moreno<sup>1\*</sup> y María Cristina Vázquez-Hernández<sup>2</sup>

### **Resumen**

La diabetes mellitus tipo 2 es una enfermedad multifactorial que afecta severamente al organismo, donde entre sus alteraciones metabólicas se encuentra el desarrollo de la hiperglucemia. El tratamiento para esta condición debe abarcar varios enfoques, donde la nutrición juega un rol elemental, ya que, en compañía de una buena terapia médica, permite mejorar la calidad de vida del paciente y previene el desarrollo de futuras complicaciones. El objetivo de este trabajo de investigación fue formular un producto de panificación enriquecido con harina a base de calabaza y de camote morado, ambos grandes alimentos endémicos de México subutilizados, que permita su empleo para la producción de pan y derivados, así como para su posible consumo en individuos con diabetes tipo 2. Se realizaron distintas pruebas que permitieron conocer las características químicas, nutrimentales, sensoriales, organolépticas y benéficas que conllevaron a la estandarización de la formulación del producto empleando diferentes procedimientos e ingredientes.

### **Palabras clave:**

Producto de panificación, enriquecido, calabaza, camote morado.

### **Abstract**

Type 2 diabetes mellitus is a multifactorial disease that affects the human body significantly, due to its metabolic alterations and by the hyperglycemia. The treatment for this condition should include several approaches, where nutrition plays an elementary role, and in company of good medical therapy, it allows to improve the patient's quality of life and prevents the development of future complications. The objective of this research work was to formulate a bakery product enriched with pumpkin and purple sweet potato - based flour, both great underutilized endemic foods in Mexico, which allows its use for the production of bread and derivatives, as well as for its possible consumption in individuals with type 2 diabetes. Different tests were carried out to determine the chemical, nutritional, sensory, organoleptic and beneficial characteristics that led to the standardization of product formulation using different procedures and ingredients.

### **Key Words:**

Bakery product, enriched, pumpkin, purple sweet potato

<sup>1</sup>Departamento de Salud, Licenciatura en Nutrición y Ciencia de los Alimentos. Universidad Iberoamericana Campus Ciudad de México, Prolongación Paseo de la Reforma, Santa Fe, Zedec Santa Fe, Álvaro Obregón, Ciudad de México, 01376, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas km 8, Celaya, Guanajuato, CP 38110 – México.

\*Autor de correspondencia: rosa.mariscal@ibero.mx

## 1. Introducción

La diabetes mellitus tipo 2 es un trastorno metabólico que involucra diversas alteraciones y complicaciones, destacando entre ellas la hiperglucemia. Por ello, existe una gran importancia en el tratamiento médico y nutricio para mejorar la calidad de vida del individuo que vive con esta condición (Mirmiran et al., 2014). No obstante, la responsabilidad no cae exclusivamente en los nutriólogos y especialistas de la salud, sino que también en el mercado y la industria alimentaria. Se debe impulsar a la modificación de la composición de ciertos alimentos con el fin de brindar nutrientes que beneficien a la salud del organismo (Gamero et al., 2021; Zafar et al., 2019).

El pan es un alimento altamente consumido a nivel mundial, esto debido a su versatilidad y accesibilidad que le permite estar presente en diversas comidas a lo largo del día (Mariscal et al., 2021). El pan más común en las mesas mexicanas es el de harina de trigo, mismo que tiene un alto índice glucémico y que podría favorecer a la elevación de la glucosa en sangre tras su ingesta (Foster & Brand., 1995). Según diversos estudios, los alimentos con un alto contenido de fibra y almidón de lenta digestión, favorecen a evitar estos

picos de glucosa, por lo que adicionar el pan de harina de trigo con alimentos con estas características sería favorecedor (Olayo et al., 2021). Justamente, tanto la calabaza (*Cucurbita máxima*) como el camote morado (*Ipomoea batata*) son alimentos desaprovechados endémicos de México que cumplen con los criterios antes mencionados, además de tener un alto aporte de micronutrientes y antioxidantes, características hipoglucemiantes y protectoras (Batool et al., 2022; Sawicka et al., 2014).

Es por lo anterior que el presente trabajo se enfocó en formular un producto de panificación enriquecido con estos dos alimentos que pudiera ser una mejor opción para el consumidor y posiblemente un buen aliado para el paciente con diabetes.

## 2. Metodología

En términos generales, en la Figura 1 se muestra la metodología utilizada para realizar el presente trabajo. Cabe mencionar que todos los pasos comprendidos dentro de la metodología tomaron lugar dentro de las instalaciones de la Universidad Iberoamericana Campus Ciudad de México.

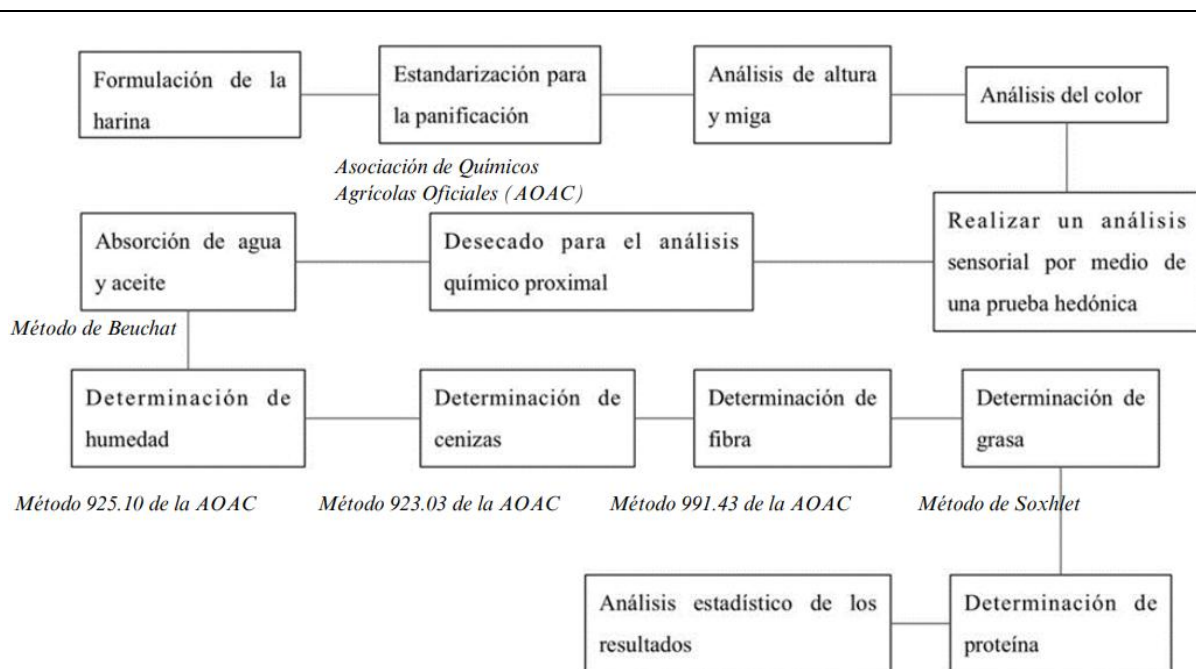


Fig. 1. Diagrama de Bloques de la elaboración de pan y sus análisis.

La formulación del presente estudio fue adaptada con base a la mostrada en el artículo de Mariscal et al. (2021), con el fin de obtener resultados comparables al estar basado en la metodología "Association of Official Analytical Chemists" (AOAC, 2016).

Se elaboraron dos panes de 100 g cada uno por cada muestra, donde un pan fue destinado al análisis químico proximal y el otro para la prueba sensorial, dicha que permitió evaluar el olor, color, textura, sabor y vista del producto con una escala hedónica de 5 puntos, donde, según el parámetro a evaluar, el 5 podría simbolizar un mayor agrado, textura más blanda o mayor claridad en el color del producto, y el 1 podría simbolizar un menor agrado, una mayor dureza o hasta un tono más oscuro en el pan. Asimismo, dentro de esta prueba se agregó una escala de aceptación global del producto que constó de 8 puntos, donde 8 es el de mayor agrado y 1 el de menor.

Para evitar sesgo, se codificó cada prueba, donde se le asignó el código 611 a la harina control, el 623 a la

harina de calabaza al 30% y el 626 a la harina de camote morado y calabaza al 30%. Cada muestra se sometió a 10 degustaciones en individuos con edades entre los 32 y 60 años para determinar su aceptación. Las diferencias estadísticas se evaluaron por medio de un análisis de varianza unidireccional ANOVA acompañado por una prueba de comparación múltiple de Tukey; se consideró un nivel de significancia estadística del 5%.

### 3. Resultados

Para el correcto análisis de los resultados es importante mencionar que los valores presentados en las siguientes tablas representan las medias+desviación estándar. Los valores con letras diferentes en la misma columna o fila, según sea el caso, representan que sí existe una diferencia significativa entre ellos ( $P < 0.05$ ). La Figura 2 muestra los tres productos de panificación realizados para su análisis dentro de este trabajo de investigación.

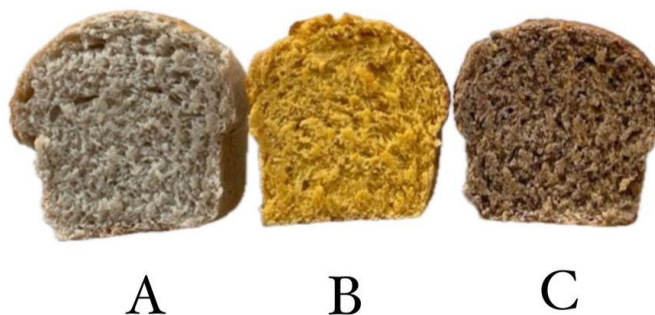


Fig. 2. Representación de los panes elaborados: A. pan con harina control, B. pan con harina de calabaza al 30% y C. pan con harina de calabaza y camote morado al 30%.

En la Tabla 1 se puede observar que no hay una diferencia significativa en la capacidad de absorción de aceite entre las harinas pero la capacidad de absorción de agua sí varía entre ellas, viendo así que la HC30% (Harina de Calabaza 30%) es la muestra con mayor capacidad de absorción, seguida por la HCCM30% (Harina de Calabaza y Camote Morado 30%) y por último la HC (Harina Control). Estos resultados comprueban que el aporte de fibra y de almidón proveniente de la calabaza y del camote tienen un impacto importante en el producto de panificación, influyente en el sabor, la textura y elasticidad de la masa, que favorece al crecimiento del pan durante la cocción y fermentación.

Adicionalmente, en la Tabla 2 se puede observar que, el pan HC30% fue el que obtuvo una mayor cantidad de cenizas, lo cual sugiere que su aporte de minerales sería mayor al de HCCM30% y HC. Asimismo, este pan también es significativamente más rico en fibra a comparación de las otras 2 muestras, factor ayuda a evitar el desarrollo de un pico de glucosa tras la ingesta del producto. El aporte de proteína demostró ser mayor tanto en el pan de HCCM30% como en el de HC, por lo que el de HC30% no sería considerada como la mejor opción para incrementar el aporte de este macronutriente. Ahora bien, los resultados muestran que el pan de HC tiene un mayor aporte de calorías, seguida por el de HC30%, por lo que el de HCCM30% sería el que contiene un menor aporte energético al

consumidor. Esto refuerza que el disminuir el porcentaje de composición de trigo en un producto de panificación, permite reducir el aporte energético, beneficiando al consumidor. Finalmente, en cuanto al aporte de grasa y de hidratos de carbono, no hay una diferencia significativa entre las 3 muestras.

Como se puede ver en la Tabla 3, el pan de HC fue de las tres muestras la que tuvo una mayor altura, seguida por el pan de HCCM30%, por lo que el pan de HC30% fue el de menor tamaño. Esto refuerza la importancia del trigo para la formación de una buena miga, que proporcione una buena altura.

Tabla 1. Capacidad de absorción de agua y aceite de la harina control, la harina de calabaza al 30% y la harina de calabaza y camote morado al 30%.

Muestra	Capacidad de Absorción de Agua	Capacidad de Absorción de Aceite
HC	1.19±0.00c	0.89±0.14a
HC30%	1.59±0.00a	1.09±0.13a
HCCM30%	1.39±0.00b	0.79±0.00a

Tabla 2. Resultados del análisis químico proximal de la harina control, la harina de calabaza al 30% y la harina de camote morado y calabaza al 30%.

Muestra	Cenizas	Fibra	Grasa	Proteína	Hidratos de Carbono	kcal Totales
Pan de HC	2.37+0.01c	2.22+0.15c	3.26+0.01a	14.88+0.53a	78.03+1.44a	409.99+5.54a
Pan de HC30%	4.19+0.00a	5.08+0.04a	3.23+0.06a	11.60+1.2b	77.27+2.66a	404.96+9.98b
Pan de HCCM30%	3.56+0.00b	3.81+0.72b	2.90+0.33a	14.82+0.58a	76.15+1.73a	400.28+1.72c

Tabla 3. Resultados de la medición de altura con Vernier del pan control, el pan con harina de calabaza al 30% y el pan con harina de camote morado y calabaza al 30%.

Muestra	Resultados
Pan de HC	5.91±0.01a
Pan de HC30%	4.53±0.43b
Pan de HCCM30%	5.09±0.15ab

Gracias a la Tabla 4 podemos ver que el pan con HC30% tuvo una mayor claridad o luminosidad ("L") que la HC y HCCM30%, lo cual puede atribuirse a las tonalidades amarillas y moradas de los productos. Analizando los valores de "a", podemos ver que hay una gran diferencia estadística entre ellos. Se aprecia que la HC tiene una luminosidad hacia verde, mientras que la HC30% tiene una luminosidad hacia rojo y la HCCM 30% tiene aún una mayor luminosidad hacia rojo. Finalmente, al ver los resultados para "b", se puede concluir que tanto la HC30%, como la HCCM30% tienen una mayor desviación hacia el amarillo que la HC.

En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos de la prueba sensorial hedónica. Podemos ver que sí existe una diferencia significativa en la aceptación global, donde el pan de HCCM30% fue el que tuvo una mayor aceptación, seguido de el pan de HC y finalmente, el de HC30%. Tanto la muestra HCCM30%

como la HC tuvieron una aceptación de 7 puntos (Me gusta mucho), por otro lado, la HC30% tuvo una aceptación de 6 puntos (Me gusta moderadamente). En cuanto a los parámetros individuales, no hubo una diferencia significativa en los resultados en cuanto el olor, dureza, textura, sabor dulce y sabor salado, donde los 3 panes quedaron con 4 de los 5 puntos disponibles en la escala, haciendo referencia a un "olor agradable", dureza "un poco blando", textura "agradable" y sabor dulce/salado "lo justo". Entrando en el apartado del aspecto físico, la muestra HC fue la que tuvo una mejor apreciación por el consumidor, seguida de la HCCM30% y finalmente, la HC30%, todas con 4 puntos de 5, dentro de la categoría "Agradable a la vista". El cambio en el color entre las muestras sí fue estadísticamente significativo, donde la HC y HC30% tuvieron un aspecto "Claro", mientras que la HCCM30% "Un poco oscuro", datos comprobables según los resultados arrojados por el colorímetro.

Tabla 4. Resultados de la medición de color con Colorímetro del pan control, el pan con harina de calabaza al 30% y el pan con harina de camote morado y calabaza al 30%.

Muestra	L	a	b
Pan de HC	26.63±0.12b	-5.25±0.26c	4.79±0.03b
Pan de HC30%	32.39±0.35a	4.13±0.18b	19.20±2.76a
Pan de HCCM30%	24.51±0.73b	9.96±0.25a	16.35±1.16a

Tabla 5. Resultados de la prueba sensorial hedónica del pan control, el pan con harina de calabaza al 30% y el pan con harina de camote morado y calabaza al 30%.

Parámetro	HC	HC30%	HCCM30%
Aceptación Global	7.00±0.00ab	6.60±0.52b	7.10±0.57a
Olor	4.00±0.47a	3.90±0.32a	4.10±0.32a
Aspecto Físico	4.40±0.52a	3.90±0.32b	4.20±0.42ab
Dureza	3.40±0.70a	3.50±0.71a	3.30±0.49a
Textura	4.20±0.42a	3.80±0.42a	4.00±0.47a
Color	3.40±0.52a	3.10±0.74ab	2.5±0.53b
Sabor Salado	3.20±0.42a	3.50±0.71a	3.30±0.68a
Sabor Dulce	2.90±0.32a	2.80±0.63a	3.20±0.63a

#### 4. Conclusiones

La adición de calabaza (*Cucurbita máxima*) y de camote morado (*Ipomoea batata*) tuvo un impacto significativo en el aporte nutricional; condujeron al aumento de fibra, el pan con HC30% con un aumento del 128% y el pan con HCCM30% del 72% a comparación del pan con HC. También, hubo un buen aporte de almidón en el producto, así como de minerales según la determinación de cenizas, donde el pan de HC30% tuvo 77% más minerales que el pan de HC, y el pan de HCCM30% un 50% adicional. Ambos productos fueron bien aceptados por el público, cumpliendo las expectativas en cuanto a su olor, aspecto físico, dureza, textura, color y sabor.

Por lo anterior, este producto podría ser recomendado para su consumo en pacientes con diabetes mellitus tipo 2, gracias a su aporte benéfico a la salud, al contener AR3 con efecto prebiótico, un posible bajo índice glucémico, buen aporte de antioxidantes, probable efecto hipoglucemiante y un uso diverso dentro de la preparación de alimentos, sin embargo, se requiere de una mayor investigación para poder afirmar lo anterior. Finalmente, la utilización de estos productos endémicos de México permitiría disminuir el desaprovechamiento y desperdicio de esta materia prima y lograría enriquecer diversos productos de panificación que podrían beneficiar a la población.

#### Referencias

- AOAC. (2016). Official methods of analysis of AOAC International (20 ed). AOAC International.
- Batool, M., Nawaz, M., Roobab, U., Faisal, M., Farooq, U. et al. (2022). Nutritional Value, Phytochemical Potential, and Therapeutic Benefits of Pumpkin (*Cucurbita* sp.). *Phytochemical and Nutritional Analyses of Medicinal and Aromatic Plants (MAP)*, 11(11).
- Foster, K. & Brand, J. (1995). International tables of glycemic index. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62, 871S-889S.
- Gamero, A., Fernández, T., Pérez, A., Valera, D., Petermann, F. et al. (2021). La influencia de la nutrición en la industria alimentaria. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 25(2).
- Mariscal, R.M., Chuck, C., Figueroa, J.D. & Serna, S.O. (2021). Physicochemical and Nutritional Evaluation of Bread Incorporated with Ayocote Bean (*Phaseolus coccineus*) and Black Bean (*Phaseolus vulgaris*). *Processes*, 9(10), 1782.
- Mirmiran, P., Bahadoran, Z., & Azizi, F. (2014). Functional foods - based diet as a novel dietary approach for management of type 2 diabetes and its complications: A review. *World Journal of Diabetes*, 5(3), 267-281.
- Olayo, V.M., Alemán, S.J., Rodríguez, G., & Castillo, O. (2021). Almidón resistente como prebiótico y sus beneficios en el organismo humano. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 24.
- Sawicka, B., Paradowska, K., Slupski, J. & Krochmal, B. (2014). Nutrition value of the sweet potato

(Ipomoea batatas (L.) Lam) cultivated in south-eastern Polish conditions. International Journal of Agricultural Research, 4(4), 169-178.

Zafar, M.I., Mills, K.E., Zheng, J., Regmi, A., Hu, S.Q., et al. (2019). Low-glycemic index diets as an

intervention for diabetes: A systematic review and meta-analysis. The American Journal of Clinical Nutrition, 110(4), 891–902. DOI:10.1093/ajcn/nqz149.

## QUÍMICA DE ALIMENTOS

### ANÁLISIS SENSORIAL, FISICOQUÍMICO Y BIOFUNCIONAL DE LA ZARZAMORA (*Rubus sp.*) VAR. FENOMENAL

*Cynthia Teresa Lara-García, Jaime Silva-Ramírez y Rita Miranda-López\**

#### Resumen

La zarzamora posee características sensoriales y biofuncionales atractivas al consumidor. Siendo cultivada principalmente en invernaderos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar sensorial, fisicoquímica y biofuncionalmente la zarzamora en invernadero y a campo abierto en su óptimo estado de maduración, para determinar su calidad. La zarzamora cultivada en invernadero mostró resultados más alineados en los parámetros morfológicos y fisicoquímicos establecidos en la NMX-FF-129-SCFI-2016 en comparación con la cultivada a campo abierto. Los análisis sensoriales de apariencia, aroma global y sabor dulce, fueron más altos en comparación con la de campo abierto. Esta última destaca por el mayor contenido de fenoles totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante por los métodos DPPH y FRAP, en el caso de ABTS, los valores no tuvieron diferencia significativa. Por lo tanto, la zarzamora de invernadero tiene mejores características morfológicas, fisicoquímicas y sensoriales; mientras que el cultivo a campo abierto tiene mayor contenido de compuestos biofuncionales.

#### Palabras claves

Calidad postcosecha, perfil sensorial, fenoles totales, antocianinas, capacidad antioxidante.

#### Abstract

Departamento de Ingeniería Bioquímica y Ambiental, Tecnológico Nacional de México en Celaya, Av. García Cubas #600 esq. Av. Tecnológico C.P. 38010, Celaya, Gto., México.

\*Autor de correspondencia: [rita.miranda@itcelaya.edu.mx](mailto:rita.miranda@itcelaya.edu.mx)

The blackberry possesses sensory and biofunctional characteristics that are attractive to consumers, being mainly cultivated in greenhouses. The objective of this study was to evaluate the sensory, physicochemical, and biofunctional properties of blackberries grown in greenhouses and open fields at their optimal ripeness to determine their quality. The greenhouse-grown blackberries showed results more aligned with the morphological and physicochemical parameters established in the NMX-FF-129-SCFI-2016 standard compared to those grown in open fields. Sensory analyses of appearance, overall aroma, and sweet taste were higher compared to those grown in open fields. The latter stands out for its higher content of total phenols, total anthocyanins, and antioxidant capacity by the DPPH and FRAP methods. In the case of ABTS, the values showed no significant difference. Therefore, greenhouse-grown blackberries have better morphological, physicochemical, and sensory characteristics, while open-field cultivation has a higher content of biofunctional compounds.

#### Key words:

Postharvest quality, sensory profile, total phenols, anthocyanins, antioxidant capacity.

## 1. Introducción

La zarzamora es una de las principales berries cultivadas en México. Su aroma y sabor son algunas de las características que la hacen atractiva para los consumidores. Además, es reconocida por su contenido de compuestos bioactivos, como antocianinas, y su capacidad antioxidante relacionada con estas. Diversas investigaciones han reportado que la ingesta diaria de este fruto tiene un impacto benéfico en la salud humana, influyendo en el control de algunas enfermedades crónico-degenerativas (Padilla-Jimenez et al., 2019). Por esta razón, su consumo aumenta, lo que exige una mayor producción y mejor calidad fisicoquímica, sensorial y biofuncional.

