

# REVISTA TECNOLÓGICA CEA

Difusión vía red de cómputo

<http://www.revistatecnologicacea.mx>

ISSN 25940414

Año 8, Núm. 20, Volumen I

Abril 2023

## Número Especial

### MEMORIAS



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**



## DIRECTORIO

Dra. Nayelli del Carmen Ramírez Segovia  
Directora

Mtro. Ignacio López Valdovinos  
Subdirector Académico

Mtro. Julián Ferrer Guerra  
Subdirector de Planeación y Vinculación

Ing. Raúl René Robles Lacayo  
Subdirector Administrativo

## COMITÉ EDITORIAL

Dr. Christian Oliver Díaz Ovalle

Dra. Judith Vázquez Aguilar

Mtra. María Concepción González Cuevas

Dr. Israel Servín Gómez

MDHO. Luis Felipe Noriega Román

## REVISTA TECNOLÓGICA CEA

Editor y formador

Dr. Israel Servín Gómez

Tecnológico Nacional de México Instituto  
Tecnológico de Roque

Dirección: km. 8 Carretera Celaya- Juventino  
Rosas

Revista Número 20, Abril 2023.

*Revista Tecnológica CEA*, Año 8, número 20, vol. I, Abril 2023, es una revista de número especial, publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México dependiente de la Secretaría de Educación Pública, a través del Instituto Tecnológico de Roque, Av. Universidad No. 1200, quinto piso, Col. Xoco, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03330, Ciudad de México, Tel. 5536002500 Ext. 65064, d\_vinculacion05@tecnm.mx, Editor Dr. Israel Servín Gómez. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2016-071113482900-203, ISSN 2594 0414 ambos otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Responsable de la última actualización de este número Ing. Christian Ulises Hernández Montoya, Jefe del Departamento de Comunicación y Difusión del Instituto Tecnológico de Roque, con do

micilio en Km. 8 carretera Celaya Juventino Rosas, C.P. 38110 Roque, Celaya Guanajuato, México, tel. 461 6116361 ext. 116 fecha de última actualización 28 de abril de 2023.

El objetivo de la *Revista Tecnológica CEA* es la generación de conocimiento científico teórico y aplicado, para soporte de los contenidos de los planes y programas de estudio que se imparten en Tecnológico Nacional de México.

Las publicaciones de los artículos son sometidas a revisión por un comité de arbitraje, el proceso de evaluación del artículo guardará estrictamente el anonimato y el contenido es responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Se autoriza la reproducción parcial o total de los contenidos e imágenes de la publicación con crédito de la fuente.

Revista Indizada en



## EDITORIAL

Los congresos académicos representan una fiesta de conocimiento científico y tecnológico, donde los invitados son deleitados con el fruto de trabajos relevantes, únicos y formativos. En esta ocasión, la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Tecnológico Nacional de México en Roque, ha logrado una madurez en la que su personal se ha congratulado en preparar, organizar y desarrollar el **1er Congreso Internacional: Producción y Transformación de Alimentos para la Seguridad Alimentaria**. Por primera vez, los principales actores de estos tópicos convergieron en el Centro Nacional de Innovación Educativa y Desarrollo Docente del TecNM en Roque. Este evento dio a los asistentes formación y actualización tecnológica (talleres) y académica (ponencias), quienes estuvieron conformados por estudiantes de la carrera o afines, académicos nacionales y tecnólogos-empresarios.

La evolución técnica del área de alimentos demanda una capacitación certera; por lo cual, 5 (cinco) talleres fueron propuestos: lácteos (22 participantes), cárnicos (25 participantes), elaboración de cerveza (25 participantes), limpieza y desinfección (12 participantes) y frutas (19 participantes). Estos fueron impartidos por especialistas de cada área respaldados por su experiencia. Por otra parte, el enfoque académico contó con ponentes internacionales y nacionales enfocados en las áreas de Química de Alimentos, Bioprocesos y Biotecnología de Alimentos, Ingeniería de Alimentos, Seguridad Alimentaria e Ingeniería de Procesos en Alimentos, quienes de forma virtual y presencial aportaron sus conocimientos a través de Conferencias Magistrales. Los ponentes provinieron de Texas A&M University at College Station, Universidad de Santiago de Chile, Universidad Iberoamericana, Universidad Autónoma de Querétaro, INIFAP-Campo Bajío, TecNM-Celaya y el INEGI.

Los asistentes desarrollaron el intercambio científico con pares a través de presentaciones orales y carteles, donde 30 trabajos fueron recibidos y evaluados, para participar en este evento, y ser distribuidos como: 16 carteles (8 de Química de Alimentos, 6 de Ingeniería de Alimentos y 2 de Bioprocesos y Biotecnología de Alimentos), 13 presentaciones orales (6

de Química de Alimentos, 3 de Ingeniería de Alimentos y 4 de Bioprocesos y Biotecnología de Alimentos) y 1 presentación virtual de Bioprocesos y Biotecnología de Alimentos.

Este evento académico presentó una notable fusión interinstitucional, donde académicos y estudiantes de distintos puntos del país intercambiaron experiencias y expectativas de los tópicos expuestos. Trascendió la presencia de instituciones como los Tecnológicos hermanos de Oaxaca, Zitácuaro, Altiplano de Tlaxcala, Úrsulo Galván, Mérida y Celaya, los Tecnológicos Superiores de Tierra Blanca, Huetamo y Guanajuato, las Universidades Politécnicas de Pénjamo y Guanajuato, la Universidad Tecnológica de Tijuana campus Maneadero y la Universidad Iberoamericana. En algunos casos, esto generó futuras colaboraciones académicas, capacitaciones e intercambio de recurso editorial y humano.

El Comité Organizador ha expresado su beneplácito por el logro del evento, donde fue total la presencia de los 353 asistentes registrados (incluidos los 103 asistentes de los talleres), los 17 expertos en ponencias magistrales y los 30 trabajos participantes. Por su parte, el Comité Técnico ha manifestado una calidad aceptable de los trabajos participantes y una sobresaliente exposición de temas relevantes e innovadores en la Ciencia de los Alimentos. Ambos comités agradecen el apoyo considerable por parte de la administración del Tecnológico Nacional de México-Roque, al personal de Recursos Materiales y Servicios, Fomento Productivo, al Equipo de Staff y a los miembros de la Academia de Ingenierías. Además, el Comité Técnico agradece la publicación de las memorias de este evento a través de un número especial de la Revista Tecnológica CEA del TecNM-Roque, cuyos editores han mostrado buenas atenciones y facilidades para este fin institucional.

Todos los resultados de este evento han sido convertidos en el compromiso de desarrollar el próximo congreso, en el cual continúa el reto de mantener la Agenda Alimentaria como la esencia en la difusión académica, científica y tecnológica.

**Dr. Christian Oliver Díaz Ovalle**

# CONTENIDO

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO DE PITAYA ROJA DE LA MIXTECA DE OAXACA, MÉXICO.....	1
ANÁLISIS EXERGÉTICO DE UN EVAPORADOR DE ALIMENTOS CON TERMOCOMPRESIÓN .....	5
DISEÑO DE UNA PLANTA ALIMENTARIA PARA LA PRODUCCIÓN DE QUESO PETIT SUISSE A BASE DE LACTOSUERO .....	12
DISEÑO DE UNA PLANTA ALIMENTARIA PARA LA ELABORACIÓN DE CEREAL DE AMARANTO Y AVENA ENDULZADO CON ARÁNDANO Y MORINGA .....	17
MICROENCAPSULACIÓN DE ACEITE DE AGUACATE ( <i>PERSEA AMERICANA</i> ).....	22
METODOLOGÍA PARA UN ESTUDIO CFD DE UN EVAPORADOR CENTRÍFUGO .....	28
FORMULACIÓN DE UN POPOTE COMESTIBLE ELABORADO A BASE DE HARINA DE TRIGO .....	34
DESARROLLO Y OPTIMIZACIÓN DE NANOEMULSIONES DE FASE DISPERSA/FASE CONTINUA PARA INCREMENTAR LA VIDA DE ANAQUEL DEL MELÓN MÍNIMAMENTE PROCESADO.....	40
ANÁLISIS CFD DE UN SECADOR DE ASPERSIÓN EXPERIMENTAL .....	45
ELABORACIÓN DE TOTOPO A BASE DE MAÍZ ENRIQUECIDO CON GARBANZO Y LINAZA .....	51
ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE TINTURAS DE HOJAS DE CHAN ( <i>HYPTIS SUAVEOLENS</i> ).....	56
ELABORACIÓN DE CHORIZO A BASE DE PESCADO, TILAPIA Y MEJILLÓN .....	60
DISEÑO DE UNA FORMULACIÓN PARA EL DESARROLLO DE UNA BARRA CON ALTO VALOR POTENCIAL EN AMINOÁCIDOS .....	64
PATÉ DE ERIZO MORADO <i>STRONGYLOCENTROTUS PURPURATUS</i> .....	68

BEBIDA VEGETAL A BASE DE ARROZ-AVENA ADICIONADA CON ALIMENTOS FUNCIONALES CHÍCHARO VERDE-CHÍA-ALFALFA .....	73
SALCHICHA AHUMADA A BASE DE CALAMAR .....	78
FORMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE TORTILLAS DE MAÍZ MORADO, HARINA DE YUCA Y CHÍA Y SU COMPARACIÓN CON UNA MARCA COMERCIAL .....	82
ANÁLISIS SENSORIAL DE UNA TORTILLA DE MAÍZ COLORADO CON CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES.....	87
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA PULPA DE JOBO ( <i>SPONDIAS MOMBIN L.</i> ) .....	92
PRODUCTOS CON ALTO CONTENIDO PROTEÍCO.....	96
CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE MUCILAGO DE NOPAL .....	101
CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEMILLAS DE MAÍCES ( <i>Zea Mays L.</i> ) DE COLOR .....	107
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LÍNEAS ELITE DE ENDOSPERMO AMARILLO Y ENDOSPERMO BLANCO DE MAÍZ ( <i>ZEA MAYS</i> ).....	113
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y COMPUESTOS BIOACTIVOS DE VARIEDADES DE GRANOS DE QUÍNOA ( <i>CHENOPODIUM QUINOA</i> ) CULTIVADAS EN MÉXICO .....	121
BEBIDA A BASE DE SUERO DE LECHE DULCE FORTIFICADO CON GERMINADO DE QUINUA ( <i>CHENOPODIUM QUINOA</i> ) .....	127
DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE PESO MOLECULAR DE PROTEÍNAS A PARTIR DE SU SECUENCIA AMINOACÍDICA.....	133
EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA SINTETIZADAS DE MANERA ECOLÓGICA.....	139
OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LEVADURAS NATIVAS EN FRUTOS DE LA REGIÓN DE LA TIERRA CALIENTE DEL BALSAS DEL ESTADO DE MICHOACÁN ...	143
SELECCIÓN DE MICROORGANISMOS PARA EL PRETRATAMIENTO DE RESIDUOS DE <i>RICINUS COMMUNIS L.</i> EN LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL .....	148



## EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO DE PITAYA ROJA DE LA MIXTECA DE OAXACA, MÉXICO

Angeles Regina García Gutiérrez<sup>1</sup>, Fernando Pérez Mendoza<sup>2</sup>, Carlos Francisco Varapizuela Sánchez<sup>1\*</sup>, Marco Antonio Sánchez Medina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca, Av. Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esq. Calzada Tecnológico, Oaxaca de Juárez, Oaxaca, C.P. 68030, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca, Av. Ing. Víctor Bravo Ahuja No. 125 Esq. Calzada Tecnológico, Oaxaca de Juárez, Oaxaca, C.P. 68030, México.

\*Correspondencia: carlos.varapizuela@itoaxaca.edu.mx

### RESUMEN

La pitaya es una cactácea columnar que se encuentra ampliamente distribuida en México. El color del fruto se debe a las betalaínas, que son compuestos nitrogenados hidrosolubles. Se realizó la extracción del compuesto con metanol y etanol, se cuantificaron las betalaínas y fenoles y se evaluó la capacidad antioxidante total mediante la reducción del molibdeno en presencia de un agente reductor. La extracción con metanol obtuvo mejor rendimiento en la cuantificación de betalaínas con un valor de 45.0641 mg (BT)/100 g de muestra en comparación con el etanol que fue de 20.5703 mg (BT)/100 g de muestra. El contenido fenólico fue  $21.2302 \pm 0.83$  y  $11.9136 \pm 0.65$  mg EAG/100 g de muestra para metanol y etanol, respectivamente. El extracto metanólico presentó mayor actividad antioxidante, lo cual puede deberse a una mayor concentración de las betalaínas en el extracto.

*Palabras clave:* Betalaínas, betacianinas, betaxantinas, actividad antioxidante.

### INTRODUCCIÓN

La pitaya es una cactácea originaria de México. Sus frutos son globosos, con espinas caducas; la pulpa puede ser de color anaranjado, rojo o púrpura (Bravo, 1978). El color característico de sus frutos se debe a las betalaínas, que son pigmentos nitrogenados hidrosolubles, derivados



del ácido betalámico y comprenden dos grupos estructurales: betacianinas y betaxantinas (Flores y col., 2019). El tipo de sustituyente del ácido betalámico determina la clase de betalaínas. Las betacianinas (rojo-violeta) contienen un residuo de ciclo-3,4-dihidroxifenilalanina, mientras que las betaxantinas (amarillo-naranja) tienen diferentes residuos de aminoácidos o aminas (Sadowska-Bartosz y col., 2021). Además de la coloración que le dan a los frutos, las betalaínas son reconocidas por otras actividades biológicas, tales como la inducción de la quinona reductasa, potente enzima de desintoxicación asociada con la quimio-prevención del cáncer (Azeredo, 2009), y su actividad anti-proliferativa de células de melanoma maligno (Wu y col., 2006). A su vez son fitoquímicos considerados como potentes antioxidantes (Cai y col., 2003), sin embargo su presencia está restringida a solamente un grupo reducido de familias botánicas.

En la actualidad, la función de los antioxidantes naturales ha recibido mucha atención. Debido a esto, las frutas y verduras juegan un papel importante en la dieta de los seres humanos, ya que estos proporcionan protección contra el daño celular causado por la exposición de los radicales libres, proporcionando una mezcla óptima de antioxidantes como son las vitaminas C y E, polifenoles, carotenoides y los carbohidratos complejos, lo cual ayuda a evitar o retardar padecimientos que afectan la salud de las personas (Montoya y col., 2022). Debido a esto, es importante encontrar alimentos naturales que eviten la oxidación celular, por lo que es de interés estudiar los rasgos funcionales de la pitaya para impulsar su desarrollo como fuente de compuestos antioxidantes.

## METODOLOGÍA

Se pesaron 10 g de pulpa fresca y se colocaron en un matraz Erlenmeyer adicionando 100 mL de metanol o etanol acuoso 80% (v/v). La mezcla se sonicó por 10 min y se agitó por 20 min más a temperatura ambiente y en oscuridad. Cada muestra se centrifugó a 2200 x g por 10 min y los sobrenadantes se concentraron a sequedad en un rotavapor a 65 °C. El contenido de betacianinas y betaxantinas se cuantificó mediante la absorbancia de los extractos a 538 y 483 nm.



Para el contenido total fenólico, en un tubo, se colocaron 1540  $\mu\text{L}$  de reactivo Folin-Ciocalteu, 310  $\mu\text{L}$  de extracto o estándar y 1155  $\mu\text{L}$  de solución saturada de carbonato de sodio. Los tubos se encubaron a temperatura ambiente y en obscuridad durante 2 horas. Posteriormente se leyó la absorbancia a una longitud de onda de 740 nm.

Para la actividad antioxidante total se tomaron 0.3 mL de los extractos y se les añadió 3 mL de solución reactiva (6 M de ácido sulfúrico, 28 mM de fosfato de sodio y 4 mM de molibdato de amonio). La mezcla se incubó a una temperatura de 95 °C durante 90 minutos y se leyeron las absorbancias a una longitud de onda de 695 nm. Todos los ensayos se hicieron por triplicado.

## RESULTADOS

El contenido de betalaínas totales (betacianinas + betaxantinas) en el extracto metanólico presentó una concentración de 20.5703 mg (BT)/ 100 g de muestra (Tabla 1) siendo más alta que la extracción con etanol, mostrando una mayor composición de betacianinas, que son las responsables de las coloraciones rojo-violeta. En cuanto al contenido fenólico, el extracto metanólico presentó mayor concentración de fenoles con un valor de  $21.2302 \pm 0.83$  mg EAG/100 g muestra en comparación al extracto etanólico con un valor de  $11.9136 \pm 0.65$  mg EAG/100 g muestra (Tabla 2). La capacidad antioxidante total de los extractos fue de  $47.6483 \pm 0.09$  y  $36.6015 \pm 0.17$  (equivalentes de ácido ascórbico) EAA/100 g de muestra para metanol y etanol respectivamente, siendo este un alimento con presencia de antioxidantes naturales.

Tabla 1. Contenido (en mg/100 g de muestra) de betacianinas (BC), betaxantinas (BX) y betalaínas totales (BT) de pitaya (*Stenocereus stellatus*) en dos solventes diferentes.

Muestra	BC	BX	BT
Etanólico (ET)	14.0502	6.5202	20.5703
Metanólico (ME)	24.1922	20.8719	45.0641

Tabla 2. Contenido fenólico total (en mg EAG/100 g de muestra).

Muestra	
Etanólico (ET)	$11.9136 \pm 0.65$
Metanólico (ME)	$21.2302 \pm 0.83$

Tabla 3. Actividad antioxidante total (en mg EAA/100 g de muestra).

Muestra	
Etanólico (ET)	$36.6015 \pm 0.17$
Metanólico (ME)	$47.6483 \pm 0.09$



## CONCLUSIONES

Se realizó la extracción de las betalainas presentes en el fruto de pitaya roja. El extracto metanólico fue el solvente con mejor rendimiento de extracción al encontrarse la mayor concentración de betalainas y fenoles. En el análisis de la actividad antioxidante, ambos extractos presentaron capacidad reductora, siendo el extracto metanólico el que mayor actividad obtuvo, lo cual sugiere que el fruto de pitaya roja de la Mixteca de Oaxaca puede tener una aplicación potencial en alimentos, siendo esta una alternativa natural de antioxidantes.

## REFERENCIAS

- Azeredo, H. M. (2009). Betalains: properties, sources, applications, and stability. *International Journal of Food Science and Technology*, 2365-2376.
- Bravo, H. H. (1978). *Las cactáceas de México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cai, Y., Sun, M., y Corke, H. (2003). Antioxidant activity of betalains from plants of the Amaranthaceae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2288-2294.
- Flores, M. M., Rentería, M. A., Sánchez, V. R., Chávez, y América, M. (2019). Estructura y estabilidad de las betalinas. *INTERCIENCIA*, 318-325.
- Montoya, V. S., Castillo, M. B., Cajas, P. M., y García, L. F. (2022). Actividad antioxidante, fenoles totales y tamizaje fitoquímico de Dragón Fruit roja y amarilla. *RECIAMUC*, 408-417.
- Sadowska-Bartosz, I., y Bartosz, G. (2021). Biological Properties and Applications of Betalains. *Molecules*, 1-36.



## ANÁLISIS EXERGÉTICO DE UN EVAPORADOR DE ALIMENTOS CON TERMOCOMPRESIÓN

*Christian O. Díaz-Ovalle<sup>1,\*</sup>, Erika Ramos-Ojeda<sup>1</sup>, Fabiola Herrera-Enciso<sup>1</sup>, Gabriela González-González<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup>*Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, carretera Celaya-Juventino  
Rosas km 8.0 Celaya, Guanajuato, C.P. 38124, México.*

*\*Correspondencia: christian.do@roque.tecnm.mx*

### RESUMEN

La evaporación de alimentos recibe especial atención por su importancia industrial relacionada con el consumo de energía, cuya reducción es posible bajo un diseño geométrico adecuado. El análisis exergético es una estrategia que indica el nivel de aprovechamiento energético en una planta de procesamiento. Actualmente, esta técnica ha sido aplicada a la evaporación de alimentos multi-efecto. Sin embargo, los análisis existentes no han incluido el efecto del termocompresor. Este trabajo presenta un modelo generalizado para el cálculo de la exergía total de un sistema de evaporación con termocompresión. Un caso de estudio de la industria láctea fue analizado exergéticamente con el paquete computacional FEVAT®. Los resultados indicaron un efecto importante de la termocompresión sobre el cálculo de exergía, lo cual indica que este análisis debe ser considerado en diseños térmicos rigurosos para evaporadores de alimentos.

*Palabras claves: Balances de exergía, Evaporación multi-efecto, FEVAT, Industria láctea.*

### INTRODUCCIÓN

El consumo de energía es un parámetro trascendente durante el procesamiento de alimentos. Particularmente, los procesos térmicos son característicos de estos altos consumos, donde la evaporación es el más representativo. La evaporación en forma de múltiple efecto es común



para reducir el consumo de energía. Este diseño está basado en la interconexión de etapas de evaporación consecutivas, donde el vapor producido en una de las etapas o efectos es la fuente térmica de un efecto subsecuente (Minton, 1986; Saravacos y Kostaropoulos, 2016). Los alimentos termosensibles son procesados a bajas temperaturas, lo cual demanda mecanismos adicionales como la termocompresión. Este es un sistema que mezcla el vapor producido por uno de los efectos con el vapor vivo y beneficia el consumo de energía.

El proceso de evaporación de alimentos ha sido modelado bajo balances de materia y energía generalizados (Chen y Ruan, 2016; Galván-Ángeles y col., 2015) y diseñados rigurosamente para obtener un óptimo en el costo capital (Díaz-Ovalle y col., 2013). Otras estrategias han tratado de reducir el consumo térmico, como la reducción energética bajo un modelado global (Khanam y Mohanty, 2010) y la integración térmica de multi-efectos (Higa y col., 2009; Jyoti y Khanam, 2014). No obstante, un análisis de aprovechamiento energético, usualmente de exergía, permite la comprensión de elementos de diseño (Dincer y Rosen, 2013; Topic, 1995). La literatura ha demostrado la importancia del análisis exergético en la industria de alimentos, sin embargo la cantidad de trabajos en evaporación es muy reducida (Zisopoulos y col., 2017). Balkan y col. (2005) mostraron una estrategia del análisis de exergía en un evaporador de tres efectos para puré de tomate con propiedades variables; similarmente, Sogut y col. (2010) analizó un sistema de cuatro efectos efectos, Bapat y col. (2013) consideró un cinco efectos para la producción de azúcar, y Mojarab Soufiyan y col. (2016) analizaron toda una planta concentradora de puré tomate con dos efectos. Estos trabajos no consideran la termocompresión y están basados a un número de efectos particulares. Este trabajo presenta una estrategia de análisis exergético en una planta procesadora de lácteos, donde la termocompresión es considerada.

## METODOLOGÍA

El análisis exergético incluye los balances de materia y energía. En sistemas, de evaporación de múltiple efecto, el flujo de la corriente determina el modelo del sistema (Nishitani y Kunugita, 1979). Díaz-Ovalle y col. (2013) presentaron un modelo generalizado de los balances de materia y energía, la Tabla 1 muestra este modelo, el cual depende de la trayectoria de la corriente de flujo. Por otra parte, la exergía indica el aprovechamiento de la energía del sistema



a través de la irreversibilidad que representa (Dincer y Rosen, 2013). Este parámetro termodinámico es aplicado para una corriente de proceso y de energía, de tal forma que los balances de exergía generalizados permiten el cálculo de una exergía total, como los muestra la Tabla 2.

Tabla 1. Balances de materia y energía generalizados para un evaporador multi-efeto. Tomada de Díaz-Ovalle y col. (2013).

índice	Ecuación
$i=1$	$Q_i + V_i (Cp_i T_i - H_i^v) = F (T_i Cp_i - T_F Cp_F)$
$i \neq 1, i \neq n$	$Q_i + (Cp_i T_i - T_{i-1} Cp_{i-1}) \sum_{j=1}^{i-1} V_j + V_i (Cp_i T_i - H_i^v) = F (T_i Cp_i - T_{i-1} Cp_{i-1})$
$i=n$	$Q_i - Cp_{i-1} T_{i-1} \sum_{j=1}^{i-1} V_j - V_i H_i^v = F \left( \frac{x_F}{x_i} T_i Cp_i - T_{i-1} Cp_{i-1} \right)$
Nomenclatura	$i$ : índice de los efectos, $n$ : número de efectos, $V$ : flujo de vapor de un efecto, $T$ : temperatura de un efecto, $F$ : flujo de alimentación, $Cp$ : capacidad calorífica, $H^v$ : entalpía específica de vapor, $Q$ : flujo de energía cedido por la condensación del vapor de calefacción: $Q = \lambda_s S = \lambda_k V_k$ , $S$ : flujo de vapor de calefacción, $V_k$ : flujo de vapor del efecto $k$ que calienta al efecto $i$ y $\lambda$ entalpía específica de condensación.

Tabla 2. Balances de exergía generalizados para un evaporador multi-efeto.

índice	Ecuación
$i=1$	$ExW(Q_i) + V_i (Ex(T_i) - ExW(H_i^v)) - F (Ex(T_i) - Ex(T_F)) = Ext_i$
$i \neq 1, i \neq n$	$ExW(Q_i) + (Ex(T_i) - Ex(T_{i-1})) \sum_{j=1}^{i-1} V_j + V_i (Ex(T_i) - ExW(H_i^v)) - F (Ex(T_i) - Ex(T_{i-1})) = Ext_i$
$i=n$	$ExW(Q_i) - Ex(T_{i-1}) \sum_{j=1}^{i-1} V_j - V_i ExW(H_i^v) - F \left( \frac{x_F}{x_i} Ex(T_i) - Ex(T_{i-1}) \right) = Ext_i$
Nomenclatura	$Ex$ : exergía, $Ex(T) = H(T) - H(T_o) - T_o(S(T) - S(T_o))$ con $S$ : entropía específica, $T_o$ : temperature del ambiente, para $Cp$ constante $Ex(T) = Cp(T - T_o - T_o \cdot \ln(T/T_o))$ , $ExW$ : exergía de flujo de energía, $ExW(Q) = Q(1 - T_o/T)$ , $Ext$ : exergía total de un efecto.
Nota:	$Ext > 0$ : proceso con pérdida de energía, $Ext = 0$ : proceso en equilibrio con el ambiente, $Ext < 0$ : proceso imposible.

Un sistema de vacío es fundamental para la evaporación adecuada en alimentos termosensibles. La termocompresión es uno de los mecanismos usados para este fin, donde el vapor de uno de los efectos se mezcla con vapor vivo. Minton (1986) define un modelo para calcular la presión resultante en un termocompresor, como lo muestra la Tabla 3 contiene este modelo.



Tabla 3. Modelo de termocompresión.

Modelo	$S = 0.4V_T e^{4.6 \ln\left(\frac{P_M}{P_T}\right) / \ln\left(\frac{P_S}{P_T}\right)}$
Nomenclatura	$V_T$ : flujo de vapor del efecto que envía al termocompresor, $P$ : presión de vapor para mezcla, $M$ , efecto que envía al termocompresor, $T$ , y vapor vivo, $S$ .

Este trabajo resuelve los balances de materia, energía y exergía para un evaporador multi-efecto. Esto fue posible con el software FEVAT® (Galván-Ángeles y col., 2015), el cual fue modificado para incluir el cálculo de exergía. Así, la exergía total del sistema es obtenida y la economía de evaporación,  $EE = \sum V_i / S$ , donde los valores altos son los deseados.

### RESULTADOS

El análisis de exergía fue aplicado al caso de cuatro efectos indicado en la Tabla 4; los valores de entalpía de vapor, entropías y presiones de vapor fueron tomados de Tablas de Vapor existentes en la literatura (Ocon-García y Tojo-Barreiro, 1980). La capacidad calorífica constante fue 3.849 kJ/(kg°C) (Singh y col., 2009) y, para el caso variable, fue obtenida con el modelo de Choi y Okos (1986). El caso de estudio recicla 10% de vapor del efecto 2 al termocompresor.

Tabla 4. Información del caso de estudio.

Variable	Unidad	Valor	Variable	Unidades	Valor
$F$	kg/h	16,000	$T_s$	°C	133
$T_F$	°C	80	$T_1$	°C	68
$x_F$	--	0.125	$T_2$	°C	65
$x_n$	--	0.5	$T_3$	°C	49.5
$T_o$	°C	24	$T_4$	°C	45

Los resultados de las simulaciones consideraron en efecto en la exergía y la economía de evaporación por: a)  $C_p$  constante vs.  $C_p$  variable, y con  $C_p$  variable: b) ubicación del termocompresor a través de todos efectos (10% de recycle), c) secuencia de evaporación: contracorriente vs. corriente directa y d) número de efectos con distribución de temperatura proporcional por efecto (termocompresión en Efecto 2). La Figura 1 contiene los análisis a), b) y c) y la Figura 2 el análisis d). Los resultados indican que el sistema es mejorado térmicamente si: a) la termocompresión proviene desde los últimos efectos y b) el número de efectos es incrementado.

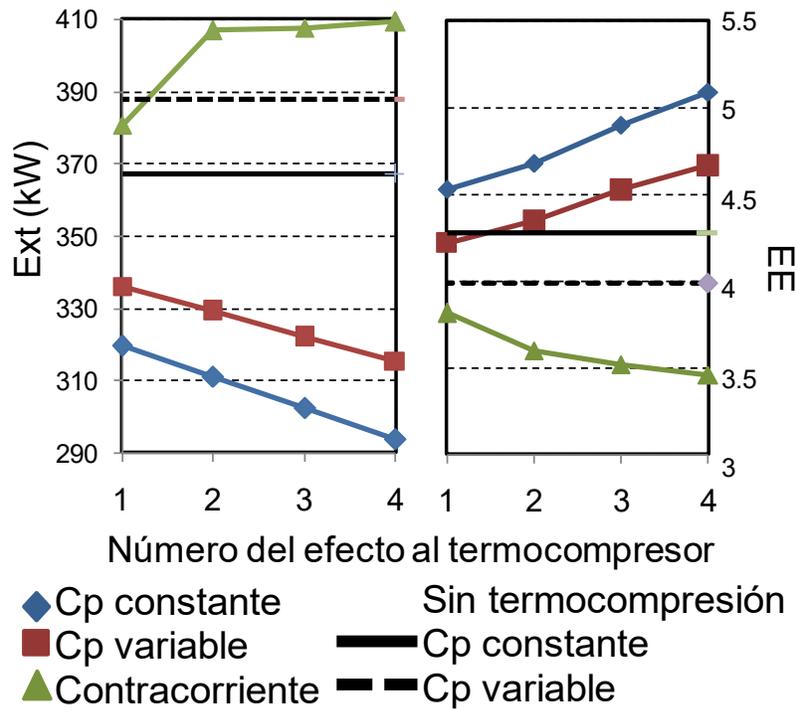


Fig. 1. Resultados de los análisis a), b) y c).

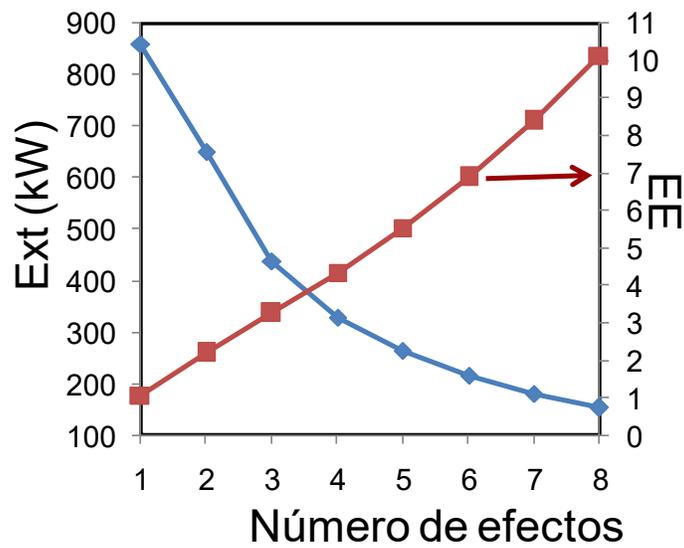


Fig. 2. Resultados del análisis d).



## CONCLUSIONES

El análisis de exergía en un evaporador de múltiple efecto de alimentos es una herramienta indispensable para lograr la reducción de energía consumida. Los alimentos fluidos evaporadores presentan propiedades térmicas variables, las cuales influyen remarcablemente sobre el cálculo de exergía. El paquete FEVAT redujo el esfuerzo de cálculo de la exergía en sistemas de evaporación de alimentos. Este análisis representa una etapa inicial en el diseño de evaporadores de alimentos, y posteriormente este parámetro será minimizado a través de diseños rigurosos en la geometría, particularmente para evaporadores de película descendente.

## REFERENCIAS

- Bapat, S. M., Majali, V. S., y Ravindranath, G. (2013). Exergetic evaluation and comparison of quintuple effect evaporation units in Indian sugar industries. *International Journal of Energy Research*, 37(12), 1415-1427.
- Chen, T., y Ruan, Q. (2016). Modeling and energy reduction of multiple effect evaporator system with thermal vapor compression. *Computers & Chemical Engineering*, 92, 204-215.
- Choi, C. Y., y Okos, M. R. (1986). Effects of temperature and composition on the thermal properties of foods. In M. L. Maguer y P. Jelen (Eds.), *Food Engineering and Process Applications: Transport Phenomena* (Vol. 1). London: Elsevier Applied Science Publishers.
- Díaz-Ovalle, C., Galván-Ángeles, E., Ramos-Ojeda, E., y Castillo-Borja, F. (2013). Metodología para el diseño óptimo de evaporadores de película descendente [An approach for optimal design in falling-film evaporators]. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 4(3), 49-61.
- Dincer, I., y Rosen, M. A. (2013). Chapter 5 - Applications of Exergy in Industry. In I. Dincer y M. A. Rosen (Eds.), *Exergy* (Second Edition) (pp. 75-82): Elsevier.
- Galván-Ángeles, E., Díaz-Ovalle, C. O., González-Alatorre, G., Castrejón-González, E. O., y Vázquez-Román, R. (2015). Effect of thermo-compression on the design and



- performance of falling-film multi-effect evaporator. *Food and Bioproducts Processing*, 96, 65-77.
- Higa, M., Freitas, A. J., Bannwart, A. C., y Zemp, R. J. (2009). Thermal integration of multiple effect evaporator in sugar plant. [doi: 10.1016/j.applthermaleng.2008.03.009]. *Applied Thermal Engineering*, 29(2–3), 515-522.
- Jyoti, G., y Khanam, S. (2014). Simulation of heat integrated multiple effect evaporator system. *International Journal of Thermal Sciences*, 76, 110-117.
- Khanam, S., y Mohanty, B. (2010). Energy reduction schemes for multiple effect evaporator. *Applied Energy*, 87(4), 1102-1111.
- Minton, P. E. (1986). *Handbook of evaporation technology*: Noyes Publications.
- Mojarab Soufiyan, M., Dadak, A., Hosseini, S. S., Nasiri, F., Dowlati, M., Tahmasebi, M., y Aghbashlo, M. (2016). Comprehensive exergy analysis of a commercial tomato paste plant with a double-effect evaporator. *Energy*, 111, 910-922.
- Nishitani, H., y Kunugita, E. (1979). The optimal flow pattern of mutieffect evaporator systems. *Computers & Chemical Engineering*, 3, 261-268.
- Ocon-García, J., y Tojo-Barreiro, G. (1980). *Problemas de Ingeniería Química: Operaciones Básicas*: Aguilar.
- Saravacos, G., y Kostaropoulos, A. E. (2016). *Handbook of food processing equipment*: Springer.
- Singh, R. P., Erdogdu, F. y Rahman, M. S. (2009). Specific heat and enthalpy of foods. In M. S. Rahman (Ed.), *Food properties handbook* (pp. 517-544). Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Sogut, Z., Ilten, N. y Oktay, Z. (2010). Energetic and exergetic performance evaluation of the quadruple-effect evaporator unit in tomato paste production. *Energy*, 35(9), 3821-3826.
- Topic, R. (1995). Mathematical Model for Exergy Analysis for Drying Plants. [doi: 10.1080/07373939508916963]. *Drying Technology*, 13(1-2), 437-445.
- Zisopoulos, F. K., Rossier-Miranda, F. J., van der Goot, A. J. y Boom, R. M. (2017). The use of exergetic indicators in the food industry—A review. [doi: 10.1080/10408398.2014.975335]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(1), 197-211.



## DISEÑO DE UNA PLANTA ALIMENTARIA PARA LA PRODUCCIÓN DE QUESO PETIT SUISSE A BASE DE LACTOSUERO

*María del Sol Flores Vera, Erika Ramos Ojeda\*, Fabiola Herrera Enciso*

*Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/IT Roque, km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.*

*\*Correspondencia: erika.ro@roque.tecnm.mx*

### RESUMEN

El diseño de la planta de alimentos contribuye al crecimiento tecnológico e innovador de nuevos productos, beneficiando a la sociedad con la elaboración de productos altamente nutricionales. La presente investigación se centró en el diseño de una planta para la elaboración de queso petit suisse, considerando una producción de 150 kg/día. En el desarrollo del queso fresco tipo petit suisse se consideraron cuatro equipos para llevar a cabo el proceso, los cuales fueron pasteurizador, mezcladora, refrigerador y máquina de llenado; obteniendo los costos- beneficios de su producción y servicios para su elaboración. Para asegurar una distribución óptima de los equipos se realizó el Layout utilizando el método de la huella circular para disminución de riesgos dentro de la planta y aprovechamiento de los espacios.

*Palabras clave: Diseño, Planta, optimización, queso.*

### INTRODUCCIÓN

Petit suisse es un tipo de queso de coagulación ácida, en el cual la leche es coagulada por acidificación indirecta, utilizando bacterias ácido lácticas mesófilas, principalmente *Lactococcus* sp., y pequeñas cantidades de cultivo productor de gas. El queso petit suisse es un producto suave, de consistencia blanda y elevado contenido de humedad (Guamán, 2012). Dentro de cada una de estas variedades se puede encontrar el petit suisse natural



generalmente azucarado y el suisse de sabores con adición de aromas de frutas o trozos de estas (Quijano, 2013).