Existen diversas maneras de producir los frutos. Una de ellas es la conocida tradicional o a campo abierto, donde diversos factores ambientales limitan la eficacia y productividad, por lo que provoca que el fruto presente características distintas según su temporada (Díaz-Jésus et al., 2014). Por ello, los cultivos protegidos o de invernadero se requieren para una producción forzada que actúa sobre el microclima que rodea la planta, incrementando tanto rendimiento como la calidad de los productos obtenidos. Entre sus ventajas se encuentra la obtención de frutos fuera de temporada, disminución de riesgos climáticos y el aceleramiento del crecimiento, ya que se controla la luminosidad, humedad, temperatura, CO<sub>2</sub> y radiación solar (Serrano-Cermeño, 2005; Beltrano & Gimenez, 2020).

Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue evaluar las características fisicoquímicas, sensoriales y biofuncionales del cultivo en invernadero y a campo abierto.

## 2. Metodología

Las zarzamoras (*Rubus* sp.) de la variedad Fenomenal se adquirieron de invernadero (macrotunel recubierto con plástico calibre 720 blanco lechoso) y campo abierto del municipio de Valle de Santiago, Gto. Al momento de la recepción se sanitizaron con hipoclorito

de sodio a 200 ppm, considerando solo las muestras que cumplieron con los parámetros de calidad establecidos en la norma NMX-FF-129-SCFI-2016. A estas se les tomaron las medidas morfológicas y el peso. Además, se almacenaron a 2.5 °C y 29.5 % de humedad para ser analizadas posteriormente.

Los análisis fisicoquímicos se evaluaron acorde con la AOAC (2016); determinando sólidos solubles totales (SST) por el método 932.14, pH por el método 981.12 y acidez titulable por el método 942.15b (reportando como % de ácido málico). Además, se calculó el índice de madurez.

El análisis sensorial descriptivo cuantitativo evaluó la apariencia en color, aroma y sabor de las muestras, las cuales fueron analizadas por 11 panelistas entrenados, utilizando una escala de 10 puntos.

En los análisis biofuncionales, se determinaron fenoles por el método Folin-Ciocalteu según Santos-Zea et al. (2012), antocianinas totales por el método de diferencia de pH de acuerdo con Giusti & Wrolstad, (2001) y capacidad antioxidante por los métodos de ABTS, DPPH y FRAP (Benzie & Strain, 1996; Re et al., 1999; Van den Berg et al., 1999).

## 3. Resultados

En la Tabla 1 se reportó el peso promedio de 5.15±0.79 g para la zarzamora cosechada en invernadero y 4.31±0.93 g para la cosechada en campo abierto. De igual forma, se observa que el diámetro ecuatorial y polar fue mayor en la zarzamora cosechada en invernadero, con valores de 1.90±0.14 cm y 2.29±0.21 cm, respectivamente, en comparación la zarzamora cosechada en campo abierto, que presentaron los valores de 1.79±0.19 cm y 2.25±0.31 cm, respectivamente. De acuerdo con la norma NMX-FF-129-SCFI-2016, los frutos se clasifican en la categoría B por su tamaño. El peso y el diámetro ecuatorial de las zarzamoras cultivadas en invernadero mostraron diferencia significativa en comparación con las de campo abierto, siendo estos mayores.

Tabla 1. Peso y medidas morfológicas de dos tipos de cultivo de zarzamora

Muestra	Peso (g)	Diámetro Ecuatorial (cm)	Diámetro Polar (cm)
Invernadero	5.15±0.79 <sup>b</sup>	1.90±0.14 <sup>b</sup>	2.29±0.21 <sup>a</sup>
Campo abierto	4.31±0.93 <sup>a</sup>	1.79±0.19 <sup>a</sup>	2.25±0.31 <sup>a</sup>

Media ± desviación estándar (n=30).

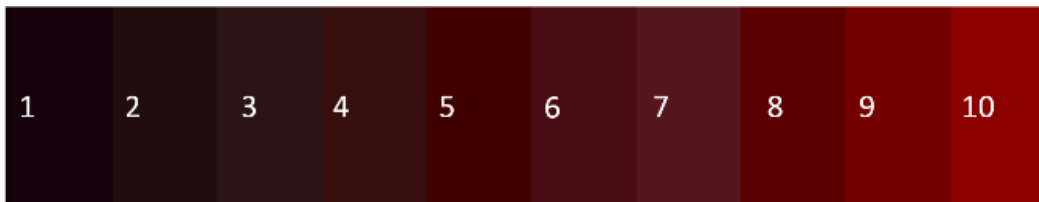


Fig. 1. Escala de color para evaluación de apariencia de las zarzamoras.

Los parámetros fisicoquímicos en la Tabla 2 mostraron diferencia significativa entre el cultivo en invernadero y campo abierto de la zarzamora. Los SST en las zarzamoras provenientes de invernadero fueron de  $12.33 \pm 0.34$ , mientras que las de campo abierto registraron  $8.00 \pm 0.00$ , cumpliendo con lo requerido en la NMX-FF-129-SCFI-2016. En cuanto al pH, el fruto cultivado a campo abierto fue más ácido, con un valor de  $3.75 \pm 0.07$ , a diferencia de los cultivados en invernadero, que tuvieron un valor de  $4.30 \pm 0.15$ . El contenido de ácido málico fue mayor en campo abierto, con un valor de  $0.71 \pm 0.01\%$ , en comparación con las de invernadero, que presentaron un valor de  $0.55 \pm 0.03\%$ . De manera similar, el índice de madurez fue superior en campo abierto, con valores de  $22.47 \pm 1.08$  frente a  $11.26 \pm 0.21$  en invernadero, aunque estos valores no cumplen con lo requerido en la Norma.

Por otro lado, se observa que los parámetros mencionados están relacionados, ya que las muestras de invernadero presentaron diferencia significativa respecto a las de campo abierto. Esto podría deberse a la modificación de la tasa de fotosíntesis, que depende de la calidad de la luz y temperatura en cada tipo de cultivo (Alvarado-Cepeda et al., 2020).

En la evaluación de color se utilizó la escala de color de la Figura 1. La zarzamora cultivada en invernadero obtuvo un valor de  $2.74 \pm 0.80$  y la de campo abierto  $5.21 \pm 0.89$  (Tabla 3). Por lo tanto, se observó que la zarzamora de invernadero tiende a tener un color más oscuro, con diferencia significativa en comparación a campo. Esto se atribuye a las temperaturas más altas en el invernadero, que pueden afectar la síntesis o degradación de antocianinas, siendo estas las responsables de su coloración (Alvarado-Cepeda et al., 2020; Solís-Mera, 2022).

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de los dos tipos de cultivo de zarzamora

Muestras	SST (°Brix)	pH	Acidez titulable (% ácido málico)	Índice de madurez (°Brix/% Ac. Málico)
Invernadero	$12.33 \pm 0.34^b$	$4.30 \pm 0.15^b$	$0.55 \pm 0.03^a$	$22.47 \pm 1.08^b$
Campo abierto	$8.00 \pm 0.00^a$	$3.75 \pm 0.07^a$	$0.71 \pm 0.01^b$	$11.26 \pm 0.21^a$

Media  $\pm$  desviación estándar (n=3). Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa (Anova univariable,  $P \leq 0.05$ ).

Tabla 3. Apariencia de color en los dos cultivos de zarzamora

Muestra	Apariencia (escala de color)
Invernadero	$2.74 \pm 0.80^a$
Campo abierto	$5.21 \pm 0.89^b$

Media  $\pm$  desviación estándar (n=11 por triplicado). Escala de intensidad de 10 puntos (1= apenas perceptible y 10= máximo perceptible). Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa (Anova univariable,  $P \leq 0.05$ ).

Los resultados del análisis sensorial del aroma, presentados en la Tabla 4, muestras que el aroma global para las muestras de invernadero fue de

$6.35 \pm 0.57$ , mientras que el de las muestras de campo abierto fue de  $6.20 \pm 0.80$ , sin observarse diferencia significativa entre ambos cultivos. Tampoco se

encontró diferencia significativa, en los descriptores de frambuesa, fresa, capulín, arándano, uva, vino tinto y jugo de uva; con excepción del descriptor ciruela donde hubo diferencia significativa, con una intensidad de  $2.85 \pm 0.87$  en invernadero y  $3.73 \pm 0.75$  en campo abierto.

De acuerdo con Wang et al. (2005) en una investigación realizada en zarzamora, identificaron varios compuestos responsables de los aromas de esta fruta, entre los que se encuentran el butanoato de etilo (aroma afrutado parecido a manzana), el citronelol (aroma dulce y afrutado), 2,5-dimetil-hidroxi-3(2H)-furanona (aroma dulce, caramelo y nota de fresa) y 2-metilbutanoato de etilo (afrutado). Por lo tanto, es posible que estos compuestos estén presentes en las muestras de los distintos tipos de cultivo, contribuyendo a los aromas frutales identificados.

El perfil de sabor de los dos tipos de cultivo se observa en la Tabla 5, en donde se observa que el sabor dulce muestra diferencia significativa entre las muestras, siendo más intenso en la de invernadero, con un valor de  $4.53 \pm 0.66$ . Esto se pudo corroborar con el valor de grados Brix. Por otro lado, el sabor ácido se percibió en mayor proporción en las muestras de campo abierto, lo cual fue confirmado por los valores de pH y la acidez titulable (% ácido málico).

En cuanto a los descriptores de sabor (frambuesa, fresa, ciruela, uva y jugo de uva), estos tuvieron una mayor intensidad en las muestras de campo abierto, presentando una diferencia significativa en comparación con las muestras de invernadero.

El sabor de la zarzamora se ve afectado por factores ambientales, ya que su variación y magnitud del cambio dependen en gran medida de los compuestos aromáticos, siendo la diferencia de cultivar el principal factor determinante de la composición del aroma. Aunque las vías metabólicas pueden ser similares en las bayas, cada cultivar tiene un perfil metabólico único, lo que genera un perfil volátil característico, responsable tanto del aroma como del sabor distintivo de la zarzamora (Du & Qian, 2010).

El perfil de resabio reportado en la Tabla 6, muestra intensidades muy bajas. En el caso del sabor dulce y ácido, como era de esperarse, presentan el mismo comportamiento que en el perfil de sabor, con diferencia significativa entre los dos tipos de cultivo. Esto también se observa los descriptores de zarzamora, que tuvieron mayor intensidad en las muestras de campo abierto.

Tabla 4. Perfil de aroma de los dos cultivos de zarzamora

Descriptores	Muestra	
	Invernadero	Campo abierto
Intensidad global	$6.35 \pm 0.57^a$	$6.20 \pm 0.80^a$
Frambuesa	$3.20 \pm 0.79^a$	$2.89 \pm 0.81^a$
Fresa	$3.77 \pm 0.82^a$	$3.56 \pm 0.51^a$
Capulín	$3.48 \pm 0.72^a$	$3.82 \pm 0.76^a$
Arándano	$2.91 \pm 0.79^a$	$3.35 \pm 0.67^b$
Ciruela	$2.85 \pm 0.51^a$	$3.73 \pm 0.75^b$
Uva	$2.83 \pm 0.87^a$	$3.14 \pm 0.76^a$
Vino tinto	$2.35 \pm 0.66^a$	$2.30 \pm 0.51^a$
Jugo de uva	$2.41 \pm 0.68^a$	$2.71 \pm 0.79^a$

Media  $\pm$  desviación estándar (n=11 por triplicado). Escala de 10 puntos (1= apenas perceptible y 10= máximo perceptible). Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística significativa (Anova univariable,  $P \leq 0.05$ ).

Tabla 5. Perfil de sabor de los dos cultivos de zarzamora

Descriptores	Muestra	
	Invernadero	Campo abierto

Dulce	4.53±0.66 <sup>b</sup>	3.35±0.49 <sup>a</sup>
Ácido	2.52±0.80 <sup>a</sup>	3.38±0.55 <sup>b</sup>
Frambuesa	2.91±0.74 <sup>a</sup>	3.58±0.61 <sup>b</sup>
Fresa	3.41±0.85 <sup>a</sup>	3.50±0.61 <sup>a</sup>
Capulín	3.58±0.63 <sup>a</sup>	3.61±0.60 <sup>a</sup>
Arándano	3.48±0.71 <sup>a</sup>	3.36±0.71 <sup>a</sup>
Ciruela	3.41±0.62 <sup>a</sup>	4.39±0.75 <sup>b</sup>
Uva	2.95±0.75 <sup>a</sup>	3.35±0.58 <sup>b</sup>
Vino tinto	2.35±0.66 <sup>a</sup>	2.48±0.57 <sup>a</sup>
Jugo de uva	2.20±0.72 <sup>a</sup>	3.12±0.66 <sup>b</sup>

Media ± desviación estándar (n=11 por triplicado). Escala de intensidad de 10 puntos (1= apenas perceptible y 10= máximo perceptible). Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística significativa (Anova univariable,  $P \leq 0.05$ ).

Tabla 6. Perfil de resabio de los dos cultivos de zarzamora

Descriptor	Muestra	
	Invernadero	Campo abierto
Dulce	2.42±0.64 <sup>b</sup>	2.20±0.43 <sup>a</sup>
Ácido	2.00±0.57 <sup>a</sup>	2.55±0.52 <sup>b</sup>
Frambuesa	2.03±0.56 <sup>a</sup>	2.38±0.52 <sup>b</sup>
Arándano	2.25±0.68 <sup>a</sup>	2.14±0.55 <sup>a</sup>
Ciruela	2.30±0.54 <sup>a</sup>	2.36±0.67 <sup>a</sup>
Jugo de uva	2.06±0.53 <sup>a</sup>	2.08±0.45 <sup>a</sup>

En la Tabla 7 se reportaron los compuestos bioactivos y la actividad antioxidante de los dos tipos de cultivo. En cuanto a fenoles totales, se observó diferencia significativa en las muestras cultivadas a campo abierto, con un valor mayor de 2.16±0.24 mg EAG / g de muestra fresca. Esto está relacionado con el sistema de cultivo del fruto, ya que diversos factores como la luz y temperatura, influyen en la acumulación de compuestos fenólicos. Diversos estudios han demostrado que los tejidos vegetales se adaptan a la luz alterando la expresión de genes biosintéticos, lo que proporciona protección contra el estrés oxidativo (Papaioanou et al., 2018; Fang et al., 2020).

Las antocianinas siguieron la misma tendencia, con un valor de 142.46±9.08 mg de cianidina-3-glucósido/L. Este resultado se asocia con un mecanismo de protección de los tejidos epidérmicos contra la radiación UV-B, a la que estuvieron expuestas las

muestras de campo abierto. En contraste, en las muestras cultivadas en invernadero, parte de dicha radiación pudo ser bloqueada (Cruz-Andrés et al., 2018).

La capacidad antioxidante también mostró diferencia significativa, reportando mayores valores en el método DPPH con 5354.46±0.95 µmol EQ Trolox/g de muestra fresca, y en el método de FRAP, con 4688.33±16.11 µmol EQ Trolox/g de muestra fresca para las muestras de campo abierto. La capacidad antioxidante de los compuestos polifenólicos está asociada con sus características estructurales, como los dobles enlaces y grupos O-difenilo, hidroxilo o metoxi, por lo que cualquier cambio en estas estructuras puede afectar la capacidad antioxidante. Se ha evidenciado que el contenido total de antocianinas influye en la eliminación de radicales libres (Rubio-Ochoa et al., 2019).

Tabla 7. Compuestos bioactivos y actividad antioxidante en los dos cultivos de zarzamora

Muestra	Fenoles totales (mg EAG/ g muestra fresca)	Antocianinas totales (mg de cianidina-3-glucósido/L)	ABTS (μmol EQ Trolox/g de muestra fresca)	DPPH (μmol EQ Trolox/g de muestra fresca)	FRAP (μmol EQ Trolox/g de muestra fresca)
Invernadero	1.78±0.19 <sup>a</sup>	97.12±3.69 <sup>a</sup>	3903.26±2.88 <sup>a</sup>	5350.00±1.43 <sup>a</sup>	4607.78±1.11 <sup>a</sup>
Campo abierto	2.16±0.24 <sup>b</sup>	142.46±9.08 <sup>b</sup>	3907.18±0.44 <sup>a</sup>	5354.46±0.95 <sup>b</sup>	4688.33±16.11 <sup>b</sup>

Media ± desviación estándar (n=3).

Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística significativa (Anova univariable, P ≤ 0.05).

### 3. Conclusiones

La zarzamora cultivada en invernadero tuvo mejores características morfológicas y fisicoquímicas acorde con la NMX-FF-129-SCFI-2016. Además, en el perfil sensorial destacó por su sabor dulce a diferencia de la cultivada a campo abierto donde predominó el sabor ácido. Cabe resaltar que tanto en aroma y sabor tuvieron descriptores frutales (frambuesa, fresa, capulín, arandano, ciruela y uva) y fermentado (vino tinto). La zarzamora cultivada en invernadero sobresale por su mayor contenido de fenoles totales, antocianinas y su capacidad antioxidante (DPPH y FRAP).

En conclusión, el acondicionamiento de los cultivos de zarzamora en invernadero favorece a su calidad sensorial y fisicoquímica al contrarrestar los efectos negativos de los factores ambientales como la luz, humedad, concentración de CO<sub>2</sub> y la radiación. Sin embargo, para su calidad nutraceútica, es necesario modificar algunas de estas variables para optimizar la concentración de compuestos bioactivos y aumentar su valor en el mercado nacional e internacional.

### Referencias

Alvarado-Cepeda, Y.A., Mendoza-Villareal, R., Sandoval-Rangel, A., Vega-Chávez, J.L., & Franco-Gaytán, I. (2020). Calidad fisicoquímica y sensorial de frutos de fresas obtenido en dos sistemas de cultivo. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 8(43), 18–29.

AOAC. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International* (20 ed). AOAC International.

Beltrano, J., & Gimenez, D.O. (2020). Cultivo en hidroponía. In *Cultivo en hidroponía*.

Benzie, I.F.F., & Strain, J.J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76.

Cruz-Andrés, O.R., Pérez-Herrera, A., Martínez-Gutiérrez, G.A., y Morales, I. (2018). Cubiertas

De Macrotúneles Y Su Efecto En Las Propiedades Nutraceúticas Del Chile De Agua. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(4-A), 555–558.

Díaz de Jesús, M.E., López Muñoz, F.J., & Montoya Gallardo, P. (2014). Sistema de supervisión y control remoto de sensores inalámbricos para variables climáticas de un invernadero, a través de la web, Licenciatura tesis, Instituto Politecnico Nacional, Ciudad de México, México.

Du, X., & Qian, M. (2010). Flavor Chemistry of Small Fruits : Blackberry , Raspberry , and Blueberry. In *Flavor and Health Benefits of Small Fruits* (pp. 27–43).

Fang, Y., Nunez, G.H., da Silva, M.N., Phillips, D.A., & Munoz, P.R. (2020). A review for southern highbush blueberry alternative production systems. *Agronomy*, 10(10), 1–15.

Giusti, M.M., & Wrolstad, R.E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 1, 1–2.

NMX-FF-129-SCFI-2016. (2016). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano. Fruta fresca-zarzamora (RUBUS. SPP) (pp. 1–10).

Padilla-Jimenez, S.M., Angoa-Pérez, M.V., Mena-Violante, H.G., Oyoque-Salcedo, G., Renteria-Ortega, M., & Oregel-Zamudio, E. (2019). Changes in the Aroma of Organic Blackberries (*Rubus Fruticosus*) During Ripeness. *Analytical Chemistry Letters*, 9(1), 64–73.

Papaioanou, M., Chronopoulou, E.G., Ciobotari, G., Efroze, R.C., Sfichi-Duke, L., et al. (2018). Cosmeceutical properties of two cultivars of red raspberry grown under different conditions. *Cosmetics*, 5(1).

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant

- activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9–10), 123–1237.
- Rubio Ochoa, E., Pérez Sánchez, R.E., Ávila Val, T.C., Gómez Leyva, J.F., & García Saucedo, P.A. (2019). Propiedades fisicoquímicas de frutos silvestres de *Rubus* con potencial nutracéutico y alimenticio. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 23, 291–301.
- Santos-Zea, L., María Leal-Díaz, A., Cortes-Ceballos, E., & Gutiérrez-Urbe, A. J. (2012). Agave (*Agave* spp.) and its traditional products as a source of bioactive compounds. *Current Bioactive Compounds*, 8(3), 218–231.
- Serrano-Cermeño, Z. (2005). *Construcción de invernaderos*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Solís-Mera, J.A. (2022). Respuesta de tres cultivares de *Rubus* spp. en sus etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo bajo marotúneles. *Acta Agronomica*, 70(4), 394–406.
- Van den Berg, R., Haenen, G., Van den Berg, H., & Bast, A. (1999). Applicability of an improved Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. *Food Chemistry*, 66(4), 511–517.
- Wang, Y., Finn, C., & Qian, M.C. (2005). Impact of growing environment on Chickasaw blackberry (*Rubus* L) aroma evaluated by gas chromatography olfactometry dilution analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(9), 3563–3571.

## QUÍMICA DE ALIMENTOS

### EFFECTO DEL DESGRASADO DE HARINA DE SEMILLA DE PAROTA EN LA COMPOSICIÓN DE LAS DIFERENTES FRACCIONES PROTEÍCAS

*Daniel Alberto Mendoza-García<sup>1</sup>, Jesús Rubén Rodríguez-Núñez<sup>2</sup>, Juan Carlos Raya-Perez<sup>1</sup> y Cesar Leobardo Aguirre Mancilla<sup>1\*</sup>*

#### Resumen

Se evaluó el efecto del desgrasado de la harina de semilla de parota en la composición de las diferentes fracciones proteicas. Se obtuvieron las diferentes fracciones proteicas por el método de Osborne de 1924. Las fracciones proteicas se cuantificaron mediante el método de Bradford (1976). Los resultados arrojaron que para ambos casos tanto la harina de semilla de parota no desgrasada y desgrasada el componente mayoritario fueron las "albuminas" con  $173.4 \pm 0.2$  mg g<sup>-1</sup> harina y de  $158.65 \pm 0.1$  mg g<sup>-1</sup> harina, respectivamente.

#### Palabras claves:

Fracciones proteicas, parota, semilla, Osbornem, harina.

#### Abstract

The effect of defatting parota seed flour on the composition of the different protein fractions was evaluated. The different protein fractions were obtained by the Osborne method of 1924. The protein fractions were quantified by the Bradford method (1976). The results showed that for both cases, both the non-defatted and defatted parota seed flour, the main component was "albumins" with  $173.4 \pm 0.2$  mg g<sup>-1</sup> flour and  $158.65 \pm 0.1$  mg g<sup>-1</sup> flour, respectively.

#### Keywords:

Protein fractions, parota, seed, Osbornem, flour

<sup>1</sup>Departamento de Posgrado, Tecnológico Nacional de México/I.T. de Roque, km 8 Carretera Celaya–Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato, 38110, México.

<sup>2</sup>Departamento de Biotecnología, Universidad de Guanajuato, Mutualismo #303, Colonia La Suiza, Celaya, Guanajuato, 38060 México.

\*Correo de contacto: d22980887@roque.tecnm.mx

## 1. Introducción

En la actualidad los productos industriales a base de proteínas derivados de la química verde han ido en aumento. La soja, con su alto contenido de proteínas y su calidad superior, se ha utilizado en una variedad de productos desde principios del siglo XX. No obstante, la utilización de nuevas fuentes vegetales como alternativas a la soja permitirán el surgimiento de nuevos cultivos que puedan proveer al mundo de nuevos productos a base de proteínas.

La semilla de parota (*Enterolobium cyclocarpum* Jacq. Griseb) es una legumbre que resalta por su contenido proteico crudo 30-39% (Salado *et al.*, 2024) que se cultiva en las zonas tropicales de México desde la extensión de la vertiente del Golfo de México y en la costa del Pacífico, desde Sinaloa hasta Chiapas (Jiménez-Hernández *et al.*, 2011). Las semillas de parota en estado no maduro son consumidas por la población mexicana tanto cocidas, al vapor o hasta tostadas y es gastronomía tradicional de los estados de Morelos, Jalisco, Guerrero y Michoacán (Serratos-Arevalo *et al.*, 2008). Por otra parte, las semillas maduras no tienen un valor biológico aun, presentan una testa dura e impermeable debido al proceso de lignificación de su pared celular provocando una inhabilitación para su consumo humano (Jiménez-Hernández *et al.*, 2011).

El fraccionamiento proteico se fundamenta en la extracción secuencial propuesta por Osborne (1924) donde clasifico las proteínas vegetales en base a la solubilidad diferencial de cada fracción proteica en diferentes disolventes acuosos y no acuosos. Por lo anterior, las proteínas de almacenamiento (también denominadas de esta forma) se clasifican en albuminas (solubles soluciones acuosas), globulinas (soluciones salinas), prolaminas (solubles en soluciones alcohólicas) y glutelinas (solubles en soluciones alcalinas) (Vinayashree & Vasu, 2021). Las proteínas de reserva vegetales tienen un impacto en la producción y transformación de alimentos donde proporcionan aminoácidos esenciales que deben ser aportados en la dieta de los organismos vivos, una de las maneras de conseguirlo es mediante la hidrólisis enzimática (pepsina o tripsina) que descompone las proteínas en sus monómeros (do Prado *et al.*, 2021).

El proceso de desgrasado en las semillas vegetales es el primer paso para la extracción de proteínas, se elimina el contenido lipídico y aumenta por proporcionalidad el contenido proteico de la muestra de trabajo. Rezig *et al.* (2013) evaluó como el efecto del

desgrasado en la semilla de calabaza afecta su proceso de extracción de fracciones proteicas, rendimiento proteico de extracción, solubilidad, etcétera. Realizar la comparación entre la muestra cruda y desgrasada nos proporcionara información si existe o no efecto.

Por lo anterior, el objetivo del trabajo es evaluar el efecto del desgrasado en la semilla de parota (*Enterolobium cyclocarpum* Jacq. Griseb.) en sus diferentes fracciones proteicas por medio de técnicas fisicoquímicas.

## 2. Metodología

Las semillas de parota fueron recolectadas de la Universidad Intercultural de Colima ubicada en el Municipio de Comala, Colima. Dichas semillas fueron transportadas en bolsas de polietileno a las instalaciones del TecNM, Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato y almacenadas en refrigeración a 4°C hasta su posterior uso. Posteriormente, se realizó una molienda de las semillas secas de parota en un molino de aspas (IKA, A 10 basic, Monterrey, México). Enseguida, la harina resultante se pasó a un molino de aspas doméstico (Halmiton Beach 80335, Wisconsin, USA), para reducir aún más el tamaño de partícula, posteriormente se tamizó en una malla No. 100 (150 µm) para finalmente obtener la harina de semilla de parota (HSP). La HSP fue almacenada en frasco hermético hasta su posterior uso.

Una vez obtenida la HSP se prosiguió a desgrasarla por maceración siguiendo la metodología de Raya-Pérez *et al.*, (2014) con algunas modificaciones, donde se utilizó una mezcla cloroformo-metanol (2:1) y harina solvente (1:4). Se hicieron 3 lavados, dos a las 2h y uno de 24h para la remoción de lípidos en la harina. Se concluyo este paso con la verificación de la cuantificación de lípidos por el método de Goldfish al obtener  $\cong$  1% de lípidos en la harina de semilla de parota desgrasada (HSPD).

Se obtuvieron las fracciones proteicas de la harina de semilla de parota (HSP) y la harina desgrasada de semilla de parota (HDSP), por el método de Osborne (1924) de acuerdo con lo reportado por Raya-Pérez *et al.*, (2014) con algunas modificaciones. Las fracciones proteicas (albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas) fueron obtenidas de manera secuencial. Para la obtención de la primera fracción (albúminas) se preparó una muestra de HSP (0.1g) y se suspendió en H<sub>2</sub>O destilada (1:10 p/v) y se agitó por vortex durante

15 min a temperatura ambiente, seguido la suspensión fue centrifugada a 14,000 rpm a 4°C por 20 min utilizando una centrifuga OHAUS (Frontier™ serie 5000, Estados Unidos). La fracción de albuminas de la HSP correspondió al sobrenadante recuperado. Seguido, el precipitado (P-1) resultante se utilizó para la segunda extracción proteica de “globulinas”.

La fracción de globulinas fue obtenida del precipitado P-1. Brevemente, el precipitado fue resuspendido en una solución de 50 mM tris-HCl + 0.4 M NaCl (pH 8) en una relación 1:10 (p/v) agitando la suspensión durante 15 min en vortex a temperatura ambiente para ser enseguida centrifugada a 14,000 rpm a 4°C por 20 min. La fracción de globulinas correspondió al sobrenadante obtenido denominado “C-Gb”, el cual se almacenó a 4°C hasta su uso. El precipitado resultante (P-2) se utilizó para la tercera extracción proteica de “prolaminas”.

La fracción de prolaminas fue obtenida del precipitado P-2 resuspendiendo en isopropanol al 55% (1:10 p/v), la suspensión fue agitada con vortex durante 15 min a temperatura ambiente para enseguida centrifugar a 14,000 rpm a 4°C por 20 min. El sobrenadante resultante correspondió a la fracción prolaminas y fue denominada “C-Pr”, el cual se almacenó a 4°C hasta su uso. El precipitado resultante (P-3) se utilizó para la tercera extracción proteica de “glutelinas”.

La fracción de glutelinas fue la cuarta y última extracción, el precipitado P-3 fue resuspendido en una solución alcalina de 0.1M de Buffer de Boratos + 0.5% SDS (1:10 p/v), la suspensión fue agitada con vortex por 15 min a temperatura ambiente para enseguida centrifugar a 14,000g a 4°C por 20 min. el sobrenadante obtenido fue denominado “C-Gl”. Se almaceno a 4°C hasta su uso.

El contenido de proteínas tanto de las fracciones de la HSP y la HSPD fue realizado por la metodología de Amza et al. (2015), se cuantificó por el método de Bradford (1976) (Bradford Reagent B6916, Sigma-Aldrich, 3050 Spruce Street, St. Louis, MO 63103, U.S.A.), siguiendo las instrucciones del fabricante. El procedimiento se basa en la formación de un complejo entre el colorante azul brillante G y las proteínas en la solución. El complejo proteína-colorante provoca un cambio en la absorción máxima del colorante de 465 a 595 nm, en donde la cantidad de absorción es

proporcional a la cantidad de proteína presente. Las suspensiones de proteínas se dejaron reaccionar por 40 min a 25°C antes de leer la absorbancia a 595 nm en un espectrofotómetro de microplacas (Spectra Max 190). Para la relación volumen proteína-reactivo fue de 5 µL de volumen de proteína y 250 µL de reactivo de Bradford. Para la determinación de la concentración de proteína de cada muestra, se realizó una curva estándar con una muestra patrón de albúmina de suero bovino (BSA) a concentraciones de 0.0, 0.025, 0.125, 0.25, 0.50, 0.75, 1.0 y 1.5 mg/mL.

### 3. Resultados

Se encontró en la HSP y HSPD los 4 diferentes tipos de fracciones proteicas en base al método de fraccionamiento de Osborne (1924) y se determinó el contenido de proteína mediante el método de Bradford, utilizando como estándar BSA. Los resultados se muestran en la Tabla 1. La fracción mayoritaria para ambos casos fueron las albuminas, no obstante, se puede apreciar que existe una ligera disminución en el contenido de albuminas en la HSPD respecto a la HSP. De acuerdo con el análisis estadístico por prueba de “Tukey” arrojo que la HSP y HSPD son estadísticamente diferentes lo que indica que existe un efecto del solvente de “cloroformo/metanol”.

Por otra parte, las fracciones de albuminas de ambas harinas son estadísticamente diferentes a las demás fracciones y de igual manera las globulinas, mientras que las glutelinas y prolaminas no mostraron diferencias significativas. Además, el fraccionamiento proteico de la semilla de parota se comportó de manera tradicional al de las leguminosas teniendo como componente mayoritario a las albuminas (Pimentel et al., 2016). Un comportamiento similar de las fracciones de semilla de parota es el presentado por Raya-Perez et al. (2012) que trabajaron con semilla de capulín y tuvieron como mayor componente a las albuminas, seguido de las globulinas, glutelinas y por ultimo las prolaminas. Además, se concuerda con la literatura que la fracción menos predominante fueron las prolaminas, ya que, las prolaminas solo son predominantes en los cereales no en las semillas de plantas (Horax et al., 2011).

Tabla 1. Cuantificación de las fracciones proteicas de la HSP y HSPD.

Fracción	(mg/mL)	%Relativo
Albuminas	17.34 ± 0.89 <sup>1</sup>	54.31 <sup>1A</sup>
	15.86 ± 0.41 <sup>2</sup>	49.68 <sup>2A</sup>
Globulinas	12.35 ± 0.14 <sup>1</sup>	38.66 <sup>1B</sup>
	11.95 ± 0.21 <sup>2</sup>	37.42 <sup>2B</sup>
Prolaminas	0.99 ± 0.05 <sup>1</sup>	3.10 <sup>1C</sup>
	1.05 ± 0.01 <sup>2</sup>	3.29 <sup>2C</sup>
Glutelinas	1.25 ± 0.01 <sup>1</sup>	3.93 <sup>1C</sup>
	1.40 ± 0.04 <sup>2</sup>	4.39 <sup>2D</sup>

\*Los valores mostrados corresponden a la media (n = 3) ± la desviación estándar. Las diferentes letras como superíndices entre mismos grupos indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). \*Los valores denotados para la HSP están denotados con un <sup>1</sup> y un <sup>2</sup> para los de la HSPD.

#### 4. Conclusiones

El análisis fisicoquímico del fraccionamiento proteico nos proporciona información de sus proteínas de reserva vegetales que en el área industrial alimentaria fomenta la utilización de nuevas fuentes de origen vegetal que puedan competir con otras fuentes vegetales o incluso con los animales, proporcionando aminoácidos esenciales después de un tratamiento de hidrólisis. Los resultados obtenidos indican que la fracción mayoritaria fueron las albuminas tanto para la HSP y la HSPD, también se corroboró la influencia que tiene el solvente en la obtención de la fracción de albumina, teniendo una reducción postratamiento. Este experimento representa una de las primeras etapas de caracterizaciones bioquímicas en semillas de interés proteico, este parámetro estará vinculado estrechamente a las propiedades estructurales, nutricionales y tecnofuncionales de la proteína de semilla de parota.

#### Referencias

- Amza, T., Amadou, I., Balla, A., & Zhou, H. (2015). Antioxidant capacity of hydrolyzed protein fractions obtained from an under-explored seed protein: Gingerbread plum (*Neocarya macrophylla*). *Journal of Food Science and Technology*, 52, 2770-2778.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1-2), 248-254.
- do Prado, D.M., de Almeida, A.B., de Oliveira Filho, J.G., Alves, C.C., Egea, M.B., & Lemes, A.C. (2021). Extraction of bioactive proteins from seeds (corn, sorghum, and sunflower) and sunflower byproduct: Enzymatic hydrolysis and antioxidant properties. *Current Nutrition & Food Science*, 17(3), 310-320.
- Horax, R., Hettiarachchy, N., Kannan, A., & Chen, P. (2011). Protein extraction optimisation, characterisation, and functionalities of protein isolate from bitter melon (*Momordica charantia*) seed. *Food Chemistry*, 124, 545-550.
- Jiménez-Hernández, J., Meneses-Esparza, F., Rosendo-Escobar, J., Vivar-Vera, M.A., Bello-Pérez, L.A., & García-Suárez, F. J. (2011). Extracción y caracterización del almidón de las semillas de *Enterolobium cyclocarpum* Extraction and characterization of starch from *Enterolobium cyclocarpum* seeds. *CyTA-Journal of Food*, 9(2), 89-95.
- Pimentel, J.G.R., Herrera, A.H., Mancilla, C.L.A., Prieto, J.C., de la Fuente, G.I., & Pérez, J.C.R. (2016). Caracterización de las proteínas de reserva y contenido mineral de semilla de melón ("Cucumis melo" L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(7), 1667-1678.
- Raya-Pérez, J.C., Gutiérrez-Benicio, G.M., Ramírez Pimentel, J.G., Covarrubias-Prieto, J., & Aguirre-Mancilla, C.L. (2014). Caracterización de proteínas y contenido mineral de dos variedades nativas de frijol de México. *Agronomía mesoamericana*, 25(1), 01-11.
- Salado, P.M.O., Castro, A.A., Gutiérrez, L.A., LeeRangel, H.A., & ValenzuelaNuñez, L.M. (2024). Nutritional evaluation and comparison of extraction processes of parota [*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Mimosaceae] almonds. *Range Management and Agroforestry*, 45(1), 175-179.

- Serratos-Arévalo, J.C., Carreón Amaya, J., Castañeda Vázquez, H., Garzón De la Mora, P., & García Estrada, J. (2008). Composición químico-nutricional y de factores antinutricionales en semillas de parota (*Enterolobium cyclocarpum*). *Interciencia*, 33(11), 850-854.
- Vinayashree, S., & Vasu, P. (2021). Biochemical, nutritional and functional properties of protein isolate and fractions from pumpkin (*Cucurbita moschata* var. Kashi Harit) seeds. *Food Chemistry*, 340, 128177.

## POTENCIAL DE LA AVENA Y NOPAL PARA EL DESARROLLO DE PASTAS TIPO FETTUCCINE

Susana A. Altamirano-Romo<sup>1</sup>, Diana M. Guerra-Pérez<sup>1</sup>, Violeta Herrera-Enciso<sup>1</sup> y Jorge Gutiérrez-Tlahque<sup>2\*</sup>

### Resumen

El objetivo de la presente investigación fue desarrollar una pasta tipo fettuccine libre de gluten, con avena y nopal enriquecida con quinua. Los tratamientos se establecieron en función de la combinación de harinas de Avena (A), Nopal (N) y Quinoa (Q), en diferentes proporciones: T1 (70% A, 20% N y 10% Q), T2 (50% A, 35% N y 15% Q), T3 (70% A, 25% N y 5% Q), T4 (50% A, 40% N y 10% Q), T5 (60% A, 30% N y 10% Q), T6 (55% A, 40% N y 5% Q) y T7 (65% A, 20% N y 15% Q). Se realizó una evaluación sensorial, mediante la prueba de ordenamiento de Friedman con un  $P \leq 0.05$ . Se determinó el tiempo óptimo de cocción utilizando un diseño experimental completamente al azar y la prueba de comparación de medias de LSD con un  $P \leq 0.05$ . Los resultados indican que la pasta más preferida sensorialmente es T5, tomando en cuenta la textura y sabor, además no mostró diferencia para el atributo color entre los tratamientos. El tiempo óptimo de cocción fue 3 min para los tratamientos excepto para T6 y T7, por lo que T5 resulta ser una alternativa para los consumidores intolerantes al gluten.

### Palabras Clave:

*Avena sativa* L., *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., *Chenopodium quinoa* Willd., alimento funcional.

### Abstract

The objective of this research was to develop a gluten-free fettuccine-type pasta with oats and cactus enriched with quinoa. The treatments were established based on the combination of Oat (A), Cactus (N) and Quinoa (Q) flours, in different proportions: T1 (70% A, 20% N y 10% Q), T2 (50% A, 35% N y 15% Q), T3 (70% A, 25% N y 5% Q), T4 (50% A, 40% N y 10% Q), T5 (60% A, 30% N y 10% Q), T6 (55% A, 40% N y 5% Q) y T7 (65% A, 20% N y 15% Q). A sensory evaluation was performed using the Friedman rank order test with a  $P \leq 0.05$ . The optimal cooking time was determined using a completely randomized experimental design and the LSD means comparison test with a  $P \leq 0.05$ . The results indicate that the most sensorially preferred pasta is T5, taking into account texture and flavor, and there was no difference for the color attribute between the treatments. The optimal cooking time was 3 min for the treatments except for T6 and T7, so T5 is an alternative for gluten-intolerant consumers.

### Keywords:

*Avena sativa* L., *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., *Chenopodium quinoa* Willd., functional food.

<sup>1</sup>Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México Campus Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas km 8, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Agropecuarias, Tecnológico Nacional de México Campus Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas km 8, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.

\*Autor de correspondencia: [jorge.gt@roque.tecnm.mx](mailto:jorge.gt@roque.tecnm.mx)

## 1. Introducción

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición aplicada en México por el Instituto de Salud Pública y el INEGI a personas a partir de 20 años de edad de ambos sexos, muestran resultados preocupantes en el que el país presenta un 18.4% en diabetes, 29.4% en hipertensión, 19.5% en colesterol alto, y un 75.2 % de sobre peso y obesidad donde es mayor la prevalencia en mujeres con un 76.8%, mientras que en hombres fue del 73.5 (Basto-Abreu et al., 2023). La diabetes es una enfermedad crónica no transmisible de carácter inflamatorio acompañada de resistencia a la insulina o disminución de la respuesta metabólica a la insulina en varios tejidos, el hígado y el músculo esquelético, así como por una reducción en la síntesis de insulina por las células beta pancreáticas, que representan una verdadera epidemia que va en aumento debido al envejecimiento de la población y los estilos de vida actuales que acentúan el sedentarismo y la mala alimentación (Daryabor et al., 2019).

La pasta es un producto de consumo masivo en México ya que el 99.6 % de las familias adquirieron algún tipo de pasta en los últimos años (Aguilar-Quintana et al., 2021). Sin embargo, la pasta de trigo es un alimento nutricionalmente no balanceado, debido a su escaso contenido de fibra dietética, y al bajo valor biológico de su proteína, originado por la deficiencia de aminoácidos esenciales como el caso de la lisina y el grano que la compone es un cereal altamente calórico, además de la intolerancia al gluten (Messia et al., 2021). Debido a lo anterior se deben buscar nuevos ingredientes que permitan obtener una pasta alimenticia con mayor calidad nutricional, mediante una sustitución parcial o total de trigo por ingredientes ricos en nutrientes, como avena (*Avena sativa* L.), nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) y quinua (*Chenopodium quinua* Willd).

La avena (*Avena sativa* L.), es un ingrediente rico en proteínas y lípidos, además, el  $\beta$ -D glucano de la avena es importante por sus beneficios a la salud humana por la presencia de potentes antioxidantes llamados avenantramidas (Thies et al., 2014; Li et al., 2017). Por otro lado, la semilla de quinua (*Chenopodium quinua* Willd), es un pseudo-cereal que representa una tendencia actual en la alimentación debido a su aporte nutricional, ya que contiene entre el 14% y 18% de proteína, ácidos grasos poliinsaturados y fibra dietética, adicionalmente su valor nutracéutico se lo confiere su alto contenido de compuestos fenólicos y flavonoides, además de que es un grano libre de gluten (Chatain et al., 2019; Contreras-Jiménez et al., 2019). Finalmente,

el cladodio de nopal (*Opuntia ficus-indica*), represente una fuente importante de fibra a partir de compuestos como la hemicelulosa, lignina, ácido galacturónico, xilosa, mucilago, así como proteínas con aminoácidos mayoritarios como alanina, isoleucina, asparagina y treonina (Cornejo-Villegas et al., 2010; De Wit et al., 2015; Figueroa-Pérez et al., 2018). Al no existir evidencia científica sobre el uso de avena y nopal como ingredientes que sustituyan parcial o totalmente al trigo que representa el ingrediente comercial de mayor uso en la elaboración de pastas. El objetivo del presente trabajo es realizar una pasta tipo Fettuccine libre de gluten a base avena y nopal, donde se aplique quinua como ingrediente adicional para aumentar el contenido de proteína.