Un postre lácteo dirigido principalmente a la población infantil donde la composición del producto es la siguiente: 70.67 % de humedad, 12.11 % de proteína, de grasa en extracto seco 44.33%, 0.96% de ceniza, 29.33% de sólidos totales, 0.58% de fibra, 3.22 % de carbohidratos con 94.59 Kcal/50 gramos de producto. Por su porcentaje de humedad es un queso extra húmedo ya que presenta un valor dentro de los rangos del 65–80% y por su cantidad de grasa se encuentra dentro de los límites para ser considerado como un queso semi-graso (Villagrán., 2011).

Actualmente el insumo de la leche en la producción de quesos genera un porcentaje alto en los costos directos de producción (sin considerar la mano de obra) de los diferentes tipos de queso (Paredes-Maas, 2019). La industria de alimentos tiene como objetivo lograr un producto de consumo directo o de uso intermedio al partir del procesamiento de materia prima agroindustrial. Este producto debe pasar por un análisis de mercado antes de ser producido; y la materia prima debe ser estudiada con el fin de determinar su manipulación y acondicionamiento adecuado (Díaz-Ovalle, 2020).

Esta investigación se centra en el diseño de una planta productora de queso petit suisse, desde la elaboración de la línea de producción, la determinación de costos hasta su ubicación dentro del país basada en un estudio de mercado.

## METODOLOGÍA

Para el diseño de la línea de producción se requirió conocer el procedimiento de la elaboración del queso tipo petit suisse, en donde a través de una hoja de MS Excel se obtuvieron distintas formulaciones adecuándolas al proceso y generando un producto con un costo menor en el mercado. Posteriormente fueron seleccionados cuatro equipos: pasteurizador, mezcladora, refrigerador y máquina de llenado para su elaboración, obteniendo los flujos, composiciones y temperaturas adecuadas para la elaboración del producto, a través de balances de materia y energía. De esta manera se determinó la cantidad de producción diaria. Posteriormente se



obtuvieron los costos fijos y variables como lo fueron agua, combustible, material de empaçado, energía eléctrica y materia prima necesaria. Para la ubicación de los equipos dentro de la planta se elaboró con el método de huella circular al igual que las áreas de los mismos. Fue necesario conocer los costos de transporte para poder localizar la mejor ubicación de la planta tomando en cuenta los clientes, proveedores, almacenes, etc. Se utilizó el método de centroides, y método de Brown-Gibbson para determinar las ciudades más favorables para su ubicación, considerando valores subjetivos como delincuencia, clima y el contexto económico y valores objetivos como impuestos, transporte, mano de obra y consumo de energía eléctrica. Considerando los siguientes estados para determinar su ubicación: Jalisco, San Luis Potosí, Guanajuato, CDMX y Coahuila.

## RESULTADOS

La planta procesa 150kg/día de queso petit suisse con 150 L de leche y 150 L de lacto suero. Las presentaciones son de 30 g del producto y finalmente es enviado en 4 tarimas con 39 cajas, 32 envases cada una. Los equipos son:

- Pasteurización: 150,000 mL de leche/3 bar.
- Mezclado: por cada 500 mL leche/500 mL suero/281.25 g crema para batir/5.5 kW.
- Adición: 1.25g  $CaCl_2$ /30 mL agua/500 g producto.
- Coagulación: 15 gotas cuajo o 0.75 mL cuajo/90 mL agua/500 g producto.

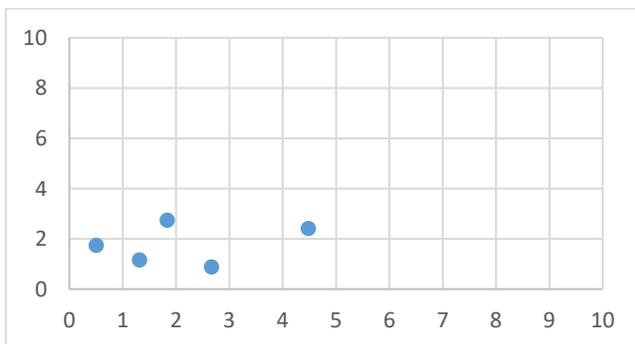


Fig. 1. Distribución de los equipos basados en el método de la huella circular

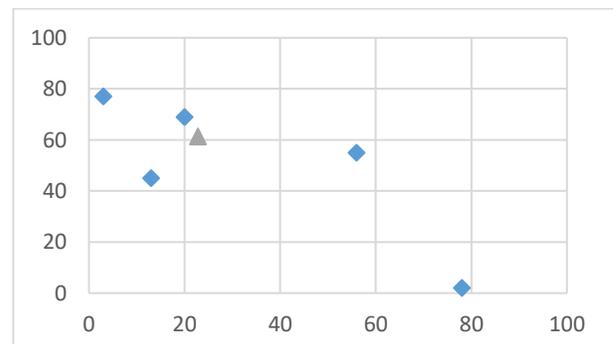


Fig. 2. Ubicación del mejor proveedor basado en el método de centroide



Posteriormente se determinaron costos fijos: terreno, construcción de la planta y equipos, obteniendo un costo de \$23,927,901. Así mismo fueron determinados los costos variables (servicios): agua, combustible, material de empaquetado, energía eléctrica, materia prima, mano de obra dando un total de \$11,633,724.97. Por lo que su diseño tiene un costo aproximado de \$35,561,625. Para la ubicación de los equipos dentro de la planta con un área de 10 m<sup>2</sup>, se obtuvieron sus radios: pasteurizador 1.168 m, mezclador 0.5 m, cámara de refrigeración 0.88 m, envasadora 1.5 m como se muestra en la Figura 1.

En la Figura 2 se muestra las coordenadas (22.788,61.302) del mejor proveedor para la ubicación de la planta. El método de Brown-Gibson determinó la mejor ubicación, reduciendo costos de transporte dando al estado de Jalisco un valor final de 0.1768.

## CONCLUSIONES

El diseño de una planta distribuye de manera óptima los elementos que la componen, ayuda a la generación de empleos y al crecimiento económico del estado de Jalisco que fue el que dio mejores resultados en base a los cálculos y un estudio de mercado. Aunque la planta tiene un costo elevado se pretende que en un año se recupere al 60% de la inversión, teniendo un impacto decisivo en los métodos de fabricación, manipulación y almacenamiento.

## REFERENCIAS

- Díaz-Ovalle, C. (2020). Diseño de plantas alimentarias. Celaya, Guanajuato: Tecnológico Nacional de México, Roque.
- Guamán, T. S. (2012). Elaboración de petit suisse de chocolate mediante la utilización de tres niveles de batidos con diferentes concentraciones de cuajo en la planta industrial “Don Daniel” en la ciudad de Loja. Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Paredes-Maas, E. A. (2019). Análisis de Costos en la Producción de Quesos Artesanales. Estudio de Caso: Quesería el Bejucal. Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático, 1222-1239.
- Quijano, P. (2013). Elaboración de queso tipo petit-suisse reducido en lactosa, grasa y calorías sabor manzana-pera. Cuautitlan Izali, Edo. México: UNAM.



Villagrán, C. F. (2011). Desarrollo de petit suisse para la planta de lácteos ecolac Tesis. Loja– Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.



## DISEÑO DE UNA PLANTA ALIMENTARIA PARA LA ELABORACIÓN DE CEREAL DE AMARANTO Y AVENA ENDULZADO CON ARÁNDANO Y MORINGA

Noemí Victoria Cardona Ochoa, Gustavo Ángel Corrales Granados, María Cristina Casique Merino, Catalina Herrera Ventura, Erika Ramos Ojeda\*

Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/IT Roque, Km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.

\*Correspondencia: [erika.ro@roque.tecnm.mx](mailto:erika.ro@roque.tecnm.mx)

### RESUMEN

La innovación de productos alimentarios que contribuyen al cuidado de la salud ha generado la necesidad de producir alimentos saludables, por lo que el diseño de una planta productora en el país contribuiría al desarrollo tecnológico, generación de empleos y crecimiento económico. Se realizó la línea de producción para la elaboración del cereal considerando ocho equipos, los cuales se distribuyeron de manera óptima con el método de la huella circular. Se determinó el costo de la planta de \$86, 224,881. Para la ubicación de la planta se realizó un estudio de mercado que a través del método de Brown-Gibson desarrollado e indicó que el lugar más factible es el estado de Sinaloa. Posteriormente se realizó el diagrama de instrumentación y tubería para tener un eficiente sistema de control. Por lo que esta investigación diseña una planta de cereal de amaranto y avena con beneficios nutrimentales la cual produce 682 bolsas de cereal por hora.

*Palabras Clave:* Diagrama, instrumentación, servicios, métodos, extrusor.

### INTRODUCCIÓN

El cereal es un producto alimenticio derivado de distintos cereales como arroz, maíz, avena y amaranto, que tras un proceso de moldeado se obtiene como resultado hojuelas de cereales que se comercializan para ser consumido (López y col., 2016). El diseño de la planta consta



de seis etapas: se enfoca a la búsqueda de la necesidad y la justificación del producto; se involucra la planeación del proceso; demanda un proceso ingenieril, se parte de los resultados de la anterior, ya que son calculados los costos de los equipos y el análisis financiero, se busca el lugar adecuado para ubicar la planta; y finalmente se hace la representación gráfica del proceso diseñado a través de un diagrama de tubería e instrumentación (P&ID) (Díaz-Ovalle, 2019).

La distribución de instalaciones y equipos de procesos parte de los métodos sistematizados, cuya solución ha sido posible con estrategias exactas y con la correcta aplicación del Métodos de Brown-Gibson (Brown, 1972), Método de Centroides (Francis, 1974), Método de Transporte (Mula y col., 2010) y Método de la Huella Circular (Díaz-Ovalle y col., 2019).

El monitoreo basado en los costos de producción, de los cuales los gastos directos competen a la producción. No obstante, los costos fijos de producción (mantenimiento, depreciación, impuestos y aseguradoras) tiene una connotación administrativa y no de la dinámica del proceso, por lo cual los costos variables de producción provienen del consumo y suministro del procesamiento (Díaz-Ovalle, 2019). Los cuales están relacionados con: mano de obra, insumos y servicios (Maroulis y col., 2008).

La instrumentación industrial es imprescindible en la industria de procesos y tiene como objetivo tomar in situ las condiciones de operación y propiedades de la materia a través de mediciones o indicaciones. Actualmente, mantienen las condiciones de operación en rangos que garanticen: seguridad del proceso, calidad del producto, reproducibilidad de las características del producto, optimización de servicios y bajos tiempos muertos en la producción (Díaz y col., 2013).

## METODOLOGÍA

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo en seis etapas:

La primera etapa se enfoca en buscar la necesidad de un producto, bajo el conocimiento químico y bioquímico de alimentos y tecnologías de conservación, para determinar la valoración nutritiva del producto y las condiciones límites de operación.

La segunda etapa se trabajó en la planeación del proceso del producto, donde se desarrolló un análisis de los servicios y operaciones unitarias requeridas para la fabricación del producto.



La tercera etapa se realizaron balances de materia y energía, diseño de los equipos y cálculos del consumo de los servicios (agua, energía eléctrica y combustible).

La cuarta etapa calculó los costos de los equipos y el análisis financiero (planificación de inversión, costos variables y fijos).

En la quinta etapa se utilizó el Método de Brown-Gibson para determinar el estado de la República Mexicana más apto para construir la empresa; el Método de Centroides se utilizó para encontrar las coordenadas exactas de donde localizar la planta dentro de los municipios del estado; el Método de Transporte se empleó para identificar el lugar exacto para colocar la planta, tomando en cuenta la distancia en donde se encuentran los proveedores de las materias primas y el Método de la Huella Circular se aplicó para la correcta distribución de los equipos con los que cuenta el proceso.

La última etapa es la representación gráfica del proceso diseñado a través de un diagrama de tubería e instrumentación (P&ID).

*Tabla 1. Costos variables y fijos requeridos durante el proceso de elaboración de cereal.*

COSTOS FIJOS		COSTOS VARIABLES (SEMANAL)	
Equipo	Costo (\$)		Costo (\$)
Limpiador	106,809.11	Materia prima	5,915,245.71
Mezclador	2,434,981.9	Mano de obra	15,000
Extrusor	29,147,884	Material empacado	707,436.5
Máquina para hacer	29,203,515	Servicio (agua)	134.8
Secador	366,335.32	Servicio (energía e.)	10,756.73
Horno	2,320,947.7	Servicio	12,634.2
Empacadora	22,644,408		
Total	86,224,881	Total	6,755,208.04

## RESULTADOS

Al llevar a cabo los métodos mencionados anteriormente se obtienen los costos fijos de la planta y los costos variables semanales como se muestra en la Tabla 1. Para obtener los costos de los equipos se tomó en cuenta el factor de presión, factor de corrección de inflación, factor de material de construcción, factor de parámetros adicionales, costo de proveedor y los índices de escala-costos para diversos equipos. Los costos variables semanales provienen del consumo y suministro del proceso, como lo es la mano de obra, que se relaciona con el número de trabajadores y el salario mínimo; y para el costo de los insumos y servicios se relaciona la cantidad consumida semanalmente.



Al realizar el método de huella circular, tomando en cuenta que se toma una distancia de seguridad de 2 m entre cada equipo, se obtiene que la distribución de la empresa de cereal como se muestra en la Figura 1.

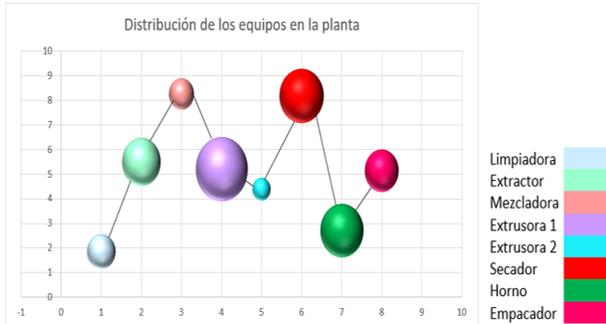


Fig. 1. Distribución de los equipos de la planta.

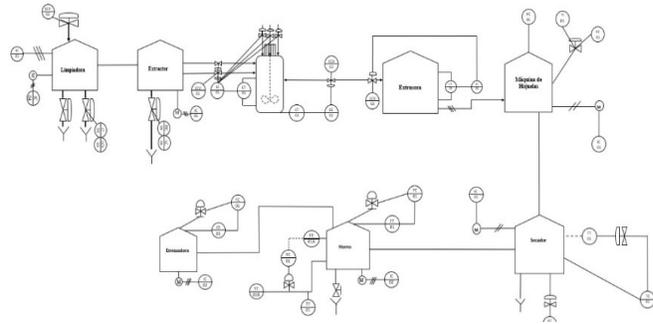


Fig. 2. P&ID de la empresa.

Mientras que en la Figura 2 se muestra el diagrama P&ID del proceso de elaboración del cereal en cual se describen los requerimientos de cada uno de los equipos del proceso, es decir indica si requiere vapor, energía eléctrica, etc. Cada una de estas características se puede observar en el diagrama.

## CONCLUSIONES

La importancia del diseño de una planta alimentaria es la contribución y efecto del producto como impacto y beneficio para la sociedad. En el diagrama de instrumentación y tubería el cual describe las condiciones de proceso de cada uno de los equipos involucrados buscando que con ello se eviten accidentes industriales y por ende se garantice la seguridad de la empresa y del personal que ahí labora. El correcto y adecuado desarrollo de una planta industrial en este caso para el sector agroalimentario requiere de un análisis de grande cantidad de parámetros, así mismo de un análisis financiero y estudios de mercados, todo esto con la finalidad de que la planta a diseñar realmente sea un proyecto factible de inversión y tenga éxito dentro del mercado.



## REFERENCIAS

- Brown, P., y Gibson, D. (1972). A Quantified Model for Facility Site Selection-Application to a Multiplant Location Problem. *AIIE Transactions*.
- Díaz-Ovalle, C. O., Vázquez Ramón, R., Jung, S., y Castillo Borja, F. (2019). A reformulated nonlinear model to solve the facility layout problem. *Chemical Engineering Communications*.
- Díaz-Ovalle, C. O. (2019). *Diseño de Plantas Alimentarias*. Celaya, Guanajuato: Tecnológico Nacional de México, Roque.
- Díaz-Ovalle, C., Vázquez Ramón, R., de Lira Flores, J., y Mannan, M. S. (2013). A model to optimize facility layouts with toxic releases and mitigation systems. *Computers & Chemical Engineering*.
- Francis, R. L., y White, J. A. (1974). *Facility Layout and location an analytical approach*. Prentice Hall.
- López-Sobaler, A. M., Aparicio Vizuite, A., y Ortega Anta, R. M. (2016). Beneficios nutricionales y sanitarios asociados al consumo de kiwi. *Nutrición Hospitalaria*, 33 (Supl. 4), 21-25
- Maroulis, Z. B., y Saravacos, G. D. (2008). *Food Plant Economics*. Taylor & Francis Group.
- Mula, J., Peidro, D., Díaz Madroño, M., y Vicens, E. (2010). Mathematical programming models for supply chain production and transport planning. *European Journal of Operational Research*.



## MICROENCAPSULACIÓN DE ACEITE DE AGUACATE (*PERSEA AMERICANA*)

*Violeta Herrera Enciso, Guadalupe Anay Garcia Martínez, Abril de María Montesinos Bernal, Fabiola Herrera Enciso, Susana E. Altamirano Romo*

*Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/Roque, Carr. Celaya-Juventino Rosas Km 8, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.*

*\*Correspondencia: violeta.he@roque.tecnm.mx*

### RESUMEN

El aceite de aguacate (*Persea americana*) está compuesto por una mezcla de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, entre los que destacan el ácido oleico, linoléico y linolénico. Éstos presentan propiedades funcionales importantes para el organismo, sin embargo debido a su estructura química son susceptibles a la oxidación por factores ambientales. La micro-encapsulación es una técnica que genera una cubierta de protección para las sustancias bioactivas evitando su deterioro oxidativo. El presente proyecto tiene el objetivo de establecer una metodología para la micro-encapsulación del aceite de aguacate utilizando la liofilización y posteriormente ser aprovechado en el desarrollo de alimentos funcionales. Para esto, se trabajaron dos diferentes formulaciones de emulsiones evaluando la relación correcta aceite/material encapsulante (1:3 y 1:4) y probando con dos velocidades de agitación; analizando la eficiencia de encapsulación por medio de la cuantificación de aceite encapsulado, se determinaron las condiciones óptimas para lograr la micro-encapsulación.

*Palabras Clave: Liofilización, encapsulación y aceites.*

### INTRODUCCIÓN

Los aceites vegetales, caracterizados por la presencia de ácidos grasos insaturados, se han convertido en importantes elementos para el desarrollo de alimentos funcionales. En el caso del aceite de aguacate, se promueve su consumo debido a los altos niveles de ácido oleico y linoleico asociados a la salud humana (Xuan-Tan, 2017). Estos lípidos están formados por cadenas hidrocarbonadas largas con una o más dobles ligaduras que los hace susceptibles a



la oxidación por factores ambientales como calor, contacto con oxígeno y luz solar, disminuyendo su funcionalidad biológica a lo largo de su almacenamiento; siendo ésta la principal causa de deterioro no sólo en lípidos, afecta también vitaminas A y E presentes en el aceite (Badui-Degal, 2019).

Cuando estas sustancias son consumidas sin haberse oxidado, proveen beneficios a la salud como la regulación en los niveles de triglicéridos en sangre y reducción de riesgo de padecer cáncer de colon, próstata, pecho y renal (Amaya-Cano, 2020).

Una técnica para evitar la degradación oxidativa es la micro-encapsulación de aceites, con ella se logra mantener tanto sus características sensoriales, como propiedades biológicas y funcionales.

La encapsulación consiste en cubrir microgotas del aceite con material encapsulante formando microcápsulas que serán secadas para formar un polvo estable a las condiciones anteriormente mencionadas. Adicionalmente ofrece la posibilidad de controlar la difusión del ingrediente activo lipofílico (Cuevas-Bernardino, 2020). Un método utilizado para realizar la micro-encapsulación es la liofilización, tiene como principal ventaja el uso de temperaturas bajas que evitan la degradación térmica de los compuestos bioactivos, sin embargo requiere de tiempos largos de secado. Durante éste proceso, el agua congelada se remueve de la muestra por medio de sublimación y posteriormente desorción (Ogrodowska y col., 2020). Para su aplicación se requiere de una emulsificación previa del aceite con uno o más materiales de cubierta (o encapsulantes) entre los que se encuentran almidón, maltodextrina, goma guar, alginato de sodio, caseinato, gretina, proteínas de soya, etc. (Ríos-Aguirre y Gil-Garzón, 2021).

En el presente proyecto se utilizó maltodextrina, caseinato y suero de leche en la emulsificación de aceite de aguacate para su posterior liofilización y análisis, con esto fue desarrollado un método eficiente de micro-encapsulación.

## METODOLOGÍA

El desarrollo de la investigación fue realizado en el Tecnológico Nacional de México/Roque, utilizando suero de leche producido en el Taller de Lácteos como base para realizar las emulsiones. El material encapsulante se aplicó en dos diferentes proporciones con relación a



la cantidad de aceite de aguacate utilizado como se muestra en la Tabla 1; el emulgente utilizado fue polisorbato 80 (Tween 80).

*Tabla 1. Composición de las emulsiones.*

Materiales	A1:3	A1:4
Suero de Leche (mL)	50.00	50.00
Maltodextrina (g)	5.62	7.50
Aceite de Aguacate (g)	3.12	3.12
Suero en Polvo (g)	1.87	2.50
Leche en Polvo (g)	1.87	2.50
Tween 80 (mL)	0.50	0.50

La homogenización se realizó a 12000 y 4500 rpm para obtener una emulsión uniforme y analizar el efecto que tiene sobre la eficiencia de encapsulación. Se compararon los patrones de gotas formadas por medio de microscopía identificando su tamaño y distribución; así mismo se determinó el porcentaje de sólidos solubles.

Posteriormente, fueron congeladas para iniciar con el procedimiento de liofilización, utilizando 50 mL de cada emulsión. Las condiciones aplicadas fueron 0.12 mbar de presión a -40°C por 5 días para lograr el secado completo.

Se determinó el contenido de aceite superficial por medio de lavados con hexano y el encapsulado aplicando una hidrólisis y extracción con el mismo solvente. Finalmente, fue calculada la eficiencia de encapsulación para cada uno de los tratamientos y se realizó el análisis estadístico con un comparativo de medias utilizando la técnica de Tukey.

## RESULTADOS

Preparación de las emulsiones. Las proporciones entre material encapsulante y aceite fueron adecuadas para la obtención de emulsiones homogéneas y estables durante la congelación previa liofilización. En las Figuras 1 y 2, se muestran las emulsiones A1:4 a 4500 y 12000 rpm de agitación respectivamente.

Se observa que la velocidad de agitación afecta el tamaño y uniformidad de las microgotas de aceite formadas. A 4500 rpm, son pequeñas y no hay grandes diferencia de tamaño entre ellas; a 12000 rpm no hay uniformidad ya que se formaron gotas de gran tamaño.



Eficiencia de encapsulación. Se cuantificó tanto el aceite superficial como el encapsulado obteniendo los valores de la Tabla 2; en ésta se presentan las medias de dichos valores en las emulsiones liofilizadas.

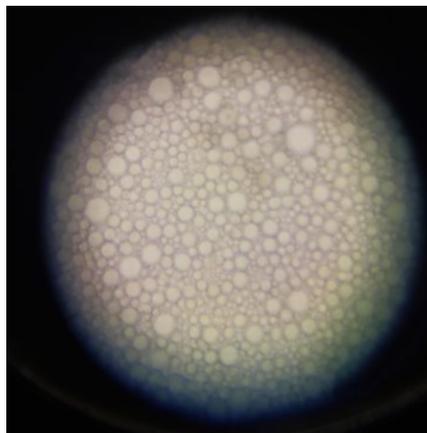


Fig. 1. Emulsión A1:4 (4500)

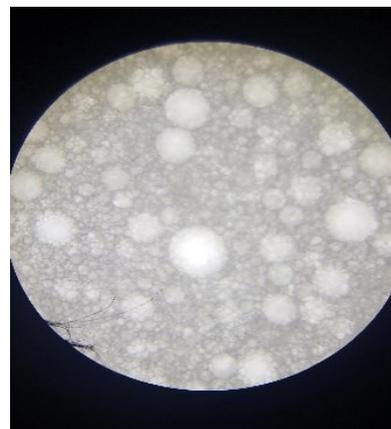


Fig. 2. Emulsión A1:4 (12000)

Tabla 2. Aceite recuperado en emulsiones.

Muestra	Aceite	Aceite
A1:3-12000	0.4165	0.0962
A1:3-4500	0.2840	0.3215
A1:4-12000	0.2526	0.3164
A1:4-4500	0.6188	1.1251

La eficiencia de encapsulación se indica en la Figura 3, haciendo el comparativo de medias, se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa entre las emulsiones A1:3-4500, A1:4-12000, A1:4-12000 y la A1:3-12000. Ésta última mostró la menor eficiencia con 18.7% de aceite encapsulado; en cambio, la A1:4-4500 obtuvo un 64.5%.

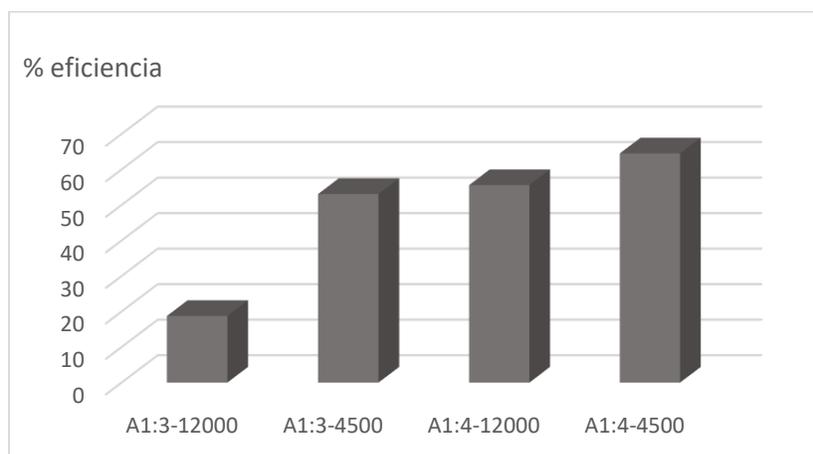


Fig. 3. Eficiencia de encapsulación.



## CONCLUSIONES

Las emulsiones fueron estables durante la etapa de congelación, ya que no se presentó una separación entre las fases acuosa y oleosa; así mismo se mantuvieron homogéneas durante la liofilización. La cantidad de material encapsulante es un factor determinante para obtener una micro-encapsulación eficiente, ya que a menor cantidad se tiene un menor porcentaje de aceite encapsulado. En cuanto a las velocidades de agitación aplicadas, se observó una disminución en la eficiencia de encapsulación al trabajar con el mayor valor (12,000 rpm); esto se relaciona con el patrón de microgotas que se generan. Las gotas mayores a 5  $\mu\text{m}$  favorecen la coalescencia liberando el aceite retenido en las microcápsulas y por lo tanto disminuyen la eficiencia del proceso.

## REFERENCIAS

- Amaya Cano, J. S. y Salcedo Galán, F. (2020) Microencapsulamiento de aceites con alto contenido de ácidos grasos. Rev. ION, 7. DOI: <https://doi.org/10.18273/revion.v33n1-2020001>.
- Badui Dergal, S. (2019) Química de Alimentos. Ed. Pearson, 6ª edición. ISBN: 9786073250764.
- Cuevas Bernardino, J. C., Pérez Alonso, C., Nieto Angel, R., y Aguirre Mandujano, E. (2020) Microencapsulación de aceite de semilla de uva mediante secado por aspersión utilizando proteína de suero lácteo y pectina de tejocote. Ing. Agric. Biosist., Vol.11, No. 2. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2019.01.005>.
- Jiménez Colmenero, F. (2017). Emulsiones múltiples; compuestos bioactivos y alimentos funcionales. Madrid. España. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición. Recuperado de [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112013000500007](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013000500007).
- Ogrodowska, D., Tańska, M., Brandt, W. y Czaplicki S. (2020) Impact of the encapsulation process by spray- and freeze-drying on the properties and composition of powders obtained from cold-pressed seed oils with various unsaturated fatty acids. J. Food Nutr. Sci., Vol. 70, No. 3, pp. 241–252. DOI: 10.31883/pjfn/120314.



- Restrepo Fernández, M. C., Zabala Toro, L. M., y Guiot Morales, L. (2020). Aceite de coco, características nutricionales y posibles aportes a la salud humana. Facultad de Ingenierías. Corporación Universitaria Lasallista.
- RiosAguirre, S. y Gil Garzón, M. A. (2021) Microencapsulación por secado por aspersion de compuestos bioactivos en diversas matrices: una revisión”, *Tecnológicas*, vol. 24, nro. 51, e1836. <https://doi.org/10.22430/22565337.1836>.
- Xuan Tan, C., Gun Hean, C., Hamzah, H., y Mohd Ghazali, H. (2017) Optimization of ultrasound-assisted aqueous extraction to produce virgin avocado oil with low free fatty acids. *J. Food Process Eng.* <https://doi.org/10.1111/jfpe.12656>.



## METODOLOGÍA PARA UN ESTUDIO CFD DE UN EVAPORADOR CENTRÍFUGO

*Christian O. Díaz-Ovalle<sup>1,\*</sup>, Erika Ramos-Ojeda<sup>1</sup>, Florianne Castillo-Borja<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup>*Departamento de Ingeniería Química, Tecnológico Nacional de México/I. T. Aguascalientes, Av. Adolfo López Mateos 1801 Ote., Aguascalientes, Aguascalientes, C.P. 20256, México.*

*\*Correspondencia: christian.do@roque.tecnm.mx*

### RESUMEN

Los alimentos termosensibles son procesados evitando su daño nutricional. En el caso de la evaporación, el factor elemental es el corto tiempo de residencia, que es obtenido en evaporadores como el de película descendente y centrífugo. Esta última opción es aplicada en una gran cantidad de procesos y no ha recibido una atención exhaustiva en desarrollo térmico e hidrodinámico. Este trabajo propone una estrategia de análisis bajo la técnica de dinámica computacional de fluidos. Así, un evaporador centrífugo es analizado considerando sus dimensiones elementales como su giro sin transferencia de calor.

*Palabras claves: Centritherm, Evaporación, Turbomaquinaria, Turbulencia.*

### INTRODUCCIÓN

La generación de nuevos productos con alto valor nutritivo demanda tratamientos que eviten daño sobre la materia prima, como el caso de retirar agua o compuestos volátiles. La evaporación es una opción para este objetivo, pero está caracterizada por lograr un daño en los alimentos. Por lo cual, algunos evaporadores industriales siguen diseños bajo tiempo de residencia corto (película ascendente, descendente, de placas, centrífugo, etc.), cuya aplicación es común en aceites comestibles, jugos y zumos naturales y cerveza sin alcohol. Por lo cual, la evaporación adecuada para estos casos sigue el principio de centrifugación, propia de un evaporador centrífugo conocido como Centritherm® (Shinn, 1971).



Los evaporador centrífugo sigue el principio de la formación de una película descendente sobre una superficie caliente en movimiento rotacional, esto es posible con la fuerza centrífuga generada (Rifert y col., 2018). Estudios de sobre flujo y su efecto en la transferencia de calor han sido desarrollados por Chen (1997), Chen y col. (1997), Zhu (2001) y Jebson y col. (2003). Estos estudios han demostrado que la evaporación depende del ángulo, velocidad angular, etc., buscando un tiempo de contacto mínimo a altas temperaturas. Muchos de estos parámetros son mencionados por Shinn (Shinn, 1971). Lamentablemente, el desarrollo de pruebas requiere un equipo piloto, lo cual puede ser tratado teóricamente bajo simulación asistida por computadora.

La dinámica computacional de fluidos (CFD por sus siglas en inglés) es una opción viable para lograr una comprensión del sistema de forma teórica prescindiendo de la experimentación (Tu y col., 2013). Esta herramienta proporciona información detallada y visualizada sobre el proceso (Chung, 2010). En alimentos, CFD ha logrado alta relevancia por la solución y descripción de problemas en diversos procesos, como lo describen Xia y Sun (Xia y Sun, 2002) Sun (2019), Anandharamakrishnan (2013) y Norton (Norton, 2013).

Este trabajo propone una estrategia para aplicar CFD en un evaporador Centritherm®, el cual no ha sido analizado en la literatura. La aplicación de esta técnica ayudará a obtener mejoras en el diseño de este equipo usado en la industria de alimentos.

## METODOLOGÍA

La propuesta de este trabajo sigue lo indicado en el desarrollo de análisis CFD: a) generación del dominio computacional, b) discretización del dominio (malla), c) definición de las condiciones del sistema, d) características del método de solución e e) interpretación de los resultados. El dominio computacional es el dibujo asistido por computadora sobre el sistema. Para el caso de Centritherm®, solo el documento de UNIDO Publications (1969) describe el interior de este equipo, cuyas dimensiones no son definidas. Aquí son propuestas con base a imágenes y videos. El dominio computacional fue creado en SpaceClaim® de ANSYS® 2023 R1. La Figura 1 muestra este sistema.

La discretización fue posible con Meshing® de ANSYS® 2023 R1 donde la malla contó con 100k elementos tetraédricos. La zona entre las paredes sufrió una generación de tamaños en



crecimiento central (inflación). Esto fue necesario para considerar los cambios del fluido en esta zona. Además, la calidad de la malla debe considerarse para garantizar una solución numérica aceptable. La Figura 1 c) es un mapeo de la distribución de la calidad de los elementos, donde el valor mayor indica una calidad de malla baja.

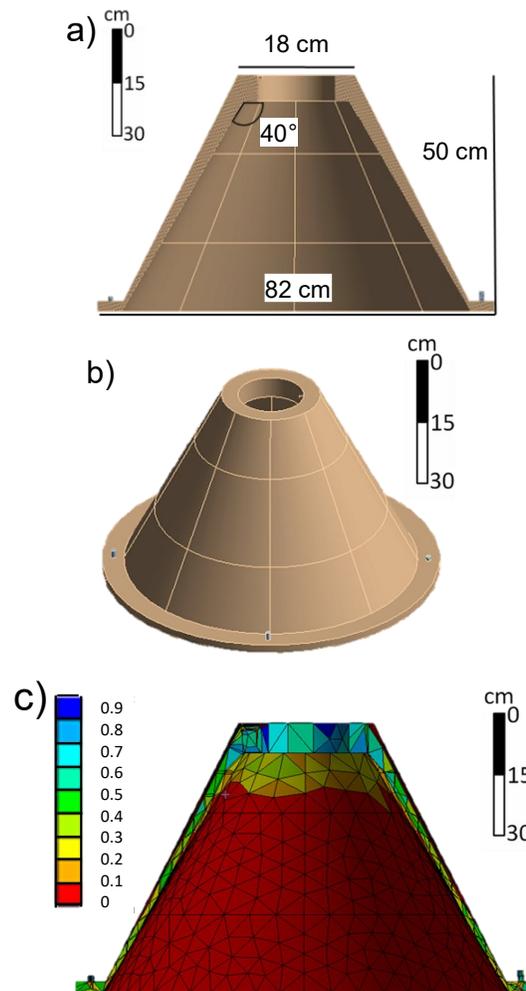


Fig. 1. Dominio computaciones de Centritherm: a) dominio computacional, b) dimensiones y c) malla y su calidad.

El sistema fue agua a propiedades constantes a 24°C con un giro angular de las paredes del cono a 150 rad/s. La turbulencia siguió el modelo  $\kappa$ - $\epsilon$  ( $\kappa$ : energía cinética de turbulencia,  $\epsilon$ : energía de disipación de turbulencia) (Launder y Spalding, 1974). El sistema fue isotérmico y transitorio durante 30 s. La Tabla 1 contiene el modelo del análisis.



Tabla 1. Ecuaciones de gobierno para la simulación CFD propuesta.

Nombre	Ecuación
Conservación de la masa	$\frac{\partial v_j}{\partial x_j} = 0$
Conservación de momentum	$\rho \left( \frac{\partial v_i}{\partial t} + \frac{\partial v_i v_j}{\partial x_j} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \mu \frac{\partial^2 v_i}{\partial x_j^2} + g_i \rho$
Energía cinética de turbulencia	$\rho \left( \frac{\partial \kappa}{\partial t} + \frac{\partial v_i \kappa}{\partial x_i} \right) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( (\mu + \mu_t) \frac{\partial \kappa}{\partial x_j} \right) + 2\mu_t \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \left( \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) - \rho \varepsilon$
Energía de disipación de turbulencia	$\rho \left( \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial v_i \varepsilon}{\partial x_i} \right) = -\frac{\partial}{\partial x_j} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{1.3} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) + 2.88 \mu_t \frac{\varepsilon}{\kappa} \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \left( \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) - 1.92 \rho \frac{\varepsilon^2}{\kappa}$
Nomenclatura	v: velocidad, x: coordenada, P: presión, g: gravedad, $\mu$ : viscosidad, $\rho$ : densidad, $\mu_t$ : viscosidad de turbulencia ( $0.09\rho\kappa^2/\varepsilon$ ), $i$ y $j$ : índices de las direcciones.

## RESULTADOS

La solución numérica consideró el algoritmo SIMPLE bajo interpolaciones de segundo orden. El sistema fue transitorio bajo aproximación de la presión. Los resultados numéricos fueron analizados en una zona de mayor turbulencia; este correspondió a un volumen con  $\kappa > 70 \text{ m}^2/\text{s}^2$ . La Figura 2 contiene los resultados de esta simulación. La zona de mayor turbulencia aumentó respecto al tiempo. La velocidad en esta zona alcanzó 50 m/s, y las líneas de corriente fueron de mayor trascendencia en la sección superior del cono. Esto demuestra que la parte inferior genera la mayor turbulencia por efecto de la gravedad.