## 2. Metodología

Las harinas de avena, quinua y nopal se elaboraron de forma separada, donde las hojuelas de avena y las semillas de quinua se pulverizaron con un molino (Marca ENCAMEX, Modelo MC-100, México) y posteriormente se tamizaron con un tamiz malla número 60 (Marca Gilson, Estados Unidos), para tener harinas con un tamaño de partícula equivalente a 0.250 mm. Para el caso de los nopales se cortaron en cuadros de aproximadamente 1.5 cm x 1.5 cm, posteriormente se escaldaron durante 10 min a 90 °C en una solución de agua con concentración del 2% de bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ), se escurrieron con ayuda de un colador para eliminar el líquido de cocción, después se colocaron en charolas con orificios pequeños para facilitar la entrada de aire y calor, posteriormente se secaron en un horno de convección forzada (Marca Memmert, Modelo UF110, Alemania) a 70°C, con un flujo de aire al 100% durante 24 h. Finalmente los cladodios de nopal deshidratados se molieron con una licuadora (Marca Osterizer Blender, Modelo 6662-13, México) y la harina se tamizó en las mismas condiciones que la avena y la quinua. Para preparar las pastas se colocaron las harinas de avena, de nopal y de quinua en una batidora (Marca Kitchen Aid 6 QT BOWL-LIFT, Modelo KP26M1XNP, Estados Unidos), se mezclaron durante 1 min, después se agregaron 70 mL de agua por cada 100 g de muestra, y se dejó amasar durante 10 min. Se utilizó un extrusor manual (Marca Ibili, Modelo 773100, España), primeramente con las manos se trabajó la masa haciendo una masa de forma ovalada y se aplastó ligeramente, posteriormente se ingresa a los rodillos que giraron en sentido opuesto para permitir el laminado de la masa y

se ajustó hasta obtener un grosor de 3 mm. La lámina de pasta fue cortada dando la forma del Fettuccine con dimensiones de 25 cm de largo 2 cm de ancho. Por último, la pasta tipo fettucine se sometió a un secado con un horno eléctrico (Marca Memmert, Modelo UF110, Alemania), con aire a convección forzada a 90 °C, con flujo de aire al 100% durante 90 minutos, después las charolas se colocaron en un desecador durante 12 h para terminar de absorber humedad de las pastas. Los tratamientos se establecieron en función de la combinación de harinas de Avena (A), Nopal (N) y Quinua (Q), en diferentes proporciones: T1 (70% A, 20% N y 10% Q), T2 (50% A, 35% N y 15% Q), T3 (70% A, 25% N y 5% Q), T4 (50% A, 40% N y 10% Q), T5 (60% A, 30% N y 10% Q), T6 (55% A, 40% N y 5% Q) y T7 (65% A, 20% N y 15% Q). Se realizó una evaluación sensorial, mediante la prueba de ordenamiento de Friedman con un  $P \leq 0.05$ . Se determinó el tiempo óptimo de cocción utilizando un diseño experimental completamente al azar y la prueba de comparación de medias de LSD con un  $P \leq 0.05$ .

Para determinar la pasta mayormente preferida se realizó un análisis sensorial, de acuerdo a De Souza et al., (2006), utilizando el método no paramétrico de Friedman, mediante el paquete estadístico InfoStat (versión 2018), donde los atributos evaluados fueron color, sabor y textura.

El tiempo óptimo de cocción se midió de acuerdo al método propuesto por Vasiliu & Navas, (2009), se pesaron 150 g de cada pasta en una balanza (Marca Ohaus, Modelo H-8111, Estados Unidos), donde fueron sumergidas en 1 L de agua a 90°C; transcurridos 2 a 4 min de cocción, una cinta de pasta fue colocada sobre una lámina de vidrio, luego una segunda lámina de vidrio se utilizó para presionar suavemente a la primera, esta operación se repitió cada 30 s hasta obtener el punto al dente.

### 3. Resultados

De acuerdo a los resultados de la Tabla 1, la mejor pasta cocida es el tratamiento T5, ya que mostró la mejor aceptación en cuanto a textura y sabor, y no mostró diferencia estadísticamente significativa para el atributo color con respecto a las otras pastas. Así mismo, la pasta que mostró menor aceptación fue la T6 para los atributos sabor y textura, ya que presentó la menor sumatoria de rangos y fue significativamente diferente con respecto a la mejor, sin embargo, para el

atributo color no mostró dicha diferencia estadísticamente significativa con respecto a las otras pastas. Así las pastas que presentan avena en su formulación, desfavorecen la aceptación por parte de los panelistas que no asocian este olor con las pastas tradicionales debido a que esta materia prima presenta un ligero olor y sabor aromático (Kudake et al., 2017; Guo et al., 2018). La presencia de harinas de avena, quinua y nopal que son libres de gluten disminuye la calidad sensorial de las pastas ya que esta proteína favorece atributos como la dureza y elasticidad de las pastas, favoreciendo mejores puntuaciones sensoriales de suavidad y sabor en las pastas tradicionales (Wang et al., 2021).

De acuerdo a los datos de la Tabla 2, se observa que la mayoría de las pastas obtuvieron 3 min como punto óptimo de cocción a diferencia de los tratamientos T6 y T7; no obstante, este tiempo de cocción para todos los tratamientos fue menor con respecto a pastas comerciales con harina de trigo, donde el tiempo más adecuado de cocción de las pastas varía ampliamente, de 8.0 min a 17.4 min, con diversos contenidos de proteínas y amilosa de almidón. Así el tiempo de cocción se ve significativamente influenciado por el contenido de proteínas de las harinas (Park & Baik, 2004).

Acosta (2007) declara que contenido de proteína y la calidad del gluten son las variables más importantes en la determinación de la calidad de la pasta en la cocción. Debido a que, en el proceso de secado, a través del calor la proteína coagula creando una red proteica alrededor de los gránulos de almidón, la cual sirve como capa protectora para evitar que los gránulos de almidón migren al agua de cocción y así mejorar la firmeza y consistencia de la pasta cocina. Mora (2012) declara que la etapa de cocción es muy interesante en pastas que no contienen trigo, debido a que carecen de la calidad del retículo proteico que aporta el gluten y contienen a los gránulos de almidón más expuestos a la gelatinización.

Chillo et al. (2009) elaboraron pastas con quinua (50%) y avena (50%) con la adición de Carboximetil Celulosa (CMC) como agente estructurante. Los tiempos óptimos de cocción para las pastas de quinua estuvieron entre 5.0 y 5.5 min, y los de las pastas de avena estuvieron entre 4.5 y 5.0 min, los cuales no están alejados a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación.

Tabla 1. Resultados del análisis sensorial de las pastas cocidas.

Tratamientos	Color	Sabor	Textura
	Suma de rangos		
T1: A:70% N:20% Q:10%	192 a*	196 abc	181 cd
T2: A:50% N:35% Q:15%	207 a	185 bc	188 bcd
T3: A:70% N:25% Q:5%	219 a	206 abc	203 abcd
T4: A:50% N:40% Q:10%	199 a	204 abc	208 abcd
T5: A:60% N:30% Q:10%	206 a	230 a	236 a
T6: A:55% N:40% Q:5%	190 a	174 c	167 d
T7: A:65% N:20% Q:15%	187 a	205 abc	217 abc

\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes con un valor de  $P \leq 0.05$ , de acuerdo a la prueba de Friedman. Donde, A: Avena, N: Nopal y Q: Quinua.

Tabla 2. Tiempo óptimo de cocción de las pastas elaboradas.

Tratamientos	Tiempo (min)
T1: A:70% N:20% Q:10%	3 ab*
T2: A:50% N:35% Q:15%	3 ab
T3: A:70% N:25% Q:5%	3 ab
T4: A:50% N:40% Q:10%	3 ab
T5: A:60% N:30% Q:10%	3 ab
T6: A:55% N:40% Q:5%	2.5 b
T7: A:65% N:20% Q:15%	4 a

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes con un valor de  $p \leq 0.05$ , de acuerdo a la prueba de comparación de medias LSD. Donde, A: Avena, N: Nopal y Q: Quinua.

#### 4. Conclusiones

Las pastas tipo fettucine que incorporan avena y nopal enriquecidas con quinua presentan tiempos de cocción más cortos que las pastas comerciales de esta categoría, lo que cautivaría al consumidor como consecuencia de que la cocción de la pasta ayuda a hacer más práctica su preparación. No obstante, debido a la naturaleza de sus ingredientes que permiten obtener una pasta libre de gluten, sensorialmente no es igual a las comerciales, debido a la ausencia de esta proteína presente en la sémola de trigo, ingrediente fundamental en las formulaciones de las pastas presentes en el mercado.

#### Referencias

- Acosta, K.D. (2007). Elaboración de una pasta alimentaria a partir de sémolas de diferentes variedades de cebada. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Mexico.
- Aguilar-Quintana, D., Velarde Mendivil, A.T. & Camarena Gómez, D.M.J. (2021). Distribución comercial de una sopa tradicional con innovación. *Vértice universitario*, 23(90), 3-14.
- Basto-Abreu, A., López-Olmedo, N., Rojas-Martínez, R., Aguilar-Salinas, C. A., Moreno-Banda, G. L., et al. (2023). Prevalencia de prediabetes y diabetes en México: Ensanut 2022. *Salud Pública de México*, 65, s163-s168.
- Chatain, C., Pernollet, M., Pralong, P. y Leccia, M. T. (2019). Anaphylaxie alimentaire au Quinua. *Revue Française d'Allergologie*, 59(3), 243-244. DOI: 10.1016/j.reval.2019.02.021.
- Chillo, S., Civica, V., Iannetti, M., Suriano, N., Mastromatteo, M., y Del Nobile, M. A. (2009). Properties of quinua and oat spaghetti loaded with carboxymethylcellulose sodium salt and pregelatinized starch as structuring agents. *Carbohydrate Polymers*, 78(4), 932-937. DOI:10.1016/j.carbpol.2009.07.013.
- Contreras-Jiménez, B., Torres-Vargas, O.L. & Rodríguez-García, M.E. (2019). Physicochemical characterization of quinua (*Chenopodium quinua*) flour and isolated starch. *Food Chemistry*, 298, 124982. DOI:10.1016/j.foodchem.2019.124982.
- Cornejo-Villegas, M.A., Acosta-Orsorio, A.A., Rojas-Molina, I., Gutiérrez-Cortéz, E., Quiroga, M. A. et al. (2010). Study of the physicochemical and pasting properties of instant corn flour added

- with calcium and fibers from nopal powder. *Journal of Food Engineering*, 96(3), 401–409. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2009.08.014.
- Daryabor, G., Kabelitz, D. & Kalantar, K. (2019). An update on immune dysregulation in obesity-related insulin resistance. *Scandinavian Journal of Immunology*, 89(4), e12747. DOI:10.1111/sji.12747.
- De Souza, C., Buriti, F., Behrens, J., & Saad, S. (2006). Sensory evaluation of probiotic Minas fresh cheese with *Lactobacillus acidophilus* added solely or in co-culture with a thermophilic starter culture. *International Journal of Food Science and Technology*. DOI:10.1111/j.1365-2621.2007.01534.x.
- De Wit, M., Bothma, C., Hugo, A., Sithole, T., Absalom, C. & Van den Berg, C. (2015). Physicochemical and sensory evaluation of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Mill and *Opuntia robusta* Wendl) cladode flour in different baked products. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 17, 89–106. DOI:10.56890/jpacd.v17i.64.
- Figueroa-Pérez, M.G., Pérez-Ramírez, I.F., Paredes-López, O., Mondragón-Jacobo, C. & Reynoso-Camacho, R. (2018). Phytochemical composition and in vitro analysis of nopal (*O. ficus-indica*) cladodes at different stages of maturity. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 1728-1742. DOI:10.1080/10942912.2016.1206126.
- Guo, Q., Kang, J., Bai, Y. & Xu, F. (2018). Dietary fiber: Chemistry, structure, and properties. *Journal of Chemistry*, 2018. DOI:10.1155/2018/1328797.
- Kudake, D.C., Pawar, A.V., Muley, A.B., Parate, V.R. & Talib, M.I. (2017). Enrichment of wheat flour noodles with oat flour: Effect on physical, nutritional, antioxidant and sensory properties. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(12), 204-213. DOI:10.20546/ijcmas.2017.612.026.
- Li, X.P., Li, M.Y., Ling, A. J., Hu, X. Z., Ma, Z., et al. (2017). Effects of genotype and environment on avenanthramides and antioxidant activity of oats grown in northwestern China. *Journal of Cereal Science*, 73, 130-137. DOI:10.1016/j.jcs.2016.12.005.
- Messia, M.C., Cuomo, F., Falasca, L., Trivisonno, M.C., De Arcangelis, E., & Marconi, E. (2021). Nutritional and technological quality of high protein pasta. *Foods*, 10(3), 589. DOI:10.3390/foods10030589
- Mora, A. (2012). Evaluación de la calidad de cocción y calidad sensorial de pasta elaborada a partir de mezclas de sémola de trigo y harina de quinua. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Park, C.S. & Baik, B.K. (2004). Cooking time of white salted noodles and its relationship with protein and amylose contents of wheat. *Cereal Chemistry*, 81(2), 165-171. DOI:10.1094/CCHEM.2004.81.2.165.
- Thies, F., Masson, L.F., Boffetta, P. & Kris-Etherton, P. (2014). Oats and CVD risk markers: a systematic literature review. *British Journal of Nutrition*, 112(S2), S19-S30. DOI:10.1017/S0007114514002281.
- Wang, X., Lao, X., Bao, Y., Guan, X. & Li, C. (2021). Effect of whole quinoa flour substitution on the texture and in vitro starch digestibility of wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 119, 106840. DOI:10.1016/j.foodhyd.2021.106840.

## QUÍMICA DE ALIMENTOS

### CALIDAD FISICOQUÍMICA EN GRANOS DE MAÍZ AMARILLO Y BLANCO CON ENFOQUE A LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

*Silvia Nayely García-Venegas<sup>1\*</sup>, Mariano Mendoza Elos<sup>1</sup>, Francisco Cervantes Ortiz<sup>1</sup> y Gilberto Rodríguez Pérez<sup>2</sup>*

#### Resumen

El experimento se estableció en el laboratorio de Industrias Alimentarias del TECNM campus Roque en 2018. Se utilizaron dos genotipos de color amarillo y uno blanco, el diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. El objetivo fue evaluar la calidad fisicoquímica de los materiales para su aprovechamiento en la industria alimentaria. Las variables evaluadas fueron: Peso de mil granos, Peso hectolítrico, Índice de flotación, Humedad, Luminosidad, °Brix, Cenizas, Aceite y Proteína. En la evaluación de calidad, Gorrión fue el material sobresaliente para PH (79.65 Kg hL<sup>-1</sup>), y %H (13.26 %). Cobra obtuvo un IF (81.66%), alta L\* (59.71), Aceite (16.33%) y mayor nivel de °Brix (4.86), mientras que CML264XCML311 presentó mayor PMG (409.53) y tuvo resultados sobresalientes en Cenizas (1.49%) así como en Proteína (14.66%). Concluyendo que estos genotipos cuentan con las características de calidad adecuadas para su transformación alimentaria con enfoque a la nutrición humana.

#### Palabras clave

Maíz, grano, Calidad fisicoquímica.

#### Abstract

The experiment was established in the Food Industries laboratory of the TECNM Roque campus in 2018. Two yellow genotypes and one white were used, the experimental design was completely randomized with three repetitions. The objective was to evaluate the physicochemical quality of the materials for their use in the food industry. The variables evaluated were: Weight of a thousand grains, Hectoliter weight, Flotation index, Humidity, Luminosity, °Brix, Ash, Oil and Protein. In the quality evaluation, Sparrow was the outstanding material for PH (79.65 Kg hL<sup>-1</sup>), and %H (13.26 %). Cobra obtained an IF (81.66%), high L\* (59.71), Oil (16.33%) and a higher level of °Brix (4.86), while CML264XCML311 presented a higher PMG (409.53) and had outstanding results in Ash (1.49%). as well as in Protein (14.66%). Concluding that these genotypes have the appropriate quality characteristics for their food transformation with a focus on human nutrition.

#### Keywords

Corn, grain, quality physical chemistry

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Roque, Carr. Juventino Rosas - Celaya Km. 8, Celaya, Guanajuato, CP. 38110, México.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Calle 600, Bácum, San Ignacio Río Muerto, Sonora, CP. 85276, México.

\*correo de contacto: d24980864@roque.tecnm.mx

## 1. Introducción

El maíz representa uno de los cultivos mayormente producido a nivel mundial (CONACYT, 2014). Por su parte, los maíces de color amarillo brindan ventajas de calidad tales como la textura y apariencia, así como la presencia de  $\beta$ -carotenos representando a la vitamina A (Coutiño et al., 2008). Las características físicas y químicas del grano sano y entero de maíz, pueden variar ampliamente dependiendo de la variedad o híbrido que se utilice. Estas características se ven influenciadas también por el ambiente y el manejo agronómico, así como por el secado y las condiciones de almacenamiento (Gutiérrez-Coronado et al., 2010). El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad fisicoquímica del grano, desarrollando el experimento dentro del Instituto Tecnológico de Roque.

## 2. Metodología

El experimento se estableció en el laboratorio de Industrias Alimentarias del TECNM campus Roque en 2018. Se utilizaron dos genotipos de color amarillo y uno blanco, el diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: peso de mil granos, peso hectolítrico, índice de flotación, Humedad, Luminosidad, °Brix, Cenizas, Aceite y Proteína. Los materiales utilizados fueron: Cobra, Gorrión (ambos amarillos) y CML264 X 311 (blanco).

## 3. Resultados

En la evaluación física (Tabla 1) se obtuvo para peso de mil granos, donde el valor más alto lo obtuvo CML264 x CML311 con 409.53 g, por el contrario, los granos más pequeños se presentaron en Gorrión con 334.37 g. Al respecto, el CIMMYT (2016) utilizan márgenes de tamaño de granos de maíz según el peso, manifestando que materiales que pesan entre 330 a 380 g son considerados granos medianos. Se observa que Gorrión tuvo en promedio el mayor peso hectolítrico (PH) con un valor de 79.65 kg hL<sup>-1</sup>, sin embargo, CML264 x CML311 obtuvo el valor más bajo con 77.36. De acuerdo a la norma mexicana NMX/034 (2002) que marca un límite de peso hectolítrico de 74, todos los genotipos evaluados cumplen con la norma, sin embargo, la metodología de CIMMYT (2016), la cual fue utilizada como referencia para esta investigación, maneja un límite de 78, considerándolo como un grano de textura dura, de acuerdo a esto, entra Gorrión con 79.86 con un peso de 78.86 kg hL<sup>-1</sup>; cabe señalar, que

los granos en un rango de 74 a 78 se consideran de dureza intermedia, donde se encuentra el resto de los genotipos. Cobra presentó en promedio el mayor índice de flotación con 81.66 %, mientras que los niveles más bajos se presentaron en CML264 x CML311 con 54.44%; sin embargo, la norma mexicana NMX/034 (2002) tiene como referencia un nivel menor de 40 determinando que genotipos con estos valores son considerados duros a intermedios, lo que demuestra que ninguno de los materiales se encuentra en este rango. No obstante, la escala descrita por el CIMMYT (2016), dice que los genotipos encontrados entre los valores de 38 a 62, como CML264 x CML311 tienden ser de una dureza intermedia, mientras que los encontrados entre 63 a 87, son granos suaves. El genotipo que presentó mayor % de humedad fue Gorrión con 13.26 % mientras que el promedio más bajo se obtuvo en Cobra con 12.33 %, sin embargo, de acuerdo con el manual de calidad de grano para técnicos post cosecha de CIMMYT (2016), la humedad es importante para prevenir presencia principalmente de hongos o plagas, dejando claro que el rango ideal de humedad es de 12 a 14 %. Para el caso de luminosidad, Cobra obtuvo el valor más alto con 59.71 y en segundo lugar CML261 x CML311 con 59.28, indicando que estos granos fueron más claros de acuerdo a la escala del colorímetro, debido a que, entre mayor valor, el grano es más blanco. El genotipo que presentó la luminosidad más baja fue Gorrión con 56.19. Existe un rango establecido por la NMX/034 del 2002 de 55, de acuerdo a los resultados obtenidos para esta variable se obtuvieron valores mayores a la referencia, lo que los hace idóneos para la nixtamalización.

Los resultados que arrojó el análisis químico de dichos materiales (Tabla 2) demuestran que el genotipo con mayor nivel de grados brix fue Cobra con 4.86 %, lo que significa que es el material con mayor cantidad de azúcares, mientras que Gorrión con valor de 4.59 %, entre Cobra y Gorrión existe mínima diferencia de 0.27 grados brix, lo que indica que Cobra presenta ligeramente mayor concentración de azúcares; Por otra parte, se observa que CML264 x CML311 presentó en promedio mayor contenido de ceniza con 1.49 %, en cambio, Cobra obtuvo menor porcentaje con 1.24 %. sin embargo; Fuentes (2012) reportó un porcentaje ligeramente más alto de 2.13 de cenizas totales en el grano, definiendo que la mayor parte se encuentra concentrado en el germen.

Tabla 1. Comparación de medias de las propiedades físicas de grano en tres genotipos contrastantes.

Genotipo	PMG (g)	PH (KghL <sup>-1</sup> )	IF (%)	H(%)	L*
Cobra	347.75 b	76.03 c	81.66 a	12.33 c	59.71 a
Gorrion	334.37 c	79.65 a	71.44 b	13.26 a	56.19 c
CML264 X CML 311	409.53 a	77.36 b	57.44 c	13.08 b	59.28 c
DMS (0.05)	9.06	0.4	2.03	0.25	4.96

Medidas con la misma letra en la misma columna no tienen diferencia significativa con  $P \leq 0.05$ . PMG= peso de mil granos; PH= peso Hectolítrico; IF= índice de flotación; H= humedad de grano; L\*= luminosidad de grano; PF= punción de fuerza; DMS, Diferencia mínima significativa.

Tabla 2. Comparación de medias de las propiedades químicas de grano en seis genotipos contrastantes.

Genotipo	°Brix	Ceniza (%)	Aceite (%)	Proteína (%)
Cobra	4.86 a	1.24 c	16.33 a	13.67 b
Gorrion	4.59 c	1.32 b	13.22 b	10.85 c
CML264 X CML 311	4.80 b	1.49 a	12.77 c	14.66 a
DMS (0.05)	0.05	0.03	2.41	0.1

Medidas con la misma letra en la misma columna no tienen diferencia significativa  $P \leq 0.05$ .

Cobra es el material con mayor presencia de aceite o grasa con un valor de 16.33 %, CML264 x CML311 obtuvo 12.77 %, teniendo este el valor más bajo junto con Gorrión con 13.22. Fuentes (2012) realizó diferentes análisis en grano (germen, pericarpio y endospermo), donde comento que el porcentaje aproximado de grasa en el grano debe ser del 4.8%, sin embargo, reportó porcentajes que oscilaron entre los 8.3 y 18.4, esto pudo ser debido a que el mayor porcentaje se encuentra en el germen, lo que pudiera explicar los porcentajes obtenidos en este proyecto. El genotipo con el porcentaje más alto en proteína fue CML264 x CML311 con 14.66 %, mientras que el más bajo lo obtuvo Gorrión con 10.85 % sin embargo, Fuentes (2012) encontró valores de 9.14 %, de acuerdo con la referencia en la literatura (rango va 6 a 10 % de proteína que constituye el maíz), deduciendo que estos genotipos cuentan con el porcentaje de proteínas que pudieran ayudar como enfoque a la nutrición humana ni animal.

#### 4. Conclusiones

Los genotipos que obtuvieron mejores resultados de calidad fisicoquímica fueron Cobra y Gorrión, presentando los mejores promedios en la mayoría de las pruebas realizadas, comparándose con CML264 x CML311 quien fue el testigo. Para producir una masa de alta calidad, tanto en nixtamalización como en la molienda del nixtamal, la parte fisicoquímica debe ser óptima, por tal motivo los materiales utilizados en este

trabajo obtuvieron estándares óptimos para su proceso en la industria alimentaria.

#### Referencias

- CIMMYT. (2016). Calidad de grano para técnicos postcosecha. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, pp. 1-52.
- CONACYT. (2014). Maíz. México, CONACYT. Recuperado el 14 de septiembre del 2017. <http://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/maiz>
- Coutiño, B., Vázquez, G., Torres, B. & Salinas, Y. (2008). Calidad del grano, tortillas y botanas de dos variedades de maíz de la raza comiteco. *Fitotecnica mexicana*, 31(3), pp. 9-14.
- Fuentes, L. (2012). Comparación de cualidades nutricionales de once variedades de maíz. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*, 9, pp. 50-52.
- Gutiérrez-Coronado, M., Coronado-Amaya, E., Vázquez-Ortiz, F., López-Franco, Y. & Ortega-Corona, A. (2010). Caracterización física y química de maíz de calidad proteínica mejorada. *Journal of Food*, 7(2), pp. 111 - 118.
- NMX-FF-034/1-2002. (2002). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano, cereales. Parte I: Maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado, especificaciones y métodos de prueba. *Normas mexicanas oficiales*, pp. 1-16.

## PRODUCCIÓN DE PAN CON INGREDIENTES NO CONVENCIONALES

Carla Andrea Moreno-García<sup>1</sup>, Rosa María Mariscal-Moreno<sup>1\*</sup>, María Cristina Vázquez-Hernández<sup>2</sup>

### Resumen

En México, existen prevalencias de sobrepeso, obesidad y enfermedades no transmisibles alarmantes, en donde para disminuirlas es importante realizar cambios en el estilo de vida en donde la nutrición es clave, además, de comprender el cambio que ha sufrido la dieta de la humanidad debido a la revolución agrícola. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la adición de ingredientes tradicionales; quelites cenizos (*Chenopodium album* L.) (Q) harina de grillo (*Acheta domestica*) (G) y subproducto de mango paraíso (*Mangifera indica* L) (M) en las características fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales de productos panificables, con la finalidad de desarrollar un alimento que brinde mayor cantidad de fibra y proteína. Los resultados mostraron que la adición de estos ingredientes no tradicionales MQ y MG ofrece a los individuos una alternativa de pan de mejor calidad nutricional, específicamente en contenido de fibra donde hubo un incremento del 245%, proteína 3.16%.

### Palabras claves:

Pan, subproducto de mango, harina de grillo, quelite cenizo.

### Abstract

In Mexico, there are alarming prevalences of overweight, obesity and non-communicable diseases, where to reduce them it is important to make changes in lifestyle where nutrition is key, in addition to understanding the change that the human diet has undergone due to the agricultural revolution. The objective of this research was to evaluate the effect of the addition of traditional ingredients; quelites cenizos (*Chenopodium album* L.) (Q) cricket flour (*Acheta domestica*) (G) and by-product of paradise mango (*Mangifera indica* L) (M) in the physicochemical, sensory and nutritional characteristics of bakery products, in order to develop a food that provides a greater amount of fiber and protein. The results showed that the addition of these non-traditional ingredients MQ and MG offers individuals an alternative bread of better nutritional quality, specifically in fiber content where there was an increase of 245%, protein 3.16%.

### Keywords:

Bread, mango by-product, cricket flour, quelite cenizo.

<sup>1</sup>Departamento de Salud Licenciatura en Nutrición y Ciencia de los Alimentos. Universidad Iberoamericana Ciudad de México, Prol. P.º de la Reforma, Santa Fe, Zedec Sta Fé Álvaro Obregón, 01376 Ciudad de México, México

<sup>2</sup>Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas km 8, Celaya, Guanajuato, CP 38110 - México

\*Autor de correspondencia: rosa.mariscal@ibero.mx

## 1. Introducción

La alimentación es el consumo de alimentos que suministran al cuerpo energía y macronutrientes y micronutrientes para realizar diferentes actividades, pero actualmente esta dieta ha vivido, cambios dinámicos, particularmente grandes variaciones en su estructura que ocasiona cambios en la actividad física y composición corporal del individuo, cabe mencionar que estas adaptaciones en el estilo de vida son paralelos al status de salud, aspectos socioeconómicos y demográficos (Ibarra, 2016).

Desde el inicio de la humanidad y hasta aproximadamente hace 10,000 años, la dieta era variada, baja en grasas, alta en fibra, tenían menos deficiencias y actividad física moderada a vigorosa. Todo cambio en la Revolución Industrial y la segunda Revolución Agrícola la cual, provocó el cambio en la dieta, en un incremento en grasas, carbohidratos y baja en fibra, esto se reflejó con enfermedades crónicas como obesidad (Ibarra, 2016). Otros tipos de factores debido a esta transición fue a nivel económico que a su vez transforma las condiciones de producción y demanda alimentaria (Arizpe et al., 2021).

Esta transición ha incrementado la prevalencia de sobrepeso y obesidad que afecta a más del 70% de los adultos y a más de 1/3 de niños y adolescentes (Colchero et al., 2019). En donde el consumo de alimentos ricos en energía no esenciales representa el 26% de la ingesta energética total y se ha asociado con

una menor calidad nutricional de las dietas (Ríos-Reyna et al., 2022).

Por eso es crucial tener en cuenta cómo el sector alimentario afecta lo mencionado anteriormente. La Organización Mundial de la Salud (OMS) introdujo el concepto de reformulación de alimentos, el cual consiste en disminuir la cantidad de nutrientes no saludables en alimentos procesados como la sal, grasas saturadas, grasas trans y azúcar. Sin embargo, al hacer estos ajustes, es importante no comprometer otros aspectos como la calidad del producto, su textura, sabor y precio (Marrón et al., 2018).

Otro aspecto para considerar es que cuando se desea hacer un cambio en los productos como lo debería hacer el sector alimentario se debe tener en cuenta algunas consideraciones como es nutrición y salud, tecnología de los alimentos, legislación y perspectivas del consumidor y marco de la reformulación para que el producto final cuente con lo necesario para sobresalir de otro (Marrón et al., 2018).

Por lo tanto, este proyecto de elaboración de producto panificable de subproducto de mango con harina de grillo y quelite cenizo se abordará desde el aspecto de nutrición y salud. Debido a que se desea obtener un producto funcional disminuyendo la cantidad de grasas saturadas y grasas trans, al mismo tiempo que aumentar el contenido de proteína y fibra, proporcionando una alternativa de pan saludable y sustentable.

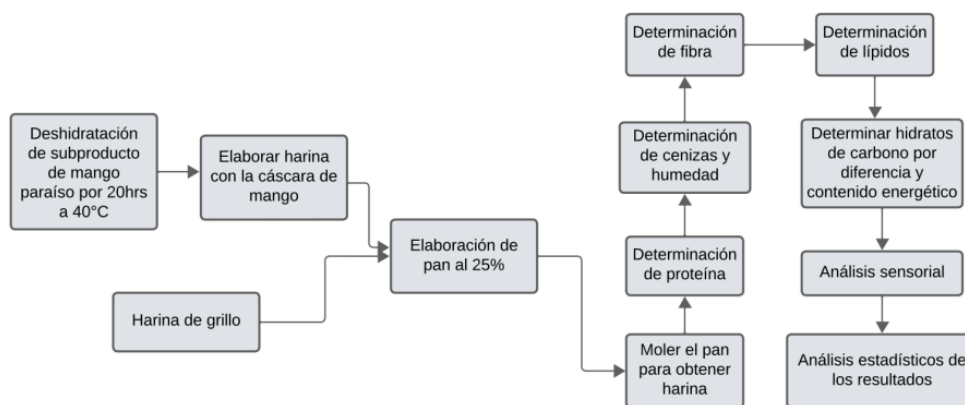


Fig. 1 Metodología de análisis proximal y deshidratación de los productos panificables

## 2. Metodología

En la Figura 1 se observa la metodología a seguir para evaluar la calidad nutrimental del producto panificable del subproducto de mango y harina de grillo. En donde la materia prima de subproducto de mango paso por un

proceso de deshidratación por 20 horas a 40°C posteriormente se realizó la molienda del producto, con respecto a la harina de grillo ya se contaba con la harina marca Insect Nutrition para ser utilizada. Se realizaron 2 panes de 100g con una sustitución del 25%, el primer

pan fue para el análisis proximal utilizando el método Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016), el segundo pan se utilizó para la prueba sensorial. De igual forma el producto panificable de subproducto de mango y quelite cenizo se llevó a cabo la misma metodología solo con la diferencia que el proceso de deshidratación del quelite cenizo fue de 24 h a 40°C.

Se realizó una evaluación sensorial, lo cual se seleccionaron 10 participantes de edades comprendidas entre los 37 y los 60 años para evaluar la aceptación de un producto panificable. Se llevó a cabo una prueba hedónica que constaba de 8 preguntas, cada una abordando entre 5 y 8 aspectos del producto. Durante la evaluación, se interrogaba a los participantes sobre el producto panificable sin revelar los ingredientes utilizados hasta el final de la prueba. Es importante destacar que la selección de los participantes se realizó de manera aleatoria, evitando así influenciar los resultados, únicamente se indagaba sobre posibles alergias alimentarias sin revelar detalles sobre los ingredientes hasta concluida la evaluación.

### 3. Resultados

En el análisis bromatológico junto con el método de Tukey realizado en los productos panificables se observó que el pan con harina de trigo (HT) tiene 12% de proteína, la muestra de subproducto de mango con grillo (MG) tiene 12.3% y la muestra de subproducto de mango con quelite (MQ) 11.3%, es decir, cuando se

adiciona un pan con MG hay un incremento de proteína del 3.16% y cuando se adicionó con quelite hay una reducción del 5.33% esto se debe a que este último principalmente aporta fibra. De igual forma, dentro del análisis se obtuvieron diferentes letras A, B, C en donde estas indican la ubicación de los datos en relación con la media, por ejemplo, tanto el pan de harina de trigo (HT) y subproducto de mango con grillo (MG) tuvieron la letra A, es decir, MG estadísticamente tiene mayor cantidad de proteína que el pan con subproducto de mango y quelite cenizo (MQ), sin embargo, al comparar el producto con (HT) la diferencia de beneficios es mínima (Figura 2).

Con los lípidos se observó que el pan (HT) tiene 2% la muestra de (MG) tiene 3.94% y la muestra (MQ) 2.39%, es decir, cuando se adiciona con grillo hay un incremento del 51% de lípidos esto se debe a que el grillo tiene 57.7% de lípidos monosacáridos los cuales estos son beneficiosos a la salud, en lugar de la grasa que comúnmente se utiliza en la panificación y cuando se adiciona con quelite hay una disminución del 8%, esto es porque su cantidad de lípidos presente en una planta es menor que en alimento de origen animal.

En fibra se observó que el pan (HT) tiene 1.41% la muestra (MG) tiene 4.19% y la muestra (MQ) 4.87%, es decir, cuando se adiciona con quelites cenizos hay un incremento de 245% y cuando se adiciona con grillo de igual forma hay un incremento de 197% de fibra en los productos de panificación realizados.



Fig. 2. Combinación de materias primas, subproducto de mango con quelite (MQ), subproducto de mango con grillo (MG) en una formulación de 30% y grillo con quelite al 25%.

En los hidratos de carbono se observó que el pan (HT) tiene 80% la muestra (MG) tiene 77.97% y la muestra (MQ) 80.14%, es decir, cuando se adiciona con quelites

cenizos hay un incremento de 2% y cuando se adiciona con grillo hay una disminución del 2.6%. De igual forma se realizó un análisis en el contenido energético (kcal)

provenientes de cada nutrimento. En Figura 3 se observan las calorías provenientes de cada nutrimento presente en los diferentes productos panificables, por ejemplo, al observar la cantidad de carbohidratos y comparar el control con MG y MQ se observa una disminución del 4% y 2% respectivamente quizá se tenga la idea de que esta disminución no fue significativa, pero es porque hubo un aumento en otros aspectos, que mejoran la calidad del producto, es decir,

estos carbohidratos son complejos los cuales son beneficiosos para la salud, debido a que cuentan con un bajo índice glucémico y en relación a esto, hubo un aumento de fibra en los dos productos elaborados al compararlos con el control en donde MG Y MQ obtuvo 5% y 4% respectivamente esta mejoría de igual forma ayuda a la disminución del índice glucémico y por ende a la disminución del desarrollo de enfermedades como la diabetes y enfermedades coronarias.

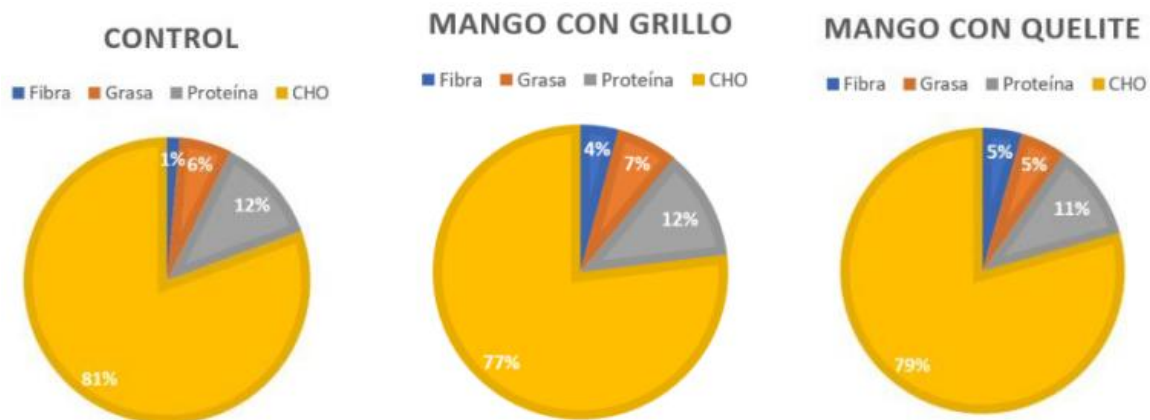


Fig. 2. Distribución energética de los productos (kcal).

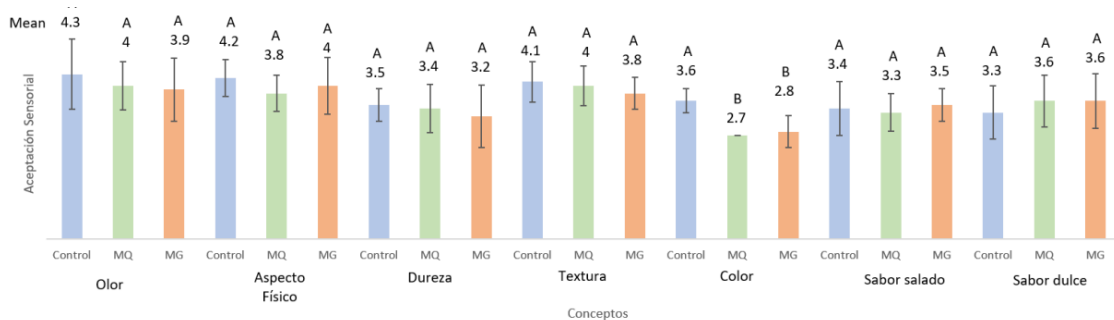


Fig. 3: Prueba de aceptación de características organolépticas de los productos panificables realizados. MQ, Mango con quelite; MG, Mango con grillo. Letras diferentes indican medias significativamente diferentes con  $P \leq 0.05$ .

Con respecto a los lípidos existe un aumento del 2% en MG y una disminución del 1% en MQ, con la proteína MG obtuvo 12% igual al control y MQ obtuvo 11% en comparación con el control, estos resultados hablando numéricamente quizá no son relevantes, pero, cuando se conoce la composición de estos ingredientes, se puede comprender que hay beneficios en el producto, por ejemplo, el cambio que se realizó de los lípidos impacta directamente a la salud. Por ejemplo, en el área industrial se utiliza normalmente margarina siendo

80% grasa, en comparación con la harina de grillo utilizada en donde 57% son monoinsaturadas los cuales son grasas saludables para el consumo de la población y con respecto a la presencia de grasa en los quelites se consideran monoinsaturadas.

Finalmente, con la adición de proteína es muy similar a los lípidos, quizá numéricamente no es significativo, pero si hubo cambio, el pan con MG esas proteínas son saludables ya que su composición de este animal es 65% proteínas, además, cuenta con todos los

aminoácidos esenciales igual que el trigo, pero con la diferencia que el grillo aumenta la presencia de valina y lisina, algo que en el trigo está en menor cantidad dando más beneficios al producto.

Estas variaciones brindan una mejoría al producto panificable, debido a que cuenta con ingredientes tradicionales mexicanos que aportan características específicas para el beneficio de la salud como es, poder antiinflamatorio, prevé enfermedades cardiovasculares y diabetes, además de mejorar la cicatrización y a la prevención del envejecimiento, disminuye el colesterol LDL entre otros aspectos. Se puede interpretar que la adición de ingredientes con fibra y proteína en productos panificables puede ser una estrategia poblacional para disminuir la prevalencia de ciertas enfermedades, debido que es muy importante considerar el estilo de vida de la población mexicana, en donde México, el consumo de productos panificables es alto.

Se realizó un análisis en los productos panificables para determinar su contenido nutricional para así con ayuda de la NOM-051 saber si los productos eran acreedores de sellos de advertencia. Los productos de panificación realzados no requieren sellos de advertencia, porque las kilocalorías totales de los productos son, HT 249 kcal, MG 253 kcal y MQ 253.9 kcal estando por debajo de la norma ( $\geq 275$ kcal totales), el sello de azúcar, HT presentó 7 g, MG 6.95 g y MQ 6.93 g de azúcar lo cual, no los hace acreedores del sello, con relación al de grasas no fue posible realizar este análisis, debido a que no se hizo la separación entre grasa trans y grasa saturada, porque considerando las materias primas probablemente este tipo de grasas no están presentes en los productos, con el sello de sodio, los productos panificables tienen 318 mg siendo inferior a la NOM-051, finalmente, en relación con las leyendas los productos no contienen edulcorantes ni cafeína.

Finalmente se realizó una prueba sensorial hedónica de los productos, en la Figura 4 se observa que de manera muy general, hubo un promedio de aceptación de 3.61% de una escala de 5 puntos, el olor el más aceptable fue de MQ con 4 puntos, el aspecto físico el más aceptado fue MQ con 4 puntos, sentían un poco más duro MQ 3.4 que MG 3.2, esto probablemente se deba a que por naturaleza los productos de animal suelen ser más crocantes o duros, y los quelites suelen ser suaves y más digeribles, se observó que MG tuvo 3.5 puntos y MQ 3.6 con respecto al sabor salado por otra parte, en sabor dulce hubo un promedio general

3.6 finalmente se preguntó con respecto al color, MQ 2.7 puntos y MG 2.8 de 5 puntos.

#### 4. Conclusiones

Los panes estudiados ofrecen a los individuos sanos o con enfermedades crónicas no transmisibles una alternativa más saludables. Los quelites y subproducto de mango contienen antioxidantes, compuestos fenólicos, flavonoides y minerales, grillos propiedades nutraceuticas como antioxidantes, antidiabéticas, antiobesidad y anticancerígenas. Los productos presentaron mejor calidad nutricional, específicamente en proteína (MG incremento de 3.16%), los lípidos (aumento del 51% de lípidos monosacáridos) los cuales ayuda a disminuir el colesterol LDL y aumentar HDL, fibra (MQ un aumento de 246%. Al realizar la prueba sensorial el pan fue aceptado por los consumidores, sin embargo, el color es algo en donde se puede hacer cambios. Comunicar los hallazgos obtenidos en este trabajo, podría servir como guía para futuros estudios similares, enfocadas en intervenir desde la perspectiva tradicional del país, así como desde aspectos ambientales y nutricionales, con el propósito de reducir la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles. Haciendo especial énfasis en la adición de fibra, proteína y minerales como estrategias clave.

#### Referencias

- AOAC (2016). Official methods of analysis of AOAC International (20 ed). AOAC International.
- Ibarra, L.S. (2016). Transición alimentaria en México. Razón y palabra. 20(94):162-79.
- Arizpe N, Cervantes-Parra, J.C., & Nieves P. 2021. Análisis integral de la dieta tradicional mesoamericana. Rednutrición. 811. 3.
- Colchero, M.A., Guerrero-López, C.M., Molina, M., & Unar-Munguía, M. (2019). Affordability of Food and Beverages in Mexico between 1994 and 2016. Nutrients. 11(1):78. 4.
- Ríos-Reyna, C., Díaz-Ramírez, G., Castillo-Ruiz O., Pardo-Buitimea, N.Y., & Alemán-Castillo, S.E. (2022). Policies and strategies to combat obesity in Latin America. Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social. 60(6):666-74.
- Marrón-Ponce, J.A., Sánchez-Pimienta, T.G., Louzada, M.L., & Batis, C. (2018). Energy contribution of NOVA food groups and sociodemographic determinants of ultra-processed food consumption in the Mexican population. Public health nutrition. 21(1):87-93.

## DESARROLLO DE UNA PASTA INTEGRAL HECHA A BASE DE HARINA DE MIJO Y MEZQUITE

*Susana E. Altamirano-Romo<sup>1\*</sup>, Jorge Gutiérrez-Tlahque<sup>2</sup>, Martha Rubio-Jaime<sup>1</sup>, Abril de María Montesinos-Bernal<sup>3</sup>*

### Resumen

El propósito de este trabajo fue desarrollar una pasta integral hecha a base de harina de mijo y mezquite, utilizada en la elaboración de un tipo de pasta conocida como fettuccine, el trabajo fue desarrollar dos formulaciones con cantidad diferente de mezquite, la formulación 1 fue (66.7% de mijo, 33.3% de mezquite), la formulación 2 (80% de mijo, 20% de mezquite) y la control con 100% trigo, se realizaron análisis bromatológicos de las pastas, en cuanto a humedad, proteínas, fibra, grasa y carbohidratos. Se realizaron pruebas de cocción a cada una de las formulaciones a diferentes tiempos de cocción, donde se evaluó la calidad de la pasta. Los resultados obtenidos para los parámetros de cocción señalan diferencia significativa con respecto al control en el caso de pérdida por cocción y porcentaje de hinchazón. De acuerdo con los resultados las pastas tipo fettuccine a base de mijo y mezquite presento un mayor contenido de fibra, cenizas al ser comparada con el control.

### Palabras claves:

Mezquite, mijo, pasta integral, fettuccine, pruebas de cocción.

### Abstract

The purpose of this work was to develop a wholegrain pasta made from millet and mesquite flour, used in the preparation of a type of pasta known as fettuccine, the work was to develop two formulations with different amounts of mesquite, formulation 1 was (66.7% millet, 33.3% mesquite), formulation 2 (80% millet, 20% mesquite) and the control with 100% wheat, bromatological analysis of pastas, in terms of moisture, protein, fiber, fat and carbohydrates were performed. Cooking tests were carried out on each of the formulations at different cooking times, where the quality of the pasta was evaluated. The results obtained for the cooking parameters was significant difference with respect to the control in the case of cooking order and swelling percentage. The fettuccine type pasta based on millet and mesquite had a higher fiber and ash content when compared to the control.