## CONCLUSIONES

La herramienta CFD es indispensable en el análisis de procesos de alimentos. El evaporador Centritherm® fue analizado bajo técnica CFD. Los resultados indicaron la viabilidad de aplicar esta técnica en este sistema rotativo, en el cual el comportamiento hidrodinámico del fluido es fundamental para análisis multifásicos con transferencia de calor. La turbulencia fue categorizada en una con el valor mayor, esto como resultado de la velocidad angular que presentó el sistema. El tiempo de 35 s no fue suficiente para alcanzar el estado estacionario de esta zona de turbulencia mayor.

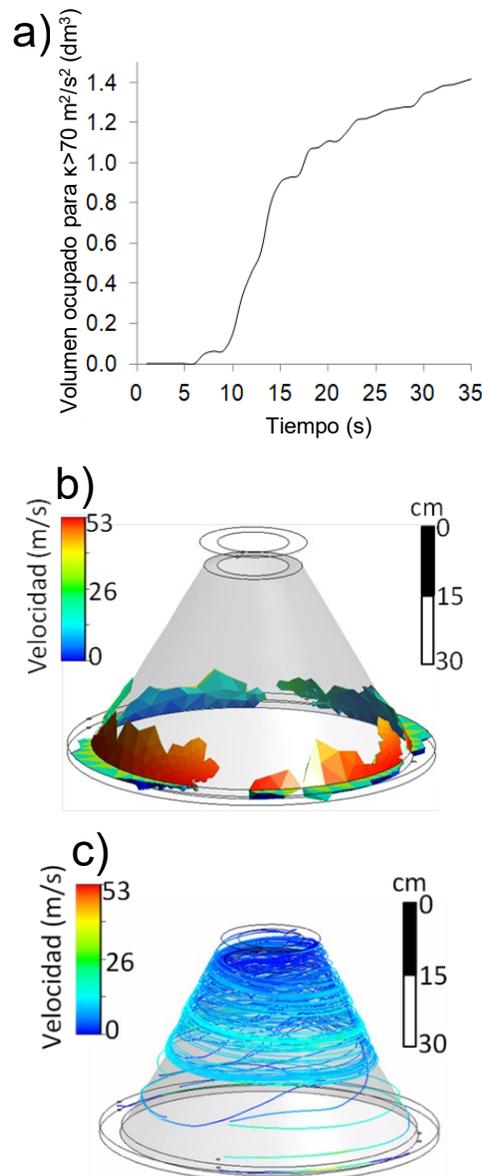


Fig. 2. Resultados CFD para Centritherm ®: a) volumen de zona de alta turbulencia, b) perfil de velocidad en zona de alta turbulencia a 35s y c) líneas de corriente.

## REFERENCIAS

- Anandharamakrishnan, C. (2013). Computational Fluid Dynamics Applications in Food Processing: Springer.
- Chen, H. (1997). Heat transfer and fouling in film evaporators with rotating surfaces. Massey University, Palmerston North.



- Chen, H., Jebson, R. S., y Campanella, O. H. (1997). Determination of Heat Transfer Coefficients in Rotating Cone Evaporators: Part I. [doi: 10.1205/096030897531324]. *Food and Bioproducts Processing*, 75(1), 17-22.
- Chung, T. J. (2010). *Computational Fluid Dynamics* (2nd ed.). New York, USA: Cambridge University Press.
- Jebson, R. S., Chen, H., y Campanella, O. H. (2003). Heat Transfer Coefficients for Evaporation from the Inner Surface of a Rotating Cone — II. *Food and Bioproducts Processing*, 81(4), 293-302.
- Launder, B. E., y Spalding, D. B. (1974). The numerical computation of turbulent flows. *Computer Methods in Applied mechanics and Engineering*, 3, 269-289.
- Norton, T. (2013). CFD in the Agri-Food Industry: A maturing engineering design tool. *Computers and Electronics in Agriculture*, 93, 149-150.
- Rifert, V. G., Barabash, P. A., Solomakha, A. S., Usenko, V., Sereda, V. V., y Petrenko, V. G. (2018). Hydrodynamics and heat transfer in a centrifugal film evaporator. *Bulgarian Chemical Communications*, 50(K), 49-57.
- Shinn, B. E. (1971). The centri-therm evaporator and its application to heat sensitive foods. *Journal of Applied Chemistry and Biotechnology*, 21(12), 366-371.
- Sun, D.-W. (Ed.). (2019). *Computational Fluid Dynamics in Food Processing* (2nd ed.): CRC Press.
- Tu, J., Yeoh, G.-H., y Liu, C. (2013). *Computational Fluid Dynamics: A practical approach* (2nd ed.). Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, Elsevier.
- UNIDO Publications. (1969). *The use of Centri-Therm, expanding-flow and forced-circulation plate evaporators in the food and biochemical industries*. Vienna, Austria: United Nations.
- Xia, B., y Sun, D.-W. (2002). Applications of computational fluid dynamics (CFD) in the food industry: a review. [doi: 10.1016/S0168-1699(01)00177-6]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 34(1-3), 5-24.
- Zhu, X. (2001). Model development and simulating of a spinning cone evaporator. Massey University, Palmerston North.



## FORMULACIÓN DE UN POPOTE COMESTIBLE ELABORADO A BASE DE HARINA DE TRIGO

*Fabiola Herrera Enciso\*, Alondra Guadalupe Ramos Pérez, Erika Ramos Ojeda, Christian Oliver Díaz Ovalle*

*Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/I.T. Roque. km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato, C.P. 38124, México.*

*\*Correspondencia: [fabiola.he@roque.tecnm.mx](mailto:fabiola.he@roque.tecnm.mx)*

### RESUMEN

Este proyecto propone una formulación para elaborar popotes comestibles a partir de un proceso de amasado, laminado, enrollado, horneado, enfriado y desmolde. La fórmula base fue constituida por: azúcar 16.5% p/p, harina 55% p/p, mantequilla 20% p/p, agua 6.5% p/p, sal 0.5% p/p y leudante 1.5% p/p. En el proceso de elaboración las masas fueron laminadas a un espesor de 0.25 mm, 0.5 mm, 1.25 mm y 2.0 mm. La resistencia, rigidez y porosidad de los popotes, fue analizada mediante un diseño factorial  $2^4$ , con mantequilla, azúcar, agua y leudante; como factores, en niveles alto y bajo, con una réplica. Según el análisis estadístico; el agua tiene el mayor efecto sobre la dureza del popote, seguido de la interacción mantequilla-agua, y son de menor influencia agua-leudante y azúcar-agua. En el análisis de la porosidad fueron determinadas diferentes distribuciones y tamaños de poro, afectada, principalmente por azúcar y mantequilla.

*Palabras clave: Popote, comestible, biodegradable, porosidad, resistencia.*

### INTRODUCCIÓN

Productos plásticos de un solo uso, como los popotes, contribuyen a problemas de contaminación (Weiss y Wolf, 2006), derivado de esto, diferentes estudios proponen formulaciones de biopelículas a partir de diferentes materiales, como la semilla del aguacate (Díaz, 2020); carragenina y gelatina (A'yun y col., 2021); piña y carragenina (Devi y col., 2019), entre otros. Yavagal y col. (2020), reportan descomposición completa en 14 días, de popotes



hechos con harina de trigo, aceite, agua y levadura. Otras opciones son los popotes comestibles con valor agregado (Kiran, 2021), que pueden estar constituidos a base de harinas de diferentes cereales, como arroz y tapioca (Wi y Ilbo, 2019). Este tipo de popotes pueden resistir un mínimo de 30 minutos sumergidos en bebidas, son neutros y no transfieren color al líquido (Ubuntu, 2022).

El objetivo de este estudio fue variar la concentración de los componentes activos de una fórmula control, para elaborar popotes comestibles a base de harina de trigo. Las formulaciones propuestas se derivaron de los reportes de: Daley y col. (2005) y Desamparados, (2015), con la adición de 2% de polvo de cascarón de huevo tratado, como elemento funcional. Estas formulaciones determinaron los niveles de concentración de diferentes componentes para analizar la dureza, resistencia y porosidad del producto con un diseño factorial.

## METODOLOGÍA

La metodología fue en 2 etapas: obtención de la formulación y diseño experimental. Las formulaciones fueron realizadas con un peso total de 100 g, por duplicado para cada proceso. La elaboración consistió en; mezclado de ingredientes en seco, amasado (aproximado a 30 min. con tiempo de reposo), laminado o extrusión (pruebas con diferentes espesores entre 0.25 a 2 mm), corte (tiras de 20x25 cm para cubrir superficie tubular de 7 mm de diámetro), horneado (176.6 °C por 3 min.), enfriado (20 min. a temperatura ambiente), desmolde y empaquetado. Las formulaciones propuestas son mostradas en la tabla 1.

Tabla 1. Formulaciones: 1) a base de harina integral, 2) con cascarón de huevo, 3) con huevo entero.

Ingredientes % (p/p)	Formulación 1			Formulación 2			Formulación 3		
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Harina de trigo integral	51	51	51						
Harina de trigo				55	55	55	36	36	36
Azúcar	20	25	25	14.5	20	15	20	18	17
Agua	6.5	15.5	11.5	6.5	8	11	6	15	14
Clara de huevo	21	7	11						
Leudante	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Mantequilla				20	13	15	15	22	17
sal				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cascarón de huevo en polvo				2	2	2			
Huevo							21	7	14



Una vez obtenida la masa, es laminada y cortada para darle forma cilíndrica, cubriendo unas varillas previamente engrasadas, para hornearse a 176.6°C (horno de convección) y enfriarse a temperatura ambiente por 20 minutos y desmoldar.

El diseño experimental fue con 4 factores (mantequilla, azúcar, agua y leudante), en 2 niveles (Alto y Bajo), al azar, con 2 réplicas para determinar el error experimental. La concentración de harina vario dependiendo de los niveles de los factores de las diferentes corridas (Tabla 2), la sal y el polvo de cascarón fueron fijos de 0.5% y 2%, respectivamente.

Tabla 2. Factores y niveles del diseño factorial.

Niveles (% p/p)	Factores			
	Mantequilla	Azúcar	Agua	Leudante
Alto	20	20	12	3
Bajo	14	14.5	6.5	1.5

La dureza fue determinada con un texturómetro; TA.XTPlus (Texture Analyser) STABLE MICRO SYSTEM, con los parámetros referenciados a galletas. Para la resistencia del popote, se utilizó leche a 3.3°C (Daley y col., 2005). La porosidad fue analizada mediante comparación de imágenes obtenidas con microscopio óptico digital, utilizando un objetivo de 4/0.10.

## RESULTADOS

Las formulaciones que presentaron la resistencia mecánica para ser laminadas fueron las 2A y 2C. Fue seleccionado el espesor de 1.25 mm, por similitud con popotes comerciales, además, espesores por debajo se rompían fácilmente, la dureza vario en el rango de 1.73 a 9.19 N, presentándose problemas de friabilidad, sin embargo, estas formulaciones fueron una referencia para seleccionar los componentes, el tiempo y la temperatura de horneado, así como el proceso de elaboración. La adición de cascaron de huevo no impidió un laminado fino. Las formulaciones del diseño experimental en los niveles bajos de agua no lograron su incorporación. En las masas con alto nivel de mantequilla y bajo de agua, o viceversa, predomina la cohesividad y el producto resultante es de mayor dureza. Un nivel alto de azúcar tiene un efecto considerable en la dureza, contrario al leudante que otorga dureza en su nivel bajo.



El análisis de las imágenes de muestras observadas en microscopio sugiere, que un alto nivel de mantequilla, azúcar, agua y leudante genera popotes con una superficie uniforme (Figura 1 b) AAAA).

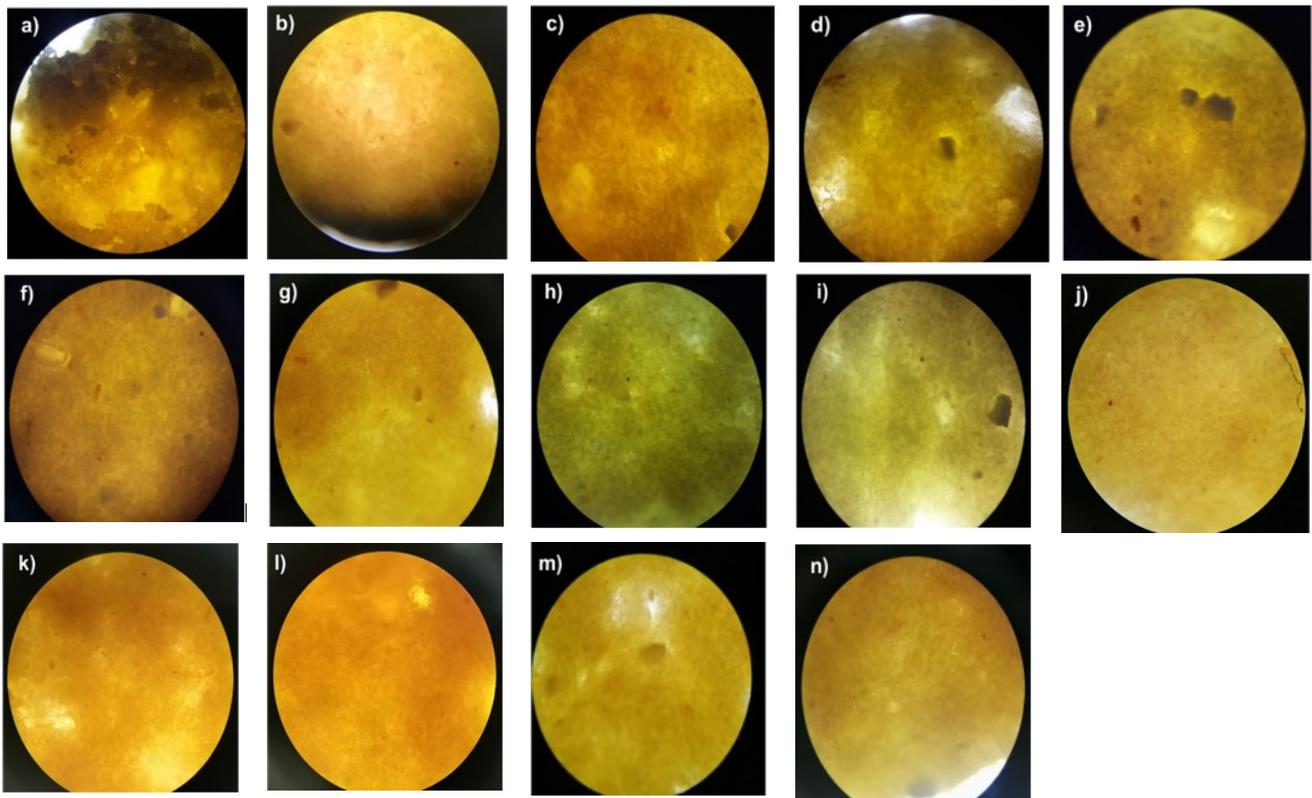


Fig. 1. Muestras analizadas en microscopio. a) base; b) AAAA; c) AAAB; d) AABB; e) ABBB; f) BBAA; g) BAAA; h) ABBA; i) BAAB; j) ABAB; k) BABB; l) BBAB; m) AABA; n) ABAA.

En la prueba de resistencia el popote mantuvo rigidez por 58 min, pero con absorción de líquido.

## CONCLUSIONES

El estudio permite proponer una formulación para elaborar popotes comestibles, con valor agregado mediante la adición de polvo de cascarón de huevo, con rigidez y resistencia aceptable. Sin embargo, es sugerida la continuidad del estudio para mejorar el aspecto de resistencia sin absorción de fluido a partir del aumento de la dureza y la corrección o disminución de la porosidad, con el antecedente de la influencia de los factores; mantequilla, azúcar, agua y leudante, en los niveles (Alto y Bajo) y porcentajes p/p: A=20%, A=20%, B=6.5% y A=3% que proporcionan mayor dureza.



## REFERENCIAS

- A'yun, S. N., Triastuti, J., y Saputra, E. (2021). Edible straw formulation from caragenant and gelatin as a solution in reducing plastic waste. Obtenido de [http://repository.unpas.ac.id/46340/1/Ratu%20Tiara%20Supriyani\\_143020213\\_TP.pdf](http://repository.unpas.ac.id/46340/1/Ratu%20Tiara%20Supriyani_143020213_TP.pdf)
- Daley, D., Finney, C., y Bou, E. (2005). Edible straw and method for making the straw . Obtenido de <https://patentimages.storage.googleapis.com/ac/69/f2/05b544ccc0f03b/US20050037112A1.pdf>.
- Desamparados, C. (2015). Evaluación de los cambios estructurales de galletas elaboradas con sustitutos de grasa. Obtenido de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/54180/TFG%20Desamparados%20Embue%20na\\_14362703806137344823069462138445.pdf?sequence=2](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/54180/TFG%20Desamparados%20Embue%20na_14362703806137344823069462138445.pdf?sequence=2)
- Devi, M., Sri, W., y Wendianing, P. (2019). Pengaruh penambahan karagenan dan sorbitol pada kuat tarik edible straw dari nanas subgrade. Obtenido de <https://ejournal.unida.gontor.ac.id/index.php/atj/article/view/3807/8240>.
- Díaz, C. (2020). Con estas marcas puedes evitar la contaminación con popotes. Obtenido de <https://www.merca20.com/con-estas-marcas-puedes-evitar-la-contaminacion-con-popotes/>.
- Kiran, S. (2021). Edible straws market 2021 Industry key trends, demand, growth, size, review, share, analysis to 2028. Obtenido de <https://0e190a550a8c4c8c4b93-fcd009c875a5577fd4fe2f5b7e3bf4eb.ssl.cf2.rackcdn.com/EINPresswire-552603603-edible-straws-market-2021-industry-key-trends-demand-growth-size-review-share>.
- Ubuntoo (2022). Manufacturing edible, biodegradable, and flavoured straws. Obtenido de <https://ubuntoo.com/solutions/sorbos-7db6d62c-480b-49dd-94e5-2ccfd94f55e9>.
- Weiss, S., y Wolf, A. (2006). Edible drinking straw. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/US20060286214A1/en?q=A47G21%2f183>.
- Wi, E., y Ilbo, D.-A. (2019). This South Korean company makes drinking straws from rice. Obtenido de <https://www.thehindu.com/sci-tech/energy-and-environment/edible-drinking-straws/article26822720.ece>.



Yavagal, P., Kulkarni, P., Patil, N., Salimath, N., Patil, A., Savadi, R., y Kotturshettar, B. (2020). Cleaner production of edible straw as replacement for thermoset plastic. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320314231>.



# DESARROLLO Y OPTIMIZACIÓN DE NANOEMULSIONES DE FASE DISPERSA/FASE CONTINUA PARA INCREMENTAR LA VIDA DE ANAQUEL DEL MELÓN MÍNIMAMENTE PROCESADO

*Anthony Jeancarlo Mederos Macias<sup>1\*</sup>, Miguel David Dufoo Hurtado<sup>1</sup>, Encarna Aguayo Giménez<sup>2</sup>, Víctor Hugo Escalona Contreras<sup>3</sup>, Edmundo Mateo Mercado Silva<sup>4</sup>, Dalia Vázquez Celestino<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Guanajuato, Av. Universidad Sur 1001, Cortazar, Guanajuato, C.P. 38496, México.

<sup>2</sup>Grupo de Postrecolección y Refrigeración, Universidad Politécnica de Cartagena

<sup>3</sup>Centro de Estudios Postcosecha, Universidad de Chile, Chile.

<sup>4</sup>Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.

\*Correspondencia: 19031053o@upgto.edu.mx

## RESUMEN

El melón mínimamente procesado (MMP) enfrenta problemas de lixiviación, disminuyendo su vida de anaquel entre 12 y 15 días a 7 °C. El objetivo del trabajo fue mejorar el proceso de conservación del MMP empleando nano-emulsiones integrada por la fase dispersa (cera de abeja, morfolina, 1 Propilenglicol y licopeno) y la fase continua (almidón STARCH INSTANT TENDER–JEL, carboximetilcelulosa y Tween 80). La formulación de la nano-emulsión se ajustó mediante la aplicación de esta sobre el MMP, evaluando parámetros fisicoquímicos, bioquímicos y sensoriales. Se observó una diferencia significativa en el análisis por separado en cada uno de los tratamientos de homogenización aplicados a la nano-emulsión, demostrando que el tratamiento 4 (Homogenización estándar + Sonicación + Homogenización a alta presión (Nano DeBEE)) puede favorecer la dispersión coloidal entre las fases de la nano-emulsión, permitiendo un tamaño de partícula más pequeño y homogéneo que permita una mejor distribución de la nano-emulsión.

*Palabras Clave: Alimentos mínimamente procesados, nano-emulsiones, nano-recubrimientos, melón.*

## INTRODUCCIÓN



En las últimas décadas ha existido un incremento acelerado de las actividades laborales, lo que supone tener menor disponibilidad de tiempo destinado a la preparación de alimentos, por lo tanto, existe una creciente demanda en el consumo de alimentos mínimamente procesados (AMP). Esto supone una vertiente entrada para el desarrollo de AMP que son todas aquellas frutas u hortalizas que tienen un mínimo proceso involucrando etapas de lavado, sanitizado, deshuesado, cortado, rallado, troceado, enjuague, escurrido, secado y envasado. Este tipo de productos son altamente convenientes, debido a que no se requiere destinar mucho tiempo a la preparación de éstos, satisfacen las mismas necesidades nutricionales del consumidor, manteniendo las características y los compuestos bioactivos del alimento.

Los AMP presentan como problemática general una alta tasa de perecibilidad, debido a la velocidad metabólica que se va incrementando al someter al alimento a las operaciones de procesamiento mínimo (Zaragoza, 2018). El reto principal para la preservación de los AMP es identificar los principales cambios sensoriales, microbiológicos y nutricionales que tienen lugar durante su almacenamiento, para poder desarrollar soluciones tecnológicas que permitan incrementar la vida de anaquel y mantener sus características de calidad (Sonti, 2003).

La aplicación de la nanotecnología constituye una potencial herramienta para la industria de los AMP porque crean una barrera semipermeable a los elementos externos, promoviendo un efecto similar al del almacenamiento bajo atmósfera modificada. Así, los nano-recubrimientos comestibles pueden disminuir la pérdida de humedad, el intercambio de gases, la respiración y las reacciones oxidativas, mejorando la calidad de los alimentos y alargando la vida útil de los productos recién cortados (Vargas y col., 2008).

El objetivo de este trabajo fue desarrollar nano-emulsiones de fase dispersa/fase continua para incrementar la vida de anaquel de melón mínimamente procesado fresco. El trabajo se dividió en dos etapas: Etapa 1. Desarrollar la metodología para identificar los componentes y el método de homogeneización de las nano-emulsiones “fase dispersa/fase continua” de acuerdo con los requerimientos del MMP. Etapa 2. Evaluar el efecto de la nano-emulsión en los cambios fisicoquímicos, sensoriales, bioquímicos durante la conservación del MMP.

## METODOLOGÍA

Las nano-emulsiones se prepararon con el método de emulsificación de una fase dispersa (cera de abeja/morfolina/1-propilenglicol/licopeno) y una fase continua (almidón modificado/



carboximetilcelulosa/Tween-80) en proporción 1:1 (Solans y col., 2005). La integración de las dos fases se realizó por medio de un dispersor-emulsificador durante 5 ciclos de dispersión (10,000 rpm/5 min), aplicando un reposo de 5 min entre cada ciclo. Se evaluó también la combinación de homogeneización con sonicación (130 W/80% de amplitud/2 min) y la combinación con un proceso de homogenización a alta presión con un equipo NanoDeBEE (5000 MPa/3 ciclos). Por lo tanto, se tuvieron cuatro nano-emulsiones obtenidas por homogeneización con: dispersor-emulsificador (1), dispersor-emulsificador/sonicador (2), dispersor-emulsificador/NanoDeBEE (3), dispersor-emulsificador/sonicador/NanoDeBEE (4). Los frutos de melón se lavaron, desinfectaron, pelaron, cortaron en piezas (2.8 cm x 2.8 cm x 2 cm) y se aplicaron las nano-emulsiones dejando un grupo control. Las muestras se almacenaron a 5°C hasta su análisis. Durante el almacenamiento se evaluaron mediante una escala subjetiva, la calidad visual, oscurecimiento, consistencia, aroma y líquido exudado (Beaulieu y Lea, 2003). Se midió la pérdida de peso (porcentaje de pérdida de peso respecto al peso inicial) así como la firmeza, mediante una prueba de compresión utilizando un texturómetro. Se cuantificó el color, los SST, la AT y el pH. Se cuantificaron las BMA y BAL. El contenido de fenoles totales se determinó por el método de Folin-Ciocalteu y se expresó como equivalentes de ácido gálico (Romero-Cano, 2006). Se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

## RESULTADOS

Los MMP a los que se les aplicaron los tratamientos 1 y 2 tuvieron una pérdida de peso de ~37%, mientras que el tratamiento 4 y el control presentaron una pérdida de peso de ~19% (Fig. 1). Los MMP a los que se les aplicaron los tratamientos 3 y 4 mantuvieron su firmeza (9.21 N a 3.24 N, al día 1 y 7, respectivamente), en comparación con los tratamientos 1 y 2 (8.21 N a 4.61 N, al día 1 y 7, respectivamente). No se observaron diferencias significativas en el cambio de SST, AT y pH entre los tratamientos (Tabla. 1). Los MMP con los nano-recubrimientos 3 y 4 mantuvieron el color en el parámetro  $a^*$  de 21.97 a 21.62 durante los 7 días de almacenamiento, mientras que los MMP a los que se les aplicaron los nano-recubrimientos 1 y 2 sufrieron una pérdida de color en el parámetro  $a^*$  de 23.75 a 18.01. Los efectos observados se deben a que los tratamientos en los que se aplicó homogeneización con NanoDeeBEE



facilitaron la infiltración del nanorecubrimiento por la disminución del tamaño de partícula; este cambio puede relacionarse a una extensión en la vida de anaquel del MMP.

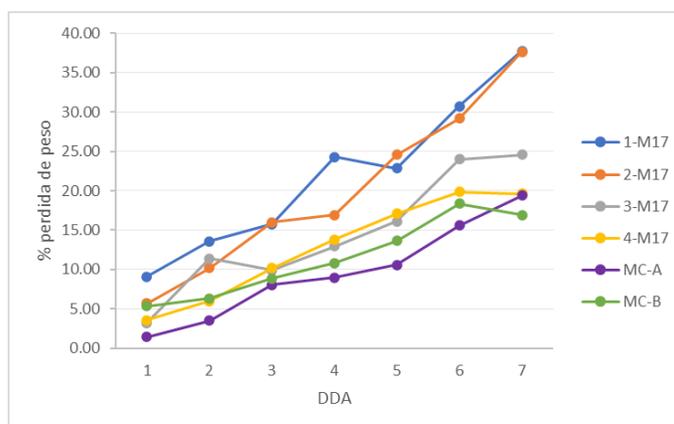


Fig. 1. Valores porcentuales en relación con la pérdida de peso.

Tabla 1. Cambios en SST, AT, firmeza y pH en frutos de melón mínimamente procesados recubiertos con diferentes nanorecubrimientos almacenados a 5°C durante 7 DDA.

Tratamiento	SST		Acidez Titulable		Firmeza		pH	
	DDA 1	DDA 7	DDA 1	DDA7	DDA 1	DDA7	DDA 1	DDA7
1-M17	1.18	1.48	2.00	3.00	0.84	0.67	1.00	0.98
2-M17	0.85	0.61	2.50	2.50	0.82	0.58	1.07	0.94
3-M17	0.94	1.09	1.50	1.50	0.70	1.07	0.97	1.01
4-M17	0.92	1.09	1.50	1.50	1.01	1.11	0.95	0.97

## CONCLUSIONES

La integración de varios procesos de homogenización (dispersor-emulsificador/sonicador/Nano DeBEE) favorece la dispersión coloidal entre las fases de la nano-emulsión, permitiendo un tamaño de partícula más pequeño que permite una mejor infiltración de sus componentes sobre el MMP, al observarse un retraso en los cambios de los parámetros de color y menor pérdida de peso. De igual manera se observó que no hubo un cambio significativo de SST, AT y pH similar a los MMP control.

El desarrollo de recubrimientos comestibles a base de nano-emulsiones permitió controlar ligeramente el lixiviado y mantener por mayor tiempo la firmeza del MMP, por lo que es un procedimiento potencial para alargar la vida de anaquel del MMP.

## REFERENCIAS

Beaulieu, J.C. y Lea, J.M. (2003). Volatile and quality changes in fresh-cut mangos prepared



- from firm-ripe and soft-ripe fruit, stored in clam shell containers and passive MAP. *Postharvest Biol. Technol.* 30, 15–28.
- Cano, P. E. R. (2018). Desarrollo de tecnología para la producción de mango (*Mangifera indica* L.) mínimamente procesado.
- Carvalho, R. L., Cabral, M. F., Germano, T. A., de Carvalho, W. M., Brasil, I. M., Gallão, M. I., y de Miranda, M. R. A. (2016). Chitosan coating with trans-cinnamaldehyde improves structural integrity and antioxidant metabolism of fresh-cut melon. *Postharvest Biology and Technology*, 113, 29-39.
- Moreira, S. P., de Carvalho, W. M., Alexandrino, A. C., de Paula, H. C. B., Rodrigues, M. D. C. P., de Figueiredo, R. W., y Brasil, I. M. (2014). Freshness retention of minimally processed melon using different packages and multi layered edible coating containing microencapsulated essential oil. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(10), 2192-2203.
- Raybaudi-Massilia, R.M., Mosqueda-Melgar, J. y Martin-Belloso, O. (2008). Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. *International Journal of Food Microbiology*, 121, 313–327.
- Romero, C. P. (2006). Desarrollo de tecnología para la producción de mango (*Mangifera indica* L.) mínimamente procesado. Tesis. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
- Solans, C., Izquierdo, P., Nolla, J., Azemar, N., y García-Celma, M. J. (2005). Nano-emulsions. *Current opinion in colloid & interface science*, 10(3-4), 102-110.
- Sonti S. (2003). Consumer perception and application of edible coatings on fresh-cut fruits and vegetables. Thesis for MSc. Degree. Department of Food Science, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College. Louisiana. 234.
- Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, D. J., y Gonzalez-Martinez, C. (2008). Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48(6), 496-511.
- Zaragoza, M. D. (2018). Desarrollo y caracterización de sistemas nanoparticulados con ingredientes alimenticios como vectores para incrementar la vida útil de alimentos.



## ANÁLISIS CFD DE UN SECADOR DE ASPERSIÓN EXPERIMENTAL

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

*Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas km 8.0 Celaya, Guanajuato, C.P. 38124, México.*

*\*Correspondencia: christian.do@roque.tecnm.mx*

### RESUMEN

El secado por aspersion es de alto interés para la industria de alimentos por la diversidad de productos formados. Previo al proceso industrial, esta operación es analizada experimentalmente para determinar las condiciones de operación. Las condiciones de operación de los secadores experimentales influyen notoriamente en la calidad del producto en polvo. Actualmente, el análisis teórico de los secadores experimentales provee elementos importantes sobre la calidad de la aspersion. Este trabajo presenta un análisis bajo dinámica computacional de fluidos en un secador experimental Yamato ®. Las simulaciones fueron realizadas en ANSYS FLUENT ® 2023 R1 y solo describieron el comportamiento hidrodinámico del aire de calentamiento durante la operación del secador. Los resultados demostraron la viabilidad de esta estrategia para describir secadores experimentales, donde las condiciones de flujo interno fueron definidas.

*Palabras claves: Secado, Simulación, Turbulencia, Polvo.*

### INTRODUCCIÓN

El secado por aspersion es una operación unitaria ampliamente usada en la industria de alimentos. Una gran cantidad de productos es obtenida por aspersion y ha demandado investigación sobre sus propiedades y la conservación de sus nutrientes (Anandharamakrishnan, 2013). Actualmente, la experimentación del secado por aspersion es posible en equipos de tamaño reducido, como plantas piloto (Kieviet y col., 1997) y equipos de baja escala (Usui y col., 1985). A pesar de los resultados aceptables, el comportamiento



hidrodinámico dentro de estos equipos influye notoriamente en los resultados (Keshani y col., 2015).

El análisis bajo simulación por computadora aporta información relevante sobre las operaciones unitarias, y esto ha sido aplicado continuamente en el secado por aspersión (Kuriakose y Anandharamakrishnan, 2010). Langrish (2007) demostró la importancia de la dinámica computación de fluidos (CFD por sus siglas en inglés) en la descripción de los perfiles de presión y velocidad en un secador industrial. Fletcher y Langrish (2009) aplicaron técnicas de escala adaptativa de simulación (SAS por sus siglas en inglés) en la mejora de la solución. Kota y Langrish (2007) predijeron la formación de costra en las paredes. Gamiño-Tovar y col. (2018) indicaron el efecto del diseño del separador ciclón en el secado de aspersión. Todos estos trabajos demuestran el beneficio de aplicar CFD en secado por aspersión (Fletcher y col., 2006).

Los secadores experimentales o de baja escala no han sido simulados totalmente. En este trabajo, un secador de aspersión de marca Yamato ® es analizado bajo la técnica de CFD. Este secador genera productos lácteos y azucarados de importancia protéica y nutracéutica. La aplicación de CFD es fundamental para indicar el efecto hidrodinámico dentro del secador sobre las propiedades del polvo formado.

## METODOLOGÍA

La simulación fue realizada en un secador sin inyección de partículas líquidas, en el cual el aire entra a temperatura alta para lograr el secado. La Figura 1 a) presenta una imagen y las dimensiones del secador experimental Yamato ®. En la parte superior, el equipo cuenta con un filtro de aire que es considerado como un medio poroso, bajo un sistema poroso ideal con porosidad de 0.1. El aire fue gas ideal bajo densidad constante ( $1.225 \text{ kg/m}^3$ ) a  $147^\circ\text{C}$  y fue succionado desde una frontera a  $-2 \text{ atm}$ . El análisis consideró un modelo de turbulencia  $k-\epsilon$  con vorticidad y efecto de pared sobre la generación de turbulencia. La Tabla 1 contiene las ecuaciones de gobierno de este sistema no-isotérmico.

Las solución del sistema fue posible en ANSYS 2023 R1 ®. La geometría fue realiza en Design Modeler ® y la discretización del dominio computacional en Meshing ANSYS ® produjo 144,546 elementos tetrahédricos. La calidad de malla está basada en la distorsión de los



elementos con un valor máximo de 0.245 (valor cercano a cero indica buena calidad de malla). La Figura 1 b) esquematiza un perfil de la distribución de la calidad de malla en el sistema propuesto. Las condiciones del sistema fueron simuladas en ANSYS FLUENT ® y resueltas con un algoritmo SIMPLE bajo sistemas de relajación de segundo orden.

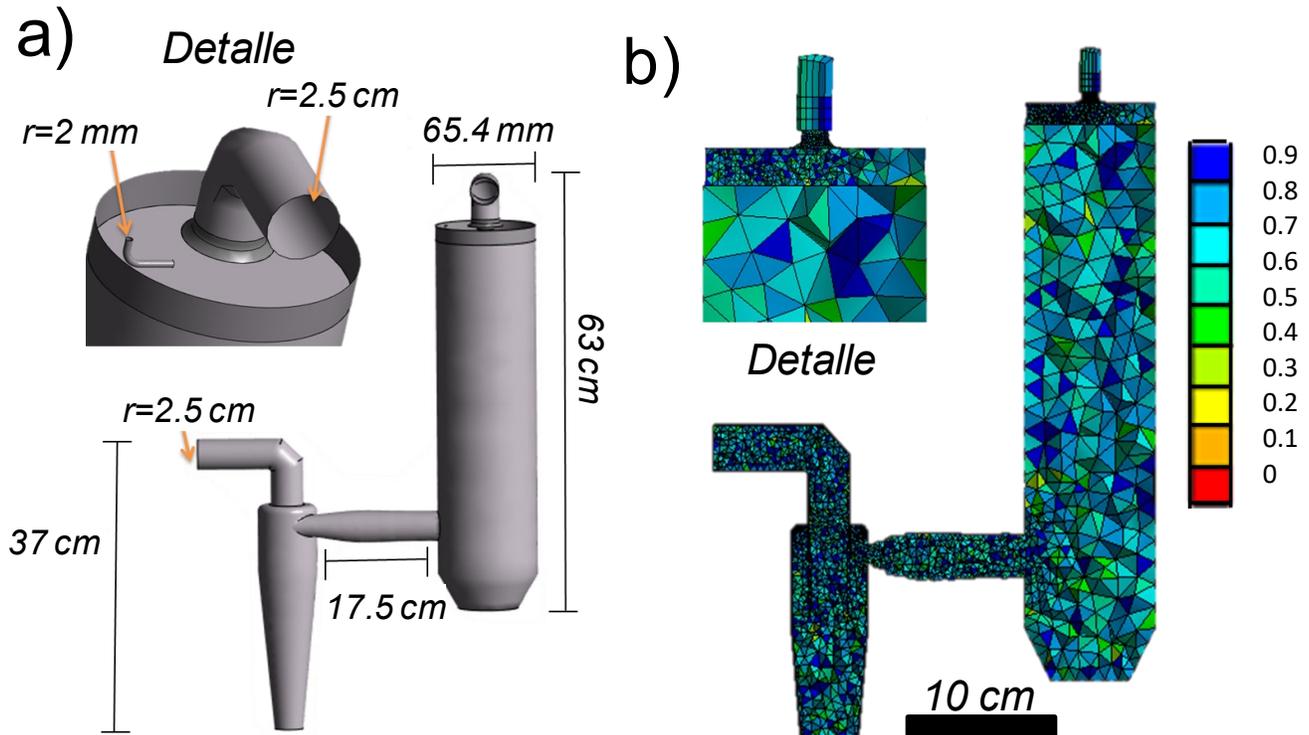


Fig.1. Sistema de secado Yamato ®: a) dimensiones y b) discretización del sistema.