### Key words:

Mesquite, millet, wholegrain pasta, fettuccine, cooking test.

<sup>1</sup>Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas km 8.0 Celaya, Gto., 38124, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Agropecuarias, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas km 8.0 Celaya, Gto., 38124, México.

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas km 8.0 Celaya, Gto., 38124, México.

\*Autor de correspondencia: susana.ar@roque.tecnm.mx

## 1. Introducción

La enfermedad celiaca y la intolerancia al gluten y enfermedad celiaca es un trastorno causado por ingesta de gluten lo cual afecta y provoca daños al intestino delgado. Como parte del tratamiento de esta enfermedad se aplica una dieta la cual consta en evitar el consumo de productos que contengan gluten por naturaleza o por procedimientos de fabricación (González, 2017). Las pastas son un alimento tradicional en la dieta mediterránea, a base de cereales, que suele ser recomendada por su comodidad, palatabilidad y calidad nutricional. Se caracterizan por un índice glucémico bajo que se atribuye a las interacciones entre los dos principales componentes: almidón y proteína. Las formas básicas de los productos de pastas como espagueti, lasaña, macarrones y otros, no se han alterado mucho durante siglos. Se prepara una masa cuyo ingrediente fundamental es la harina de trigo del granular *durum* que se une con agua, se recomienda añadir sal, huevo y otros ingredientes para la elaboración de la masa, lo que conforma y se seca posteriormente para obtener un producto que se cuece en agua hirviendo antes de su consumo (Criollo-Feijoo et al., 2017).

Existe una amplia variedad de artículos en el mercado que se sustenta en harinas de trigo y otros cereales, cuyas características sensoriales son de gran aceptación por parte de los consumidores, que puedan atribuirse a la presencia de gluten en su estructura. A pesar de los beneficios del consumo de cereales, pueden provocar alergias e intolerancias alimenticias, siendo, de especial interés, la intolerancia al gluten y la celiacía. La elaboración de alimentos sin gluten derivados de cereales se enfrenta a diversos obstáculos tecnológicos que derivan de la ausencia de la funcionalidad del gluten (Castaño-Carvajal et al., 2019).

El mezquite se desarrolla en las regiones áridas y semiáridas de México, tiene múltiples usos, ya que su madera es usada como combustible, para construcción de cercas, sus vainas como forraje y como alimento para el hombre; produce resinas que tiene uso en la fabricación de pegamentos, barnices, mientras sus flores son importantes en la producción de miel (Rodríguez-Sauceda et al., 2014). La presencia de harina de mezquite promueve la formación de una red de gluten con menor fuerza y extensibilidad, donde el final una cohesión y elasticidad reducidas.

El mezquite es un recurso con amplia distribución geográfica y ecológica en zonas áridas mexicanas.

Para las etnias nómadas precolombinas fue y sigue siendo útil. Lo utilizan como fuente de alimento, combustible y uso medicinal. En la actualidad se le considera con potencial como forraje, material de construcción y combustible; proporcionan sitios para recreación humana, refugio de fauna silvestre, fuente de néctar para abejas y otros insectos, es importante también en la retención del suelo, ya que previene el proceso de desertificación. Su cultivo y mejoramiento han sido recomendados por varios autores (Rodríguez-Sauceda et al., 2014).

El mijo perla ha mostrado ser un forraje de buena calidad nutritiva, equiparándose e incluso superando frecuentemente la calidad del forraje de maíz y el sorgo, tanto en digestibilidad como en contenido de proteína. Así mismo, es un forraje que presenta buen comportamiento de rebrote después de ser cortado en estados tempranos de desarrollo. A pesar de las ventajas que muestra el mijo perla, es importante determinar la posibilidad de cosecharlo en forma muy temprana, ya sea para ensilarlo o para henificarlo, con el fin de reducir el periodo en que el cultivo permanece expuesto a las condiciones ambientales (Urrutia et al., 2014).

Se concede este nombre a aquellos alimentos que se consumen como parte de una dieta habitual y contienen componentes biológicamente activos, los cuales otorgan beneficios para la salud y disminuyen los riesgos de sufrir enfermedades. Entre algunos ejemplos de alimentos funcionales, se encuentran: los alimentos que contienen ciertos elementos minerales, vitaminas, ácidos grasos o fibra dietética, y los alimentos que añaden sustancias biológicamente activas (fotoquímicas u otros antioxidantes) (Navarrete-Jaramillo, 2015). El propósito de este trabajo fue desarrollar una pasta integral hecha a base de harina de mijo y mezquite, utilizada en la elaboración de un tipo de pasta conocida como fettuccine.

## 2. Metodología

Se utilizaron los siguientes materiales, el mezquite (*Prosopis laevigata*) utilizado fue obtenido de la comunidad de Juventino Rosas, con coordenadas 20°49' y 20°33' de latitud norte; los meridianos 100°51' y 101°08' de longitud oeste. El mijo utilizado fue el mijo perla (*Pennisetum glaucum* L.), obtenido de la central de abasto de Celaya Guanajuato, con coordenadas 100°48' 55" de longitud oeste y 20°31'40" de latitud norte. Las harinas de mijo y mezquite se elaboraron por separado las cuales fueron pasadas por malla 60 para

obtener un tamaño de partícula adecuado para su homogenización y se mezclaron para obtener la pasta.

El contenido de grasa se determinó por el método de Goldfish y equipo (NOVATECH, Modelo 6F-6, Polonia); La de humedad fue determinada por la desecación hasta peso constante una estufa de convección natural (marca Memment, modelo UF110, Alemania), de acuerdo con la metodología de la norma NOM-211-SSA1-2002. El contenido de proteína fue realizado usando el método Kjeldahl de acuerdo con la metodología NMX-F-068-S-1980. Para la determinar el contenido de minerales, los crisoles de porcelana fueron llevados a peso contante en condiciones de temperatura de 550°C en una mufla hasta su calcinación, de acuerdo con la metodología 923.03 de la AOAC (1990). La fibra se determinó por el método de la AOAC (1995), con modificaciones.

En la evaluación de la calidad de las pastas las propiedades de cocción es muy importante, ya que estos son parámetros fundamentales e índices comúnmente empleados por los consumidores y por las industrias productoras en generales de distintas pastas alimenticias (Florez et al., 2017) y los pasos seguidos fueron : pesar 25 g de pasta seca y agregar en 500 mL de agua en ebullición y determinar el tiempo de cocción. Determinando el tiempo desde que se introdujo hasta sacarla, para lo cual se tomaron 3 pastas de 6.5 cm de largo a cada 4 min transcurrido y se presionó entre dos portaobjetos hasta la desaparición del núcleo central blanco, lo que indica que la pasta está completamente cocida (Martínez, 2008).

La pérdida por cocción fue realizada con el método 66-50 de la AOAC (2000) y se pesaron 25 g de cada formulación de pasta seca y se agregaron 500 mL de agua en ebullición. El agua de cocción de cada formulación de fettuccine, se colectó después de cada tiempo óptimo de cocción y se evaporó en una estufa a 100 °C durante 24 h. el residuo se pesó y se reportó como el porcentaje de sólidos totales perdidos en el agua de cocción (Ovando, 2008).

Para el porcentaje de hinchamiento de cada uno de los tratamientos, se tomaron 25 g de pasta seca y se sometieron a su tiempo óptimo de cocción, se escurrió el líquido de cocción y se dejó enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente. Seguidamente, se registró el peso de la pasta cocida (drenada) y pasta seca, utilizando una balanza analítica. El porcentaje de

hinchamiento de las pastas se calculó empleando la siguiente relación (Criollo et al., 2017): % de Hinchamiento =  $(\text{Peso pasta cocida} - \text{Peso de la pasta seca}) / (\text{Peso de la pasta seca}) \times 100$

### 3. Resultados

Las muestras que se analizaron fueron: M1 (Pasta a base 66.7% mijo, 33.3% mezquite), M2 (80% mijo, 20 % mezquite) y la C (100% trigo integral). En la Tabla 1 se puede apreciar una diferencia estadísticamente significativa entre las muestras M1, M2 y C, para las variables de humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra y carbohidratos. En las pastas elaboradas con harina de mijo-mezquite, donde la muestra M1 presentó mayor contenido de grasa, mientras que la muestra control presentó mayor contenido de humedad, proteína y fibra. De acuerdo a los resultados el contenido de humedad de las pastas se incrementó en la muestra C con un valor de 9.26%. no se observó diferencia en relación con las pastas elaboradas con harina de mijo-mezquite, según la NMX-F-023-S-1980, la cual establece el porcentaje de humedad debe ser del 0-14% se observa que a medida que se incrementa la cantidad de mijo, la humedad disminuye. Se puede inferir que el contenido de humedad es la conexión existente entre el peso del agua el peso total del alimento.

También se aprecia que existe una diferencia significativa en las tres muestras, de acuerdo con la norma NMX-F-023-S-1980, que declara que el porcentaje de cenizas debe ser máximo de 0.7-1.2%, en el presente trabajo se observó que la que obtuvo un mayor porcentaje fue la M2, que contiene 80% mijo, 20% mezquite. De acuerdo con (López et al., 2008) el mijo posee un alto contenido de hierro, calcio, fósforo, potasio, sodio, magnesio, zinc y manganeso, además se puede observar que la pasta de mijo y mezquite mejoraron su calidad nutricional, ya que aumenta significativamente el contenido de minerales con respecto a la muestra control. Para el contenido de proteína no se encontró diferencia significativa en las muestras M2, C, de acuerdo con Fuentes (2011) establece que el mijo es rico en proteína y que, de acuerdo con la normativa, se requiere cumplir con un mínimo de 11%, y la pasta M2 elaborada con mijo-mezquite contiene 8.61%, lo cual se debe al aporte de proteína, vitaminas y minerales que contiene el mijo (Blandón, 2019).

Tabla 1. Análisis bromatológicos de la pasta.

Muestras	Humedad	Cenizas	Proteína	Grasa	Fibra	Carbohidratos
M1	7.6b ± 0.02	2.6b ± 0.05	4.8b ± 0.4	6.7a ± 0.20	43.1a ± 0.9	35.0b ± 0.7
M2	6.9b ± 0.7	2.9a ± 0.02	9.3a ± 2.3	4.2a ± 0.43	37.7b ± 0.05	38.7a ± 3.0
C	9.2a ± 0.05	0.8c ± 0.0	10.1a ± 0.98	4.5b ± 0.05	21.1c ± 2.0	53.9a ± 0.9

M1: Pasta a base 66.7% mijo, 33.3% mezquite, M2: 80% mijo, 20 % mezquite y la C: 100% Trigo integral. \*Valores con diferente letra indican que existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos de acuerdo con la prueba de comparación de medias de LSD con un valor de  $P \leq 0.05$ . C.V. coeficiente de variación.

Tabla 2. Evaluación de la calidad de la pasta.

Muestras	Tiempo óptimo de cocción (min)	Perdida por cocción (%)	% de hinchamiento
M1	13	4.13 c	109.51 b %
M2	12	5.01 a	98.44 b %
C	14	2.41 b	128.57 a %

M1: Pasta (66.7% mijo, 33.3% mezquite); M2: (80% mijo, 20 % mezquite); C pasta 100% trigo.

Para el contenido de grasa nos encontramos diferencia significativa entre las formulaciones con mijo y mezquite, este contenido de grasa de las pastas fue menor que el indicado lo que podría favorecer la estabilidad durante el almacenamiento del producto (Granito et al., 2014). Se observa que los valores de grasa obtenidos en el presente trabajo fueron directamente proporcional a la cantidad de harina de mezquite, donde M1 con 33.3% de mezquite la que obtuvo un mayor porcentaje de grasa. En cuanto al contenido de fibra se encontró diferencia significativa, siendo que los alimentos con mayor contenido de fibra demuestran una mayor masticabilidad, observándose esta característica en la muestra M1 que contiene 66.7% mijo, 33.3% mezquite, al aumentar harina de mijo disminuye el contenido de fibra lo cual indica un aumento en carbohidratos (Odry & Elba, 2018). Las pastas elaboradas con mijo y mezquite, donde la vaina de mezquite proporciona fracciones de fibra soluble e insoluble, la fibra soluble es fermentada y sus principales efectos fisiológicos se relacionan con la disminución de los niveles sanguíneos de glucosa y colesterol, así mismo como con el desarrollo de la flora intestinal. La fibra insoluble es poco fermentable, siendo sus principales propiedades la regulación de los hábitos intestinales y su marcado efecto laxante (Román-Pérez, 2016).

En la prueba de evaluación de la calidad de la pasta el tiempo óptimo de cocción de los fettuccine se presenta en la Tabla 2 y se observa que el tiempo óptimo de cocción para los fettuccine es mayor para la pasta C. El tiempo de cocción dependerá del tipo y del grosor de la pasta, de las características del agua y del gusto del

consumidor. Para conseguir la pasta "al dente" por regla general tiene que hervir de 8 a 15 minutos, y debe quedar cocida pero todavía dura por dentro al probarla (Frauca-Moreno y Herrea-Cañas, 2014). De acuerdo a los tiempos de las pastas realizadas con harina de mijo y mezquite estuvieron entre esos tiempos la pasta M1 que contiene (66.7% mijo, 33.3% mezquite) obtuvo un tiempo de 13 minutos ya que debido al debilitamiento de la pasta si se deja por más tiempo la pasta empieza a deshacerse, es por eso que es esencial que al momento de pensar en sustituir el gluten se tenga como materia prima otros cereales con un alto contenido de proteína para formar una estructura fuerte y lo más similar a las pastas de trigo (Frauca-Moreno & Herrea-Cañas, 2014). La determinación de las pérdidas por cocción es ampliamente utilizada como un indicador de la calidad de las pastas (baja cantidad de sólidos en el agua de cocción indica alta calidad de la pasta). En pastas elaboradas con trigo se considera que las pérdidas por cocción están relacionadas con el desarrollo o no de una red proteica, a partir del gluten. Las pérdidas por cocción de los fettuccine se muestran en la Tabla 2, se observa que las tres muestras se encontró diferencia significativa se observó un menor porcentaje de pérdida por cocción en la pasta C de acuerdo con (Martínez, 2010) los valores de pérdida por cocción deben ser próximos a un 7% y no deben superar el 8%, pero desde luego, tanto las materias primas usadas, como el proceso de elaboración y el método de secado al que fueron sometidas las pastas pueden afectar cuantitativamente este parámetro. De modo que, para las muestras evaluadas, todos los residuos de cocción

se podrían considerar aceptables. Se considera que el índice de hinchamiento es la relación entre el peso de la muestra cocida y el peso de la muestra seca, como se observa en la Tabla 2, no se encontró diferencia en las muestras M1 y M2. Según Ramírez en el 2015, una pasta debe de hincharse el doble de su volumen a los 10 minutos de ser hervida, este debe mantener su forma, firmeza sin ponerse pastosa y desintegrarse.

#### 4. Conclusiones

Se elaboraron dos formulaciones diferentes de pastas tipo fettuccine a base de una mezcla de harina de mijo y mezquite, de acuerdo con los resultados la M1 (66.7% mijo, 33.3% mezquite), fue la que presentó mayor contenido de fibra y grasa, en comparación con la C (100% harina de trigo), además la M2 (80% mijo, 20% mezquite), presentó mayor contenido de cenizas y la C (100% trigo), presentó mayor contenido de proteína y humedad así mismo la pasta que resultó más nutritiva fue la C.

Para la evaluación de la calidad de la pasta debe tener un mínimo de tiempo de cocción menor, una menor pérdida de cocción por lo cual de acuerdo con los resultados la pasta que obtuvo un menor tiempo de cocción fue la M2 (80% mijo, 20% mezquite) y C (100% harina de trigo) tuvo una menor pérdida.

#### Referencias

- Blandón M. (2019). Desarrollo y formulación de pastas libre de gluten. Tesis Licenciatura, Escuela Agrícola, Zamorano, Honduras.
- Castaño-Carvajal, M.F., Correa Giraldo, D. & Aguado Laverde, L.M. (2019). Elaboración de productos tipo tallarín libres de gluten y evaluación de sus propiedades fisicoquímicas. Rev. U.D.C.A Art. & Div, 1-7.
- Criollo-Feijoo, J., Martínez Mora, E., Silverino Calderón, C. & Diaz Torres, R. (2017). Prueba de cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo- almidón de banano. Cumbres, 63-73.
- Florez, E.J., Ortega G., L.M., & Rincones M., E.E. (2017). Evaluación nutricional y sensorial de pastas alimenticias elaboradas con sémola de trigo (*Triticum durum*) y harina de ahuyama (*Cucurbita maxima duch*). Rev. Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 25 (42).
- Frauca-Moreno, D. & Herrea-Cañas, F.B. (2014). Elaboración de pastas alimenticias a partir de harinas de amaranto (*Amaranthus sp*) y soja (*Glycine max*), su análisis sensorial y bromatológico. Tesis licenciatura, Universidad Dr. José Matías Delgado, Antiguo Cuscatlán La Libertad, El Salvador.
- González-Torres, L.G. (2017). Elaboración de harina de banano verde para la formulación de pastas dirigidas a personas con intolerancia al gluten. Tesis Licenciatura, Universidad Rafael Landívar, Guatemala de la Asunción.
- Granito, M., Pérez, S. & Valero, Y. (2014). Calidad de cocción, aceptabilidad e índice de pasta larga enriquecida con leguminosas. 41(4). DOI: 10.4067/S0717-75182014000400012.
- López, S., Kairuz, M.N., & Nader-Macias, M.E. (2008). Evaluación nutricional, microbiológica y sensorial de mijo y productos elaborados a partir de harina de mijo. La alimentación latinoamericana. (273) 54-59. ISSN: 0325-3384.
- Navarrete-Jaramillo, A.A. (2015). Elaboración y caracterización de pasta funcional con adición de harina de bagazo de uva. Revista chilena de nutrición. Tesis Licenciatura, Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Odry, V., & Elba, S. (2018). Perfil de textura instrumental y sensorial de pastas elaboradas con *Cajanus cajan* fermentada. Rev. Fac, Farm. 60(1) 31-36.
- Ovando-Martínez, M. (2008). Pasta adicionada con harina de plátano: digestibilidad y capacidad antioxidante. Tesis Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Yautepec, Morelos, México.
- Román-Pérez, H.R. (2016). Bromatología de la vaina de mezquite (*Prosopis spp.*) como alternativa para consumo sustentable en la comarca lagunera. Tesis Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.
- Ramírez Ch., A.M. (2015). Evaluación de características físicas, químicas y sensoriales de pasta fettuccine con sustitución parcial de la harina de trigo por almidón de yuca y cascara de huevo, Tesis Licenciatura, Escuela agrícola panamericana, Zamorano, Honduras.
- Rodríguez-Sauceda, E.N., Rojo Martínez, G.E., Ramírez, B., Cong Hermida, M.d., Martín, S. & Piña Ruiz, H.H. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex.Willd) 10(3), 173-193.

Urrutia-Morales, J., Hernández-Alatorre, A., Cervantes-Becerra, J.F. & Gámez- Vázquez, H. (2014). Características nutricionales del forraje de mijo

perla en cuatro estados fenólicos. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 5(3), 321-330.

## SEGURIDAD ALIMENTARIA

### FACTORES MORFOLÓGICOS EN CONDICIONES LIMITANTES DE AGUA EN FRIJOL

Jenny Rodríguez-Rodríguez<sup>1</sup>, Glenda M. Gutiérrez-Benicio<sup>2\*</sup>, Gabriela González-Gonzalez<sup>2</sup>, Liliana Gasca-Valadez<sup>3</sup>, César L. Aguirre-Mancilla<sup>1</sup>

#### Resumen

El frijol contiene alto valor nutritivo, en México se consume más de un millón de toneladas anualmente, la producción podría estar afectada, puesto que el frijol se considera uno de los cultivos más vulnerables al cambio climático. Comprender los mecanismos fisiológicos y morfológicos de este cultivo en condiciones de restricciones hídricas, es crucial para desarrollar estrategias para mejorar la resiliencia de cultivos y promover la nutrición humana. En este estudio se evaluaron parámetros morfológicos en frijol lima, bajo dos regímenes hídricos, 20% y 60% de capacidad de campo, en etapa vegetativa (V4) y reproductiva (R6). Los resultados muestran diferencias significativas en la condición limitante de agua (20%), tienden a acumular mayor cantidad de biomasa y reducción de altura respecto a las condiciones no limitantes, lo que podría indicar que esta especie de frijol posee mecanismos que le permiten adaptarse a bajos regímenes hídricos y realizar un uso eficiente del agua.

#### Palabras clave

Factores morfológicos, frijol, biomasa

#### Abstract.

Beans have a high nutritional value. In Mexico, more than one million tons are consumed annually. Production could be affected, since beans are considered one of the most vulnerable crops to climate change. Understanding the physiological and morphological mechanisms of this crop under water restriction conditions is crucial to develop strategies to improve crop resilience and promote human nutrition. In this study, morphological parameters were evaluated in lima beans under two water regimes, 20% and 60% of field capacity, in the vegetative (V4) and reproductive (R6) stages. The results show significant differences in the water-limiting condition (20%), they tend to accumulate a greater amount of biomass and a reduction in height compared to non-limiting conditions, which could indicate that this bean species has mechanisms that allow it to adapt to low water regimes and make efficient use of water.

#### Keywords

Morphological factors, bean, biomass

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas km 8.0 Celaya, Gto., México C.P. 38110.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas km 8.0 Celaya, Gto., México C.P. 38110.

<sup>3</sup>CBTA 175, Apaseo el grande, Gto., México.