Tabla 1. Ecuaciones de gobierno para la simulación CFD propuesta.

Nombre	Ecuación
Conservación de la masa	$\frac{\partial v_i}{\partial x_i} = 0$
Conservación de momentum	$\rho \left( \frac{\partial v_i}{\partial t} + \frac{\partial v_j v_i}{\partial x_j} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \mu \frac{\partial^2 v_i}{\partial x_j^2} + g_i \rho$
Energía cinética de turbulencia	$\rho \left( \frac{\partial \kappa}{\partial t} + \frac{\partial v_j \kappa}{\partial x_j} \right) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( (\mu + \mu_t) \frac{\partial \kappa}{\partial x_j} \right) + 2\mu_t \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \left( \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) - \rho \varepsilon$
Energía de disipación de turbulencia	$\rho \left( \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial v_j \varepsilon}{\partial x_j} \right) = -\frac{\partial}{\partial x_j} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{1.3} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) + 2.88\mu_t \frac{\varepsilon}{\kappa} \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \left( \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) - 1.92\rho \frac{\varepsilon^2}{\kappa}$
Nomenclatura	v: velocidad, x: coordenada, P: presión, g: gravedad, $\mu$ : viscosidad, $\rho$ : densidad, $\mu_t$ : viscosidad de turbulencia ( $0.09\rho\kappa^2/\varepsilon$ ), i y j: direcciones.

## RESULTADOS

Los resultados están conformados con los parámetros hidrodinámicos más característicos: velocidad, presión y energía cinética de turbulencia. La Figura 2 muestra los perfiles para dichos parámetros. La velocidad fue mayor en la zona del separador ciclón dado a la reducción de los ductos de tránsito. La presión fue caracterizada en tres zonas importantes: ciclón, cuerpo del secador y ducto de alimentación de aire previo al secador. El ciclón siguió un perfil de presión similar a la literatura; y el secador no presentó un perfil, solo una diferencia con el ducto de alimentación debido al filtro poroso. La turbulencia fue mayor en la zona central del secador debido al efecto del tubo de entrada de aire fresco. En general, no existe una correspondencia lineal entre los tres parámetros hidrodinámicos.

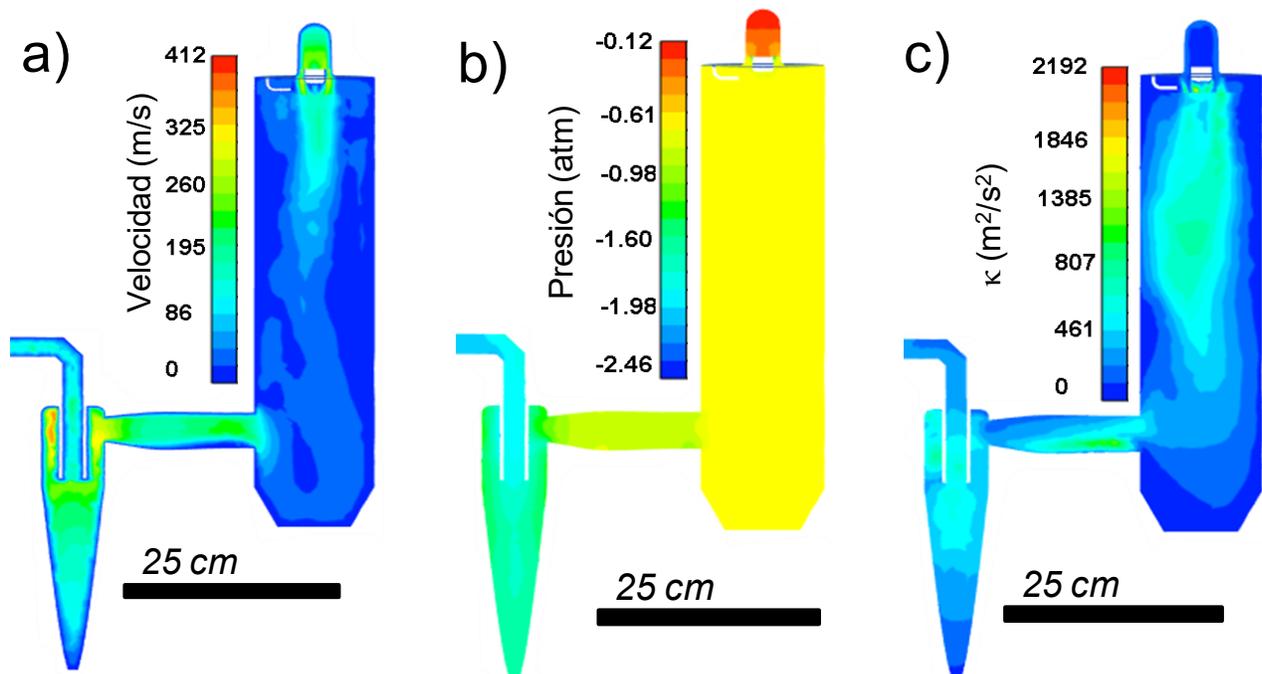


Fig. 2. Resultados de la simulación CFD del secador Yamato®: a) perfil de velocidad, b) perfil de presión y c) perfil de energía cinética de turbulencia.

## CONCLUSIONES

El análisis CFD en secadores experimentales es fundamental para comprender los patrones de formación de los alimentos en polvo. Este trabajo simuló un secador Yamato®, en el cual la técnica de CFD fue desarrollada paso a paso. Los resultados describieron un



comportamiento típico para el separador ciclón y el secador. Estos resultados serán usados para la inclusión de partículas en sistemas de transferencia de masa y calor, así como formación de costra en las paredes.

## REFERENCIAS

- Anandharamakrishnan, C. (2013). *Computational Fluid Dynamics Applications in Food Processing*: Springer.
- Fletcher, D. F., Guo, B., Harvie, D. J. E., Langrish, T. A. G., Nijdam, J. J. y Williams, J. (2006). What is important in the simulation of spray dryer performance and how do current CFD models perform? [doi: 10.1016/j.apm.2006.03.006]. *Applied Mathematical Modelling*, 30(11), 1281-1292.
- Fletcher, D. F., y Langrish, T. A. G. (2009). Scale-adaptive simulation (SAS) modelling of a pilot-scale spray dryer. [doi: 10.1016/j.cherd.2009.03.006]. *Chemical Engineering Research and Design*, 87(10), 1371-1378.
- Gamiño-Tovar, M. S., Castillo-Borja, F., Vázquez-Román, R., Díaz-Ovalle, C. O., Guzmán-Zazueta, A. y Herrera-Enciso, F. (2018). Análisis del efecto geométrico de ciclones en el secado por aspersion de leche usando CFD. [Analysis of the geometric effect of cyclone separators over spray-dryer process of milk using CFD]. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 9(1), 11-23.
- Keshani, S., Daud, W. R. W., Nourouzi, M. M., Namvar, F., y Ghasemi, M. (2015). Spray drying: An overview on wall deposition, process and modeling. *Journal of Food Engineering*, 146, 152-162.
- Kieviet, F. G., Van Raaij, J., De Moor, P. P. E. A., y 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.
- Kota, K., y Langrish, T. (2007). Prediction of deposition patterns in a pilot-scale spray dryer using computational fluid dynamics (CFD) simulations. *Chemical Product and Process Modeling*, 2(3).
- Kuriakose, R., y Anandharamakrishnan, C. (2010). Computational fluid dynamics (CFD) applications in spray drying of food products. [doi: 10.1016/j.tifs.2010.04.009]. *Trends in*



Food Science y Technology, 21(8), 383-398.

Langrish, T. A. G. (2007). New Engineered Particles from Spray Dryers: Research Needs in Spray Drying. *Drying Technology*, 25(6), 971-983.

Usui, H., Sano, Y., Yanagimoto, Y. y Yamasaki, Y. (1985). Turbulent flow in a spray drying chamber. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 18(3), 243-247.



## ELABORACIÓN DE TOTOPO A BASE DE MAÍZ ENRIQUECIDO CON GARBANZO Y LINAZA

*Yajaira Jocelin Jiménez Hernández, Jacqueline Juárez Villanueva, María Estefanía Guerrero Martínez, Estefanía Alvarado Bárcenas\**

*Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/I T Roque, Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.*

*\*Correspondencia: estefana.ab@roque.tecnm.mx*

### RESUMEN

El maíz contiene antioxidantes, carece de Aminoácidos, pero se complementa con garbanzo (*Cicer arietinum* L). La investigación se llevó a cabo con dos variedades de maíz blanco 1: R2021, 2: PB2M2 y una de garbanzo. El objetivo de la investigación fue desarrollar una formulación para la elaboración de un alimento con alto contenido de fibra (totopo). La evaluación consistió en analizar y comparar las variables físicas y bromatológicas de los granos (maíz y garbanzo), masas (maíces) y de las mezclas (totopos). El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con 2 tratamientos y 3 repeticiones dando un total de 6 unidades experimentales. El resultado del ANOVA para las variables grasa, fibra y proteína en el maíz R2021 mostró superior en cuanto a aporte nutricional en comparación al maíz PB2M2, siendo este último el de mayor aceptabilidad en la evaluación sensorial.

*Palabras clave: Alimento mejorado, maíz, garbanzo, linaza.*

### INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo de gran importancia en México en el 2022 se establecieron 1,000,000 ha, es la base de la alimentación en el país. El centro de origen del maíz es México por ello contamos más de 64 razas. El garbanzo pertenece a la familia Leguminosae, las características químicas del grano de garbanzo dependen de la variedad, lo mismo que los porcentajes de fibra dietaria, minerales y almidón y tienen influencia las condiciones ambientales durante su desarrollo



(CONABIO, 2022; Aguilar y col., 2013).

Los alimentos funcionales son considerados actualmente de gran importancia para la alimentación a la humanidad; además de nutrir, ofrecen beneficios saludables a quien los consume (Drago y col., 2006; Del castillo y col., 2019). El alimento funcional puede ser natural, como el betabel los vegetales verdes y altos contenido en fibra, o granos de garbanzo (Aguilar y col., 2013).

Actualmente hay una mayor oferta y demanda de alimentos densamente energético y de bajo contenido nutricional, principalmente los elaborados por la industria de alimentos. Los alimentos ultraprocesados tienen como característica la alta densidad energética, bajo contenido de fibra y agua, alto contenido de azúcares (Ogilvie, 2009).

Las botanas son alimentos procesados que se consume prácticamente en cualquier momento, ya sea solo o acompañado de otros ingredientes. Son bocadillos elaborados de diversas materias primas: harinas, cereales y tubérculos procesados y condimentados, frutas y verduras secas, que son fritos, horneados, extrudidos, liofilizados. La mayoría de las botanas son altas en carbohidratos de digestión rápida (más del 60% en peso) y fritas, por lo que su contenido de grasas saturadas suele estar por arriba del 25% en peso (Morales, 2020). Una botana ampliamente consumida en México son los totopos. Un totopo se elabora a partir de harina de maíz nixtamalizada, laminado horneado y/o frito (Duran y col., 2016). El objetivo de la investigación fue desarrollar una formulación para la elaboración de un alimento con alto contenido de fibra.

## METODOLOGÍA

El procedimiento consistió en la realización de la colecta del material biológico utilizando las variedades del maíz R2021 y PB2M2, los cuales fueron obtenidos del TecNM-Roque. Se llevó a cabo la selección y limpieza de ambos tipos de granos (garbanzo y maíz), posteriormente se separaron las muestras y se acondicionaron, para las pruebas físicas (peso de mil granos, peso hectolitrito, dureza del grano y tamaño del grano) y bromatológicas (humedad, extracto etéreo, cenizas, fibra cruda y proteína). Para las pruebas físicas se empleó el método de Roque y col. (2016) y la del CIMMYT (2016). En cuanto a las bromatológicas, humedad se determinó mediante el método de horno de secado, se usó el Equipo Soxhlet para determinar



extracto etéreo, para cenizas el método 923.03 de la AOAC, la cuantificación de fibra cruda utilizando la metodología reportada por Díaz (2007) y Fuentes (2012), para proteína se realizó por medio de “Obtención de fracciones proteicas en base a su solubilidad”. Todos los análisis fueron por triplicado y respecto a la evaluación sensorial se realizó a 50 jueces consumidores al azar.

## RESULTADOS

La evaluación de las variables físicas, fueron similares en ambas variedades, pero estadísticamente existieron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), en el ancho y grosor del grano; sin embargo, en largo del grano no se obtuvo diferencia significativa (ns) entre tratamientos. En Dureza (DuGra) el híbrido R2021 y PB2M2 presentaron granos muy duros. En general la humedad de las variedades de maíz y masa, fue óptima para la producción de tortillas de calidad en los tratamientos de las variedades nixtamalizadas. El contenido de grasa del maíz, masa y totopo, osciló entre 13.51%, 5.685%, y 4.168% respectivamente, siendo la variedad R2021 el que presenta el mayor contenido de grasa (16.884%) y el híbrido PB2M2 el menor porcentaje (13.51%). En proteína en R2021 (3.572%) y masa (0.786%), el PB2M2, proteína (2.191%), masa (1.336%), totopos entre 3.139 a 3.95% de proteína. fibra cruda y fibra dietética, (R2021) con 3.606% y 21.638%), B2M2 (2.46% de fibra cruda y 14.76%). En cenizas, el grano presentó menor porcentaje de cenizas, respecto a la masa y totopo, debido a la adición de cal que se refleja contenido de calcio obteniendo un porcentaje de cenizas en totopo entre 2.984 a 4.576% para R2021 y PB2M2.

## CONCLUSIONES

Analizando las características físicas y bioquímicas del grano de maíz, garbanzo, masa y totopo, se pudo identificar el mejor tratamiento en cuanto a la calidad de maíz, producción de totopo de calidad y de acuerdo a sus propiedades bioquímicas. Todas las pruebas realizadas para un totopo de mejor calidad y aporte nutricional es el realizado con la mezcla del T1 híbrido R2021 y adicionado con garbanzo y linaza, además de ser el grano del híbrido R2021 el que presento valores más altos en todas las pruebas realizadas, cabe resaltar que el totopo más aceptado



sensorialmente fue el T2 del híbrido PB2M2 pues fue considerado el de mejor sabor, aspecto y textura a pesar de que cuenta con menor aporte nutricional.

## REFERENCIAS

- Arámbula, G., Barrón, L., González, J., Moreno, E., y Luna, G. (2001). Efecto del tiempo de cocimiento y reposo del grano de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas, reológicas, estructurales y texturales del grano, masa y tortillas de maíz. *Archivos latinoamericanos de Nutrición*, 187-194.
- CIMMYT. (2016). Calidad de grano para técnicos postcosecha. México, D.F. Laboratorio de calidad nutricional de maíz.
- Roque, M. L., López, E. M., Ortiz, L. H., Carballo, C. A., y Herrera, C. A. (2016). Nixtamalización de cinco variedades de maíz con diferente dureza de grano: impacto en consumo de combustible y cambios fisicoquímicos. *Agrociencia*, 50: 727-745.
- Salinas, M., Castillo, L., Cervantes, M., Sierra, M., Palafox, C., Betanazos, M. y Coutiño, E. (2010). Calidad nixtamalera y tortillera en maíces del trópico húmedo y subhúmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(4): 509-523.
- Sánchez, I. (2014). Maíz I (*Zea mays*). *Serie Botánica*, 151-171.
- Treviño, C. B., Sámano, G. D., Castillo, H., Espinoza, V. J., Gándara, H. R., y Vázquez, R. G. (2016). Combinación de Estrategias Estadísticas para la Selección de Híbridos de Maíz. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México., 20-28.
- CONABIO (2022). Las 64 razas de Maíz en México. México, Desconocido. Recuperado de: <https://www.google.com/amp/s/www.mexicodesconocido.com.mx/las-64-razas-de-maiz-en-mexico.html%3famp>
- Aguilar, R. (2013). Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Universidad de Las Américas Puebla. Pp 26.
- Drago, S.M.E., Lopez, L.M., y Sainz, E.T.R., (2006). Componentes Bioactivos de Alimento Funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*. Vol. 37 No. 4. Pp 58-68
- Fuentes, L. (2012). Comparación de cualidades nutricionales de once variedades de maíz. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Ciencia Animal. Tesis de



Ingeniería en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Saltillo, Coahuila, México, 3-35

Ogilvie, D., Crig, P., Griffin, S., y Wareham N. J. (2009) A translational framework for public health reserch. BMC Public Health; pp 9-116.

Del Castillo. M. D., Iriundo-DeHond, A., y Martyorosyang, D. M. (2019). ¿Son los alimentos funcionales esenciales para la salud sostenible? Industria Alimentaria. pp 19- 27.

Howlett, J. (2008). Functional Foods: From science to health and claims. ILSI Europe, Bressels.

Duran, M. T. (2016). Totopos a partir de Maíz, Yuca y hoja de chaya, una alternativa para mejorar la calidad nutritiva. Investigación y desarrollo en ciencia y tecnología de alimentos, 1(2) 603-608.



## ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE TINTURAS DE HOJAS DE CHAN (*HYPTIS SUAVEOLENS*)

Rosario M Hernández Bárcenas\*, Cesar L. Aguirre Mancilla, Juan G. Ramírez Pimentel, Glenda Margarita Gutiérrez Benicio, Ahuitzolt de Jesús Joaquín Ramos

Departamento de Posgrado, Tecnológico Nacional de México/ I T Roque, Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.

\*Correspondencia: r.mercedes.hb@gmail.com

### RESUMEN

En la presente investigación se detectó la presencia actividad antioxidante de hojas chan (*Hyptis suaveolens* L.) para su utilización en tratamientos médicos y/o biotecnológicos. El procedimiento consistió en la realización de tinturas etanólicas (99%) con 1% de hoja seca de chan dejando en reposo absoluto durante 7 días a 4°C, para posteriormente Identificar la actividad antioxidante bajo técnicas espectrofotométricas DPPH, FRAP y ABTS teniendo como resultados para el método de DPPH 26987µM equivalente de TROLOX/g muestra en FRAAP el resultado mostro valores de 831331µM equivalente de TROLOX/g finalmente para ABTS el resultado obtenido fue 59987 µM equivalente de TROLOX/g para lo cual se puede concluir que las hojas de chan cuentan con actividad antioxidante con potencial biológico.

*Palabras claves: Chan, tinturas, actividad antioxidante.*

### INTRODUCCIÓN

El género *Hyptis suaveolens* fue descrita por Linneo Poit en el año 1806, en México esta familia comprende 26 géneros y 512 especies (Vázquez-Galindo y col., 2010), desde la antigüedad se usaban las infusión de hojas y tallos como remedio a diversas afecciones tales como estimulante de la digestión, antiséptico, antiinflamatorio, analgésico, antidiarréico, combatir infecciones respiratorias y de piel, sedante (contra el insomnio y nerviosismo) (Chukwujekwu y col., 2005). El proceso de oxidación se define como la pérdida de electrones asociado a la captación llamada poder de reducción, el proceso de oxidación es esencial para la vida puesto



que participa en diferentes procesos como son la obtención de energía celular sin embargo un aumento de oxidación es causa de estrés oxidativo ( Elejalde Guerra , 2001) los cuales pueden llegar a generar daños en proteínas, lípidos o ADN, el cual tiene como consecuencia el diferentes afecciones tales como hipertensión, cáncer, daño hepático, cataratas, infarto, migrañas, problemas en la piel entre otros (Gallegos Tintoré y *col.*, 2013). La actividad antioxidante es la capacidad que tienen ciertas sustancias para inhibir o retardar la degradación oxidativa (Londoño Londoño, 2012), por lo cual existe un interés por alternativas antioxidantes provenientes de fuentes naturales como son las plantas medicinales y aromáticas. Las tinturas son extractos líquidos macerados de partes de las plantas las cuales pueden ser usadas de vía interna o tópica (López Luengo, 2002; Salas-Pérez 2022) una de las ventajas de las tinturas es una alta concentración de compuestos activos y un tiempo de vida que va de uno a dos años y siempre están disponibles para su uso inmediato ya no requiere de otra preparación (Hoogesteger, 2000; Martinez-Damian, 2013).

## METODOLOGÍA

El procedimiento consistió en la realización de la colecta de las hojas de chan antes de floración, las cuales fueron lavadas usando jabón líquido y desinfectadas usando cloro al 1% asegurando su enjuague total con agua corriente, posteriormente a las hojas se les retiró el exceso y humedad y puestas entre papel estraza para ser deshidratadas en horno a 37°C durante 12 horas, almacenando en bolsas de papel con plástico hasta su uso. Las tinturas se elaboraron usando etanol al 99% con el 1% (p/v) de hoja seca de chan, las tinturas de almacenaron en frasco ámbar dejando en reposo absoluto durante 7 días a 4°C en cuarto oscuro, posteriormente se identificó la actividad antioxidante bajo técnicas espectrofotométricas usando como curva patrón trolox (ácido 6-hydroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico) que es un análogo de la vitamina E, para el método del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) se realizó conforme a lo reportado por Brand-Williams y Berset (1995), la evaluación por el método de FRAP se realizó por el procedimiento propuesto por Benzie y Strain (1996), para ABTS se evaluó mediante el método descrito por Van den Berg y *col.* (1999).



## RESULTADOS

Los resultados obtenidos para este trabajo de investigación fueron para el método de DPPH 26,987  $\mu\text{M}$  equivalente de Trolox/g muestra, Muñoz-Velázquez (2012) reportó para limón (*Cymbopogon citratos*) 0.63  $\mu\text{M}$  equivalente de Trolox/mL de muestra, Árnica (*Heterothecainuloides*) 1.47  $\mu\text{M}$  equivalente de Trolox/mL de muestra, Boldo (*Peumusboldus Molina*) 3.61  $\mu\text{M}$  equivalente de Trolox/mL de muestra, en FRAAP el resultado mostro valores de 831,331 $\mu\text{M}$  equivalente de Trolox/g muestra, Muñoz-Velázquez (2012) reportó para limón (*Cymbopogon citratos*) 1.25  $\mu\text{M}$  equivalente de Trolox/mL muestra, Árnica (*Heterothecainuloides*) 1.32  $\mu\text{M}$  equivalente de Trolox/mL muestra, Boldo (*Peumusboldus Molina*) 1.28  $\mu\text{M}$  equivalente de Trolox/mL muestra, té verde 14.10  $\mu\text{M}$  equivalente de Trolox/mL muestra finalmente para ABTS el resultado obtenido fue 59,987  $\mu\text{M}$  equivalente de Trolox/g muestra lo cual demuestra que las tinturas de chan cuentan con mayor actividad antioxidante que algunas plantas medicinales comerciales.

## CONCLUSIONES

Conforme a los resultados obtenidos es ente estudio las tinturas de chan (*Hyptis suaveolens*) elaboradas con metanol al 99% y una concentración de hojas secas del 1% (p/v) presentaron resultados favorables de actividad antioxidante bajo el método de DPPH, ABTS y FRAP por lo cual se pueden expresar como agentes reductores, se prepone a *Hyptis suaveolens* como posible fuente de compuestos bioactivos, siendo de interés la continuación de este trabajo realizando estudios en la raíz y tallos de las plantas de chan.

## REFERENCIAS

- Brand-Williams, W., Cuvelier, M., y Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol* , 25-30.
- Benzie, I., y Strain, J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical biochemistry*, 70-76.



- Berg, R., Haenen, G., Berga, H., y Bast, A. (1999). Applicability of an improved Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. *Food Chemistry*, 511-517.
- Chukwujekwu, J., Smith, P., Coombes, H., Mulholland, D., y Staden, J. (2005). Antiplasmodial diterpenoid from the leaves of *Hyptis suaveolens*. *Journal of Ethnopharmacology*, 295–297.
- Elejalde Guerra, J. (2001). Estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos antioxidantes. *Anales de medicina interna*, 326-335.
- Londoño Londoño, J. (2012). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. *Corporación Universitaria Lasallista*.
- López Luengo, T. (2002). Formas de administración más habituales de plantas medicinales. *Ambito farmacéutico*, 21(2), 122-125.
- Martínez-Damián, M., Cruz-Álvarez, O., Colinas-León, M., Rodríguez-Pérez, J. y Ramírez-Ramírez, S. (2013). Actividad enzimática y capacidad antioxidante en menta (*Mentha piperita* L.) almacenada bajo refrigeración. *agrinomia Mesoamerica*, 24(1), 57-69.
- Muñoz-Velázquez, E., Rivas-Díaz, K., Loarca-Piña, M., Mendoza-Díaz, S., Reynoso-Camacho, R., y Ramos-Gómez, M. (2012). Comparación del contenido fenólico, capacidad antioxidante y actividad antiinflamatoria de infusiones herbales comerciales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(3), 481-495.
- Salas-Pérez, L., Moncayo-Lujan, M., Borroel-García, V., Guzmán-Silos, T., y Ramírez-Aragón, M. (2022). Composición fitoquímica y actividad antioxidante en tres variedades de albahaca por efecto de distintos solventes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
- Gallegos Tintoré, S., Chel Guerrero, L., Corzo Ríos, L., y Matínez Ayala, A. (2013). Péptidos con actividad antioxidante de proteínas vegetales. En *Bioactividad de péptidos derivados de proteínas alimentarias* (págs. 111-122). Barcelona: OmniaScience.
- Hoogesteger, C. (2000). *Uso de plantas medicinales*. Mexico D.F.: Arbol Editorial.
- Vázquez-Galindo, J., Madrigal-Ambriz, L., Rodríguez-Pérez, M., y Gaitan-Hinojosa, M. (2010). Extracción y caracterización físico-química del mucílago de dos variedades de chan (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit.). XII congreso nacional de ciencia y tecnología de alimentos, (págs. 1581-1588). Guanajuato, Gto.



## ELABORACIÓN DE CHORIZO A BASE DE PESCADO, TILAPIA Y MEJILLÓN

*Arellanes Flores Valentín Alexander, Carolina Esmeralda Hernández Jacinto, Obdulia Hernández Mejía, Rosa Edith Mintze Alvare, Reynaldo Pérez Pineda, Francina Brizeyda López Tarín\*, Carlos Antonio Montalvo Navarro*

*Coordinación de ingeniería en procesos bioalimentarios, Universidad Tecnológica de Tijuana (Unidad Ensenada), Km.1 carretera la bufadora, Maneadero, Ensenada, Baja California, C.P. 22794, México.*

*\*Correspondencia: francina.lopez@uttijuana.edu.mx*

### RESUMEN

En México los productos cárnicos son altamente consumidos por la población mexicana. Actualmente en Baja California existen empresas que procesan embutidos a base de diferentes productos cárnicos de origen terrestre (ovino, porcino y vacuno), excluyendo los de origen marino. El chorizo es un producto de buena aceptación y demanda en el mercado, debido a esto se consideró elaborar un chorizo a base de pescado, tilapia y mejillón. El objetivo del trabajo fue desarrollar chorizo de origen marino como alternativa para la diversificación de productos cárnicos procesados. Para ello, se desarrollaron 3 formulaciones (F1, F2 y F3) en donde el porcentaje de la tilapia osciló entre 90% a 70% y el mejillón entre 10% a 30%, dando cada formulación un 100% de incorporación. Se realizó un análisis sensorial para identificar cuál era la formulación más aceptable. Los resultados mostraron que la F2 fue comparable con la aceptabilidad de un chorizo comercial.

*Palabras claves: Embutido, chorizo, pescado, tilapia, mejillón.*

### INTRODUCCIÓN

En México el consumo de embutidos se ha incrementado de 7.8 kg por persona en 2011 a 8.6 kg en 2022, siendo el chorizo el producto cárnico procesado que se encuentra en los primeros lugares de consumo (Batista, 2012). Por ello, el reto para la industria cárnica es reformular sus productos para ofrecer alternativas más saludables y nutritivas (Gómez, 2018).

Actualmente en Baja California se encuentran empresas que procesan embutidos a base de diferentes productos cárnicos de origen terrestre (ovino, porcino y vacuno), sin embargo la



formulación de productos cárnicos de origen marino ha sido poco explorada (Guerra, 2019). Baja California es uno de los estados con mayor actividad en acuicultura, ocupando el Tercer lugar a nivel nacional (Perez, 2020).

El mejillón es una especie que es cultivada en las bahías de Todos Santos, Baja California y es una especie con un contenido alto de proteínas y vitaminas (Antonio, 2021). Sin embargo, los mejillones solo se consumen como platillos comunes, desaprovechando gran parte de la especie, sin tener como tal producto específico. Una alternativa es el uso de productos marinos como pescado y moluscos como materias primas en la formulación de productos cárnicos (INAPESCA, 2018). Cada especie aporta grandes beneficios para la salud y para el metabolismo, además de que contienen grasas que son uno de los principales ingredientes para la elaboración del chorizo (Mendoza, 2021). Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue realizar un chorizo a base de pescado y mejillón con la finalidad de generar mayor valor agregado que permita diversificar los productos y permita el consumo de estas especies poco utilizadas.

## METODOLOGÍA

Para el desarrollo experimental, se propusieron 3 formulaciones utilizando una mezcla de los ingredientes propuestos (carne tilapia y mejillón) como base, aceite y especias, en proporciones de un 75% y 25% de incorporación. Se realizó una evaluación sensorial descriptiva a las tres formulaciones y a un producto testigo con la ayuda de 7 panelistas semi-entrenados, donde se evaluaron 4 atributos sensoriales (color, sabor, olor y textura) y se calificaron mediante escalas hedónicas de 5 puntos y escalas descriptivas. La mejor formulación calificada por los panelistas fue analizada mediante análisis microbiológicos y de composición proximal, en donde se determinó la humedad, cenizas, proteínas y grasas con base en la normatividad aplicable.

## RESULTADOS

El chorizo obtenido de la formulación que contenía 80% de carne de tilapia y 20% de mejillón presentó una mayor calificación en el análisis sensorial, obteniendo una calificación de 4 puntos “Me agrada” en todos los atributos evaluados en las escalas hedónicas de 5 puntos. Los resultados del análisis de composición proximal arrojaron un 16.08% de proteína



principalmente por la incorporación de carne tilapia, 12.9% de grasas por la incorporación de aceite vegetal, 1.2 g de sodio debido a la adición de sal y aditivos que contienen sal y 54% de humedad debido al alto porcentaje de agua en la composición de la materia prima. Los resultados del análisis microbiológico indicaron la ausencia de E. coli en la muestra analizada.

Tabla 1. Formulación mezcla base (%).

Formulaciones	F1	F2	F3
Carne tilapia	90	80	70
Mejillón	10	20	30
Total	100%	100%	100%

Tabla 2. Formulación general.

Mezcla base	75%	75%
Aceite	10%	25%
Pimentón	2%	
Vinagre	2%	
Cebolla en polvo	2%	
Ajo en polvo	2%	
Sal de mesa	2%	
Especias (pimienta, orégano)	3%	
Nitritos y nitratos	0.5%	
Ácido ascórbico	0.5%	
Fosfato de sodio	0.5%	
Benzoato de sodio	0.5%	
	Total	100%

Tabla 3. Composición proximal de chorizo.

Composición proximal por 100 gr			
Humedad	Cenizas	Proteínas	Grasas
54%	3.4	16.08%	12.9%



Fig. 1. Chorizo a base de producto marino

## CONCLUSIONES

Se desarrolló un chorizo a base de productos marinos poco utilizados para la elaboración de embutidos. El chorizo presentó gran aceptación en cuanto a los atributos sensoriales evaluados al incorporar los ingredientes principales en un 75% a la formulación. Además, este producto cumple con los criterios microbiológicos que establece la NOM-213 para productos cárnicos crudos no listos para consumo, ya que la ausencia de microorganismos patógenos



(E. coli) garantiza su inocuidad y descarta posibles enfermedades infecciosas a las que se asocia este microorganismo. De esta forma, obtuvimos un producto inocuo y con la calidad exigida por la normatividad aplicable.

## REFERENCIAS

- Gómez, J. (2018). Crece el consumo de embutidos en México. comedores-industriales.com.mx. Recuperado de <https://comedores-industriales.com.mx/crece-consumo-embutidos-en-mexico/>.
- INAPESCA. (2018). Acuicultura Tilapia. Instituto Nacional de Pesca. Recuperado de: <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuicultura-tilapia>.
- Antonio, C. (2021). Tilapia. Estudios sociales. Recuperado de: <https://www.ciad.mx/estudiosociales/index.php/es/article/download/1127/661>.
- Perez, J. F. (2020). Chorizos comerciales. Universidad autónoma del estado de Hidalgo. Recuperado de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3859/1/98138.pdf>.
- Batista, L. (2012). Elaboración de chorizo a base de pescado. Redalyc. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914070.pdf>.
- Guerra, L. (2019). Biblioteca-farmacia. Recuperado de <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QF1512.pdf>
- Mendoza, M. (2021). Formulación, elaboración y caracterización de un embutido de pescado (chorizo) con suplementación proteica con quinua. Alimentos Hoy. Recuperado de <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/download/589/451>.



## DISEÑO DE UNA FORMULACIÓN PARA EL DESARROLLO DE UNA BARRA CON ALTO VALOR POTENCIAL EN AMINOÁCIDOS

*Norma Angélica Caudillo Ortega\*, Sandra Paola Lona Luna*

*Ingeniería en Industrias Alimentarias, TecNM/ITS de Guanajuato, Carretera Guanajuato a Puentecillas Km 10.5, Puentecillas, Guanajuato, Guanajuato, C.P. 36262, México.*

*\*Correspondencia: ncaudillo@itesg.edu.mx*

### RESUMEN

Los cereales representan una gran parte de la alimentación por su contenido nutrimental, sin embargo, algunos contienen mayor cantidad de aminoácidos esenciales, los cuales se deben adquirir de la dieta. Se diseñó una formulación de una barra de cereales; avena, arroz y amaranto, con alto valor potencial de aminoácidos esenciales. El diseño abarcó tres formulaciones y se determinó el aporte calórico de cada una de ellas. Posteriormente, se calculó la cantidad de aminoácidos esenciales de acuerdo a la formulación. El contenido calórico de las tres formulaciones fue; 439, 383 y 384 kcal, siendo la formulación 1, la que más calorías aporta en 100 g de barra. Del mismo modo, la formulación 1 tiene la mayor cantidad de aminoácidos, seguido de la formulación 3 y 2. El diseño de la barra se realizó destacando el contenido de aminoácidos esenciales, siendo la formulación 1, la más prometedora para el desarrollo de la barra.

*Palabras claves: aminoácidos esenciales, cereales y formulación.*

### INTRODUCCIÓN

Los cereales son un recurso esencial en la nutrición humana y tienen un impacto significativo en el equilibrio nutricional. Son especialmente importantes por su alto contenido en hidratos de carbono, proteínas, grasas, minerales y vitaminas (Gálová y col., 2015). La calidad de las proteínas se basa en su composición en aminoácidos, especialmente en el contenido y la disponibilidad de aminoácidos esenciales que desempeñan un papel importante en el



crecimiento, la reproducción y el mantenimiento del cuerpo humano (Caire-Juvera y col., 2013). Los cereales son bajos en proteínas totales en comparación con las leguminosas y las semillas oleaginosas (Pérez-Conesa y col., 2002). Aunque genéticamente no se consideran una buena fuente de proteínas, muchos cereales ofrecen al ser humano una cantidad adecuada de energía (Zorica y col. 2022).

Uno de los problemas más agudos de la nutrición moderna es el uso de comida instantánea o lista para comer (Notova y col., 2017), es más popular debido a su gran sabor, mejor conservación y fácil transporte (Bhaskar, 2012). Las barras de cereal se han convertido en un snack fácil de llevar, que se consume como refrigerio o bien, antes o después de hacer ejercicio. Existen distintas formulaciones: con trigo, maíz, avena, arroz, frutas secas, jarabe de maíz, miel, azúcar, soya, chocolate, amaranto, quinoa, chía y más. Las barras de cereal pueden contribuir al consumo de nutrientes pero no sustituyen una comida o productos básicos de una dieta saludable, ya que algunas barras contienen una cantidad considerable de azúcares y/o grasas (PROFECO, 2019). Por las razones anteriores, el objetivo es diseñar una barra de cereales; avena, amaranto y arroz, enfocando la formulación al aprovechamiento de aminoácidos esenciales.

## METODOLOGÍA

Para el diseño de la formulación se realizó una investigación de la producción de cereales a nivel estatal, nacional e internacional y se seleccionó tres de los cereales con mayor disponibilidad en el estado de Guanajuato, y aquellos con mayor aporte en el contenido de aminoácidos, según lo reportado en las tablas de la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Los cereales seleccionados fueron avena (hojuelas), arroz (inflado), amaranto (procesado) y miel, este último para dar forma compacta a la barra y como edulcorante.

Se realizó los cálculos necesarios para conocer el contenido de los aminoácidos esenciales en cada uno de los cereales. Después se calculó la etiqueta nutrimental teórica de las tres formulaciones para conocer la composición química de la barra y la cantidad de energía por cada 100 g. Posteriormente se calculó específicamente el contenido de aminoácidos (mg) correspondiente al contenido de proteína en las tres formulaciones. Finalmente se realizó un



análisis de varianza ( $p < 0.05$ ) seguido de un post hoc de Tukey para determinar diferencia significativa entre la composición química de las tres formulaciones.