\*Autor de correspondencia: [glenda.gb@roque.tecnm.mx](mailto:glenda.gb@roque.tecnm.mx)

## 1. Introducción

El frijol es considerado “un alimento casi perfecto” debido a su alto contenido en proteínas, cantidades sustanciales de fibra y carbohidratos complejos. El consumo de una porción de frijoles también contribuye a aproximadamente el 50% de los niveles diarios recomendados de ácido fólico, 25-30% de hierro, 25% de magnesio y cobre y 15% de potasio y zinc (Kimani y col., 2023). Anualmente se consumen alrededor de 25 millones de toneladas, en todo el mundo. En México, el frijol es el tercer cultivo de mayor importancia por la superficie sembrada, con 7.9% del total en el año agrícola, por su parte, el consumo de frijol en México durante el ciclo comercial oct-2020/sep-2021 se estimó en 1.061 millones de toneladas. El rendimiento promedio en riego se ubicó en 1.76 toneladas por hectárea y en temporal en 590 kg por hectárea (FIRA, 2022). La exposición del frijol a altas temperaturas y estrés hídrico afecta particularmente la producción del cultivo. Entre las limitaciones ambientales, el estrés hídrico es una amenaza importante para las plantas. Hoy en día, la escasez de agua figura como un grave problema mundial que pone en peligro el objetivo de lograr una agricultura sostenible. En las plantas, el estrés hídrico induce graves alteraciones en los procesos fisiológicos y morfológicos, lo que afecta las funciones vitales y, en última instancia, provoca una fuerte disminución de la producción agrícola. Lo más evidente es que el déficit de agua se acompaña de un retraso en el crecimiento y la inhibición de diversos procesos metabólicos, como la fotosíntesis, la respiración, la absorción/translocación de iones y asimilación de nutrientes (Taoufik y col., 2021). Por lo tanto, este estudio se realizó para evaluar los parámetros morfológicos en plantas de frijol lima en condiciones limitantes (20%) y no limitantes de agua (60%) de su capacidad de campo, en dos etapas fenológicas, vegetativa V4 y reproductiva R6.

## 2. Metodología

Se germinaron semillas de frijol lima (*Phaseolus lunatus*) en cámaras de germinación por 5 días a 28°C, posteriormente se trasplantaron en sustrato Peat Moss Sunshine mezcla #3 y se sometieron a dos tratamientos de régimen de riego constante al 20% y 60% respecto a su capacidad de campo, las plantas se desarrollaron en invernadero. Las mediciones de los parámetros morfológicos se tomaron en la etapa V4 y R6, los cuales fueron: Área foliar, la cual se obtuvo de un trifolio, usando la aplicación de Petiole pro. Altura de la planta, se siguió el procedimiento descrito por Ruiz-Nieto (2015), se midió considerándose la distancia expresada en cm desde la

base del tallo hasta el meristemo apical. Altura del dosel, se midió como la distancia expresada en cm, entre el meristemo apical y la base del último trifolio correspondiente a la mayor proporción del follaje total. Contenido Relativo de Agua (CRA), se siguió el procedimiento descrito por Gutierrez-Benicio, y col., (2016) se colectó en cada una de las unidades experimentales una muestra circular de 1.5 centímetros de diámetro, se registró el peso fresco, se saturaron con agua durante 18 h a temperatura ambiente y se registró el peso saturado, finalmente se secaron en un horno a 80 °C durante 24 h y se tomó el peso seco y se calculó el CRA. Número de entrenudos, se contabilizó el número de entrenudos considerando desde el nudo vital hasta el meristemo apical. Biomasa, se siguió el procedimiento descrito por Ruiz-Nieto (2015), se evaluó la biomasa total expresada en gramos y ésta se fraccionó en las correspondientes al follaje y a la raíz, para lo anterior se separó la planta en follaje y raíz a partir del nudo vital, cada sección se envolvió con papel aluminio, al cual se hicieron orificios para permitir la salida de agua en forma de vapor y se pesó cada parte en fresco. Posteriormente las muestras se secaron en una estufa a 90 °C durante toda la noche. Al día siguiente se pesó cada muestra y la biomasa se obtuvo de la diferencia entre el peso fresco y el seco.

## 3. Resultados

La mayor área foliar se produjo en los tratamientos que no se encontraban bajo condiciones limitantes de agua, es decir al 60%, con 625 cm<sup>2</sup> en la etapa vegetativa y 1351 cm<sup>2</sup> en la etapa reproductiva (Fig. 1). Sin embargo, en la etapa vegetativa no se observan cambios significativos en las plantas que fueron sometidas a condiciones limitantes de agua (20% respecto a CC) en comparación con las que no están en condiciones limitantes (60% respecto a CC), lo cual indica que en la etapa V4 las plantas tienen la misma capacidad fotosintética y por lo tanto un crecimiento y desarrollo similar.

En cuanto a las cantidades generadas de biomasa (Fig. 2) en la etapa R6 se generaron mayores cantidades de biomasa 17.33 g, en ambas condiciones de agua, tanto limitantes como no limitantes, esto puede atribuirse a que, en condiciones limitantes de agua, la planta desarrolla una raíz más grande en busca de recurso hídrico, desarrolla un follaje menor, lo cual es consistente con los resultados obtenidos en la figura 1, pero una raíz mucho más grande. En la etapa V4 los resultados obtenidos no

muestran cambios significativos ( $P \leq .05$ ) en ambas condiciones de agua.

La mayor altura de la planta (Fig. 3) se produjo en la etapa R6 y en condiciones no limitantes de agua (60%) con 143 cm, significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) al tratamiento sometido a una condición limitante de agua (20%), 59 cm, lo cual es consistente con la altura de dosel (Figura 4) y también corresponde al mayor número de entrenudos generados (Figura 5). En la etapa V4 a diferencia de la

etapa R6 no se observan cambios significativos en ambas condiciones de agua (20% y 60%) lo cual es consistente con los resultados obtenidos de área foliar (Figura 1), lo cual indica que las plantas en esta etapa mantienen un crecimiento y desarrollo similar bajo condiciones limitantes y no limitantes de agua, 20% y 60%, respectivamente. La altura de la planta está relacionada con un mayor rendimiento del cultivo.

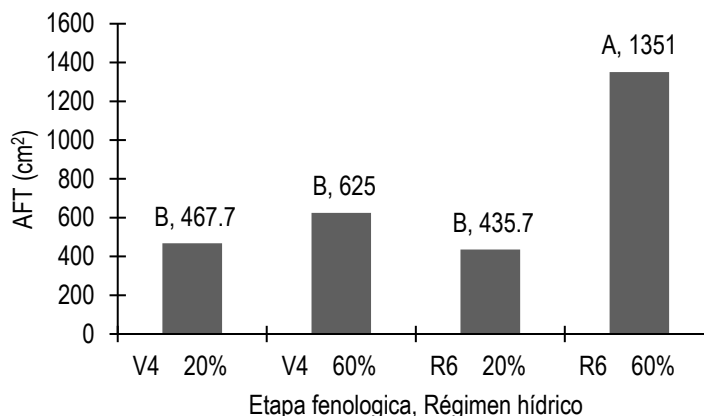


Fig.1. Área foliar total (cm²) en etapas fenológicas V4 y R6, régimen hídrico 20% y 60%. Frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.). Valores con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey ( $P < 0.05$ ).

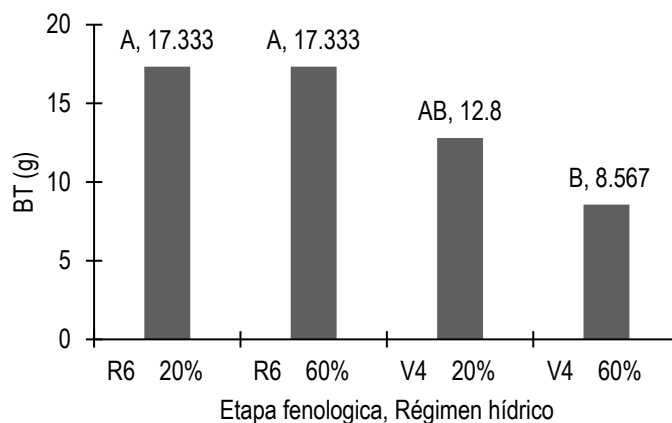


Fig. 2. Biomasa total (g) en etapas fenológicas V4 y R6, régimen hídrico 20% y 60%. Frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.). Valores con la misma son estadísticamente iguales Tukey ( $P < 0.05$ ).

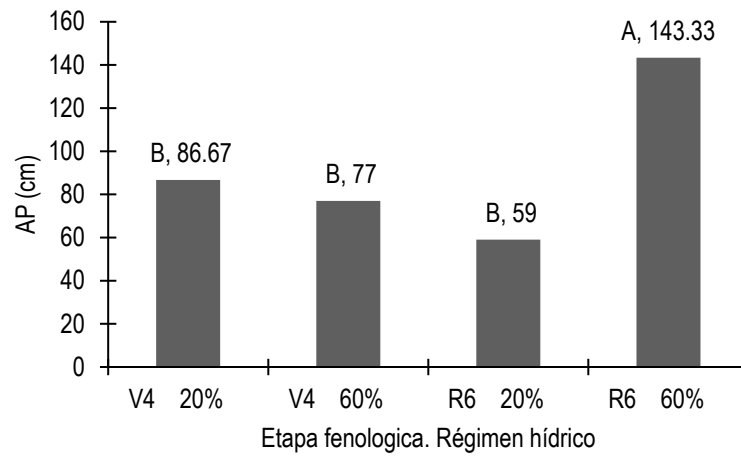


Fig. 3.- Altura de la planta (cm) en etapas fenológicas V4 y R6, régimen hídrico 20% y 60%. Frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.). Valores con la misma letra dentro de hileras de promedios son estadísticamente iguales Tukey ( $P < 0.05$ ).

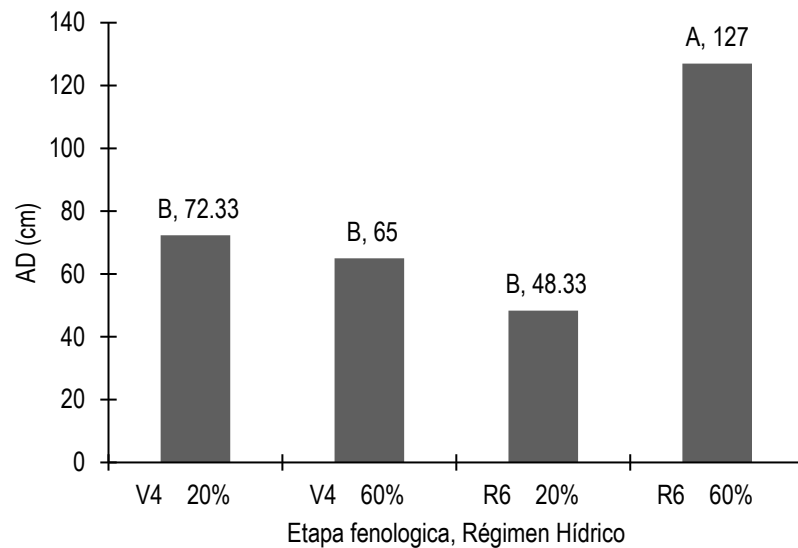


Fig. 4. Altura de dosel (cm) en etapas fenológicas V4 y R6, régimen hídrico 20% y 60%. Frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.). Valores con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey ( $P < 0.05$ ).

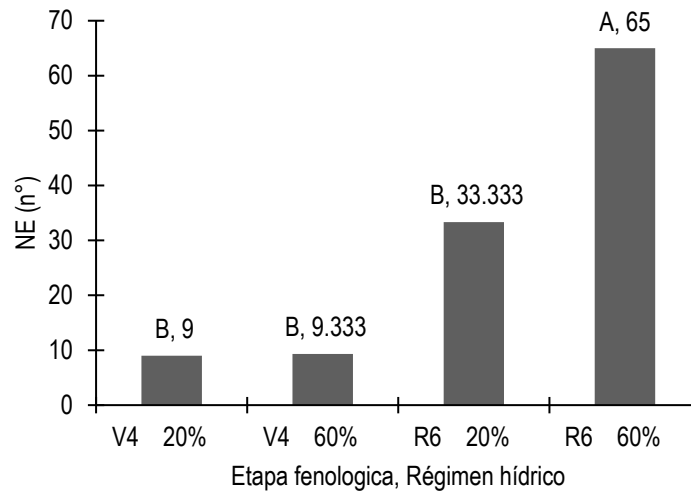


Fig. 5. Entrenados (n°) en etapas fenológicas V4 y R6, régimen hídrico 20% y 60%. Frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.). Valores con la misma letra dentro de hileras de promedios son estadísticamente iguales Tukey ( $P < 0.05$ ).

Respecto al CRA en hoja (Fig. 6) en la etapa vegetativa, no se observan cambios significativos ( $p < 0.05$ ) tanto en condiciones limitantes como no limitantes de agua, 20% y 60% respectivamente, lo que indica que *P. lunatus* es capaz de mantener la turgencia y una asimilación de  $CO_2$  constante en esta etapa, ocurre lo contrario en la etapa

R6, el CRA disminuye significativamente conforme disminuye el recurso hídrico, de 94% a 83%, lo que indica que en esta etapa *P. lunatus* ya no mantiene el mismo nivel de hidratación en las células y es posible que pierda más agua en procesos como la transpiración.

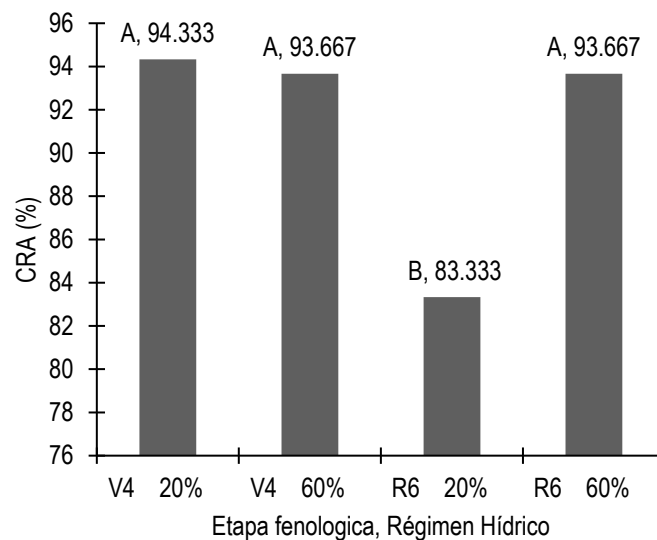


Fig. 6. Contenido relativo de agua (CRA) en etapas fenológicas V4 y R6, régimen hídrico 20% y 60%. Frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.). Valores con la misma letra dentro de hileras de promedios son estadísticamente iguales Tukey ( $P < 0.05$ ).

#### 4. Conclusiones

Los cambios más significativos se presentaron en la etapa reproductiva en todos los parámetros medidos, pero ocurre lo contrario en la etapa vegetativa, que demostró ser la etapa con mayor actividad y donde *P. lunatus* demuestra que es capaz de adaptarse a las condiciones limitantes de agua especialmente en el CRA en hoja ya que mantiene sus niveles de hidratación en las hojas aun en condiciones limitantes de agua, en cuanto al área foliar *P. lunatus* se mantiene sin cambios significativos durante esta etapa. Una mayor área foliar conduce a una mayor fotosíntesis y en última instancia a un mejor rendimiento, también genera una producción mayor de biomasa, mayor altura de la planta, mayor dosel y número de entrenudos, lo cual es consistente con otros trabajos ya reportados. Se observa que *P. lunatus* posee mecanismos que le permiten adaptarse a las condiciones limitantes de agua, especialmente en la etapa con mayor actividad, la etapa vegetativa, sin embargo, se necesitan más estudios que permitan dilucidar estos mecanismos de respuesta ya que es urgente desarrollar estrategias destinadas a producir alimentos nutritivos en escenarios de cambio climático, incluida la identificación de

genotipos ricos en nutrientes esenciales con características que promuevan la salud incluso cuando se cultivan con suministros de agua subóptimos.

#### Referencias

- FIRA. . (2022). Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Panorama agroalimentario. Frijol 2022, 1-23.
- Gutierrez-Benicio, G.M. Ramírez-Pimentel, J.G. Acosta-Gallegos, J.A. Aguirre-Mancilla, C.L. Raya-Perez, J.C. et al. (2016). Identification of a set of genes from genotypes of common bean tolerant and susceptible to water stress for a macroarray-based selection strategy. *Biologia plantarum*, 496-504.
- Kimani, P.N. Naresh Kumar, S. Harit, R.C. Kumar, Y. (2023). Physiological Response of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to Varying Temperature and Irrigation Regimes. *Legume Research- An International Journal*, 584-591
- Ruiz-Nieto, J.E. (2015). Factores genéticos asociados al uso eficiente del agua en frijol. *Celaya*.
- Taoufik, A.& Chedly, A. (2021). Biochemical responses of digitaria commutata and cenchrus ciliaris to water stress: antioxidative reactions, proline and soluble sugars accumulation. *Bioagro*, 171-180

## SEGURIDAD ALIMENTARIA

### AVANCES Y PERSPECTIVAS DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

María Victoria Rodríguez García<sup>1\*</sup> y Laura Isabel Pérez García<sup>2</sup>

#### Resumen

Diversos estudios han confirmado el uso de recubrimientos comestibles como una de las tecnologías con mayor potencial para mejorar la calidad y seguridad de los alimentos frescos o mínimamente procesados. Tecnología que ha contribuido a prolongar la vida de los alimentos. Estos recubrimientos están formulados a partir de carbohidratos, proteínas o de ciertos materiales con propiedades físicas y mecánicas que se asemejan poco a pocas de su tamaño; además, funcionan como barreras bioactivas debido a su actividad antimicrobiana, protección a la luz UV y visible, y conservan también la estabilidad de antioxidantes, lo que contribuye a la mejora del producto. Se llevó a cabo una revisión de literatura científica seguido de una síntesis de la información para analizar el alcance que estos recubrimientos pudieran tener al emplearse en alimentos.

#### Palabras claves:

Recubrimientos comestibles, productos alimenticios, ingredientes activos, barreras, vida útil, propiedades.

#### Abstract

Several studies have confirmed the use of edible coatings as one of the technologies with the greatest potential to improve the quality and safety of fresh or minimally processed foods. Technology that has contributed to prolonging the life of food. The coatings are composed of carbohydrates, proteins or some materials with physical and mechanical properties similar to non-biodegradable packaging, even functioning as bioactive barriers with antimicrobial activity, protection against UV rays and visible light, and are also capable to maintaining stability of antioxidants, which contributes to improving the characteristics of the product. A review of the scientific literature was carried out followed by a synthesis of the information to analyze the scope that these coatings could have when used in foods.

#### Key words:

Edible coatings, food products, active ingredients, barriers, shelf life, sensory, properties.

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Agropecuarias, Tecnológico Nacional de México en Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, Km.8, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México en Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, Km.8, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.

\*Autor de correspondencia: maria.rg@roque.tecnm.mx

## 1. Introducción

Actualmente, el consumidor exige la comodidad de los alimentos envasados con las características nutrimentales, fisicoquímicas y fitoquímicas de los productos frescos. A su vez, los productos frescos son sensibles al deterioro causado por la acción de microorganismos, de factores fisicoquímicos ambientales y por la actividad biológica en el propio alimento. Así, en condiciones de competencia del mercado, la industria alimentaria moderna está animada a garantizar la integridad de la calidad de los productos desarrollando nuevas tecnologías de envasado. Sin embargo, se debe considerar el obtener no solo alimentos de alta calidad, sino también de textura, sabor y/o aroma, valor nutritivo y seguridad. Los envases empleados en la industria alimentaria han provocado el aumento en la contaminación del ambiente (Olivas & Barbosa-Cánovas, 2009).

Los materiales de recubrimiento, en los últimos años, han sido un área de enfoque para muchas tecnologías que han intentado extender la vida útil del alimento, así como asegurar la calidad y la seguridad de ellos. De allí que la tecnología de recubrimientos comestibles, haya constituido una alternativa viable, ya que forma una barrera protectora que conserva las propiedades de calidad, fresca, así como de descomposición lenta de los productos frescos o mínimamente procesados, empleando biopolímeros que están involucrados en funciones estructurales, enzimas y nutrientes. Los recubrimientos biocomestibles pueden estar formados de carbohidratos complejos como almidón, almidones modificados, celulosa y quitina; lípidos como cera y aceites vegetales; proteínas como caseína, gelatina y zeína; agentes antioxidantes y agentes antibacterianos, además de otros agentes bioactivos, se plastificantes y agentes hidrofóbicos. (Caiza-Calderón, 2023; Vargas, 2008; Lin & Zhao, 2007; Siracusa, 2009; Ceylan, 2023; Muhamad, 2023; Durai, 2023; Gull, 2023; Kaur, 2023).

Los productos frescos son fácilmente susceptibles a la descomposición, debido a microorganismos. Por lo tanto, una nueva generación de revestimientos comestibles ha sido desarrollada específicamente para permitir la introducción de antimicrobianos naturales que pueden emplearse de manera eficiente. En los estudios llevados a cabo para determinar si estos revestimientos serían eficaces para proteger los alimentos de la putrefacción microbiológica, la pérdida de agua, la oxidación y la infección, la respuesta fue favorable. Diversos alimentos, ya sean frutas, hortalizas, carnes, mariscos, panadería, pastelería, lácteos, entre otros, han experimentado

resultados significativamente mejores a través de su uso. (Vargas, 2008; Bourtoom, 2008; Falguera, 2011; Arredondo-Ochoa, 2012; Caiza-Calderón, 2023).

El objetivo de este trabajo es evaluar el estado actual y los avances en los recubrimientos comestibles para los alimentos y las bases productivas para la conservación. Para ello, revisó la información científica y técnica reciente con el fin de explicar las clases de materiales que se han empleado para la formación de recubrimientos y el papel de las sustancias protectoras. Además de la revisión de literatura, se estudiarán los procedimientos y describirán los procesos existentes para la aplicación de recubrimientos comestibles a alimentos por técnicas como la inmersión, la aspersión, la electrohidrodinámica y la deposición de capa fina (Gosh, 2022; Amir (2022).

## 2. Metodología

Se analizaron bases de datos electrónicas de literatura científica, como Scopus y Google Scholar, para obtener información sobre el tema de interés. Mediante búsquedas combinadas con palabras clave y frases relacionadas con recubrimiento comestible de alimentos, la ciencia y la aplicación de recubrimiento comestible, y la tecnología alimentaria, entre otras, se llevó a la obtención de información detallada.

Además, se consideraron las referencias de los artículos y revisiones encontradas en la primera búsqueda que parecían relevantes. Se exploraron y extrajeron los datos de los artículos seleccionados, incluidos los autores, año de publicación, objetivo del estudio, metodología, resultados principales y conclusiones relevantes. Se realizaron análisis de contenido para proporcionar un resumen sobre los desarrollos más relevantes y las nuevas perspectivas. Se escribió una narrativa sistemática de los hallazgos de los artículos seleccionados con el objetivo de presentar una síntesis de cómo han sido los desarrollos y las tendencias futuras en lo que respecta a la tecnología de recubrimientos comestibles de alimentos. Todo el proceso garantizó que la información se presentara en un orden lógico, con subtemas o categorías comprensivas y con claridad.

## 3. Resultados

Silva et al., 2023, afirman que los recubrimientos comestibles contienen materiales seguros para su consumo, como son los polisacáridos, lípidos, proteínas y otros compuestos naturales. Asimismo, los autores indican que los materiales cuidadosamente seleccionados se utilizan para obtener propiedades

estructurales necesarias, como resistencia mecánica, función de barrera contra la humedad, y gases como oxígeno y dióxido de carbono, y función antimicrobiana. Una de las funciones esenciales que cumplen los recubrimientos comestibles es la capacidad de formar una barrera física entre el alimento y el ambiente. En un estudio realizado por Gomes et al., 2023, se menciona que las barreras se utilizan para evitar la pérdida de humedad, la oxidación, el intercambio de gases y la degradación de los nutrientes, lo que prolonga la vida útil del producto. Asimismo, la barrera protege contra la aparición de agentes externos, como son la contaminación microbiana, las enzimas y el deterioro físico. Los recubrimientos comestibles se pueden obtener por diferentes métodos. Ejemplos comunes de aplicación incluyen la inmersión, el rociado y la pulverización. Cada uno de los métodos presentados anteriormente posee sus ventajas, desventajas y la elección específica depende de las características del alimento, así como del recubrimiento utilizado. Por ejemplo, la uniformidad de cobertura, la acción adaptable y la alteración de las propiedades sensoriales.

La inmersión es otro método de aplicación común de recubrimientos en alimentos. Lan et al., describen el proceso de inmersión como uno en el que los alimentos son sumergidos en una solución de recubrimiento para adherir el recubrimiento a la superficie del alimento. La inmersión es efectiva para una cobertura rápida y uniforme que ha sido utilizada en productos como carne, verduras y frutas. Sin embargo, el grosor uniforme es imposible de alcanzar en productos de forma irregular. Otra forma de aplicación es la pulverización, que implica rociar una solución o suspensión del recubrimiento en los alimentos. Es común en la industria de la panadería y confitería. El estudio de Gull et al., (2023) describe que el método de vacío y presurización consiste en sumergir los alimentos en una solución de recubrimiento antes de pasar los alimentos sucintamente a través de un ciclo de vacío y presión. Los alimentos entran en este ciclo una vez antes de la cobertura. El recubrimiento penetra aún más o más efectivamente la superficie de este alimento y aumenta su poder de unión. Este método se utiliza en productos cárnicos con el objetivo de aumentar su capacidad de retener el agua y prevenir la pérdida de humedad en el almacenamiento y la cocción. Por último, hay diversos métodos por la impresión emergente, como la impresión por inyección de tinta y la deposición electrostática o de capa fina. Estas tecnologías emergentes han avanzado en la etapa en la que la película o el polvo se aplican secos sin que se requieran

las soluciones en las que disolverlos. Estas innovaciones han llevado a la implementación exitosa del recubrimiento en una variedad de alimentos y de aplicarse a lo largo de la cadena de suministro.

Asimismo, cabe notar que los recubrimientos comestibles no solamente aportan beneficios en términos de protección y conservación, sino que también pueden mejorar aspectos sensoriales de los alimentos, tales como la textura, el color, el sabor y la apariencia visual. Es por ello que se debería hallar un equilibrio entre la funcionalidad y la afectación de las propiedades organolépticas de los alimentos en cuestión. Por ejemplo, al aplicar un recubrimiento de quitosano mediante inmersión en manzanas, se logró disminuir su tasa de deshidratación y microbiológica, lo que aumentó su duración y frescura, así como su atractivo visual en un 30 % en comparación con las que no se recubrieron. De igual manera, el uso de un recubrimiento pulverizado de almidón de maíz modificado en el pan mejora su textura, retención de humedad y prolonga la frescura del producto hasta 5 días, lo que le confiere una miga más suave y una corteza más crujiente a la de los panes no recubiertos (Cakmak, 2023 y Caiza-Calderón, 2023). Por otro lado, el avance en ciencia y tecnología ha permitido el surgimiento de nuevos materiales y técnicas de fabricación que poseen propiedades mejoradas y una aplicación más eficiente. Se ha prestado especial atención a la adición de agentes antimicrobianos, antioxidantes o bioactivos, así como al uso de la nanotecnología para perfeccionar las propiedades de barrera y mecánicas. (Ghosh, 2023, Tabassum, 2023 y Hosseini, 2023)

De igual manera, Arredondo-Ochoa, citando las películas comestibles obtenidas a partir de almidones modificados incorporando cera de abeja como agente hidrofóbico, ya había informado que cuando este sistema se incorpora como componente lipídico en recubrimientos comestibles a base de almidones, el resultado consiste en algunos componentes lipídicos, almidón modificado acetilado-entrecruzado y oxidado como componente mayoritario de la matriz estructural de un empaque comestible, originando recubrimientos con buenas características visuales y mecánicas. Asimismo, al agregar cera de abeja como agente hidrófobo, se presentan buenas propiedades de barrera al vapor de agua y al oxígeno y menor solubilidad en películas comestibles, lo cual es una buena alternativa para incrementar el tiempo de almacenamiento de productos frescos. Por lo demás, los almidones modificados no modifican las propiedades físicas o de barrera sin afectar las películas comestibles

y estos almidones pueden ser aplicables en el desarrollo de recubrimientos comestibles para productos alimenticios específicos. Lo anterior da evidencia de que, con la incorporación de los antimicrobianos como arginato láurico y natamicina, hay inhibición total del deteriorador *Botrytis cinerea* ATCC 12481.

Los ingredientes activos que se utilizan en la fabricación de recubrimientos comestibles incluyen biopolímeros, lípidos y proteínas y, además, algunos agentes antimicrobianos y antioxidantes, agentes quelantes y componentes bioactivos. Todos estos componentes mencionados anteriormente son esenciales en la formulación de recubrimientos comestibles.

#### 4. Conclusiones

Los recubrimientos comestibles son una tecnología muy versátil y prometedora en la industria de los alimentos, que se pueden utilizar en un rango de productos de alimentos muy amplio. En consecuencia, son una herramienta muy valiosa en el arsenal destinado a mejorar la calidad y seguridad de los productos alimenticios. Por ejemplo, pueden aumentar la vida útil del producto y, a veces, la propia estabilidad específica de los atributos sensoriales. (Arredondo-Ochoa, 2012; Silva, 2023; Zhou, 2023; Huang, 2023; Allegra et al., 2023; Kaur, 2024; Kupervaser, 2023)

Esto también se puede aplicar a la reducción del desperdicio de alimentos y a la creciente solicitud de los consumidores para satisfacer el mercado con productos atractivos, seguros y saludables. Además, el método de aplicación es la inmersión, que también es el más efectivo, preciso y económico. Ingredientes comunes, como quitosano, almidón modificado, gomas y extractos naturales, se han probado con éxito para adquirir propiedades antioxidantes y antimicrobianas, o para decirlo de otra manera, reducir la oxidación y la descomposición. Sin embargo, es necesaria más experimentación y formulaciones innovadoras para obtener los beneficios completos de esta tecnología. (Kupervaser, 2023; Such, 2023)

#### Referencias

Allegra, A., Inglese, P., Farina, V. Effects of xanthan gum and calcium ascorbate treatments on color and nutritional quality of fresh cut pear fruit. *Acta Hort.* 2023 Apr;(1364):351–8.

Amir M, Bano N, Zaheer M.R, Haq T, Roohi. (2022). Impact of Biodegradable Packaging Materials on Food Quality: A Sustainable Approach. In:

Biodegradable Materials and Their Applications. Wiley; p. 627–52.

- Arredondo-Ochoa, T. (2012). Diseño de empaques comestibles activos a base de almidón modificado para su posible aplicación en alimentos en fresco. Tesis MC. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Qro. México.
- Arredondo-Ochoa, T. (2018). Diseño y caracterización de una nanoemulsión antimicrobiana a Base de almidón y cera de abeja para su uso como recubrimiento Comestible". Tesis PhD. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Qro. México.
- Bourtoom, T. (2008) Edible Films and Coatings: Characteristics and Properties. *International Food Research Journal*, 15, 237-248.
- Caiza-Calderón, E.F. (2023). Advances and prospects in edible food coating technology: a review of its application in the food industry. ISSN electrónico 2773-7608. *Revista Científica Agropecuaria*. Vol. 4 No.1 Pág. 15-26.
- Cakmak, H., Ilyasoglu-Buyukkestelli, H., Sogut E, Ozyurt, V.H. (2023). Review on recent advances of plant mucilages and their applications in food industry: Extraction, functional properties and health benefits. *Food Hydrocoll Heal*:100131
- Ceylan, H.G.; Atasoy AF. (2023). New Bioactive Edible Packing Systems: Synbiotic Edible Films/Coatings as Carriers of Probiotics and Prebiotics. *Food Bioprocess Technol.* 16(7):1413–28.
- Durai P.N, Kumar B.S, Mahesh G, Lakshmanakanth P. (2023). Investigation of Mechanical and Dynamic. *Mechanical Properties of Sisal, Jute and Banana Peduncle Fibre Composite Materials.* 10(4):214–22.
- Falguera, V., Quintero, J.P., Jiménez, A., Muñoz, J.A. y Ibarz, A. (2011). Edible films and coating structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science and Technology.* 22(6): 292-303.
- Ghosh M, Singh A.K. (2022). Potential of engineered nanostructured biopolymer based coatings for perishable fruits with Coronavirus safety perspectives. *Prog Org Coatings.* ;163:106632.
- Gomes, B.A.F., Alexandre, A.C.S., de Andrade, G.A.V, et al. (2023). Recent advances in processing and preservation of minimally processed fruits and vegetables: A review – Part 2: Physical methods and global market outlook. *Food Chem Adv.*; 2:100304.

- Gull, A, Masoodi F.A, Masoodi L., Gani A., Muzaffar S. (2023). Effect of sodium alginate coatings enriched with  $\alpha$ -tocopherol on quality of fresh walnut kernels. *Food Chem Adv.* 2:100169.
- Hosseini S.F, Mousavi Z, McClements D.J. (2023) Beeswax: A review on the recent progress in the development of superhydrophobic films/coatings and their applications in fruits preservation. *Food Chem.* 424:136404.
- Kaur J, Singh J, Rasane P, Gupta P, Kaur S, Sharma N, et al. Natural additives as active components in edible films and coatings. *Food Biosci.* 53:102689.
- Kulawik, P., Jamroz, E., Janik M, Tkaczewska J, Krzyściak P, et al. (2023). Antimicrobial and antioxidant properties of chitosan-furcellaran-gelatin hydrolysate coatings enhanced with bioactive peptides. *Food control.* 153:109931.
- Kupervaser, M.G., Traffano-Schiffo M.V., Dellamea M.L., Flores S.K., Sosa C.A. (2023). Trends in starch-based edible films and coatings enriched with tropical fruits extracts: a review. *Food Hydrocoll Heal.* 4:100138.
- Lan, X., Zhang X., Wang L., Wang H., Hu Z., Ju X., et al. (2023). A review of food preservation based on zein: The perspective from application types of coating and film. *Food Chem.* 424:136403.
- Lin, D. & Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 6(3): 60-71.
- Muhamad N., Soontornnon Sinchai P., Tansom U. (2023). Banana peel as bioremediation agent in textile dyes decolorization for wastewater management. *Biochem Syst Ecol.* 106:104582.
- Olivas, G.I. & Barbosa-Cánovas, G. (2009). Edible films and coatings for fruit and vegetables. En: Milda E. Embuscado y Kerry C. Huber (Ed.). *Edible films and coatings for food applications.* Springer, New York. p. 211-244.
- Rasool, F., Zahoor, I., Ayoub, W.S. (2023). Formulation and characterization of natural almond gum as an edible coating source for enhancing the shelf life of fresh cut pineapple slices. *Food Chem Adv.* 3:100366.
- Rentería-Ortega, M., Colin-Alvarez, M. de L., Gaona-Sanchez, VA, Chalapud, M.C, Garcia-Hernandez A.B., et al. (2023). Characterization and Applications of the Pectin Extracted from the Peel of *Passiflora tripartita* var. *mollissima*. *Membranes (Basel).* 13(9):797.
- Silva, V.D.M, Neris dos, A., Macedo, M.C.C., Rodrigues, C.G. (2023). Physicochemical evaluation of coated and interleaved cheeses with films of ripe banana peel and starch enriched with extract of loquat leaves. *Food Chem Adv.* 2:100276.
- Siracusa, V., Rocculi, P., Romani, S. & Dalla-Rosa, M. (2009). Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends in Food Science & Technology.* 19:634-643.
- Such A., Wisła-Swider A., Węsierska E., Nowak E., Szatkowski P. et al. (2023). Edible chitosan-alginate based coatings enriched with turmeric and oregano additives: Formulation, antimicrobial and non-cytotoxic properties. *Food Chem.* 426:136662.
- Tabassum N., Aftab R.A., Yousuf O., Ahmad S., Zaidi S. (2023). Application of nanoemulsion based edible coating on fresh-cut papaya. *J Food Eng.* 355:111579.
- Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, J.D. & González-Martínez, C. (2008). Recent advances in edible coating for fresh and minimally processed fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 48(6): 496-511.
- Yam K., Takhistov P. & Miltz J. (2005). Intelligent packaging: Concepts and applications. *Journal of Food Science.* 70: 1-9
- Yu R., Song H., Chen Y., Shi N., Shen H., Shi P., et al. (2023). Incorporation of ascorbic acid and L-cysteine in sodium carboxymethyl cellulose coating delays color deterioration and extends the shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa* var. *angustata*). *Postharvest Biol Technol.* 204:112419
- Zhou Y., Liu R., Zhou C., Gao Z., Gu Y., et al. (2023). Dynamically crosslinked chitosan/cellulose nanofiber based films integrated with  $\gamma$ -cyclodextrin/ curcumin inclusion complex as multifunctional packaging materials for perishable fruit. *Food Hydrocoll.* 144:108996.

## SEGURIDAD ALIMENTARIA

### EFFECTO DESINFECTANTE DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO SOBRE EL VIRUS RUGOSO DEL TOMATE (ToBRFV) EN CAJAS DE TOMATE

María Guadalupe Acosta Acosta<sup>1</sup>, Laura Isabel Pérez García<sup>2\*</sup>, María Victoria Rodríguez García<sup>3</sup>, Erika Ramos Ojeda<sup>1</sup>.

#### Resumen

El virus rugoso del tomate (ToBRFV por sus siglas en inglés), es un tobamovirus que ataca a los cultivos hortícolas y ornamentales mundialmente, se transmite a través de la semilla y de manera mecánica, y puede permanecer estable durante días, meses o años. Su aparición llevo a los productores a incorporar planes de inocuidad para evitar su propagación, ya que aún no existe un producto que lo erradique de manera definitiva, por lo cual es de suma importancia mantenerlo bajo control. Una revisión a la bibliografía demostró eficacia de hipoclorito de sodio al 13%, ácido benzoico al 4% y peróxido de hidrógeno 6% como desinfectantes. Este proyecto está enfocado a la implementación de un desinfectante en cajas transportadoras de tomate, para evitar la contaminación cruzada. Las pruebas de PCR demostraron que el peróxido de hidrógeno tiene un efecto positivo en la desinfección.

#### Palabras claves:

Tomabovirus, tomate, desinfección, peróxido de hidrógeno

#### Abstract

Tomato rugose virus (ToBRFV) is a tobamovirus that attacks horticultural and ornamental crops worldwide. It is transmitted through seeds and mechanically and can remain stable for days, months, or years. Its appearance led producers to incorporate safety plans to prevent its spread. Since there is still no product that definitively eradicates it, it is of the utmost importance to keep it under control. A review of the literature demonstrated the effectiveness of 13% sodium hypochlorite, 4% benzoic acid, and 6% hydrogen peroxide as disinfectants. This project is focused on implementing a safety protocol using these disinfectants in tomato transport baskets to avoid cross-contamination. PCR tests showed that hydrogen peroxide has a positive effect on disinfection.

#### Key words

Tomabovirus, tomato, disinfection, Hydrogen peroxide

<sup>1</sup>Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México en Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, Km. 8, Celaya, Guanajuato C.P. 38110, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México en Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, Km. 8, Celaya, Guanajuato C.P. 38110, México.

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias Agronómicas, Tecnológico Nacional de México en Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, Km. 8, Celaya, Guanajuato C.P. 38110, México.

\*Autor de correspondencia: laura.pg@roque.tecnm.mx

## 1. Introducción

En 2014, en Israel se notificó la presencia de un nuevo virus del género Tobamovirus en plantaciones de tomate, al cual se le llamó Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) y en México de manera coloquial se le ha conocido como "virus rugoso". Se ha reportado ya su presencia en cultivos de tomate en Alemania, Italia, Estados Unidos, Holanda, España (Yan et al., 2021) y desde 2018 también en México (Cambrón-Crisantos et al., 2019). Durante el periodo de 2014 a 2018 México importó más de 3 toneladas de semillas de tomate, chile y otras solanáceas provenientes de Israel, esto posiblemente contribuyó a la diseminación del virus (INTAGRI, 2019; Cambrón y col. 2018).

En septiembre de 2018, se detectó por primera vez ToBRFV en 8 viveros de tomates (*Solanum lycopersicum*)

y *Capsicum sp.* en el municipio de Yurécuaro, Michoacán. La identificación fue confirmada por RT-PCR y secuenciación. Se reportaron síntomas en frutos con coloración amarilla, manchas verdes, malformación de frutos, estriado verde, manchas irregulares color marrón, hojas con mosaicos y moteado amarillento. El virus también fue detectado en octubre de 2018 en el estado de Guanajuato. Entre los síntomas que se observan, destaca una apariencia rugosa extrema, necrosis del pedúnculo y cáliz, hojas amarillas, tallos y hojas secas y manchas amarillas en los frutos como se puede observar en la Figura 1 (incisos a,b,c y d ejemplos de tomates infectados de diferentes variedades). La enfermedad afecta principalmente la calidad del tomate y no representa ningún riesgo para el consumo humano (Nolasco y col. 2020).

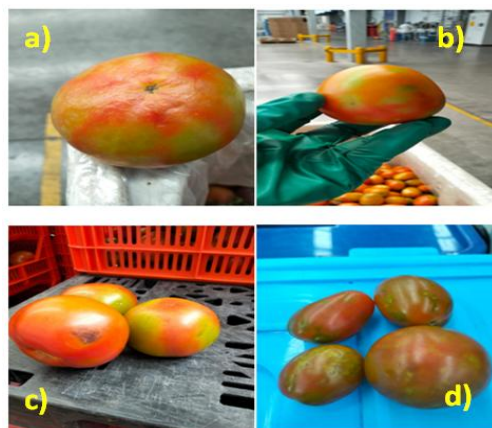


Fig.1. Tomates con presencia de virus ToBRFV. a) tomate bola con rugosidad, b) tomate saladette con coloración anormal, c) tomate bola con manchas cafés y coloración anormal y d) tomate cherry y campari con manchas amarillas.

Actualmente no hay desinfectantes específicos para atacar este tipo de virus, sin embargo, se han buscado alternativas para controlarlo los que más se utilizan actualmente son hipoclorito de sodio, ácido benzoico y peróxido de hidrógeno (Zamora-Macorra et al., 2023). Es imprescindible elegir un desinfectante que sea realmente eficaz en la eliminación del virus en un corto espacio de tiempo, idealmente no superior a un minuto para no retrasar las labores a realizar.

## 2. Metodología

La investigación se llevó a cabo en un invernadero de la ciudad de Cortazar, Guanajuato. Debido a la importancia

de la enfermedad y a la transmisión mecánica, se ubicaron tomates saladette, bola, cherry y campari con síntomas sospechosos a ToBRFV de manera visual y se pusieron en contacto con cajas transportadoras (SENASICA, 2018).

A partir de cajas infectadas, se probó la eficacia de tres desinfectantes: hipoclorito de sodio al 13%, ácido benzoico al 4% y peróxido de hidrógeno 6% y un control (sin desinfectante). Con un hisopo estéril se tomaron muestras por triplicado de cada caja tratada con los desinfectantes a la concentración antes mencionada y se enviaron a analizar por la técnica de RT-PCR para determinar la positivos o negativos al virus ToBRFV (Magaña-Álvarez et al., 2021).

### 3. Resultados

En la tabla 1 se muestran los resultados positivos o negativos al virus después de haber sido tratada las cajas

con los desinfectantes. Se muestra que la desinfección con hipoclorito de sodio al 13% no es suficiente para evitar que el virus siga presente en las cajas.

Tabla 1. Resultados positivos o negativos a ToBRFV

	Control	Hipoclorito de sodio 13%	Ácido benzoico 4%	Peróxido de hidrógeno 6%
Detección del Virus	+	+	-	-

Las cajas tratadas con ácido benzoico se considera efectivo cuando se usa a una concentración del 4% en la desinfección de material contaminado por el virus. Con el peróxido de hidrógeno mostró la ausencia de ToBRFV, además en la literatura muestra que también tiene aplicaciones durante el cultivo, en la desinfección de agua y superficies.

### 4. Conclusiones

Se eligió el uso de peróxido de hidrógeno al 6% para la implementación en el proceso de desinfección, principalmente la elección se basó, a parte de su eficacia, en parámetros relacionados con la economía y seguridad laboral haciendo hincapié en su baja fitotoxicidad, escaso coste y baja corrosividad.

### Referencias

Cambrón-Crisantos, J.M., Rodríguez-Mendoza, J., Valencia-Luna, J.B., Alcasio Rangel, S., García-Ávila, C.D.J., et al. (2019). First report of Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) in Michoacan, Mexico. *Revista mexicana de fitopatología*, 37(1), 185-192..

INTAGRI (2019). Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura. Tomato Brown Rugose Fruit Virus "ToBRFV". Serie Fitosanidad Núm 121. Artículos técnicos de INTAGRI. México.

Magaña-Álvarez, A.A., Pérez-Brito, D., Vargas-Hernández, B.Y., Ramírez-Pool, J.A., Núñez-Muñoz, L.A., et al. (2021). Detection of tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) in solanaceous plants in Mexico. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 128, 1627-1635.

Nolasco L.I.; Marín J.L.; Ruíz J.E. y Hernández J. (2020). Métodos de identificación del virus de la fruta rugosa marrón del tomate (ToBRFV) en México. *Revista Agronomía Mesoamericana*. 31(3):835-844

SENASICA (2018). Consideraciones Regulatorias en Torno al virus rugoso del tomate. Dirección general de sanidad vegetal. México.

Yan, Z.Y., Zhao, M.S., Liu, L.Z., Yang, G.L., Chao, G.E.N.G., et al. (2021). Biological and molecular characterization of tomato brown rugose fruit virus and development of quadruplex RT-PCR detection. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(7), 1871-1879.

Zamora-Macorra, E.J., Ochoa-Martínez, D.L., Chavarín-Camacho, C.Y., Hammond, R.W., & Aviña-Padilla, K. (2023). ToBRFV Mexican strain: Seed transmission rate, efficacy of seed disinfection treatment, and rapid sensitive detection in seed lots.