## RESULTADOS

Los cereales seleccionados para el diseño de la formulación fueron; avena (hojuelas), amaranto (procesado) y arroz inflado, pues tienen una alta disponibilidad en Guanajuato y sus características son adecuadas para la elaboración de la barra. Se diseñaron tres formulaciones con diferentes proporciones de los cereales avena, arroz y amaranto; formulación 1 (F1= 2:1:1), formulación 2 (F2= 3:3:3) y la formulación 3 (F3= 4:3:2) y se determinó la composición química. La F1 presentó mayor contenido significativo de; proteína y aminoácidos (lisina, leucina, metionina, isoleucina, fenilalanina, treonina y valina). En este mismo sentido la F2 presentó mayor cantidad de triptófano proporcionado por el amaranto. La F1 (439 kcal) proporciona un mayor aporte calórico, aunque no fue significativo, seguido de la F3 (384.26 kcal) y la F2 (382.06 kcal) por 100 g de la barra. Enfocados en éste último valor, una barra comercial (barra de trigo y salvado con piña) de 33 g proporciona 132 kcal, mientras que la F1, aportaría 146 kcal. La barra comercial supera la cantidad de los azúcares añadidos establecidos por la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, mientras que las formulaciones propuestas no los superan.

## CONCLUSIONES

Se diseñó tres formulaciones enfocadas en el contenido de aminoácidos. La avena brinda un mayor contenido de proteína y aumenta la cantidad de aminoácidos en las formulaciones. La F3 contiene mayor contenido de amaranto y aporta mayor cantidad de triptófano, aminoácido precursor de la serotonina. El aporte calórico por las tres formulaciones es similar a la energía proporcionada por barra de cereales comerciales. El mayor contenido de aminoácidos lo aporta la F1, seguido de la F3 y finalmente la F2.

## REFERENCIAS

Bhaskar R. (2012). Junk food: impact to on health. Journal of drug delivery and therapeutics.



2(3) DOI: 10.22270/jddt.v2i3.132.  
[https://www.researchgate.net/publication/308384822\\_JUNK\\_FOOD\\_IMPACT\\_ON\\_HEALTH](https://www.researchgate.net/publication/308384822_JUNK_FOOD_IMPACT_ON_HEALTH)

Caire-Juvera, G., Vázquez-Ortiz, F. A., y Grijalva-Haro, M.I. (2013). Amino acid composition, score and in vitro protein digestibility of foods commonly consumed in Northwest México. *Nutrición Hospitalaria*, 28(2), 365-371.

Gálová, Z., Rajnincová, D., Chňapek, M., Balážová, Ž., Špaleková, A., Vivodík, M. y Hricová, A. (2019). Characteristics of cereals, pseudocereals and legumes for their coeliac active polypeptides. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 9. 10.15414/jmbfs.2019.9.special.390-395.

Pérez-Conesa, D., Ros Berruezo, G., y Periago Castón, M. J.. (2002). Aminoácidos esenciales y no esenciales de harinas de cereales infantiles en distintas fases de procesado industrial y su relación con índices químicos de la calidad proteica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 52(2), 193-202.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas pre-envasados-Información comercial y sanitaria. Acceso 19 Enero 2023.  
[https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4010/seeco11\\_C/seeco11\\_C.htm](https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4010/seeco11_C/seeco11_C.htm)

Notova S. V., Duskaeva A. Kh., Kiyayeva E. V, Laryushina I. E. y Barysheva E. S. (2017). *J. Pharm. Sci. & Res.* Vol. 9(12), 2596-2598.

PROFECO, (2019). Barras de cereal. *Revista del consumidor*.  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/474901/ESTUDIO\\_DE\\_CALIDAD\\_BARRAS\\_DE\\_CEREAL.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/474901/ESTUDIO_DE_CALIDAD_BARRAS_DE_CEREAL.pdf)

Zorica M. Tomičić, L. L. Pezo, Nedeljka J. Spasevski, J. M. Lazarević, I. S. Čabarkapa, Ružica M. y Tomičić. (2022). Diversity of amino acids composition in cereals. *Food and Feed Research*, 49 (1), 11-22.  
[https://www.researchgate.net/publication/360441410\\_Diversity\\_of\\_amino\\_acids\\_composition\\_in\\_cereals](https://www.researchgate.net/publication/360441410_Diversity_of_amino_acids_composition_in_cereals)



## PATÉ DE ERIZO MORADO *STRONGYLOCENTROTUS PURPURATUS*

*Ericka Ivon Ojeda Aguillón, Natalia Lizeth Polanco Ojeda, Yhoahlibeth Rosales Vázquez, Itzam Benjamín Uribe Romero, Francina Brizeyda López Tarín\*, Carlos Antonio Montalvo Navarro*

*Coordinación de Ingeniería en Procesos Bioalimentarios, Universidad Tecnológica de Tijuana (Unidad Ensenada), Km.1 carretera la Bufadora, Maneadero, Ensenada, Baja California, 22794, México.*

*\*Correspondencia: francina.lopez@uttijuana.edu.mx*

### RESUMEN

Se ha identificado que, durante la selección y procesamiento del erizo morado, aproximadamente un 20% de las gónadas no pasan el control de calidad provocando que no sean admitidas para su comercialización. En Baja California, la pesca del erizo es una importante actividad económica, en 2019 la producción fue de 1,287 t (Representación agricultura Baja California, 2020); así mismo las gónadas destacan por tener un alto contenido proteico de 13.63% (Cuevas-Acuña y col., 2019). Se desarrollaron 3 formulaciones de paté a base de gónadas de erizo (60%, 70%, 80%), las cuales fueron sometidas a evaluación sensorial descriptiva y de aceptación con panelistas semi-entrenados, la formulación de mayor puntuación se sometió a análisis de composición proximal. La formulación con 80% de gónadas fue la que mayor puntuación obtuvo, su composición proximal fue de 20.7% proteínas y 20.5% lípidos; su perfil sensorial fue similar a un paté comercial.

*Palabras claves: Gónadas, Erizo, Paté, Emulsión*

### INTRODUCCIÓN

El erizo de mar es un animal acuático, su tamaño medio no sobrepasa los 7 cm y poseen espinas de hasta 3 cm que cumplen funciones desde defensa, protección, locomoción y alimentación. Su color varía entre verde, marrón oscuro y violeta. Los erizos de mar regulares son miembros comunes e importantes de ecosistemas costeros como arrecifes coralinos y bosques de macroalgas (Steneck, 2013).



En Baja California la pesca del erizo es una importante actividad económica, produciendo en 2019 un total de 1,287 toneladas de erizo morado y rojo (Representación Agricultura Baja California, 2020). Las gónadas de erizo de alta calidad presentan un alto valor económico (Lawrence, 2013; Brown y Eddy, 2015), lo que ha llevado a su explotación ocasionando la pesca de erizo que apenas entra en el rango de medidas aceptadas evitando su óptimo desarrollo (Vives-Pérez, 2018). Durante la selección y el procesamiento un 20% de las gónadas de erizo no pasa el control de calidad y no se admiten para su comercialización. El que las gónadas no pasen los controles de calidad se debe a color, tamaño y daños, sin embargo estos no afectan en su contenido nutricional, según Cuevas-Acuña y col. (2019) sus gónadas tienen un contenido de 5.4% de lípidos y 13.63% de proteínas.

El paté es un embutido cocido, cuya principal característica es ser untable gracias a la grasa presente. Las partículas de grasa, agua y proteína deben estar finamente repartidas y formar una emulsión (Cruzado, 2019). Este producto se considera de alto valor agregado por sus características nutricionales y sensoriales; generalmente, la apariencia final es la de una pasta emulsificada con o sin pequeños trozos visibles de los ingredientes previamente citados (Echarte y col., 2004). El objetivo del presente trabajo fue desarrollar un paté utilizando como materia prima las gónadas de erizo no aptas para comercialización en la región de Baja California.

## METODOLOGÍA

Se propusieron tres formulaciones para la elaboración de un paté a base de gónadas de erizo (60%, 70% y 80%), con la incorporación de manteca vegetal y otros ingredientes.

*Tabla 1. Formulaciones Paté a base de gónadas de erizo.*

Ingredientes	Formulación A	Formulación B	Formulación C
Gónadas de erizo morado	60%	70%	80%
Manteca de cerdo	30%	20%	10%
Chile chipotle	5.2%	5.2%	5.2%
Espicias	1.1%	1.1%	1.1%
Aditivos	3.7%	3.7%	3.7%
	100%	100%	100%

Espicias: Sal, Ajo, Cebolla, Pimienta y Cilantro.

Aditivos: Lecitina de soya (estabilizante), Fécula de maíz (textura), Sorbato de potasio (conservante)



El producto fue sometido a un proceso de pasteurización rápida, a una temperatura de 72°C durante 15 segundos como método de conservación, en conjunto con los aditivos. Las tres formulaciones fueron sometidas a evaluaciones sensoriales descriptivas y de aceptación en los atributos de sabor, olor y textura con una escala hedónica de 5 puntos, siendo 5 el máximo puntaje que puede obtener por atributo. La formulación que obtuvo más puntos en las evaluaciones sensoriales descriptiva y de aceptación, se sometieron a análisis de composición proximal según la metodología descrita en la normatividad.

## RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron de la aceptación del paté indicó que la Formulación C fue la que mejores resultados presentó teniendo en el olor un promedio de 4.7 de 5, en el sabor un 4.1 de 5 y en la textura un 3.7 de 5, de igual manera fue el que mayor similitud tuvo con un paté comercial. Aunque los resultados de las formulaciones A y B fueron muy cercanas, pero no se asemejan tanto a un paté comercial. Los resultados de los análisis descriptivos se obtuvieron mediante la evaluación de 9 panelistas semi-entrenados, donde se evaluó sabor (sabor especiado, sabor a marisco y sabor picante) con valores del 1 al 5, donde 1 es intenso y 5 es aceptable, olor (olor especiado y olor a mariscos) con valores del 1 al 5, donde 1 es intenso y 5 es aceptable, y textura (untabilidad, granulosidad y adherencia) con valores del 1 al 5, donde 5 es muy parecido a un paté comercial. Debido a los resultados obtenidos, se obtuvo que la mejor formulación fue la C, ya que se asemeja más a un paté comercial y obtuvo mayor puntuación que la formulación A y B.

Tabla 2. Resultados análisis de composición proximal.

Análisis	Proteína	Grasas	Humedad		Ceniza		Sodio	
Muestra	1.0088	1.0057	3.3358	3.3329	3.0715	3.0081	3.0715	3.0081
Peso final	42 ml	0.3625	1.4427	1.4306	0.0987	0.0966	8.7	8.8
Resultado	20.7651%	20.5428	43.2489 %	42.9235 %	3.2134 %	3.2113 %	1.6570 %	1.7114 %
Promedios	n/a	n/a	43.0862 %		3.21235 %		1.6842 %	

## CONCLUSIONES

Tras el análisis realizado se llegó a la conclusión de que la formulación C fue la mejor en



comparación de las otras dos formulaciones, debido a que en los resultados de análisis sensoriales de aceptación y descriptivo fue la de mayor aceptación, asemejándose a un paté comercial en cuanto a características evaluadas, pero destacando en que el producto realizado fue más alto en proteínas en comparación a otros patés, esto debido al valor nutrimental de proteínas que contienda las gónadas de erizo.

## REFERENCIAS

- Albalat, V. (2015). Estudio de nuevas formulaciones para la obtención de patés a base de pescado y algas. Trabajo fin de grado de ciencia y tecnología de los alimentos. Repositorio upv. Recuperado el 28 de septiembre en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/54177/trabajo%20victoria%20albalat%20pe raita\\_1436\\_260156298675334423299989707.pdf?sequence=1&isallowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/54177/trabajo%20victoria%20albalat%20pe raita_1436_260156298675334423299989707.pdf?sequence=1&isallowed=y)
- Lawrence, J. M. (2020). Sea Urchins: Biology and Ecology (4th ed.). Academic Press.
- Esqueda, M. (2000). Variación de la madurez gonádica del erizo morado *strongylocentrotus purpuratus* en un gradiente latitudinal del océano pacífico (otoño, 1998). Tesis de maestría. CICESE. México. 68pp.
- Fideicomiso de riesgo compartido (2017). Erizo de mar, presente en la gastronomía internacional. Gobierno de México. Recuperado 27 de septiembre de: <https://www.gob.mx/firco/articulos/erizo-de-mar-presente-en-la-gastronomia-internacional#:~:text=el%20erizo%20forma%20parte%20importante,con%20limo%20y%20con%20arcilla%2c>
- Mantilla, M. (2013). Elaboración de paté embutido a base de carne de anchoveta (*engraulis ringens*) con grasas vegetales. Recuperado el 28 de septiembre en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/unsa/2869>.
- Palleiro-Nayar, J. (2008). Dinámica de la población de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* sujeta a extracción comercial en Baja California. *Ciencia Pesquera*, 16, 74. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/542184/CP16-04\\_La\\_pesca\\_de\\_erizo\\_morado\\_Strongylocentrotus\\_purpuratus\\_y\\_su\\_incremento\\_poblacional\\_e\\_n\\_BC\\_M\\_xico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/542184/CP16-04_La_pesca_de_erizo_morado_Strongylocentrotus_purpuratus_y_su_incremento_poblacional_e_n_BC_M_xico.pdf).



- Pérez, C. (2018). Erizos de mar: beneficios y propiedades. Natursan. Recuperado el 27 de septiembre, de <https://www.natursan.net/erizos-de-mar-beneficios-y-propiedades/>.
- Representación agricultura Baja California. (2020). El estado de Baja California ocupó durante 2019 el primer lugar en la producción de atún aleta azul y erizo de mar. Gobierno de México. Recuperado el 29 de septiembre en: <https://www.gob.mx/agricultura%7cbajacalifornia/articulos/el-estado-de-baja-california-ocupo-durante-2019-el-primer-lugar-en-la-produccion-de-atun-aleta-azul-y-erizo-de-mar>.
- Steneck, R. (2013). Sea urchins as drivers of shallow benthic marine community structure. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 38, 195-212. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-396491-5.00014-9>.
- Velastegui, V. y Villagrán, I. (2012). Aprovechamiento del camarón pomada para la fabricación de un paté de camarón ahumado envasado en vidrio, valorado sensorialmente usando catadores entrenados. Recuperado el 28 de septiembre en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/20237>.
- Grupo Pochteca. (2022). Sorbato de potasio: Usos y beneficios | Grupo Pochteca. México Pochteca. <https://mexico.pochteca.net/sorbato-de-potasio-que-es-beneficios-y-usos/>
- Vives-Pérez, A. (2018). Calidad de la gónada del erizo de mar tripneustes depressus (agassiz, 1863, echinodermata: echinoidea). <https://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/26241/1/vivespe1.pdf>.
- Cruzado, M. (2019). Elaboración De Paté. Recuperado 29 de septiembre de 2022, de <https://idoc.pub/documents/idocpub-wl1p9wj0j1lj>.
- Echarte M. (2004). Evaluation of the nutritional aspects and cholesterol oxidation products of pork liver and fish pates. *Food Chemistry*, 86, 47–53.
- Cuevas-Acuña, D. A. (2019). Composición química, contenido de proteína, aminoácidos y morfología de gónadas de erizo de mar (*Strongylocentrotus franciscanus*). *Biotecnia*, 21(3), 86–91. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v21i3.1015>.



## BEBIDA VEGETAL A BASE DE ARROZ-AVENA ADICIONADA CON ALIMENTOS FUNCIONALES CHÍCHARO VERDE-CHÍA-ALFALFA

*Andrea Guadalupe Cuarenta Luna, Susana Elizabeth Altamirano Romo\*, Diana Minerva Guerra Pérez, Abril de María Montesinos Bernal*

*Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México Roque, Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato, C.P. 38124, México.*

*\*Correspondencia: susana.ar@roque.tecnm.mx*

### RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue desarrollar de manera convencional una bebida vegetal con un alto valor proteico a partir de chícharo verde (*Pisumsativum*), chíá (*Salvia hispánica*), alfalfa (*Medicago sativa*), avena (*Avena sativa*) y arroz (*Oryza sativa*), que además de ser una fuente natural de proteína, antioxidantes y otros nutrientes ayuda a reducir la contaminación por desechos animales. Asimismo, se desarrollaron distintas formulaciones con diferente porcentaje de composición, por lo tanto, se realizaron diversas determinaciones fisicoquímicas y bromatológicas para conocer sus características nutricionales. En los análisis se determinaron porcentajes de sólidos solubles totales (°Brix), cenizas, fibra cruda, proteína por el método Kjeldahl, grasa por el método Soxhelt y viscosidad. En base a los resultados obtenidos, se encontró una mínima variación en los porcentajes de cada formulación analizada.

*Palabras claves: Plant-based, Fibra soluble, Proteína, Chícharo verde, Alfalfa, Chíá*

### INTRODUCCIÓN

Las bebidas vegetales son una especie de emulsión diluida, que se ha consumido desde hace mucho tiempo, en la actualidad parece ser algo innovador. Las bebidas vegetales aparecen como sustitutos de la leche de vaca esto con la finalidad de poder disminuir el nivel de contaminación que provoca durante su procesamiento. Estas bebidas se clasifican dentro de la dieta “plant-based” o dieta vegetal, siendo un régimen saludable basado en alimentos de



origen vegetal (Echeverría, 2020), estas bebidas contienen gran porcentaje de agua y están hechas a base de extractos de legumbres, plantas y cereales, buscando tener características que se asemejan a la apariencia de la leche de vaca. Existe una enorme variedad de plantas como son arroz, avena, soya o almendra, que dan lugar a bebidas vegetales en todo el mundo. Su proceso de elaboración es sencillo, donde básicamente su procedimiento consiste en hacer un remojo, molienda húmeda, filtración y finalmente pasa por una pasteurización para poder alargar su vida de anaquel.

Dentro de los cereales más utilizados en el proceso son avena (*Avena sativa*) es una gramínea anual de climas fríos y sensible a altas temperaturas (Trejo-Solís, 2015). Es una rica fuente de proteínas, minerales, aminoácidos esenciales y lípidos además de un alto contenido de fibra soluble (Moraleja-Saavedra, 2017). Otros de los componentes es el arroz (*Oryza sativa*), es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceae, fuente de vitaminas y carbohidratos (Trejo-Solís, 2015). Dentro de sus componentes funcionales se tiene la chía (*Salvia hispánica*), una planta perteneciente a la familia Lamiaceae, contiene más proteína y aceite que otros granos, está compuesta por nutrientes, vitaminas, antioxidantes y ácidos grasos (Ayerza, 2009). El chícharo verde (*Pisumsativum*), pertenece a la familia Leguminosae, (D'Ambrosio y col., 2018), rico en proteínas, almidón de digestión lenta, azúcares solubles, fibra, minerales y vitaminas (Villarreal Pérez, 2022). La alfalfa (*Medicago sativa*) es utilizada como forraje para el ganado, es una hierba de las más importantes, debido a su facilidad de adaptación a diversos ambientes, sus compuestos como vitamina D y Calcio (Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2017)(Real Jardín Botánico, 2001).

## METODOLOGÍA

Se realizó una bebida vegetal a base de arroz (*Oryza sativa*), avena (*Avena sativa*) y alimentos funcionales como chícharo verde (*Pisumsativum*), chía (*Salvia hispánica*), alfalfa (*Medicago sativa*), con un alto valor proteico. Se acondicionó la materia prima, el chícharo y la alfalfa pasaron por un proceso de escaldado (a  $90\pm 1^{\circ}\text{C}$  por 3 min), posteriormente pasaron al secado, chícharo ( $90\pm 1^{\circ}\text{C}$  por 5 h), alfalfa ( $95\pm 1^{\circ}\text{C}$  por 1.5 h) y chía ( $90\pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 3 h), después fueron molidas para luego tamizar en un tamiz número 60. Para la elaboración de la base se puso en remojo avena y arroz por separado durante 1 h, para luego moler en una licuadora y



filtrar. Se realizaron las diferentes combinaciones. Por último, a las formulaciones desarrolladas se les llevó a cabo distintos análisis fisicoquímicos como son: °Brix; para ello se utilizó un refractómetro (Marca HANNA Instrumets, modelo IEC 6LR61), viscosidad; utilizando un viscosímetro de tipo rotacional (Marca Raypa, modelo RP1L/RP1R/RP2L/RP2R), humedad; usando una estufa de secado (Marca Memmert modelo UF110) y cenizas; para este análisis se usó una mufla (Marca NOVATECH MD-12). Así como también análisis proximales los cuales fueron: grasa; por el método de Golfish (Marca NOVATECH modelo 6F-6), proteína; siguiendo el método Kjeldahl-Gunning que establece la NMX-F-68-S-1980 usando un equipo Kjeldahl (Marca NOVATECH modelo KJ6-C) y fibra; se realizó por el método de la AOAC (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales Internacional) usando un equipo Kjeldahl (Marca NOVATECH modelo KJ6-C).

Tabla 1. Análisis proximales

FORMULACIÓN	%Proteína	%Fibra	%Humedad	%Cenizas	%Grasa	%Carbohidratos
C	30.79 + 0.43	19.65 +	5.99 + 0.32	5.35 + 0.18	11.81 + 0.62	26.38 + 0.78
	c.v. 1.42	c.v.1.01	c.v. 5.35	c.v.3.43	c.v. 5.25	c.v.2.96
F1	29.06 + 0.32	26.52 +	0.47 + 0.01	4.22 + 0.18	18.43 + 0.36	20.83 + 0.56
	c.v. 1.08	c.v.0.99	c.v.3.97	c.v.4.45	c.v. 1.98	c.v.2.70
F2	29.09 + 0.11	27.20 +	0.61 + 0.11	4.55 + 0.07	16.43 + 0.52	22.08 + 0.84
	c.v. 0.40	c.v.1.59	c.v.6.21	c.v. 1.70	c.v.3.22	c.v.3.72
F3	26.55 + 0.21	23.67 +	3.11 + 0.03	4.21 + 0.03	15.14 + 0.12	27.29 + 0.88
	c.v. 0.79	c.v. 3.75	c.v. 1.01	c.v.0.80	c.v.0.81	c.v.3.24
F4	31.02 + 0.25	26.12 +	4.63 + 0.23	4.62 + 0.16	13.68 + 0.27	19.91 + 0.74
	c.v.0.82	c.v.2.10	c.v.5.06	c.v.3.60	c.v.1.99	c.v.3.72

\*F1: Bebida a base de chícharo verde (16.66%), alfalfa (13.33%) y chíá (66.66%), F2: Bebida a base de chícharo verde (33.33%), alfalfa (13.33%) y chíá (50%), F3: Bebida a base de chícharo verde (33.33%), alfalfa (13.33%) y chíá (50%), F4: Bebida a base de chícharo verde (66.66%), alfalfa (13.33%) y chíá (16.66%) y C: Silk(control): Bebida a base de té verde cv: coeficiente de variación

## RESULTADOS

Se elaboró una bebida con la cual se buscaba la realización de un producto innovador, además que tuviera un alto valor proteico, como se puede observar en la Tabla 1, las bebidas que en su composición contienen arroz y avena con chícharo, chíá y alfalfa (F1, F2, F3 y F4), con un contenido similar de proteínas, fibra soluble y grasa con respecto al control comercial. La formulación F4 es mayor en contenido de proteína con 31.02% en comparación con las otras formulaciones y la bebida control(C) con 30.79%, al comparar con marcas comerciales como YOSOY que contiene un 1.4% (Yosoy, 2021), Silk con 0.4% (Silk, 2022) y bebidas elaboradas con matcha con un 6% la formula F4 contiene mayor contenido de proteína, esto debe a que



al contenido de chícharo ya que incrementa el nivel proteico. Ya que este alimento en estado fresco cuenta con un 6.7% de proteína, mientras que, en estado seco el contenido de proteína aumenta a 24%, debido a que si disminuye su humedad su composición química incrementa (Villarreal Pérez, 2022).

## CONCLUSIONES

Se obtuvo un producto innovador con las características y propiedades con alto contenido de proteína, con el que se busca reducir el consumo de leches de origen animal esto con el objetivo de poder disminuir el daño ambiental. Siendo una buena opción el desarrollo de una bebida vegetal con un 31.02% de proteína y 26.12% de fibra, que brinda los mismos o más beneficios que las leches de origen animal, ya que se comprobó que es una bebida con un alto valor proteico comparada con bebidas comerciales y con alto contenido de antioxidantes por el tipo de materias primas utilizadas. Dentro de las perspectivas es realizar los análisis de antioxidantes mediante la determinación DPPH, FRAP, ABTS y contenido fenólico.

## REFERENCIAS

- Association Official Analytical Chemists. (2019). Association of Official Analytical Chemists International. Official Methods, 20th ed. Rockville. Retrieved from <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis-21st-edition-2019/>.
- Ayerza, R. (2009). Influence of environment on growing period and yield, protein, oil and  $\alpha$ -linolenic content of three chia (*Salvia hispanica* L.) selection. *Industrial Crops and Products*. Elsevier, 321-324.
- D'Ambrosio, U., Garnatje, T., Gras, A., y Parada, M. (2018). *Pisum sativum* L. *Hypatia*, 164-169.
- Diario Oficial de la Federación. (1980). NOM-F-68-S-1980. Alimentos Determinación de Proteínas. Obtenido de NOM-F-68-S-1980. Alimentos Determinación de Proteínas: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4858024&fecha=04/08/1980#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4858024&fecha=04/08/1980#gsc.tab=0).
- Echeverria, M. (2020). The Food Tech. Obtenido de: <https://thefoodtech.com/ingredientes-y-aditivos-alimentarios/los-alimentos-de-la-industria-based-plant/>



- Moraleja-Saavedra, N. (2017). *Bebidas Vegetales*. *Bebidas vegetales*. Universidad Complutense, Madrid.
- Real Jardín Botánico. (2001). *Flora ibérica*. *Península Ibérica: Consejo Superior de Investigaciones Científicas*.
- Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. (2017). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1619-1631.
- Silk (2022). <https://silk.com>. Obtenido de <https://silk.com>: <https://silk.com/plant-based-products/nextmilk/whole-fat-nextmilk>.
- Trejo-Solís, J. A. (2015). *Desarrollo y comparación de los principales componentes nutricionales de leches vegetales*. Buenavista Coahuila de Zaragoza: División de Ciencia Animal.
- Villarreal Pérez, V. D. (2022). *Cereal para desayuno de harina de avena con harina de chícharo*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos.
- Yosoy. (2021). *Yosoy*. Obtenido de Yosoy: <https://yosoyvegetal.com/nosotros/>



## SALCHICHA AHUMADA A BASE DE CALAMAR

Reyna E. Agúndez González, Luissa M. Martínez Mendez, Josue A. Manzano López, Andrea S. Chapela Rojas,  
López Tarín Francina Brizeyda\*, Montalvo Navarro Carlos Antonio

Coordinación de Ingeniería en procesos bioalimentarios, Universidad Tecnológica de Tijuana (Unidad  
Ensenada), Km.1 carretera la bufadora, Maneadero, Ensenada, Baja California, C.P. 22794, México.

\*Correspondencia: francina.lopez@uttijuana.edu.mx

### RESUMEN

Los productos cárnicos cocidos listos para el consumo, se caracterizan por ser embutidos de pasta semi-firme, elaborados con una mezcla de carnes de ternera o res (60% mínimo), carne de cerdo y grasas animales, con adición de condimentos, especias y aditivos alimentarios. Las salchichas son un embutido ahumado de carne picada, condimentada con hierbas aromáticas y diferentes especias que son introducidas (embutidas) en una tripa, ya sea ésta artificial o natural. El proceso de curado ha hecho que las salchichas sean fácilmente conservables por largos periodos de tiempo. El objetivo del presente trabajo fue formular salchichas a base de tentáculos de calamar gigante, un subproducto de la industria pesquera, para ofrecer productos cárnicos más saludables y contribuir a la disminución de la contaminación en el sector pesquero.

*Palabras clave: productos cárnicos, salchicha, calamar, subproducto, embutido, ahumado*

### INTRODUCCIÓN

La innovación en la industria alimentaria es un tema en constante evolución, que puede darse tanto en el propio producto como en el proceso de fabricación e incluso a nivel de líneas. El objetivo de la innovación es poder ofrecer un mejor producto al consumidor, por ello las industrias alimentarias buscan aprovechar los subproductos para satisfacer las necesidades de los consumidores. Por otro lado, se intenta desarrollar alimentos con mayor calidad, más saludables y atractivos para consumo, por lo que surge la necesidad de buscar alternativas y



desarrollar nuevos productos (Salinas y col., 2017).

Debido a lo anterior mencionado, como materia prima se seleccionó un molusco, en este caso el calamar gigante (*Dosidicus gigas*), siendo su pesca una de las más importantes en el país. Estos son animales con tentáculos extremadamente largos que pueden llegar a medir seis veces la longitud de su manto (55 cm), sus ojos son enormes y sus pequeñas aletas ocupan menos del 40% de su manto (Costa, 2018). La carne de calamar es muy suave, el sabor es delicado e ideal para combinar con sabores cítricos y herbales, se puede comer en paella, fritos, hervidos y hasta en ensaladas (Gutiérrez, 2019).

Los subproductos del calamar como la cabeza, tentáculos o la piel que no se logran comercializar, son una fuente rica de proteínas y de otros compuestos que pueden ser aprovechados desde el punto de vista nutricional (Kristbergsson y Arason, 2007). Dichos subproductos cuentan con un contenido de proteínas comestibles de un 80%, siendo 50% del tronco y 30% de los tentáculos y cuenta con un contenido de grasa muy reducido de entre 1-1.5% (Roberto, 2012).

El calamar es una especie subvalorada en México, con bajo valor comercial y con poca aceptación de los consumidores en el mercado nacional y se sabe que el 89% es exportado (Salinas-Zavala y col., 2005). Semanalmente se desperdician 50 kg de subproductos y difícilmente se cuenta con lugares adecuados de confinamiento para los residuos provenientes de la industria pesquera, por ello resulta de gran interés buscar alternativas para su aprovechamiento (Arason y col., 2015).

## METODOLOGÍA

El proceso de elaboración de la salchicha se seccionó en tres etapas principales: calidad, producción y almacenamiento. En la etapa de calidad se recibe la materia prima y se selecciona la parte a utilizar (tentáculos). Después en la etapa de producción, se lleva a cabo la remoción de la piel y el blanqueado del calamar, proceso en el cual se sumerge el calamar en agua caliente para retirarle la piel y evitar un mal sabor. Posteriormente se lleva a la molienda, donde se introduce la carne de calamar, la carne de cerdo, las especias y aditivos a utilizar, todo esto en una licuadora industrial. Para lograr una emulsificación se agregan hielos durante el procesamiento. Al terminar la molienda se lleva la mezcla a una embudidora, donde



se embute en una tripa artificial o natural. Al terminar el embutido, la tripa se ata de los extremos y en partes. El embutido se lleva al horno a 90°C durante 1 hora. Dentro del horno se coloca un recipiente con agua para que la salchicha se seque. Después se sumerge en agua con hielo para provocar un choque térmico. Finalmente, en la etapa de almacenamiento el embutido se refrigera a 4°C dentro de un envase con aire comprimido para aumentar su vida de anaquel.

## RESULTADOS

Se realizaron diversas determinaciones al producto final, entre ellas pruebas bromatológicas y microbiológicas, además de pruebas sensoriales utilizando escalas hedónicas. Los resultados obtenidos demuestran que la salchicha cuenta con los aspectos necesarios para colocarse dentro del mercado. Por ello se realizaron tres formulaciones (formulación 1: 50% calamar y 50% cerdo, formulación 2: 60% calamar y 40% cerdo y formulación 3: 70% calamar y 30% cerdo), para obtener una salchicha con mayor calidad. Para determinar qué salchicha tendría mayor demanda, se realizó una prueba sensorial con panelistas semi-entrenados, obteniendo como mejor resultado la formulación 2 que cuenta con 60% calamar y 40% carne de cerdo. Finalmente, se realizaron pruebas microbiológicas para asegurar la calidad e inocuidad de la salchicha. Los resultados microbiológicos fueron aceptables ya que no se contó con microorganismos patógenos presentes (mesófilos aerobios).

Tabla 1. Composición proximal de Salchicha ahumada.

Composición proximal por 100 gr			
Humedad	Cenizas	Proteínas	Grasas
55%	4.2%	15%	13.9%



Fig. 1. Salchicha ahumada de calamar.

## CONCLUSIONES

Se llegó a la conclusión que se logró desarrollar una salchicha ahumada a base de calamar, se obtuvo que la formulación 2 (60% calamar-40% carne de cerdo) fue la más aceptada ya que, al tener 60% de calamar y este ser alto en grasas nos permitió que al mezclarlo con los



otros ingredientes lograra una emulsión y para ayudar a su formación se agregó hielo. Al recibir el tratamiento térmico ocasionó que las proteínas se coagularan dando como resultado una estructura firme y elástica.

## REFERENCIAS

- Caamaño (2018). [https://www.alfa-editores.com.mx/salchicha-de-mariscos-alternativa-saludable/?fbclid=IwAR1HsqG0zmZE4\\_Kt7OIkawVDhARMuIbCiIDKWeBig2i-jOwK1WkhgPD4w](https://www.alfa-editores.com.mx/salchicha-de-mariscos-alternativa-saludable/?fbclid=IwAR1HsqG0zmZE4_Kt7OIkawVDhARMuIbCiIDKWeBig2i-jOwK1WkhgPD4w)
- Bonilla, L. G. (s/f). Fichas técnicas Procesados de carnes. webcindario.com. Recuperado el 11 de abril de 2001, de (S/f). Fao.org. Recuperado el 4 de noviembre de 2022, de <https://www.fao.org/3/au165s/au165s.pdf>
- Costa, A. (2018). El calamar gigante: uno de los animales marinos más temidos. Aquarium Costa de Almería. <https://www.aquariumcostadealmeria.com/curiosidades/calamar-gigante/>
- López López, R. F. (2012). "Elaboración de un embutido tipo salchicha a base de calamar gigante (*Dosidicus gigas*)". (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, UNAM. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3496983>.
- Granados, C. (2013). Análisis proximal, sensorial y de textura de salchichas elaboradas con subproductos de la industria procesadora de atún (*Scombridae thunnus*). Scielo. Recuperado 29 de septiembre de 2022, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v24n6/art05.pdf>.
- NOM-213-SSA1-2018, Productos y servicios. Productos cárnicos procesados y los establecimientos dedicados a su proceso. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- Gutiérrez, P. (2019). Semejanzas y diferencias entre el pulpo, la sepia y el calamar. Food & Wine en español. Recuperado 29 de septiembre de 2022, de <https://foodandwineespanol.com/semejanzas-diferencias-pulpo-sepia-calamar>.



## FORMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE TORTILLAS DE MAÍZ MORADO, HARINA DE YUCA Y CHÍA Y SU COMPARACIÓN CON UNA MARCA COMERCIAL

Jacqueline García Martínez, Laura Isabel Pérez García\*, Susana Elizabeth Altamirano Romo, Mauricio Daniel García Rosas

Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México Roque, Km. 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México

\*Correspondencia: [laura.pg@roque.tecnm.mx](mailto:laura.pg@roque.tecnm.mx)

### RESUMEN

Se desarrolló un alimento funcional en forma de tortilla convencional a base de maíz morado (*Zea mays L*), harina de yuca (*Manihot esculenta*) y chía (*Salvia hispánica*) que aporta elementos importantes a la salud como un alto contenido de fibra y proteína. El objetivo es la elaboración de un producto con características sensoriales semejantes a la marca comercial clásica. Se realizaron análisis químicos proximales tales como humedad, ceniza, grasa, fibra y proteína. Además de realizar análisis de textura con el texturómetro (TextureAnalyser) calculando y comparando con la marca comercial corte y elongación. Una aportación clave del maíz es la de alfa-amilasa que inhiben la degradación de carbohidratos a nivel intestinal, que actúan a diferente nivel ayudando a regular los niveles de glucosa en el organismo, ideal para personas que sufren obesidad, diabetes, hipertensión entre otras enfermedades crónico-degenerativas asociadas a la alimentación.

*Palabras clave:* Tortillas, Alimento funcional, Maíz morado, Texturómetro, Alfa-amilasa, Yuca, Chía

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad el incremento en la tasa de mortalidad debido a las complicaciones generadas por las enfermedades crónico-degenerativas como la diabetes y la obesidad representa uno de los principales problemas en nuestro país (Yusuf, 2001). Dentro de los principales



problemas de riesgo se encuentra la dieta del mexicano, ya que se basa principalmente en alimentos ricos en calorías y grasa (Aguilar-Salinas, 2003). La tortilla es uno de los alimentos más importantes en México y algunos países de Centroamérica. La gran mayoría de tortillas se elaboran a base de masa de maíz procesado por el método tradicional de nixtamalizado, el cual incluye las etapas de cocimiento y reposo (Serna-Saldívar, 1990). La yuca tiene gran significancia en la industria alimentaria, ya que puede ser sustituir a las harinas ricas en gluten, es muy poco conocida por el consumidor, pero brinda beneficios como aporte de energía, rica el calcio, magnesio hierro, proteínas (Alvarado, 2009). Por otro lado, las semillas de chía brindan mejores beneficios molida aporta calcio, hierro, magnesio, libre de gluten y es rica en fibra (Valdivia-López, 2015). El grano de maíz morado es fuente de pigmentos que pueden sustituir a los colorantes artificiales gracias a las antocianinas que contiene, sobre todo cianidina-3-b-glucosa, una antocianina con gran poder antioxidante (L'Eugene, 2012). Además de este se contiene alfa-amilasa que funciona como inhibidor o retardador.

## METODOLOGÍA

Se realizó un alimento tipo tortilla a base de maíz morado (*Zea mays*), harina de yuca (*Manihot esculenta*) y chía (*Salvia hispánica*), posteriormente se realizaron cuatro pruebas con diferentes porcentajes de composición cada una de ellas con el objetivo de determinar parámetros proximales, textura, apariencia y sabor y su comparación con una marca comercial. Se comenzó con la yuca y chía para obtener harina en un el molino de discos (Fu.Ma.SA.R), posteriormente el maíz morado se nixtamalizó de forma fraccionada a 90°C en soluciones de hidróxido de calcio por 30 min, la cual retiene en mayor porcentaje las antocianinas del maíz. Por último, a las formulaciones desarrolladas se les realizaron análisis proximales los cuales fueron; Humedad por el procedimiento 964.22, Ceniza por el procedimiento 962.09, del manual AOAC (2019), Grasa por método de Goldfish y por método Soxhlet, Proteína Kjeldahl-Gunning que establece la NMX-F-068-S-1980, Fibra se realizó por método 962.09 de Asociación de Químicos Analíticos Oficiales Internacional, AOAC (2019). De igual manera se realizaron pruebas de textura, fue necesario cortar rectángulos de tortillas con 3 cm de ancho y 10 cm de largo para la obtención de parámetros importantes desde el punto de vista de la calidad para calcular la elongación que tiene cada tortilla. Para el caso corte se calentaron las



tortillas y con ayuda de una probeta se formó un rollo en forma de taco, esto se hizo en cada formulación y se comparó con la marca comercial con el texturómetro (TextureAnalyser, modelo TA-XT,Plus).

## RESULTADOS

Se obtuvo un alimento funcional ideal para disminuir los altos porcentajes de personas que sufren enfermedades crónico-degenerativas. Se innovó en un producto en forma de tortilla a base de maíz morado, harina de yuca y chíá con diferentes concentraciones cada una de ellas (Tabla 1). Al realizar los análisis proximales mostraron mayor aporte nutritivo a comparación de la marca comercial (Tabla 2) siendo la formulación 2 la más apta para la dieta humana, por su bajo contenido de grasa, y alto porcentaje de fibra y proteína. Respecto a los parámetros de textura, se calcularon corte y elongación respectivamente se observó que en fuerza máxima de corte (g) y tiempo (s) todas las formulaciones, en conjunto con el control se encuentran con una variedad muy pequeña de cambio, de igual manera en la fuerza de elongación (g) y tiempo (s), lo que demuestra que las formulaciones presentan características semejantes a una marca comercial, el objetivo de emplear estos parámetros fueron simular la acción de consumir la tortilla (Tabla 3).

*Tabla 1. Formulaciones de las tortillas.*

Formulación	Composición
Control 1	Maíz 100% elaboradas a mano
Control 2	Maíz 100% de tortillería
Formulación 1	Maíz morado 50%, Yuca 30%, Chíá 20%
Formulación 2	Maíz morado 50%, Yuca 23.33%, Chíá 26.66%
Formulación 3	Maíz morado 50%, Yuca 18.33%, Chíá 31.66%
Formulación 4	Maíz morado 50%, Yuca 21.66%, Chíá 28.33%

*Tabla 2. Análisis proximales.*

Formulación	Análisis					
	%Proteína	%Fibra	%Humedad	%Ceniza	%Grasa	%Carbohidratos
Control 1	3.68 + 0.03	7.51 + 0.26	5.88 + 0.54	0.84 + 0.01	3.48 + 0.11	78.62 + 0.72
Control 2	3.79 + 0.07	6.67 + 0.24	5.29 + 0.33	0.21 + 0.08	3.32 + 0.15	80.71 + 0.99
Formulación 1	10.25 + 0.15	21.46 + 0.30	9.40 + 0.15	1.28 + 0.06	5.65 + 0.40	52.05 + 0.18
Formulación 2	10.31 + 0.01	21.46 + 0.29	9.30 + 0.14	1.27 + 0.06	5.64 + 0.38	52.02 + 0.17
Formulación 3	9.37 + 0.15	22.43 + 0.18	9.06 + 0.04	1.26 + 0.06	7.49 + 0.20	50.39 + 0.03
Formulación 4	9.41 ± 0.06	14.62 ± 0.41	5.61 ± 0.12	1.18 ± 0.07	6.28 ± 0.14	62.90 ± 0.29



Tabla 3. Texturómetro.

Formulación	Fuerza máxima (g)		Tiempo (s)	
	Corte	Elongación	Corte	Elongación
Control 1	882	311	2.95	1.91
Control 2	889	319	2.91	1.95
Formulación 1	870	298	2.98	1.87
Formulación 2	881	320	2.96	1.93
Formulación 3	879	307	2.63	1.96
Formulación 4	885	330	2.99	1.98

## CONCLUSIONES

Se obtuvo un producto en forma de tortilla con características y propiedades similares a las tortilla comercial, con un enfoque saludable y nutritivo ideal para las personas que sufren obesidad, y diabetes, además de todas las nuevas tendencias que buscan alimentos que los mantengan el forma y les brinden nutrientes necesarios para su día a día; cabe resaltar que con este proyecto se intentan rescatar las variedades nativas de maíz en México, al igual que incluir alimentos poco conocidos y aprovechar de una mejor manera sus aportaciones nutrimentales. Se tiene contemplado incorporar la extracción de alfa-amilasa al producto terminado sin que esta cause afecciones a la salud y pueda ser consumida diariamente y por repeticiones durante el día.

## REFERENCIAS

- Aguilar-Salinas, C. V. (2003). Characteristics of Patients With Type 2 Diabetes in México: Results from a large population-based nationwide survey. *Diabetes Care* 2003; 26(7):2021–2026.
- Alvarado T. (2009). Obtención de harina de yuca para el desarrollo de productos dulces destinados para la alimentación de celíacos. DSpace en ESPOL.
- Eugene, N. L. (2012). Artificial food colors and attention-deficit/hyperactivity symptoms: conclusions to dye for. *Neurotherapeutics*, 599-609.
- Serna-Saldívar S.O. (1990). Technology, chemistry, and nutritional value of alkaline-cooked corn products. 243-307.
- Valdivia-López. MÁ. (2015). Chia (*Salvia hispanica*): A Review of Native Mexican Seed and its Nutritional and Functional Properties. A Review of Native Mexican Seed and its Nutritional



and Functional Properties.

Wokadala Cuthbert Obiro, T. Z. (2008). The nutraceutical role of the Phaseolus vulgaris alpha-amylase inhibitor. 1-12.

Yusuf S., R. S. (2001). Global burden of cardiovascular diseases: part I: general considerations, the epidemiologic transition, risk factors, and impact of urbanization. 2746-53.



## ANÁLISIS SENSORIAL DE UNA TORTILLA DE MAÍZ COLORADO CON CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES

*Karen Esmeralda Martínez Jiménez<sup>1</sup>, Hania Karina Pérez Galván<sup>1</sup>, Rosa Maria Mariscal Moreno<sup>2</sup>, Luis A. Noriega González<sup>3</sup>, Ma. Cristina Vázquez Hernández<sup>3\*</sup>*

<sup>1</sup>*Tecnológico Nacional de México / I T Roque, Km. 12 Carretera Apaseo el Alto–Jerécuaro. Apaseo el Alto, Guanajuato, C.P. 38532, México.*

<sup>2</sup>*Universidad Iberoamericana Campus CDMX. Prolongación Paseo de Reforma 880, Lomas de Santa Fe, C.P. 01219, México.*

<sup>3</sup>*Tecnológico Nacional de México/I T Roque, Km. 12 Carretera Apaseo el Alto–Jerécuaro. Apaseo el Alto, Guanajuato, C.P. 38532, México.*

*\*Correspondencia: ma.vh@roque.tecnm.mx*

### RESUMEN

Actualmente existe una alta incidencia en la prevalencia de enfermedades crónico-degenerativas como la obesidad, diabetes e hipertensión ocasionadas principalmente por el alto consumo de alimentos altos en grasas saturadas, azúcares, actividades sedentarias, entre otras. El objetivo de este proyecto fue la formulación de una tortilla elaborada con maíz colorado, multiproteica con características funcionales que además de saciar al consumidor le aporte beneficios a su salud y con alta aceptabilidad sensorial. Los resultados mostraron que el producto elaborado tuvo un 51% de aceptabilidad comparada con muestras comerciales.

*Palabras claves: Canasta básica, seguridad alimentaria, crónico-degenerativas, nutrición.*

### INTRODUCCIÓN

Según el Centro de Orientación Alimentaria (COA, 2023), en México las tortillas son uno de los productos alimenticios de la canasta básica, el cual está elaborada con grano de maíz nixtamalizado (blanco o amarillo) y harina de maíz y es producido principalmente en las tortillerías comerciales, debido a la inflación derivada principalmente de la pandemia por SARs-COV2. De acuerdo con el estudio del Coneval (2023), los menores de edad son quienes



padecen en mayor grado la situación de vulnerabilidad, toda vez que dependen de alguien más para cubrir sus necesidades básicas de alimentación. Actualmente, en México el alto consumo de alimentos chatarra con bajo aporte nutrimental y alto contenido calórico, la población está expuesta a padecer enfermedades crónico-degenerativas como obesidad, diabetes, anemia, desnutrición y enfermedades estomacales que se ha convertido en un grave problema de salud pública, difícil de controlar y requiere de costos elevados cuando se necesitan atenciones médicas (Dominguez Zarate y col., 2019). Debido a lo anterior, en el presente proyecto se propone elaborar un producto con maíz, lenteja, cúrcuma, chía, y jitomate orgánico, para que las familias de México tengan acceso a un producto de calidad con alto valor nutrimental considerando que es un alimento básico en la comida mexicana (Ruíz Santiago y col., 2018). Además del valor nutricional las características sensoriales son de gran importancia en los productos alimenticios, ya que de ellas dependerá la aceptación o rechazo del producto por los consumidores (Gámez-Valdez y col., 2021; López-Alarcón y col., 2018; Pedrero y Pangborn, 1989).

## METODOLOGÍA

El Material biológico fue proporcionado por el Docente Luis Noriega González, para la elaboración de las formulaciones de las tortillas en el laboratorio multifuncional ubicado en el Tecnológico Nacional de México, IT Roque, campus Apaseo el Alto. La elaboración de las tortillas se realizó conforme al diagrama de proceso de elaboración de tortilla tomando en cuenta cada una de las formulaciones elaboradas con diferentes cantidades de ingredientes utilizando el complemento Solver de Excel, para poder obtener las 3 muestras que se analizaron sensorialmente utilizando una prueba de preferencia por ordenación y una prueba de diferenciación por pares según lo propuesto por Pedrero y Pangborn en 1989 (Figura 1) (Galindo-Olguin y col., 2021).

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos mediante la prueba de preferencia por ordenación, mostraron que de las tres formulaciones diseñadas, la formulación 3 (Masa de maíz colorado, cúrcuma, chía, cáscara de jitomate orgánico y lenteja en proporción 1:0.01:0.1:0.02:0.8, respectivamente) fue



la más aceptada con un 38% (Figura 2). En la prueba por diferenciación de pares se obtuvo un 51% de aceptación del producto elaborado (Formulación 3) respecto a un producto similar comercial. Además los panelistas no entrenados que analizaron el producto mencionaron que tenían un sabor agradable y equilibrado y que la consumirían en sustitución a la tortilla convencional.

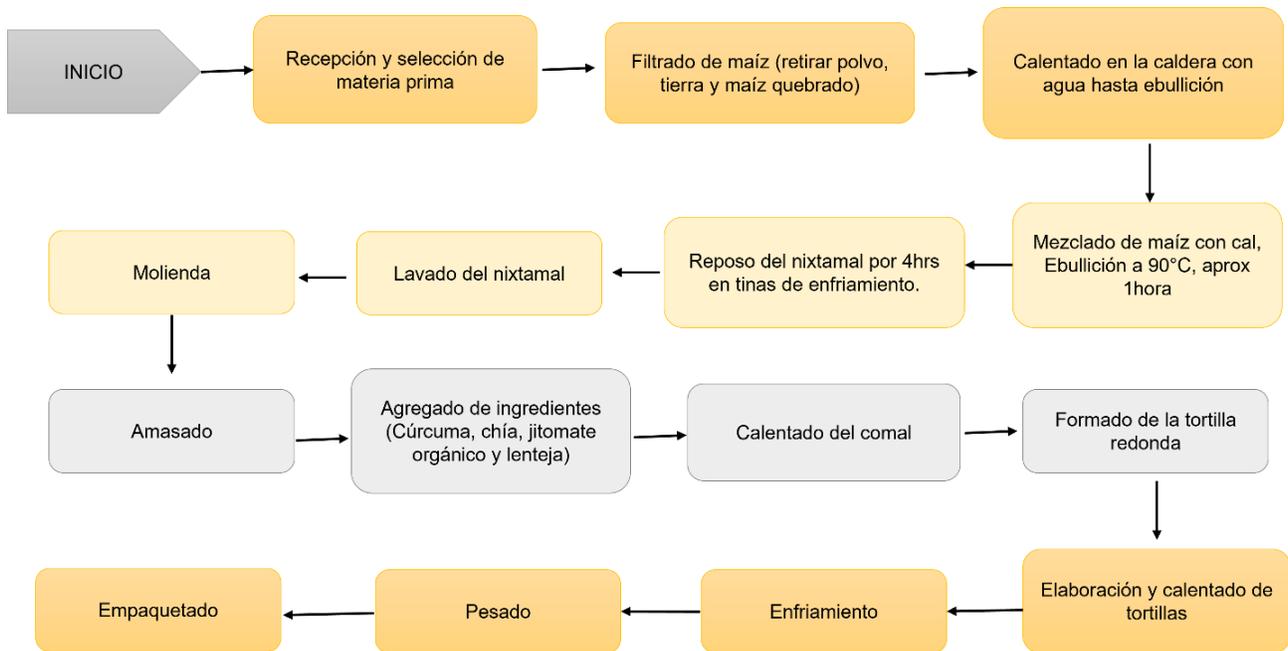


Fig. 1. Diagrama de flujo de elaboración de tortillas multiproteicas. Elaboración propia (2023)

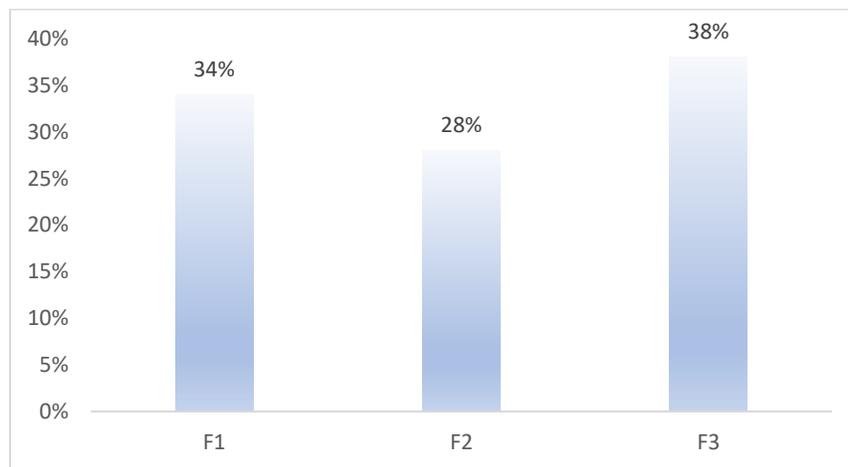


Fig. 2. Evaluación sensorial de tortillas multiproteicas. Elaboración propia (2023)



## CONCLUSIONES

Las tendencias en la alimentación están cambiando constantemente, actualmente las personas están preocupadas por cuidar su alimentación consumiendo alimentos con alto valor nutrimental, sin aditivos adicionados y con buenas características sensoriales, con el presente proyecto se logró elaborar un producto innovador el cual es un alimento con alto valor nutrimental y características funcionales, con el fin de ayudar a mejorar la alimentación de los mexicanos. Además de ser natural sin aditivos ni conservadores añadidos, obtiene una larga vida de anaquel, lo cual favorece su almacenamiento, así como es un producto de fácil adquisición y un precio accesible para su venta.

## REFERENCIAS

- COA (2023). Descargado de <http://www.coa-nutricion.com/>
- Coneval, (2023). Descargado de [https://www.coneval.org.mx/Medicion/Documents/Lineas\\_de\\_Pobreza\\_por\\_Ingresos/Lineas\\_de\\_Pobreza\\_por\\_Ingresos\\_ene\\_2023.pdf](https://www.coneval.org.mx/Medicion/Documents/Lineas_de_Pobreza_por_Ingresos/Lineas_de_Pobreza_por_Ingresos_ene_2023.pdf)
- Domínguez Zárate, P. A., García Martínez, I., Güemes-Vera, N., Totosaus, A., y Pássaro Carvalho, C. P. (2019). Textura, color y aceptación sensorial de tortillas y pan producidos con harina de ramón (*Brosimum malincentrum*) para incrementar la fibra dietética total. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(3), 699-719. DOI: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol20\\_num3\\_art:1590](https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num3_art:1590).
- Galindo-Olgún, C. N., del Socorro Cruz-Cansino, N., Ramírez-Moreno, E., Ariza-Ortega, J. A., Camacho-Bernal, G. I., y Cervantes-Elizarrarás, A. (2021). El maíz y la nixtamalización: modificación de sus componentes, técnicas de proceso y enriquecimiento de tortilla. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 10(19), 205-213. <https://doi.org/10.29057/icsa.v10i19.7236>.
- Gámez-Valdez, L. C., Gutiérrez-Dorado, R., Gómez-Aldapa, C. A., Perales-Sánchez, J. X. K., Milán-Carrillo, J., Cuevas-Rodríguez, E. O., y Moreno, C. R. (2021). Efecto de la adición de harina de amaranto extruido sobre la calidad nutricional, nutracéutica y sensorial de



tortillas producidas a partir de harina de maíz azul criollo extrudido. *Biotecnia*, 23(2), 103-112. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i2.1385>.

López-Alarcón, M., Montalvo-Velarde, I., Bernal-Gracida, L., y Barbosa-Cortés, M. D. L. (2018). Maíz nixtamalizado suplementado con un concentrado de proteínas de sardina para mejorar el valor biológico de las tortillas. *Gaceta médica de México*, 154(3), 327-334. DOI://dx.doi.org/10.24875/GMM.17003373.

Ruiz Santiago, F. L., Garcia Jiménez, R., Hernandez Becerra, J. A., Rocher Córdova, R., y Silvan Sarao, C. D. (2018). Alimento funcional: tortillas horneadas. *Investigaciones Científicas y Agrotecnológicas para la Seguridad Alimentaria*, 395. ISBN: 978-607-606-476-4.

Pedrero, D.L., Pangborn, R.M. (1989). *Evaluación sensorial de los alimentos: métodos analíticos*. México: Allambra Mexicana, 1989. 251pp.



## CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LA PULPA DE JOBO (*SPONDIAS MOMBIN L.*)

Gisela Fernanda Padilla García<sup>1\*</sup>, Karina Bustos Ramírez<sup>1</sup>, Karen Aylin Vargas García<sup>1</sup>, Elizabeth del Carmen Varela Santos<sup>1</sup>, Susana Astrid López<sup>2</sup>, Edi Antonio López<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Subdirección de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Avenida Veracruz s/n, esquina Héroes de Puebla, Col. Pemex, Tierra Blanca, Veracruz, C.P. 95180, México

<sup>2</sup>Tecnológico nacional de México/Instituto tecnológico Superior de Naranjos, C. Priv. Guanajuato S/N, Col. Manuel Ávila Camacho, Naranjos, Veracruz, C.P.92370, México

\*Correspondencia: giselapadillagarcia001@gmail.com

### RESUMEN

El jobo pertenece a la familia botánica de las *Anacardiaceas*, del género *Spondia*, y la especie *Spondia mombin L.* El jobo es clasificado como una drupa carnosa verde que se torna amarilla al madurar, tiene un sabor agrisado y aroma agradable, mide de 1 a 2.5 cm de grueso por 2.5 a 4 cm de largo; la pulpa es gruesa y el endocarpio es fibroso, este, a su vez, mide entre 2.3 y 3.1 cm de largo y contiene entre 0 y 5 semillas por fruto; presentando forma oblonga. Sin embargo, aún no se ha realizado una caracterización amplia que señale el valor real de la pulpa de Jobo especialmente del estado de Veracruz. Por lo tanto, el proyecto de investigación tiene como propósito comprobar analíticamente las propiedades fisicoquímicas atribuidas en el jobo, dándole un valor agregado a un producto agroindustrial nato del estado de Veracruz.

*Palabras clave:* *Spondias Mombin L.*, jobo, agroindustrial, fruta.

### INTRODUCCIÓN

El jobo (*Spondias mombin L.*) pertenece a la familia *Anacardiaceae*; se le conoce como cajá o taperebá en Brasil; ciruela amarilla en México y Ecuador; jobo en América Central y hogglum o *mombin* amarillo en América del Norte (Bosco y col., 2000). Se encontraron ejemplares en los herbarios estudiados procedentes de 20 entidades de la República; el estado con más *Spondias* es Veracruz, con 267 colectas, donde predomina *S. mombin*, siguiéndole Yucatán,



con 87, dominando *S. purpurea*; luego continua Chiapas, con 70, donde sobresale *S. mombin*; después les siguen Quintana Roo, Campeche, Oaxaca y Jalisco con 59, 53,46 y 41 colectas, respectivamente (Robledo y col., 2012). Es un fruto climatérico que presenta aumento en la respiración al cuarto día de almacenamiento, alcanzando un máximo después de 7 días y el proceso de senescencia comienza al octavo día de almacenamiento, lo que lleva a alrededor del 50%. Pérdidas postcosecha cuando no se procesa a tiempo. La corta vida útil de esta fruta ha limitado su comercialización (Sampaio y col., 2007). El fruto se consume fresco o se puede usar para preparación de jaleas y bebidas que se elaboran por estrujamiento de la pulpa en agua, también se preparan gelatina y vinos, además se le atribuyen propiedades medicinales (Francis, 1992).

La madera es de baja calidad y rara vez se usa, mientras que la corteza se usa para tallar figuras, mientras que las hojas (Ayoka y col., 2008). El jobo crece tanto en una gran variedad de suelos, por lo que tolera suelos que tienen una concentración moderadamente baja de nutrientes y que son hasta cierto punto compactos (Francis, 2000).

Actualmente se reconoce a *Spondias purpurea* y *Spondias mombin* como las especies más importantes de las ciruelas mexicanas (Avitia y col., 2000). El objetivo es comprobar analíticamente las propiedades atribuidas a la pulpa de jobo, por lo que hasta el momento se está llevando a cabo una parte de su caracterización fisicoquímica (pH, sólidos solubles, acidez titulable).

## METODOLOGÍA

Determinación de pH, sólidos solubles (°Brix) y acidez titulable: Para la medición del pH se emplearon tiras medidoras, posteriormente para la determinación de °Brix se utilizó un refractómetro. De acuerdo al método No. 942.15 de la AOAC se determinó la acidez titulable. En la cual se colocaron 10 mL de muestra, 90 mL de agua destilada y 3 gotas de fenolftaleína, todo esto se preparó en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. La muestra fue titulada con una solución estandarizada de NaOH a 0.1 N hasta alcanzar el cambio de color. El porcentaje de acidez titulable se calculó con base al ácido cítrico empleando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ acidez titulable} = \frac{(\text{mL de NaOH gastado} * \text{normalidad de base} * \text{factor del ácido})}{\text{mL de la muestra}} \quad (1)$$



Índice de color: se siguió con el método descrito por Yelene (2011) para la determinación del índice de color en la cual se evaluó los parámetros de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  de acuerdo el estándar de iluminación de la escala espectral, donde  $L^*$  describe la luminosidad y  $a^*$  y  $b^*$  evalúan la saturación que nos da la pureza del color y el tono es el color propiamente, según Francis y Clydesdale (1975). La expresión matemática (2) determinada para calcular el Índice de Color según Thompson (1998).

$$IC = \frac{(a^*100)}{L^*b} \quad (2)$$

## RESULTADOS

La caracterización fisicoquímica de la pulpa de jobo (*S. mombin L.*) consistió en realizar análisis de sólidos solubles (°Brix), pH, acidez titulable, índice de color; las cuales se realizaron por triplicado. Por lo tanto, pudimos darnos cuenta que el fruto en comparación con lo reportando por Tiburski (2009), Silva y col., (2009) y Gondim y col., (2013), se han presentado valores similares en algunos atributos, pero en otros casos se observan valores altos, los cuales se encuentra reportados por este trabajo. De tal forma se encuentran presentados en la Tabla 1. De acuerdo a esto, podemos decir que la pulpa originaria del estado de Veracruz posee atributos importantes que pueden confirmarse con los resultados que hasta el momento se tienen.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de la pulpa de jobo (*spondias mombinl.*)

PROPIEDADES	ESTE TRABAJO	OTROS AUTORES
PH	2	3.40 [1]
ACIDEZ %(G AC/ 100ML)	1.68 ± 0.5	1.05 [1]
ÍNDICE DE COLOR (IC)	0.12 ± 0.08	-----
°BRIX	14.33 ± 0.23	14.9 [2] 9.35 [3] 11.86 [1]

[1] Gondim y col. (2013); [2] Tirbuski (2009) y [3] Silva y col. (2009).

## CONCLUSIONES

Con las determinaciones realizadas para el conocimiento de sus características físicas y composición química nos permitió conocer la calidad y las propiedades que se le atribuyen al jobo. Lo cual nos permite para darle una nueva funcionalidad y un valor agregado a un producto



agroindustrial nato de la región de Veracruz. Además, que los frutos de *S. Mombin L* son relativamente pequeños, su sabor, color y valor nutrimental revelaron que es un fruto con calidad aceptable, ya que son una fuente importante de azúcares y minerales.

## REFERENCIAS

- Avitia G. E., González C. A., y Pimienta B. E. (2000). Ciruela mexicana y otras especies del género *Spondias L*. Ciudad de México: Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, 19 (10-15).
- Ayoka, A. O., Akomolafe, R. O., Akinsomisoye, O. S. y Ukponmwan, O. E. (2008). Valor medicinal y económico de *Spondias mombin*. Diario Africano de Investigación Biomédica, 11 (2).
- Bosco, J., Soares, K. T., Aguiar Filho, S. P. y Barros, R. V. (2000). Una cultura da cajazeira. João Pessoa: EMEPA-PB. (Vol. 28, p 229)
- Francis, J. K. y Lowe C. A, (2000). *Spondias mombin L*. Jobo, ciruela. Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. Río Piedras, Puerto Rico, USDA, 571 (488-490).
- Francis, J. K. (1992). *Spondias mombin L*. Hogplum.SO-ITF-SM-51. New Orleans, LA: US. Department of Agriculture. Forest Service, Southern Forest Experiment station. (p 4).
- Gondim, P. J., Silva S. M., Pereira W. E., Dantas A. L., Chaves N. J. R. y Santos L. F. D. (2013). Calidad del fruto de accesiones de umbu-cajazeira (*Spondias sp.*). Revista Brasileña de Ingeniería Agrícola y Ambiental, 17, 1217-1221.
- Robledo, P. A. y León, A. C. (2012). Botánica de *Spondias L*. (Anacardiaceae): jocotes, jobs, abales y ciruelas mexicanas en México, Primera edición, (pp 11-20)
- Sampaio, S. A., Bora, P. S., Holschuh, H. J. y Silva, S. M., (2007). Actividad respiratoria postcosecha y cambios en algunos constituyentes químicos durante la maduración del fruto de mombin amarillo (*Spondias mombin*). Ciencia y tecnología de los alimentos, 27, 511-515.



## PRODUCTOS CON ALTO CONTENIDO PROTEÍCO

Alexis Barajas Rodríguez<sup>1</sup>, Susana Elizabeth Altamirano Romo<sup>1\*</sup>, Diana Minerva Guerra Pérez<sup>1</sup>, Jorge Gutiérrez Tlahque<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería, Instituto Tecnológico de Roque, Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería, Instituto Tecnológico de Zitácuaro, Av. Tecnológico Manzanillos No.186, Zitácuaro, Michoacán, C.P. 61534, México

\*Correspondencia: susana.ar@roque.tecnm.mx

### RESUMEN

Se elaboró un suplemento alimenticio con alto valor proteico, bajo contenido en carbohidratos a base de suero dulce de leche y clara de huevo, saborizado con cacao, obteniéndose una mezcla de proteínas y nutrientes de valor biológico elevado, que aporta los elementos necesarios a la salud de las personas, contribuyendo con la reducción de desechos de origen animal al medio ambiente por causa de la industria láctea. Se desarrollaron formulaciones con diferente composición a base de las materias primas en estado líquido y con ello lograr un equilibrio nutrimental, las determinaciones fisicoquímicas dieron parámetros adecuados para un secado por aspersión, al producto obtenido se le determinaron pruebas bromatológicas donde se obtuvieron datos en base a diferentes formulaciones con un porcentaje de proteína de 33.71-75.18% y carbohidratos de 5.28-39.17%, en comparación con productos similares en el mercado.

*Palabras claves:* Suero de leche, cetogénico, suplementación, albumina, proteína.

### INTRODUCCIÓN

La alimentación es un factor importante dentro de la alimentación de las personas ya que viene relacionada al 90% de todas las enfermedades sin contar infecciones y accidentes (Abarca Aguiar, 2003). Actualmente existen cambios en la alimentación, procurando la salud y el



bienestar, se está optando por impartir dietas a la rutina diaria y combatir las complicaciones con el sobrepeso, obesidad y otras relacionadas. Para ello existe una gran variedad de propuestas dieto-terapéuticas entre las que se encuentran las dietas cetogénicas (Covarrubias y col., 2013). Las dietas con alto contenido de grasa comprenden las siguientes proporciones en su totalidad de calorías, donde el 60% son grasas, 25% proteína y 15% carbohidratos sencillos, lo que hace que el cuerpo entre en un estado de cetosis. Esto causa que el cuerpo quemara grasa almacenada como combustible en lugar de carbohidratos (Livongo, 2021). Las proteínas se encuentran como segundo componente más importante dentro de este tipo de dietas, considerándose esenciales dentro del desarrollo de las personas ya que son las encargadas de la formación de todo tipo de tejidos (CMED, 2018). La deficiencia de proteína en la dieta cetogénica hace que sea más necesario la búsqueda de una proteína con un valor biológico alto para un mayor aprovechamiento.

Algunos alimentos tienen una mejor mezcla de aminoácidos que otros, y por esto se dice que son de un valor biológico más alto en este caso las proteínas de la albúmina de huevo (presentes en la clara) y las caseínas de la leche contienen todos los aminoácidos esenciales en buenas proporciones con bajos carbohidratos y por ello se dice que son nutricionalmente superiores (Suárez y col., 2006). Se busca el aprovechamiento del lactosuero desechado por la industria láctea, ya que debido a su alto contenido de nutrientes el suero de queso es una fuente potencial para la obtención de productos con alto valor agregado (Osorio y col., 2018). Actualmente en el mercado no existe producto a base de suero de leche y clara de huevo rico en proteínas y nutrientes que sea comercializado a un precio económico y de buena calidad (Flores, 2021).

## METODOLOGÍA

Se realizó un suplemento alimenticio a base de suero de leche dulce pasteurizado del TecNM-Roque y clara de huevo fresca. Las materias primas llevaron análisis de acidez, °Brix y pH, así como sus preparaciones para tenerlas en control, al huevo se le realizó un análisis de frescura mediante una prueba de flotación, y al suero de leche se le realizó una pasteurización a 75°C para evitar una contaminación y aumentar su vida de anaquel. Se realizaron tres formulaciones con diferente composición cada una con el objetivo de analizar el rendimiento mediante un



secado por aspersión con parámetros de una temperatura de entrada de  $170\pm 1^{\circ}\text{C}$  y una de salida de  $60\pm 1^{\circ}\text{C}$ , teniendo las formulaciones de materia prima seca se procedió a una serie de análisis para evaluar los porcentajes nutrimentales en las combinaciones (proteína, grasa, cenizas y carbohidratos) de acuerdo las Normas Oficiales Mexicanas. Los balances elaborados ayudaron a las metas nutrimentales que se deseaban alcanzar, en el polvo obtenido al final de secado se tuvo en cuenta en cuenta el sabor, apariencia, y textura, se revisó la interacción que tendría el producto seco con medios líquidos como el agua y proporcionar una cantidad recomendada.

## RESULTADOS

Se elaboró un suplemento alimenticio con clara de huevo y suero de leche con porcentaje de proteína alto y bajo en carbohidratos. La Tabla 1 muestra que la formulación C3 tuvo mayor rendimiento en el proceso de secado y está relacionado por la cantidad de albumina que contiene, Martínez (2016) encontró el mismo porcentaje de rendimiento.

En la Tabla 2, se muestra el análisis de bromatológico de las diferentes combinaciones, se encontró que C3 cuenta con un 75.38% proteína, 5.55% carbohidratos y 4.47% grasas por cada 100 g, estos valores entran dentro de rangos recomendados para dietas cetogénicas: 60% grasas, 25% proteína y 15% de carbohidratos de consumo diario. Pero C2 y C1 están fuera de los límites permitidos porcentaje de carbohidratos (Livongo, 2021).

La Tabla 3 muestra la descripción de productos similares, donde las combinaciones realizadas mostraron semejanzas con otros productos en % proteína y % carbohidratos, resaltando que las marcas comerciales presentan otras fuentes de nitrógeno como gomas, sucralosa, lactasa, peptidasa, entre otros ingredientes para sustentar su % proteína mencionada, el polvo presenta buenas características organolépticas, también cuenta con una buena disolución del producto seco cuando entra en contacto con medios líquidos.

*Tabla 1. Rendimientos.*

Combinaciones	% Rendimiento
C1	3.5
C2	4.7
C4	5.9



Tabla 2. Análisis bromatológicos de las combinaciones.

Combinaciones	%Humedad	%Proteína	%Grasa	%Carbohidratos	%Fibra	%Ceniza
C3	8.77 ± 0.08 CV 1.00	75.38 ± 0.19 CV 0.26	4.47 ± 0.05 CV 1.30	5.53 ± 0.25 CV 4.58	0.0 ± 0.0 CV 0.0	5.80 ± 0.09 CV 1.67
C2	10.67 ± 0.67 CV 6.33	61.98 ± 0.02 CV 0.04	5.41 ± 0.03 CV 0.71	15.93 ± 0.61 CV 3.83	0.0 ± 0.0 CV 0.0	5.97 ± 0.05 CV 0.97
C1	16.01 ± 0.75 CV 4.74	33.02 ± 0.69 CV 2.10	7.90 ± 0.61 CV 7.75	37.22 ± 1.95 CV 5.24	0.0 ± 0.0 CV 0.0	5.76 ± 0.13 CV 2.30

Tabla 3. Comparativa de productos.

Marca	Descripción del producto	Proteína en 100 g de producto	Carbohidratos en 100g de producto	Fuente
Proteína en polvo suero de leche WheyOptium Nutrition	Mezcla de proteína (Aislado de proteína de suero de leche, Concentrado de proteína de suero de leche, Péptido de suero), Saborizantes Naturales y artificiales, Lecitina, Mezcla de goma (Goma Xanthan, Carrageeina), Sucralosa, Acesulfame-k, Lactasa.	78.9 g	9.86 g	(Optimum Nutrition, 2021)
Proteína de Clara Deshidratada (albúmina) de huevo	Albúmina de huevo, leche desengrasada, goma xantana, dióxido de silicio, saborizante natural y artificial a chocolate, proteasa, peptidasa y sucralosa como endulzante.	68.57 g	2.85 g	(Huevo San Juan Fit, 2023)
Polvo MCT Proteína Vegano ketoChocoladeGo-Keto 400g	Aislado de proteína de guisante, 100% sin palma Aceite MCT: 60% de ácido caprílico (C8), 40% de ácido cáprico (C10), fibras de acacia, concentrado de proteína de arroz, aroma natural, goma xantana, glucósidos de esteviol de stevia.	62.94 g	3.23 g	(Go Keto, 2023)

## CONCLUSIONES

En conclusión se obtuvo un producto con las características de 33-75% proteína y 5-37% carbohidratos, las cuales entran dentro de los parámetros de un alimento que se utilizó como un suplemento con los porcentajes de proteína y carbohidratos apropiados para las dietas cetogénicas (Livongo, 2021). El producto brinda una opción innovadora, cuenta con solo 2 ingredientes principales a comparación de los productos en el mercado que sustentan su porcentaje de proteína con aditivos, actualmente no se cuenta con productos con la



combinación de estas materias primas en el mercado, de igual forma se brindó una alternativa al uso del suero de leche y así disminuir su impacto ambiental que causa la industria láctea. Estas formulaciones serán evaluadas para conocer su poder antioxidante.

## REFERENCIAS

- Abarca Aguiar, G. (2003). El valor de la alimentación. *Revista Costarricense de Ciencias Médicas*, 83.
- CMED. (2018). <https://www.cmed.es/>. Obtenido de [https://www.cmed.es/actualidad/la-gran-importancia-de-las-proteinas-en-la-alimentacion\\_614.html](https://www.cmed.es/actualidad/la-gran-importancia-de-las-proteinas-en-la-alimentacion_614.html).
- Covarrubias, P., Aburto, M. y Samano, L. (2013). Dietas cetogénicas en el tratamiento del sobrepeso y la obesidad . *Nutricion clinica y dietetica hospitalaria*, 98-111.
- Flores, N. (2021). Evaluación de la calidad nutritiva de una bebida a base de suero de leche; fermentada y no fermentada con combinacion de 2 probióticos. (Tesis de licenciatura). Tecnológico Nacional de México Campus Roque, Celaya.
- Go Keto. (2023). Go Keto. Obtenido de: <https://www.go-keto.com/es/producto/polvo-mct-proteina-vegano-ceto-chocolate-go-keto-400gr/>
- Huevo San Juan Fit (2023). Huevo San Juan Fit. Obtenido de Huevo San Juan Fit: <https://huevosanjuanfit.com/products/proteina-de-albumina-de-huevo-sabor-vainilla>.
- Livongo (2021). <https://content.livongo.com>. Obtenido de <https://content.livongo.com/cp/langs/es-us/MPLC.pdf>.
- Martínez, M. (2016). Obtención de clara de huevo en polvo por medio de la técnica de secado utilizando un equipo que opera por aspersión. Universidad de Costa Rica Facultad de Ingeniería, Costa Rica.
- Optimum Nutrition. (2021). Optimum Nutrition. Obtenido de Optimum Nutrition: <https://www.optimumnutrition.com/es-mx>.
- Osorio, C., Sandoval, F., Hernández, F., Hidalgo, J., Gómez, F., y Ávalos, D. (2018). Potencial de aprovechamiento del suero de queso en México. *Agroproductividad*, 101-106.
- Suárez, M., Kizlansky, A., y López, L. (2006). Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad. *Nutrición hospitalaria*, 47-51.



## CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA Y ESTRUCTURAL DE MUCILAGO DE NOPAL

Jesús Rubén Rodríguez Núñez<sup>1</sup>, César Leobardo Aguirre Mancilla<sup>2</sup>, Tomas Madera Santana<sup>3</sup>, Luis Medina Torres<sup>4</sup>, Carlos Alberto Núñez Colín<sup>1</sup>, Francisco Manuel Morales Chávez<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Programa de Biotecnología, Universidad de Guanajuato, Mutualismo s/n, Celaya, Guanajuato, C.P. 38060, México.

<sup>2</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Roque. km 8 Carretera Celaya–Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. CTAOV, Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas, No. 46, Hermosillo, Sonora, C.P. 83304, México.

<sup>4</sup>Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, C.P. 04510, México.

\*Correspondencia: mchfm@hotmail.com

### RESUMEN

*Opuntia* es un complejo hidrocoloide de naturaleza con alta concentración de carbohidratos con estructuras altamente ramificadas y elevado peso molecular, que sirve para evitar la contracción estructural facilitando la formación de una matriz continua. En el presente trabajo se han estudiado las características químicas, morfológicas, estructurales y reológicas del mucílago de cladodios de *Opuntia spp.* En los ensayos reológicos se observó un comportamiento pseudoplástico, debido a su viscoelasticidad, que se deben a los componentes químicos y su naturaleza presentes en ellos. La RMN 1H confirmó diferentes residuos dentro de la unidad de azúcares repetitiva, algunos con configuraciones  $\alpha$  y otros con configuraciones  $\beta$ , El FTIR mostró la presencia de galactosa y pectinas. La DRX detectó minerales como sales de calcio. El SEM mostró agregaciones y una morfología irregular de las partículas. Dichas características nos indican la importancia de este para su uso en la industria alimentaria, debido a su estabilidad.

*Palabras claves:* Variedades de nopal, FTIR, XRD, SEM

### INTRODUCCIÓN

La composición química de los cladodios de nopal es de alto contenido en fibra; pectina,



lignina, celulosa, hemicelulosa y mucílagos que son benéficos para el metabolismo de carbohidratos y los lípidos (Ayadi y col., 2009), además Asnam y col. (2022) mencionaron que el mucílago es un heteropolisacárido formado por arabinosa, galactosa, ramnosa, xilosa y azúcares neutros. El mucílago de *Opuntia ficus-indica* está compuesto principalmente por azúcares de arabinosa, galactosa, ácido galacturónico, ramnosa y xilosa, la complejidad del análisis del mucílago se debe a la variabilidad de composición con respecto a la especie (Madera-Santana y col. 2018).

Estas macromoléculas biológicas son ampliamente utilizadas en diversos productos no alimentarios procedentes de esta planta; entre ellos, industria farmacéutica, alimentaria y cosmética, así como, en agricultura, textil, papel-industrias (Kamel y col., 2020). La aplicación del mucílago de pera cactus en la agroindustria, como componente o matriz para recubrimientos y películas en la tecnología poscosecha de hortalizas (Espino-Díaz y col., 2010). Tiene una posible aplicación médica en el tratamiento de la mucosa gástrica y otras dolencias gástricas (Sáenz y Cuevas, 2013).

El mucílago es un polisacárido que a menudo se considera un hidrocoloide con aplicaciones potenciales como espesantes, gelificantes, estabilizantes, agentes de carga y emulsionantes (Dick y col., 2019), ingrediente funcional en alimentos, así como en las industrias cosmética y farmacéutica (Shi y col., 2020).

Sin embargo, hasta donde sabemos, las características estructurales y morfológicas de *Opuntia spp.* no se han reportado completamente, así como una falta de estudios sobre la influencia del comportamiento reológico del mucílago y la comparación de estos entre diferentes variedades de mucílago de *Opuntia*. Los objetivos de este estudio son reportar la caracterización química, y morfológica, así como sus propiedades reológicas del mucílago de cladodios de *Opuntia spp.* y la comparación de diferentes variedades de esta especie.

## METODOLOGÍA

1. Extracción del mucilage: Los cladodios de diferentes variedades de *Opuntia spp* se usaron para la extracción del mucílago.
2. Análisis de la composición proximal: Se determino el contenido de grasa, proteína y cenizas.



3. Análisis estructural: A partir de espectroscopia FTIR se determinó la fracción de polisacáridos, además se usó la difracción de rayos X (DRX) para determinar la estructura cristalina del mucílago, también se usó el Espectros RNM y con los espectros de RMN 1H del mucílago se confirmó la presencia de los diferentes residuos que componen el grupo sacárido.
4. Análisis morfológico: A partir de micrográficas electrónicas de barrido (SEM) se determinó el análisis morfológico de la superficie del mucílago para investigar el tamaño de partícula, la forma y la forma de las partículas.
5. Mediciones reológicas: Se determinaron las propiedades reológicas con los parámetros de cizalla para ver su efecto en la viscosidad, así como los parámetros de almacenamiento ( $G'$ ) y el módulo viscoso ( $G''$ ) para determinar las propiedades viscoelásticas del polisacárido.

## RESULTADOS

La composición proximal de las variedades del mucílago presenta una cantidad superior al 87% y valores entre 1 y 4% de cenizas. El espectro FTIR nos indica la presencia de diferentes grupos funcionales como -OH en la región de  $3600-3200\text{ cm}^{-1}$ ; bandas de estiramiento de C-H (grupo metilo) ( $3000-2800\text{ cm}^{-1}$ ) y la región de huella común de los polisacáridos o unidades de carbohidratos ( $1300-1050\text{ cm}^{-1}$ ). Además, se encontraron bandas que se atribuyen a grupos funcionales de componentes polisacáridos neutros del mucílago, como la arabinosa, la ramnosa, la galactosa y la xilosa (Figura 1).

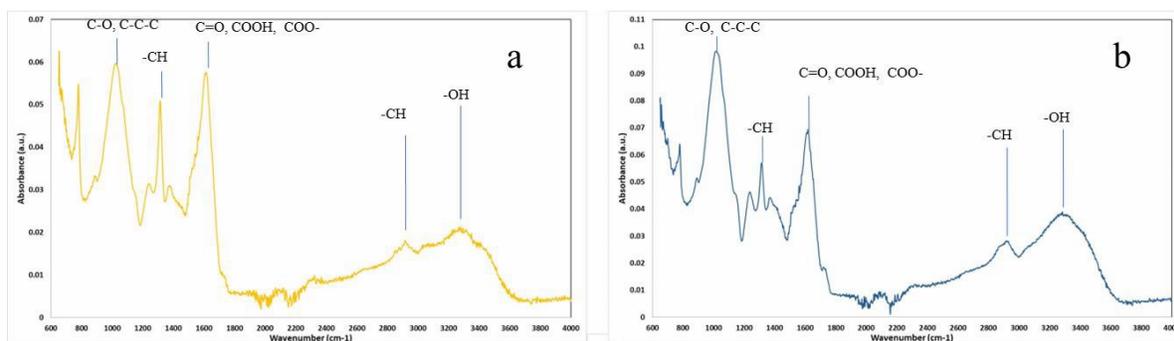


Fig. 1. FTIR. Grupos funcionales presentes en las muestras de mucílago.

Los XRD de las diferentes variedades de mucílago de los cladodios de nopal para examinar su



estructura amorfa, semicristalina o cristalina. Identificaron estructuras cristalinas características de sales de calcio (oxalatos de calcio) además de la presencia de oxalatos en polvos de nopal (forma de drusas) e identificaron minerales como whewellite ( $\text{C0CaO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), fairchildita ( $\text{K}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ ), peroxidifosfato de potasio ( $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_8$ ) y silvina (KCl) (Figura 2).

El espectro de RMN confirma la presencia de polisacáridos, grupos alquilo alifáticos, además de la presencia del carbono  $\alpha$ - y  $\beta$ -anomérico de la hexosa o pentosa. En los ensayos reológicos se observó un comportamiento pseudoplástico, debido a su viscoelasticidad, que se deben a los componentes químicos y su naturaleza presentes en ellos (Figura 3).

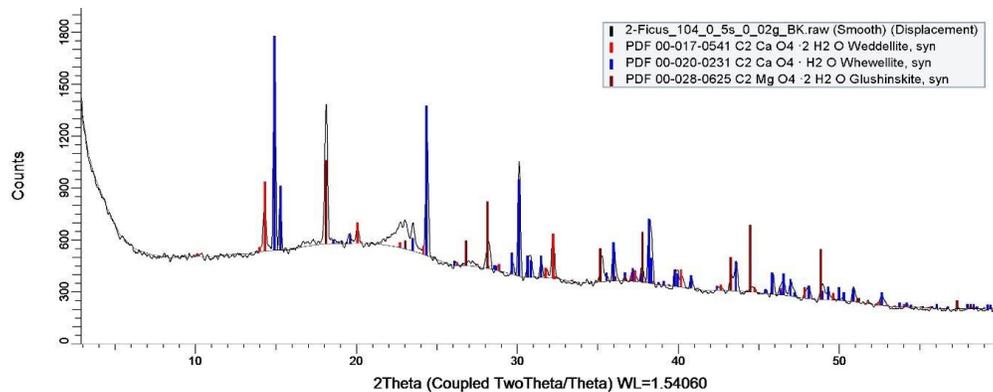


Fig. 2. XRD Patrón de difracción de las muestras de mucílago.

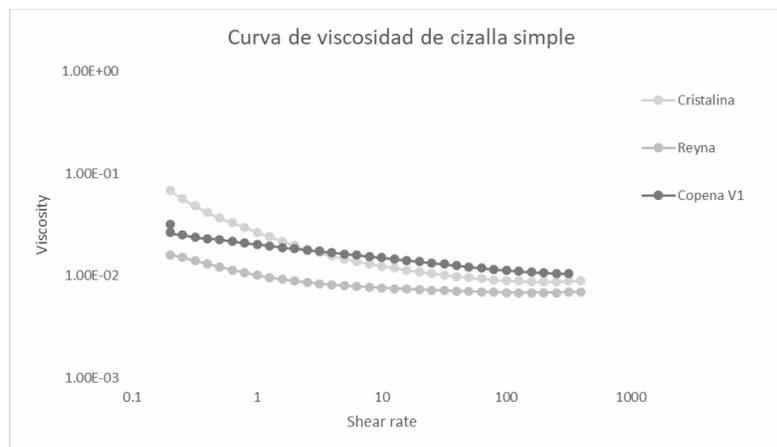


Fig. 3. Curva de viscosidad de comportamiento de las muestras de mucílago.

## CONCLUSIONES



Las variedades de *Opuntia spp.* utilizadas en este trabajo, debido a su similitud en sus estructuras demuestran un comportamiento similar, se observa que tienen un comportamiento pseudoplástico, debido a su viscoelasticidad, que se deben a los componentes químicos y su naturaleza presentes en ellos. La RMN y el FTIR mostraron la presencia de algunos residuos de sacáridos como galactosa y ácido urónico con configuraciones  $\alpha$  y  $\beta$  en el polvo de los mucílagos, además se detectaron pectinas mediante estos análisis. Sin embargo, la presencia de pectinas podría deberse al método de extracción utilizado. SEM y XRD revelaron partículas con formas irregulares y formando agregados de partículas, además de la presencia de minerales en la matriz de polisacáridos.

## REFERENCIAS

- Asnam, A., Bouras, O., Aouabed, A., Bourven, I. y Baud, M. (2022) Structuration of biosorbents in the form of reinforced gelled and porous composites based on *Opuntia ficus indica* (cactus) extract and sodium alginate. *Journal of Water Process Engineering* 46:102612. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102612>.
- Ayadi, M. A., Abdelmaksoud, W., Ennouri, M. y Attia, H. (2009). Cladodes from *Opuntia ficusindica* as a source of dietary fiber: Effect on dough characteristics and cake making. *Industrial Crops and Products*, 30, 40–47.
- Dick, M., Dal-Magro, L., Costa-Rodrigues, R., de-Oliveira-Rios, A. y Hickmann-Flôres, S. (2019). Valorization of *Opuntia monacantha* (Willd.) to obtain a mucilage with hydrocolloid features: Physicochemical and functional performance, *International Journal of Biological Macromolecules*, 123:900-909. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.126>.
- Espino-Díaz, M., Ornelas-Paz, J. J., Martínez-Téllez, M. A., Santillán, C., Barbosa-Cánovas, G. V., Zamudio-Flores, P. B., y Olivas, G. I. (2010). Development and characterization of edible films based of mucilage of *Opuntia ficus-indica*. *Food Science*, 75, E347–E352.
- Kamel, R., Afifi, S.M., Kassem, I.A.A., Elkasabgy, N.A. y Farag, M.A. (2020). Arabinoxylan and rhamnogalacturonan mucilage: Outgoing and potential trends of pharmaceutical, environmental, and medicinal merits. *Journal of Biological Macromolecules* 165:2550–2564.



- Madera-Santana, T.M., Vargas-Rodríguez, L., Núñez-Colín, C.A., González-García, G., Peña-Caballero, V., Núñez-Gastélum, J.A., Gallegos-Vázquez, C. y Rodríguez-Núñez, J.R. (2018) Mucilage from cladodes of *Opuntiaspinulifera* Salm-Dyck: chemical, morphological, structural and thermal characterization, *CyTA - Journal of Food*, 16:1, 650-657, DOI: 10.1080/19476337.2018.1454988.
- Saenz, C., y Cuevas, G. R. (2013). Industrial production of non-food products. In Saenz, C. (Ed.), *Agro-industrial utilization of cactus pear* (pp. 89–102). Rome, Italy: FAO-CACTUSNET.
- Shi, A., Feng, X., Wang, Q. y Adhikari, B. (2020). Pickering and high internal phase Pickering emulsions stabilized by protein-based particles: A review of synthesis, application and prospective. *Food Hydrocolloids*. 109:106117. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106117>



## CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEMILLAS DE MAÍCES (*Zea Mays L.*) DE COLOR

Ana M. Rangel-Mosqueda<sup>1</sup>; Susana E. Altamirano-Romo<sup>1\*</sup>; Gilberto Rodríguez-Pérez<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico-campus Valle del Yaqui, Departamento de Ingenierías, Avenida Tecnológico Block 611, Valle del Yaqui, Bacum, Ciudad Obregón, Sonora, C.P. 85276, México.

\*Correspondencia: susana.ar@roque.tecnm.mx

### RESUMEN

Hoy en día México ocupa el séptimo lugar en producción de grano de Maíz de acuerdo a la demanda interna y es principal productor e importador del grano. En la actualidad se cultivan maíces de diferentes tonalidades que se conocen como maíces pigmentados, el objetivo de esta investigación fue caracterizar fisicoquímicamente semillas de diferentes maíces mejorados de color en Guanajuato. El diseño que se utilizó fue completamente al azar con 4 repeticiones, las variables estudiadas fueron: largo y ancho del grano, grasa, proteína, humedad, cenizas y fibra. Los resultados mostraron, para la variable ancho del grano (TAG) G11 y G42 tuvieron promedios mayores, para el largo del grano (TLG) los genotipos G23, G21 y G36 presentaron mayor tamaño. En los análisis bromatológicos para grasa G32 y G40 presentaron porcentajes superiores, en proteína G6 y G25, fueron mejores, en humedad G5, G13, G15, G21, G18, G22 y G23 tuvieron porcentajes entre 14 y 15% favorables para evitar alguna presencia de patógenos, en cenizas G21 mayor promedio, fibra G10, G12, G22 y G28 presentaron mayores valores.

*Palabras clave:* Caracterización físico-química, maíces mejorados, composición química.

### INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existen diversas variedades de maíz que presentan características y



propiedades que destacan a nivel mundial por ser alimento humano, para ganado o como materia prima a nivel industrial (Jacobo y col., 2019). En el año 2017, México ocupaba el séptimo lugar de productor e importador del grano de acuerdo a la demanda (INEGI, 2019). Existen 220 tipos de maíz, 64 adscritas en México, 59 nativas y los 5 restantes de otra región las cuales se han agrupado por morfología, adaptación y genética (Paliwal y col., 2021); sin embargo, la calidad del maíz híbrido se debe principalmente a las recombinaciones que se le han hecho que brinde alta producción y mayor aporte nutritivo al consumidor; esta producción requiere la cruce deliberada en parcelas aisladas (Tovar y Colonia, 2018). Cada variedad consiste en una combinación específica que benefician por la obtención de composiciones enriquecidas y rendimiento de semillas y granos (Gonzales y col., 2018).

El maíz híbrido con su configuración genética, color y características físico-químicas independientes está constituido por un 85 % por granos y un 15 % por coronta o mazorca, el pigmento (amarillo, morado, verde, rojo, naranja, negro, etc.) encontrado en cada fruto se denomina antocianina y se encuentra en la mazorca y en menos proporción en la cáscara del grano todo esto permite un explote de nutriente (Guillen y col., 2014). El manejo tecnológico y condiciones climáticas han permitido un rendimiento en el cultivo de maíz, sin embargo, la calidad del maíz híbrido depende de su genética y almacenamiento (Iretra, 2016).

## METODOLOGÍA

Se realizaron los análisis de 42 genotipos de maíz (*Zea mays L.*) de color (Tabla 1), los cuales fueron separados en charolas y codificados como método de identificación, se realizaron estudios físicos de cada uno por cuadruplicado, se determinó la densidad del grano como marca la norma NOM123-SSA para la densidad de granos de cereales, el peso de los 1000 granos, el tamaño del grano a lo largo y a lo ancho, completamente al azar con ayuda de un vernier. Para las características químicas, se tomaron muestras de 250 g las cuales fueron trituradas y separadas en 4 charolas para la repetición de los siguientes tratamientos de acuerdo a la siguiente secuencia con sus respectivas normas, NMX-F-083-1986 para la determinación de humedad, NMX-F-089-S1978 para la determinación de grasa, NMX-F-066-S-1978 para la determinación de cenizas, NMX-F-068-S-1980 para la determinación de proteínas y NMX-F-090-S-1978 para la determinación de fibra cruda.



El diseño experimental que se desarrollo fue completamente al azar con 4 repeticiones, cálculo del coeficiente de variación, comparación de medias de diferencia mínima significativa de Tukey.

## RESULTADOS

Se encontraron diferencias significativas en G23 con 1.29 cm, seguido de G21 con 1.294 cm y G36 quien obtuvo 1.249 cm. Para el ancho del grano (TAG) G11 obtuvo un valor mayor (1.515 cm) en comparación con los demás genotipos. Las variedades criollas pigmentadas presentan mayor tamaño de mazorca y grano (Reynoso y col., 2020). En cuanto a la grasa G40 con 14.91 %, G12 con 2.65 %. Los maíces mejorados son estables en el proceso de extracción etérea, incluso con diferencia en el color, los resultados no presentan diferencias significativas en comparación con para granos de maíz por Pliego y col. (2021).

Los genotipos mostraron altos cantidades de proteína, que se encuentran dentro de lo estudiado por Arriaga y col. (2021). Los valores son similares a lo reportado por Manuel y Miranda (2019) con valores entre 8 a 10%. Se encontró valores similares de cenizas a lo publicado. La fibra alimentaria fue mayor en G22 con un valor máximo de 1.05%, mientras que G23 con un valor de 0.005%, con valores debajo de lo establecido por Bolivar y col. (2019), lo que denota homogeneidad.

## CONCLUSIÓN

La investigación concluyó en los análisis fisicoquímicos de los 42 genotipos de maíces mejorados de Guanajuato en los que tenemos que en el caso del ancho del grano (TAG) se encontró valor alto en G11 con 1.515 cm. para el largo del grano (TLG) se obtuvieron 3 genotipos diferentes que fue G23, G21 y G36. En los análisis bromatológicos el genotipo que presenta un valor alto en el porcentaje de grasa fue G41, G40 y G32. En el caso de proteína, los genotipos G6 y G25, la humedad oscila entre 16.39-16.93%. Y los más altos en fibra son G22, G28, G12, G9 y G1. La diversidad criolla permite un flujo genético al conservar distintas variedades.



Tabla 1. Material genético de maíces de color.

Genotipo	Genealogía	Genotipo	Genealogía
G1	GUAT1130/CML376//CML321///	G22	GUAT1130/CML376//CML373
G2	MOR297/CML373//CML312///C	G23	MaizNegro/CML373//CML373
G3	GUAT1130/CML376//CML373	G24	MaizNegro/CML374//CML312///
G4	CML376//CML311///CML373	G25	GUAT1132/CML376//CML381///
G5	CML264/CML311//CL106951	G26	LIM88/CML318//CML321///CML3
G6	LIM88/CML376//CML373	G27	GUANGP24/CML373//CML381///
G7	P3055W	G28	GUANGP24/CML381//CML310///
G8	P3265W	G29	ANTILOPE
G9	MOR297/CML373//CML381///C	G30	DK2061
G10	MOR297/CML373//CML360	G31	LIM88/CML373//CML264///CML3
G11	GUANGP28//CML373//CML376	G32	GUANGP28/CML312//CML264///
G12	CML451/CML486	G33	GUAT1130/CML310//CML376///
G13	CML373//CML376	G34	MOR300/CML310//CML373//C
G14	GUAT1130/CML376//CML373	G35	MOR300/CML311//CML264//C
G15	MOR297/CML373//CML376	G36	GUAT1129/CML374//CML321//C
G16	CML376/CML373	G37	MOR297/CML310//CML381//C
G17	GUANGP24/CML313//CML376	G38	MaizNegro/CML373//CML311///
G18	LIM88/CML313//CML373//CML3	G39	GUANGP32/CML376//CML311
G19	LIM88/CML374//CML312//CML3	G40	GUAT1130/CML312//CML374
G20	GUAT1130/CML312//CML373	G41	MOR297/CML373//CML321//C
G21	MOR390/CML373//CML374//C	G42	LIM88/CML373//CML311//CML3

Tabla 2. Comparación de medias (Tukey) para las características físicas evaluadas en el grano de maíz de color.

Genotipo	TLG (cm)	TAG (cm)	Genotipo	TLG (cm)	TAG (cm)
G1	0.990 jklmno	1.420 c	G22	1.013 hijkl	1.016 l
G2	0.973 lmno	1.125 j	G23	1.294 a	1.298 f
G3	1.090 ef	1.192 hi	G24	1.212 b	1.322 def
G4	0.877 p	0.988 m	G25	1.013 hijkl	1.021 l
G5	0.991 jklmno	1.200 ghi	G26	0.012 hijkl	0.984 m
G6	0.938 o	1.087 k	G27	1.032 ghij	1.204 gh
G7	0.880 p	0.982 m	G28	0.983 jklmno	1.128 j
G8	1.058 fgh	1.424 c	G29	0.986 jklmno	1.081 k
G9	0.948 no	1.195 hi	G30	1.126 de	1.313 def
G10	0.956 mno	1.019 l	G31	1.210 bc	1.210 bc
G11	1.075 efg	1.515 a	G32	0.986 jklmno	0.975 m
G12	1.012 hijkl	0.985 m	G33	1.005 hijklm	1.037 l
G13	1.006 hijklm	1.178 i	G34	0.975 klmno	0.018 l
G14	1.055 fghi	1.328 def	G35	1.128 de	1.138 j
G15	1.009 hijklm	0.968 m	G36	1.249 ab	1.139 j
G16	1.010 hijkl	0.071 k	G37	1.028 ghijk	1.201 ghi
G17	0.989 jklmno	0.988 m	G38	1.000 jklmn	1.015 l
G18	1.003 ijklm	1.188 hi	G39	1.071 fg	1.334 d
G19	0.980 jklmno	1.221 g	G40	1.093 ef	1.201 ghi
G20	1.014 hijkl	1.074 k	G41	0.986 jklmno	1.147 j
G21	1.290 a	1.308 ef	G42	1.157 cd	1.457 b
			DMS	0.0534	0.0245

TLG= Tamaño largo del grano, TAG= Tamaño ancho del grano. Las letras diferentes en los superíndices indican que existen una diferencia significativa entre las medias con P<0.05.

Tabla 3. Comparación de medias (Tukey) para las características químicas evaluadas en el grano de maíz.



Genotipo	% Grasa	% Proteína	% Humedad	% Cenizas	% Fibra
G1	8.5 jklmnopq	0.395 ghijk	11.259 op	1.955 b	0.8875 abc
G2	7.3175 qrs	0.325 hijklmno	6.572 tu	0.958 b	0.5975 cde
G3	9.7125 fg hij	0.14 rst	16.53 ab	1.61 b	0.0825 hi
G4	8.725 jklmno	0.4 fghijk	16.684 ab	1.755 b	0.8875 abc
G5	9.075 jklm	0.355 hijklmn	12.49 mn	1.515 b	0.455 defg
G6	9.58 ghij	0.8625 a	11.465 op	1.275 b	0.53 def
G7	7.265 rs	0.3675 hijklm	11.645 no	1.608 b	0.07 hi
G8	7.6075 nopqr	0.37 hijklm	7.622 rs	1.928 b	0.2475 fghi
G9	8.6275 jklmnop	0.2 opqrst	11.171 op	2.788 b	0.885 abc
G10	11.23 cde	0.3725 hijklm	2.546 v	2.448 b	0.975 ab
G11	7.95 mnopqr	0.2625 jklmnopq	7.424 st	2.615 b	0.02 i
G12	2.645 t	0.39 hijkl	10.716 p	2.143 b	0.9925 ab
G13	11.33 cde	0.1775 pqrst	14.86 def	1.98 b	0.2275 fghi
G14	8.3025 klmnopqr	0.1775 pqrst	8.672 q	1.853 b	0.0725 hi
G15	8.885 jklm	0.11 st	13.63 hijk	1.073 b	0.0775 hi
G16	9.1025 jklm	0.5725 cd	2.371 v	1.455 b	0.02 i
G17	7.1975 rs	0.165 qrst	12.956 klm	1.375 b	0.2 ghi
G18	10.7775 defg	0.3725 hijklm	15.5 cd	0.45 b	0.0425 hi
G19	8.82 jklmn	0.2225 nopqrst	16.39 ab	1.43 b	0.0625 hi
G20	7.475 pqr	0.535 def	7.517 s	0.98 b	0.7075 bcd
G21	10.545 efgh	0.24 mnopqrs	15.3 cde	10.675 a	0.0725 hi
G22	6.1875 s	0.685 bc	13.251 jklm	2.44 b	1.0525 a
G23	9.0225 jklm	0.555 cde	13.509 ijkl	0.953 b	0.005 i
G24	9.2975 ijkl	0.255 lmnopqr	8.045 qrs	1.078 b	0.035 hi
G25	7.595 opqr	0.7475 ab	6.376 u	1.563 b	0.025 i
G26	11.85 bcd	0.09 t	16.93 a	1.008 b	0.1375 ghi
G27	10.4525 efghi	0.34 hijklmn	14.35 fghi	0.998 b	0.035 hi
G28	7.935 mnopqr	0.2475 mnopqrs	11.503 op	0.903 b	1.05 a
G29	8.035 mnopqr	0.5475 cde	11.631 no	3.58 b	0.015 l
G30	7.3 qrs	0.355 hijklmn	15.328 cde	1.228 b	0.0225 i
G31	12.8275 b	0.42 efghij	14.49 efgh	0.97 b	0.0975 hi
G32	14.8025 a	0.53 defg	13.84 ghij	2.558 b	0.0825 hi
G33	10.6775 defgh	0.2 opqrst	13.67 hijk	1.845 b	0.0775 hi
G34	12.1075 bc	0.4475 defgh	12.74 lm	1.133 b	0.3525 efgh
G35	10.47 efghi	0.435 defgh	12.68 lm	2.048 b	0.225 fghi
G36	10.3275 efghi	0.285 jklmnopq	14.69 defg	0.738 b	0.125 hi
G37	8.2625 lmnopqr	0.43 efghi	12.63 lm	1.57 b	0.265 fghi
G38	9.49 hijk	0.445 defgh	15.37 cd	1.28 b	0.1 hi
G39	7.1325 rs	0.31 hijklmnop	15.022 def	1.148 b	0.0525 hi
G40	14.9175 a	0.375 hijklm	8.416 qr	1.228 b	0.06 hi
G41	14.08 a	0.3275 hijklmno	15.94 bc	1.383 b	0.08 hi
G42	10.81 def	0.2925 ijklmnopq	3.13 v	1.255 b	0.1075 hi
DMS (0.05)	1.2209	0.139	4.2763	0.8795	0.3212

DMS: Las letras diferentes en los superíndices indican que existen una diferencia significativa entre las medias con P<0.05.

### REFERENCIAS

Pliego, C., E.;Ramírez, M.,L.; Ortiz, R. e Hidalgo, B. (2021). Caracterización de proteínas, grasa y perfil graso de maíces criollos (zea mays) en poblados del estado de México. Sociedades Rurales, 16.



- INEGI. (2019). Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. INEGI, Mexico.
- Iretra, R. A. (2016). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. *El maíz en México. cultivos tropicales*, 30(2), 4.
- Jacobo, F. Q., Condorena, K. A. y Gutiérrez, A. G. (2019). Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz (*Zea mays* L.) en Arequipa-Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 77(3), 5.
- Bolivar, F. J., Morales, M. M., y Guilen, Q. (2019). Análisis Proximal y Fitoquímico de Cinco Variedades de Maíz del Estad de Campeche (México). *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 7.
- Guillén, S. J., Arismendi, S. M. y Paucar, M. M. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz (*Zea Mays* L.). *Sciencia Agropecuaria*, 5(4), 4.
- Gonzalez, S. L.; Chavez. C. L. y Bazan. G. G. (2018). *Zea mays* L. "Maíz" un cereal utilizado como alimento en el Perú prehispanico. *Arnaldoa*, 23(1).
- Valle, C. M., García, C. J., Laos, A. D., Yarasca, C. D.; Loyola, G. R. y Surco, L. F. (2019). Análisis proximal y cuantificación de antocianinas totales en *Zea mays* variedad morada sometido a diferentes procesos de secado. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 10.
- Paliwal, R., Granados, G., Lafitte, H. R., y Violic, A. (2021). El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Roma: Dirección de Producción y Protección Vegetal de la FAO.
- Reynoso, O. R., Álvarez, J. L., Peralta, M. d., García, A. R., Castro, E. H., y Largada, J. L. (2020). Calidad de mazorca y grano en maíces criollos de la Costa Chica, guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11.
- Miranda, C. S., Esquivel, Q. J., Ruiz, U. J. y Rivers, C. E. (2019). Análisis Proximal de granos de arroz, frijol, maíz y café comercializados en el mercado Roberto Huembes de Managua. *Revista Universidad y Ciencia*, 7.
- Tovar, C. D., y Colonia, B. S. (2018). Producción y procesamiento del maíz en Colombia y México. *Revista Guillermo de Ockham*, 11(1), 13.
- Arriaga, P., W., Gaytan, M., y Reyes, V., M. (2021). Métodos para medir la dureza del grano de Maíz. *Digital Ciencia UAQ*, 12.



## CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LÍNEAS ELITE DE ENDOSPERMO AMARILLO Y ENDOSPERMO BLANCO DE MAÍZ (*ZEA MAYS*)

Tania Vázquez Ramírez<sup>1,\*</sup>, Mariano Mendoza Elos<sup>1</sup>, J. Gabriel Ramírez Pimentel<sup>1</sup>, Enrique Andrio Enríquez<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> División de Estudios de Ciencias Agropecuarias. Tecnológico Nacional de México/I.T. de Roque. Km 8.0 carretera Celaya-Juventino Rosas Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.

\*Correspondencia: M21980653@roque.tecnm.mx

### RESUMEN

El maíz es un cultivo representativo de México por su importancia económica, social y cultural. Su producción se divide en blanco y amarillo, En esta investigación se realizó la caracterización de líneas de maíz con polinización controlada para seleccionar los mejores progenitores, considerando su caracterización en sus aspectos biofísicos, días de floración femenina (DFF), días de floración masculina (DFM), días de madurez fisiológica para forraje y semilla, por último, se obtuvo rendimiento fresco de forraje y de semilla. Se llevó la investigación encampo experimental del Tecnológico de México campus Roque, Celaya-Juventino Rosa Km 8.0, Celaya, Guanajuato. El objetivo es evaluar variables agronómicas de quince genotipos de líneas elite en maíz con endospermo blanco y amarillo. El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación de medias entre tratamiento con una prueba de Tukey  $\alpha \geq 0.05$ .

*Palabra clave: Endospermo blanco, endospermo amarillo, genotipos, prolificidad, polinización aislada.*

### INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) es ampliamente cultivado en el mundo, superando en producción al trigo y al arroz (FAOSTAT, 2018), El maíz es el cereal con mayor demanda como producto alimenticio, para consumo humano y animal, así como materia prima para la industria (Eckhoff



y col., 2003; Kaul y Olakh, 2019). El maíz, junto con el arroz y la soya, es un cultivo estratégico para satisfacer la creciente demanda de alimentos y de material lignocelulósico requerido por la industria de los biocombustibles (Melendez y col., 2021).

Existen diferentes variedades de maíz para cada infinidad de agrosistemas, manejo del cultivo, ambientes, altitud, con uso específico y especializado por los agricultores. Se conocen más de 600 diferentes usos. El 76% del maíz se cultiva bajo humedad de lluvia irregular y escasa y 24% restante bajo riego. México es el segundo mayor importador de maíz en el mundo. Según datos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), el país compró 16.49 millones de toneladas en 2021, con importaciones de 17.30 millones proyectadas para este año (Financiero, 2023). México rompió récord en sus importaciones de maíz de enero a septiembre de 2022, sumando un total de 4,259 millones de dólares y con un crecimiento interanual de 12.3%, de acuerdo con datos del Banco de México (El economista, 2023).

A julio de 2021, del ciclo agrícola otoño-invierno 2020-2021 se han obtenido 46 mil toneladas de maíz amarillo, destacando las entidades de Tamaulipas y Chiapas con los mayores volúmenes de producción, con una participación de ambas entidades de 71.5%. En el ciclo otoño-invierno 2020-2021 se obtuvieron 7.6 millones de toneladas del grano blanco. El avance a julio, del ciclo primavera-verano 2021, registra 5 millones de hectáreas sembradas; México, Chiapas, Estado de México, Puebla y Jalisco son las entidades con mayor superficie sembrada, con una participación conjunta de 37.9% (SIAP, 2021). El maíz es relevante económica, social y culturalmente (Fernández-Suárez y col., 2013), sobre todo para la población de recursos económicos escasos (Mageto y col., 2020).

## METODOLOGÍA

La investigación agronómica de los quince genotipos de maíz se realizó en el campo experimental del Tecnológico Nacional de México campus Roque, Celaya, Guanajuato. La semilla se obtuvo de la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y del CIMMYT, la siembra se realizó manualmente tirando dos semillas por golpe a 15 cm de distancia entre semilla y semilla, el día 12 de mayo en el ciclo agrícola primavera-verano 2022, se aplicaron tres riegos durante el ciclo, el control de maleza fue manualmente, posteriormente se realizó la



polinización manual aislada en cadena para cada tratamiento para incremento de líneas elite de maíz. La polinización aislada se aplicó por intervalos de tiempo, en la etapa fisiológica del maíz en R1 se determinó la caracterización de las líneas elite de maíz con las siguientes variables: días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF), altura de planta (cm) (AP), altura de primera mazorca (cm)(AMaz), longitud de espiga (LE), número de hojas totales/planta, prolificidad, días a madurez fisiológica para silo, días a madurez fisiológica de semilla y rendimiento de forraje fresco y semilla. Después se llevó a cabo el análisis estadístico a través del software estadístico SAS (Statistical Analysis System, versión 9.4) (SAS, 2013), usando el procedimiento PROC GLM. Se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias Tukey al  $\alpha \geq 0.05$ . Se aplicó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones.

## RESULTADOS

El ANOVA presentó diferencias estadísticas altamente significativas ( $p \geq 0.05$ ), entonces se procedió con la prueba de comparación de medias Tukey  $\alpha \geq 0.05$ , en la altura de planta, longitud de espiga y altura de primera mazorca (AMaz), el tratamiento 1, RL1053 obtuvo el mayor valor. En el número de hojas totales, el tratamiento 6, genotipo 311 mostró el valor más alto con 12 hojas/planta. En la variable prolificidad, todos los tratamientos presentaron al menos una mazorca.

En la variable Días de floración femenina (DFF) y días de floración masculina el tratamiento 8, genotipo 312 presentó ser el más precoz con 73 días después de siembra, mismo resultado presentó el tratamiento 12, genotipo 576 siendo un maíz con un ciclo precoz. El tratamiento 6,311 presentó un ciclo más largo de 107 días después de siembra, en la variable días de madurez fisiológica para silo y para semilla, el tratamiento 6, genotipo 311 presentó ser de ciclo tardío de 148 días después de siembra, en las variables rendimiento de forraje fresco (silo), el tratamiento 2, RL753 presentó el mayor rendimiento de 16.370  $\text{tha}^{-1}$ , en la variable rendimiento de semilla, el tratamiento 2, RL753 mostró un rendimiento más eficiente de 1.824  $\text{tha}^{-1}$ . Figura 1 muestra etapas de floración de maíz: a) cubrimiento de espiga (flor masculina), b) presencia de granos de polen (Inicio de floración), c) cubrimiento de estigmas (antes de su descubrimiento), d) estigma receptivo (flor femenina) y e) jilote polinizado. Figura 2 presenta la

etapa R1, donde inició la caracterización morfológica de los tratamientos; evaluando: a) altura de planta (AP), b) longitud de espiga (LE), c) altura de primera mazorca (AMaz), d) número de hojas totales por planta y e) prolificidad.

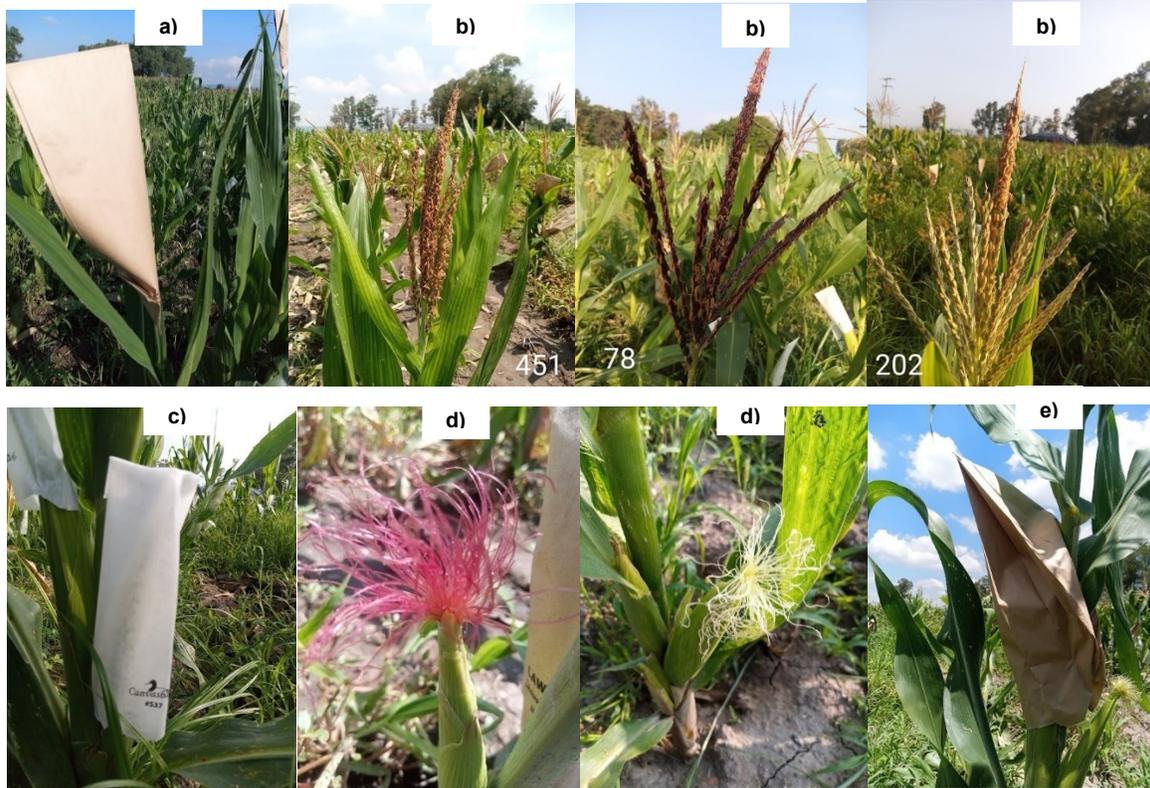


Fig. 1. Etapa de floración aplicando polinización aislada usando bolsa LAWSON No.404 y glasin CANVASBACK TM #537 color blanco.

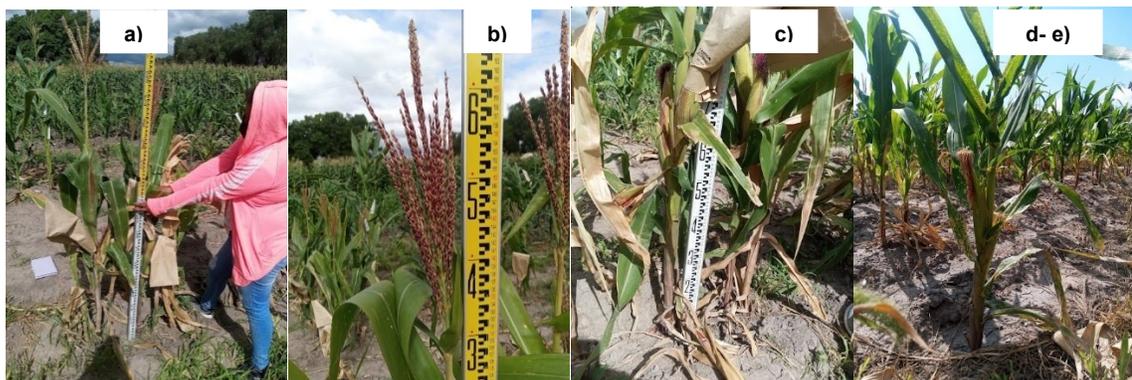


Fig. 2. Caracterización morfológica de líneas elite de maíz, ciclo primavera-verano 2022 de 15 genotipos.



Tabla 1. Prueba de comparación de medias en la etapa R1 en variables de altura de planta (AP), Longitud de espiga (LE), Altura de primera mazorca (AMaz), No. De hojas por planta, Prolificidad en 15 genotipos de maíz con endospermo blanco y endospermo amarillo.

Tratamiento	Genotipo	Variable				
		AP (m)	LE (cm)	AMaz	No. Hojas totales	Prolificidad (%)
1	RL1053	1.58a	0.47a	0.62a	12.2a	125a
8	312	1.51ab	0.44abc	0.57ab	9.7bc	116abc
2	RL753	1.50ab	0.46ab	0.58a	11.7	123a
4	T8	1.40b	0.36efgh	0.59a	9.33bcd	121ab
15	S2	1.24c	0.43abc	0.40cd	9.33bcd	100c
9	202	1.16cd	0.34gh	0.39cd	9.33bcd	111abc
6	311	1.14cde	0.37defgh	0.54ab	12.3a	100c
11	78	1.13cde	0.35fgh	0.43c	8.38cde	102c
14	444	1.11cde	0.33h	0.48bc	10.00b	100c
7	269	1.11cde	0.37defgh	0.42c	8.27cde	100c
10	179	1.07de	0.38defg	0.28e	9.22bcd	105bc
13	173	1.06de	0.41cde	0.30de	9.16bcd	100c
12	576	1.04de	0.35fgh	0.47bc	8.27cde	100c
3	451	1.01e	0.41bcd	0.21e	8.11de	109abc
5	T1	0.81f	0.39cdef	0.30de	7.50e	109abc

A,b,c...=letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes. Prueba de comparación de medias Tukey  $\alpha \geq 0.05$ . AP = Altura de planta, LE = Longitud de espiga, AMaz = Altura de primera mazorca, No. De hojas totales por planta, prolificidad.

Tabla 2. Prueba de comparación de medias en etapa R1 de maíz. Variables a medir, Días de floración femenina (DFF), días de floración masculina (DFM), días de madurez forrajera, días de madurez de semilla, rendimiento de forraje, rendimiento de semilla.

Tratamiento	Genotipo	Variable					
		DFF	DFM	DMForra	DMSem	Rto. Forraje (t)	Rto. Sem (t)
1	RL1053	85.0h	85.0h	130.0h	164.0d	10.492 b	1.373a
8	312	<b>73.0k</b>	<b>73.0k</b>	121.0i	144.0h	4.662cd	0.801bc
2	RL753	86.0g	86.0g	131.0g	165.0c	<b>16.370a</b>	<b>1.824a</b>
4	T8	92.0f	92.0f	134.0e	162.0e	4.633cd	0.621bc
15	S2	103.0c	103.0c	132.0f	166.0b	7.936 bc	0.502bc
9	202	83.0j	83.0j	121.0i	143.0i	5.337cd	0.842b
6	311	<b>107.0a</b>	<b>107.0a</b>	<b>148.0a</b>	<b>202.0a</b>	5.478cd	0.375bc
11	78	93.0e	93.0e	142.0b	164.0d	7.032cd	0.512bc
14	444	105.0b	105.0b	141.0c	166.0b	6.465cd	0.555bc
7	269	93.0e	93.0e	142.0b	161.0f	4.392d	0.540bc
10	179	84.0i	84.0i	134.0e	165.0c	5.289cd	0.391bc
13	173	100.0d	100.0d	140.0d	165.0c	<b>4.183d</b>	0.598bc
12	576	<b>73.0k</b>	<b>73.0k</b>	121.0i	143.0i	6.037cd	<b>0.354c</b>
3	451	92.0f	92.0f	<b>120.0j</b>	160.0g	6.826cd	0.641bc
5	T1	85.0h	85.0h	121.0i	<b>141.0j</b>	4.445d	0.503bc

A,b,c...= letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes. Prueba de comparación de medias Tukey 0.05. DFF = días de floración femenina, DFM = días de floración masculina DMForra = días de madurez forrajera, DMSem = días de madurez de semilla, Rto. Fres = rendimiento de forraje fresco (silo), Rto. Sem = rendimiento de semilla.



Fig. 3. Medición de variables en, a) rendimiento de forraje, b) rendimiento de semilla.

## CONCLUSIONES

La línea elite de maíz sobresaliente es tratamiento 1, RL1053 que presentó los mayores valores en altura de planta, longitud de espiga, altura de la primera mazorca y prolificidad. El tratamiento 2, RL753 mostró el mayor valor de rendimiento de semilla y forraje fresco y por siguiente con mejores características morfológicas que otros materiales, los resultados mostraron que se pueden seleccionar genotipos con potencial productivo y morfológico para la zona Bajío por lo que se recomienda para los productores de semilla y productores de



ganado vacuno interesados en la producción de biomasa de forraje fresco como destino principal como alimento para el hato vacuno productivo (vacas lecheras) y programas de fitomejoramiento genético de maíz.

## REFERENCIAS

- Eckhoff, S. R., Paulsen, M. R. y Yang, S. C. (2003). Maize. In: Caballero B., Finglas, P. y Toldra, F. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2nd Edition. Academic Press. pp 3647–3653. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00725-2>.
- El economista (2023). Valor de importaciones mexicanas de maíz rompe récord a septiembre, El economista p.1. recuperado 16 de febrero de 2023, de <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Valor-de-importaciones-mexicanas-de-maiz-rompe-record-a-septiembre-20221205-0002.html>.
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). 2018. Producción mundial de maíz. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- Fernández-Suárez, R., Morales-Chávez, L. A., y Gálvez-Mariscal, A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(suplemento 3 A), 275-283.
- Financiero (2023). Agricultura llama a bajar importación de maíz amarillo consultado 16 febrero del 2023 de, <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/2022/03/18/agricultura-llama-a-bajar-importacion-de-maiz-amarillo/>.
- Kaul, J., Jain, K. y Olakh, D. (2019). An overview on role of yellow maize in food, feed and nutrition security. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 8(2): 3037-3048. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.802.356>.
- Mageto, E. K., Lee, M., Dhliwayo, T., Palacios-Rojas, N., San-Vicente, F., Burgueño, J., y Hallauer, A. R. (2020). An evaluation of kernel zinc in hybrids of elite quality protein maize (QPM) and non-QPM in bred lines adapted to the tropics based on a mating design. *Agronomy*, 10(5), 695. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050695>.
- Melendez, J. R., Velásquez-Rivera, J., El Salous, A., y Peñalver, A. (2021). Gestión para la producción de biocombustibles 2G: revisión del escenario tecnológico y económico. *Revista Venezolana de Gerencia*, 26(93), 78-91. <https://doi.org/10.52080/rvg93.07>.



SADER (2020). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural Reporte del mercado de maíz.:18.  
[https://www.cima.aserca.gob.mx/work/models/cima/pdf/cadena/2020/Reporte-mercado-maiz-2\\_00120.pdf](https://www.cima.aserca.gob.mx/work/models/cima/pdf/cadena/2020/Reporte-mercado-maiz-2_00120.pdf).

SIAP (2021). Boletín bimestral Balanza disponibilidad-consumo Maíz Amarillo p.1. recuperado  
16 de febrero de 2023, de  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/666190/Balanza\\_Disponibilidad\\_consumo\\_sep\\_6.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/666190/Balanza_Disponibilidad_consumo_sep_6.pdf).



## COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y COMPUESTOS BIOACTIVOS DE VARIEDADES DE GRANOS DE QUÍNOA (*CHENOPODIUM QUINOA*) CULTIVADAS EN MÉXICO

Rosa María Perrusquia Heredia<sup>1,\*</sup>, Ahuizolt de Jesús Joaquín Ramos<sup>2</sup>, Juan Gabriel Ramírez Pimentel<sup>1</sup>, Cesar Leobardo Aguirre Mancilla<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Division de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas Km.8, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ingenierías, Instituto Tecnológico de Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas Km.8, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.

\*Correspondencia: D21980658@roque.tecnm.mx

### RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es un cultivo originario de los Andes, conocido en el mundo por su adaptabilidad agroecológica extrema, excelente calidad nutricional y potencial para atender la seguridad alimentaria, especialmente en zonas marginales. El presente estudio evaluó la composición nutricional en cinco variedades y compuestos bioactivos en tres variedades de granos de quinua cultivados en México; fueron identificadas diferencias significativas en contenido de grasa, fibra, carbohidratos y proteína, esta última con valores superiores a granos cultivados en otros países, por ejemplo lo europeos. Estas diferencias fueron identificadas en función de la variabilidad genética y condiciones ambientales de cultivo. Por otro lado, en los compuestos bioactivos no fue observada diferencias significativas entre las variedades pero si mantuvieron contenido fenólico y una capacidad antioxidante apreciable que puede ser estudiado en base a otros métodos de extracción.

*Palabras claves: Composición nutricional, variedad, variabilidad, compuestos bioactivos.*

### INTRODUCCIÓN

La Quinoa (*Chenopodium quinoa*) es un pseudocereal perteneciente a la familia Chenopodiaceae, originaria de los Andes, su consumo se cree que se remonta a miles de



años, se ha extendido en más de 70 países por su capacidad para adaptarse a distintos entornos, en México, el Estado de Aguascalientes es el principal productor de semilla de quinoa (SIAP, 2016).

En general se considera a la quinoa con un alto valor nutricional, es el único alimento de origen vegetal que tiene todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos y vitaminas importantes en la dieta humana (SIAP, 2017). Es una fuente de proteína de alta calidad debido a su composición equilibrada de aminoácidos (Gonzales y col.,2012; Le y col., 2021), como lisina y metionina, que son los principales aminoácidos deficientes en otros cereales como el arroz, el trigo o el maíz (Dakhiliy y col., 2019); el contenido de fibra del pseudocereal es incluso mayor que el de la lechuga y espinaca (Villacrés y col.,2022); además de ser libre de gluten, la quinoa tiene altas concentraciones de polifenoles y antioxidantes (Buitrago y col., 2019; Villacrés y col.,2022; Jeong Gyu Lim y col., 2019 ). A pesar de que la quinoa también contiene compuestos considerados antinutricionales como saponinas e inhibidores de la absorción de minerales, como fitato (Vega-Gálvez y col., 2010) son más los estudios que muestran sus efectos benéficos a la salud.

La composición nutricional está influenciada por la variabilidad genética, ambiental y climática (González y col., 2015). El cultivo de quinua incluye alrededor de 250 especies y 3000 variedades conservadas en bancos de germoplasma (Vega-Gálvez y col., 2010), tiene una adaptabilidad agroecológica extrema, se puede cultivar tanto en climas fríos de las tierras altas como en condiciones subtropicales; desde el nivel del mar hasta más de 4000 m de altitud (Repo-Carrasco y col., 2003). Por consiguiente, el objetivo del presente estudio es evaluar si la variabilidad genética, ambiental y climática influyeron en la composición nutricional, compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante de variedades de semilla de quinoa cultivadas en México.

## METODOLOGÍA

Las semillas de quinoa (*Chenopodium quinoa*) fueron proporcionadas por el Dr. Eduardo Espitia Rangel del Programa de Mejoramiento Genético de Amaranto, Quinoa, Avena y Trigo. Laboratorio de Bioquímica de Proteínas y Glucanos del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (INIFAP-CIR Centro); las semillas fueron separadas de las



impurezas y las saponinas extraídas mediante el método de perlado y se molieron en un molino de discos. Los análisis proximales (humedad, proteína, grasa, fibra cruda y ceniza) de las variedades de quinua se determinaron mediante los métodos estándar de la Association of Analytical Communities (AOAC, 2005). Tres variedades fueron seleccionadas al azar para proseguir con la metodología del análisis de compuestos fenólicos totales (TPC) y actividad antioxidante que consistió en filtrar la harina a un tamaño de partícula menor a los 0.5 mm de la cual fue obtenido el extracto usando etanol al 80%. Los análisis fueron realizados por el método de Folin Ciocalteu de acuerdo con lo propuesto por Georgé y col. (2005) en TPC; y el método DPPH propuesto por Brand-Williams y col. (1995) fue empleado para determinar la actividad antioxidante. Las lecturas de las absorbancias se llevaron a cabo en lector de microplacas (SynergyHT Multi-Detection, BioTek Instruments, Inc.) a 750 y 510 nm para TPC y capacidad antioxidante respectivamente. Las muestras fueron analizadas por triplicado en un diseño completamente al azar y sometidas a un análisis de varianza y comparación de medias con prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) los datos se procesaron con el programa estadístico software Statistical Analysis System (SAS) 9.3.

## RESULTADOS

La composición nutricional de las variedades de quinua se muestra en la Tabla 1. Las harinas presentan un alto nivel de carbohidratos (43.96-66.53 %) y bajo en cenizas (1.96-3.96 %) el mayor contenido de proteína fue de 26.3% superior a la reportada por Bock y col. (2022) y Evan y Murphy (2020); las variedades SL-2020-12-CON y SL-19-27 SIN registraron contenido superior de grasa, mientras que la variedad amarilla fue inferior a lo reportado por Bock y col. (2022).

Tabla 1. Composición nutricional de variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivadas en México

Variedad	Humedad	Cenizas	Proteína	Grasa	Fibra	Carbohidratos
Amarilla	8.63 a	1.96 b	15 c	4.96 c	2.93 b	66.53 a
SL-2020-12-CON	8.93 a	3.96 a	26.3 a	9.73 a	7.13 ab	44.06 b
SL-19-25-SIN	7.86 a	2.76ab	20.56 b	7.4 b	5.1 ab	56.26ab
SL-19 27 SIN	8.93 a	2.96 ab	23.23 ab	11.3 a	7.1 ab	46.6 b
SL-2020 45 CON	8.3 a	2.2 b	20.63 b	7.2 b	17.66 a	43.96 b

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales; valores expresados en (g/100g)



El contenido de humedad no presento cambios. El análisis de los polifenoles totales y capacidad antioxidante (Tabla 2) de las variedades seleccionadas no mostro diferencia significativa alguna en función de la variabilidad genética y mostraron valores menores a lo reportado por Bock y col. (2022); Villacrés y col. (2022); y Lim y Yoon (2020).

*Tabla 2.* Compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante de variedades de quinoa cultivadas en México.

Variedad	TPC (EAG mg/g ms)	Capacidad antioxidante DPPH (ET mg/g ms)
Amarilla	7.0496 ab	25.96 a
SL-2020-12 CON	8.0586 a	25.96 a
SL-19-27 SIN	7.4686 ab	25.96 a

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales; TPC:Contenido de polifenoles totales DPPH: (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo) valores expresados en (mg/g) de materia seca, EAG:Equivalentes de ácidogálico; ET: Equivalentes de trolox.

## CONCLUSIONES

Los análisis proximales muestran que la Quínoa cultivada en México es fuente esencial de carbohidratos, proteínas, minerales y fibras y que el cultivo de quínoa en México presenta mayor contenido de proteína en comparación con cultivares de otros países donde no es nativo; a su vez la variabilidad genética, ambiental y climática influyeron en la composición nutricional de la Quínoa, sin embargo, para el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante; es necesario establecer otro método de extracción con la finalidad de verificar si existe variabilidad entre los cultivos.

## REFERENCIAS

- AOAC. (2005). Métodos de análisis de la asociación oficial de química analítica para determinar humedad, fibra, cenizas, grasa y proteína., Washington, U.S.A., Chapter 32: 1,2, 5 y 14.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. y Berset, C. L. (1995). Uso de un método de radicales libres para evaluar la actividad antioxidante. LWT-Ciencia y tecnología de los alimentos, 28(1), 25-30.
- Buitrago, D., Buitrago-Villanueva, I., Barbosa-Cornelio, R., y Coy-Barrera, E. (2019). Comparative examination of antioxidant capacity and fingerprinting of unfractionated



- extracts from different plant parts of quinoa (*Chenopodium quinoa*) grown under greenhouse conditions. *Antioxidants*, 8(8), 238.
- Craine, E. B. y Murphy, K. M. (2020). Composición de semillas y perfiles de aminoácidos para la quinua cultivada en el estado de Washington. *Fronteras en Nutrición*, 7, 126.
- Dakhili, S.; Abdolalizadeh, L.; Hosseini, SM; Shojaee-Aliabadi, S.; Mirmoghtadaie, L. (2019) Proteína de quinoa: Composición, estructura y propiedades funcionales. *Química alimentaria*, 299, 125161.
- De Bock, P., Cnops, G., Muylle, H., Quataert, P., Eeckhout, M. y Van Bockstaele, F. (2022). Caracterización fisicoquímica de trece variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivadas en el noroeste de Europa—Parte II. *Plantas*, 11(3), 265.
- George, S., Brat, P., Alter, P. y Amiot, M. J. (2005). Determinación rápida de polifenoles y vitamina C en productos derivados de plantas. *Revista de química agrícola y alimentaria*, 53 (5), 1370-1373.
- González, J. A., Eisa, S. S., Hussin, S. A., y Prado, F. E. (2015). Quinoa: an Incan crop to face global changes in agriculture. *Quinoa: Improvement and sustainable production*, 1-18.
- González, J.A., Konishi, Y., Bruno, M; Valoy, M. y Prado, F.E. (2012). Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions. *J. Sci. Food Agric.* 92, 1222–1229.
- Lim J. G., Park H. M., Yoon K. S. (2019) Analysis of saponin composition and comparison of the antioxidant activity of various parts of the quinoa plant (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Sci Nutr.* 2019 Dec 19;8(1):694-702. doi: 10.1002/fsn3.1358. PMID: 31993193; PMCID: PMC6977472.
- Lim, J. G., Park, H. M. y Yoon, K. S. (2020). Análisis de la composición de saponinas y comparación de la actividad antioxidante de varias partes de la planta de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Ciencia de los alimentos y nutrición*, 8 (1), 694-702.
- Liqing Le, Xuxiao Gong, Qi An, Dabing Xiang, Liang Zou, Lianxin Peng, Xiaoyong Wu, Maoling Tan, Zhongli Nie, Qi Wu, Gang Zhao, y Yan Wan. (2021). Quinoa sprouts as potential vegetable source: Nutrient composition and functional contents of different quinoa sprout varieties. *Food Chemistry*, Volumen 357.



- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., y Jacobsen, S. E. (2003). Valor nutricional y uso de los cultivos andinos quinua (*Chenopodium quinoa*) y kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Reseñas de alimentos internacionales*, 19 (1-2), 179-189.
- SIAP, (2016) Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-quinua-super-alimento-del-futuro-que-se-produce-en-mexico?idiom=es>
- SIAP, (2017) Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-quinua-super-alimento-del-futuro-que-se-produce-en-mexico?idiom=es#:~:text=Es%20el%20%C3%BAnico%20alimento%20de,la%20lucha%20contra%20el%20hambre>.
- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L. y Martínez, E. A. (2010). Información nutricional y potencial funcional de la quinua (*Chenopodium quinoa willd.*), Un antiguo grano andino: una revisión. *Revista de ciencia de la alimentación y la agricultura*, 90 (15), 2541-2547.
- Villacrés, E., Quelal, M., Galarza, S., Iza, D., y Silva, E. (2022). Valor nutricional y compuestos bioactivos de hojas y granos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Plantas*, 11(2), 213.



## BEBIDA A BASE DE SUERO DE LECHE DULCE FORTIFICADO CON GERMINADO DE QUINUA (*CHENOPODIUM QUINOA*)

*María del Carmen Ramírez Mota, Susana Elizabeth Altamirano Romo\*, Ahuiztolt de Jesús Joaquín Ramos, Violeta Herrera Enciso*

*Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México-Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas Km. 8, Celaya, Guanajuato, C.P. 38124, México.*

*\*Correspondencia: susana.ar@roque.tecnm.mx*

### RESUMEN

Se desarrolló una bebida a base de lactosuero dulce con germinado de quinua, el impacto de germinar es la aportación de elementos importantes para la salud como un alto contenido de proteína, fibra soluble, la biodisponibilidad de minerales como el zinc, hierro y calcio. El lactosuero también aporta elementos para la salud como péptidos que producen actividad antioxidante. Para lo cual se desarrolló formulaciones que corresponde a porciones del 85% lactosuero dulce / 15% de germinado de quinua y 90% lactosuero dulce / 10% de germinado de quinua, que se compararon con una formulación de 90% lactosuero dulce / 10% harina de trigo integral con miel como control. Esta bebida puede ser una alternativa para personas que padecen enfermedad celíaca, ya que la quinua es un pseudocereal.

*Palabras claves: germinado de quinua, zinc, biodisponibilidad, lactosuero dulce.*

### INTRODUCCIÓN

El lactosuero es el líquido resultante de la coagulación enzimática o microbiana de la leche durante la elaboración del queso, que representa, una mezcla importante de proteínas que poseen un amplio rango de propiedades; además contiene péptidos que producen actividad



antioxidante, antimicrobiana, antitrombótica, hipolipemiente, antihipertensiva e inmunológica, entre otros beneficios para la salud del ser humano (Chacón-Gurrola y col., 2017). La quinua (*Chenopodium quinoa*) es un pseudocereal importante que se originó en América del Sur, y pertenece a la familia *Chenopodiaceae*, que es un alimento demandado debido a su alto valor nutricional y contenido proteico y su color varía entre el blanco y negro con tonalidades amarillas, marrón, rosado y rojo (Cañarejo-Antamba, 2021). La quinua contiene proteína en promedio de 12-17 g de proteína/100 g. Además, es reconocida como buena fuente de minerales, incluyendo potasio, calcio, magnesio, hierro, fósforo, zinc, manganeso y cobre (Huraca-Aparco y col., 2021). La germinación es factible para mejorar el valor nutritivo y el contenido fitoquímico de los cereales y pseudocereales, provoca un aumento de la digestibilidad de las proteínas y el almidón, mejora el contenido fenólico total y la biodisponibilidad de algunos minerales. El mayor incremento se observó en las semillas germinadas durante 48-72 h (Campos-Rodriguez, 2022). Según Darwish y col. (2020), la germinación de las semillas aumentó los contenidos de hierro, calcio y zinc en un 39.43, 49.04 y 20.25%, la vitamina C y los carotenoides en un 32.17 y 26.02%, respectivamente, y disminuyó los factores antinutricionales saponina, ácido fítico y taninos en 59.60, 50.0 y 11.32%, respectivamente. La germinación es un proceso simple puede mejorar el valor nutritivo de las semillas al traer los cambios deseables en la disponibilidad de nutrientes, textura y propiedades organolépticas (Padmashree, 2019). De acuerdo con Bhinder (2021) la quinua negra se caracterizó por ácidos hidroxycinámicos de mayor unión, flavan-3-oles, magnesio, potasio y actividad antioxidante, mientras que la quinua blanca presento menor saponina, ácido fítico pero mayor proteína, hierro, calcio. La quinua blanca exhibió el mayor incremento (27.23%) en la actividad antioxidante a pesar de que tenía polifenoles más bajos que la quinua negra.

## METODOLOGÍA

Se realizó una bebida a base de lactosuero con quinua, se germinó  $48 \pm 0.5$  h a  $20^\circ\text{C}$ , buscando obtener una radícula de 1.5-2.0 cm. Para obtener la harina se realizó un secado de  $100 \pm 1^\circ\text{C}$  por  $1 \pm 1.5$  h y con un tamaño de partícula de 0.0099 in. El lactosuero fue obtenido a partir del proceso de elaboración de queso panela y/o molido del Taller de Lácteos del TecNM-Roque, al cual se le realizó análisis microbiológico de acuerdo a la NOM-112-SSA1-1994 y NOM-092-



SSA1-1994, para determinar su calidad sanitaria del lactosuero. A todas las formulaciones y materias primas se les determino análisis fisicoquímicos: °Brix, acidez y pH; y análisis proximales: humedad utilizando la técnica descrita en la NMX-F-083-1986 (Memmet, UF110). Para determinar cenizas se utilizó el método de la NMX-F-066-S-1978 (NOVATECH, MD12). El contenido de proteína fue determinado con la técnica descrita en la NMX-F-68-S-1980, utilizando el equipo Kjeldahl (NOVATECH, KJ6-C). La extracción de grasa se determinó con la técnica de la NMX-F-615-NORMEX-2018, utilizando el equipo Soxhlet (NOVATECH, VH-6P). La fibra se determinó de acuerdo a la NOM-F-90-S-1978.

## RESULTADOS

Se realizó un análisis microbiológico de lactosuero dulce y ácido, se realizó conteo de mesófilos anaerobios, coliformes totales y lactobacillus, siendo el suero ácido el que tuvo mayor control por el proceso de elaboración de queso asadero, para este proceso se utilizó el suero dulce por su sabor. En la Tabla 1, se observan los resultados de análisis proximales de germinado de quinua y sin germinar, la quinua sin germinar presenta mayor contenido de fibra. A diferencia del % de proteína, la bebida con germinado de quinua contiene mayor contenido de esta. Huaraca y col. (2021) demostraron que quinua blanca germinada contiene 11.86 a 12.48 % de proteína y 11.14 % de fibra, es una de las más bajas a comparación de otras variedades de quinua.

Tabla 1. Análisis proximales de quinua sin germinar y germinado de quinua.

Muestra	%Humedad		%Cenizas		% Grasa		% Fibra		% Proteína	
	Prom	C.V.	Prom	C.V.	Prom	C.V.	Prom	C.V.	Prom	C.V.
Quinua sin germinar	6.40 ± 0.53	8.21	0.65 ± 0.16	24.52	1.37 ± 0.16	11.58	51.13 ± 1.69	3.31	11.18 ± 0.75	6.70
Germinado de quinua	8.42 ± 0.15	1.85	3.6 ± 0.25	7.01	7.96 ± 0.41	5.09	33.33 ± 11.86	5.6	12.87 ± 0.1	0.78

En la Tabla 2. Análisis fisicoquímico, se puede observar que las formulaciones tienen pH y acidez similares, teniendo mayor valor en °Brix en la formulación FC. En la Tabla 3 se presenta los resultados del análisis proximal de formulaciones, donde se encontró que F1 y F2 contiene mayor contenido de proteína y fibra comparado con el control. En comparación a la bebida



desarrollada por Casas-Forero y colaboradores en el 2016, donde obtuvieron un incremento de 9.9% de proteína.

Tabla 2. Análisis fisicoquímico de formulaciones.

Formulación	pH		° Brix		Acidez	
	Prom	C.V.	Prom	C.V.	Prom	C.V.
FC	6.32 ± 0.02	0.32	11.025 ± 0.075	0.68	0.024 ± 0.002	6.67
F1	6.1225 ± 0.00875	0.14	3.775 ± 0.175	4.64	0.0136 ± 0.0024	17.65
F2	6.225 ± 0.02	0.32	3.7 ± 0.2	5.41	0.0104 ± 0.004	38.46

Tabla 3. Análisis proximal de formulaciones.

Formulación	%Humedad		%Cenizas		%Grasa		%Fibra		%Proteína	
	Prom	C.V.	Prom	C.V.	Prom	C.V.	Prom	C.V.	Prom	C.V.
FC	83.64 ± 0.19	0.23	0.51 ± 0.07	14.13	4.75 ± 0.08	1.58	0.43 ± 0.06	15.21	7.81 ± 0.34	4.3
F1	75.84 ± 0.64	0.84	0.71 ± 0.01	1.8	2.55 ± 0.23	9.13	2.81 ± 0.66	23.43	8.71 ± 0.30	3.47
F2	77.92 ± 1.49	1.91	0.65 ± 0.02	3.81	2.29 ± 0.11	4.63	2.47 ± 0.41	16.44	9.30 ± 0.44	4.77

FC: 90% suero de leche dulce con 10% de trigo integral con miel (Gerber). F1: 85% suero de leche dulce con 15% de harina de germinado de quinua. F2: 90% suero de leche dulce con 10% de harina de germinado de quinua.

## CONCLUSIONES

Se obtuvo una bebida a base de lactosuero dulce fortificada con harina de germinado de quinua y se comparó con una bebida comercial de trigo integral con miel (Gerber). Donde se encontró que la bebida a base de lactosuero dulce presento mejores características organolépticas (sabor) y un valor promedio de proteína de 9.0%, siendo una alternativa de uso para obtener un producto con lactosuero con geminado de quinoa, esto con el objetivo de disminuir la contaminación a suelos y aguas. Siendo una posible alternativa de bebida para individuos con enfermedad celíaca, ya que la quinua es un pseudocereal que no presenta gluten. Se tiene contemplado realizar la determinación de la actividad antioxidante con los métodos DPPH, ABTS, FRAP y fenoles.

## REFERENCIAS

Bhinder, S. K. (2021). Impact of germination on phenolic composition, antioxidant properties, antinutritional factors, mineral content and Maillard reaction products of malted quinoa



flour. Food Chemistry.

- Campos-Rodriguez, J. A. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Scientia Agropecuaria*, 209-220.
- Cañarejo-Antamba, M. A. (2021). Nutrientes, antioxidantes y flavonoides en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd, cultivadas en México y Ecuador. Nutrientes, antioxidantes y flavonoides en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd cultivadas en México y Ecuador. Estado de México. Obtenido de Universidad Autonoma Chapingo: <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/c639eca9-f295-4859-af03-e66401f35d67>.
- Casas-Forero, N., Moncayo, D. C., Salgado, Y. N. y Cote, S. P. (2016). Efecto del proceso de malteado en la calidad y estabilidad. *Agroindustrial Science*, 77-83.
- Chacón-Gurrola, L. R., Chávez-Martínez, A., Rentería-Monterrubio, A. L., y Rodríguez-Figueroa, J. C. (2017). Proteínas del lactosuero: usos, relación con la salud y bioactividades. *Interciencia*, 712-718.
- Darwish, A. (2020). Effect of germination on the nutritional profile of quinoa (*Cheopodium quinoa* Willd.) seeds and its anti-anemic potential in Sprague–Dawley male albino rats. *Cereaal Chemistry*, 315-327.
- Diario Oficial de la Federación. (1978). NMX-f-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos. Obtenido de NMX-f-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=676921&fecha=23/](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=676921&fecha=23/)
- Diario Oficial de la Federación (1986). NMX-F-083-1986 Alimentos-Determinación de humedad en productos alimenticios. Obtenido de NMX-F-083-1986 Alimentos-Determinación de humedad en productos alimenticios.: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=719128](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=719128)
- Diario Oficial de la Federación (2018). NMX-F-615-NORMEX-2018, Alimentos-Determinación de extracto etero (método soxhlet) en alimentos. Obtenido de NMX-F-615-NORMEX-2018, Alimentos-Determinación de extracto etero (método soxhlet) en alimentos: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5565079&fecha=05/07/2019#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565079&fecha=05/07/2019#gsc.tab=0).
- Diario Oficial de la Federación (1979). NOM-F-90-S-1978. Determinación de Fibra Cruda en Alimentos. Obtenido de NOM-F-90-S-1978. Determinación de Fibra Cruda en



Alimentos.[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4799842&fecha=27/03/1979#gsc.tab=](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4799842&fecha=27/03/1979#gsc.tab=)

Diario Oficial de la Federación (1980). NOM-F-68-S-1980 Alimentos Determinación de Proteínas. Obtenido de NOM-F-68-S-1980 Alimentos Determinación de Proteínas.: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4858024&fecha=04/08/1980#gsc.tab=](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4858024&fecha=04/08/1980#gsc.tab=) 0.

Huraca-Aparco, R., Tapia-Tadeo, F., Kari-Ferro, A. y Alvarez-Arias, C. (2021). Contenido mineral y proteína en germinados de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). ALFA, 517-520.

Padmashree, A. N. (2019). Effect of Germination on Nutritional, Antinutritional and Rheological . Defence Life Science Journal, 55-60.



## DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE PESO MOLECULAR DE PROTEÍNAS A PARTIR DE SU SECUENCIA AMINOACÍDICA

Jean B. Ramírez Guerrero<sup>1</sup>, Carlos A. Flores Gómez<sup>2</sup>, Jorge Covarrubias Prieto<sup>2</sup>; Cesar L. Aguirre Mancilla<sup>2</sup>;  
Juan C. Raya Pérez, Juan G. Ramírez Pimentel<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Bioquímica, Tecnológico Nacional de México/I T Celaya, Antonio García Cubas  
Pte. #600 FOVISSSTE, Celaya, Guanajuato, C.P. 38010, México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Biología Molecular Agroalimentaria. División de estudios de posgrado e investigación.  
Tecnológico Nacional de México/I T Roque, Carretera, Juventino Rosas-Celaya Km.8, Celaya, Guanajuato,  
C.P. 38110, México.

\*Correspondencia: [juan.rp1@roque.tecnm.mx](mailto:juan.rp1@roque.tecnm.mx)

### RESUMEN

El avance computacional ofrece una gran cantidad de herramientas que pueden ser de gran utilidad para la ingeniería en alimentos. Julia es un lenguaje de programación que pretende resolver el problema de los dos lenguajes al ser fácil de codificar y aprender como Python pero siendo tan veloz como C o Fortran, debido a esto ha ganado popularidad especialmente para aplicaciones de ciencia e ingeniería, cálculos numéricos, data science y machine learning. En este proyecto, se ha desarrollado una aplicación escrita en Julia que permite el cálculo del peso molecular de proteínas y péptidos a partir de su secuencia de aminoácidos en formato FASTA. Conocer el peso molecular de las proteínas es importante en la investigación y la industria, ya que se utiliza para el aislamiento, caracterización, identificación y purificación de proteínas de interés.

*Palabras claves: Julia software, desktop app, proteínas, peso molecular.*

### INTRODUCCIÓN

El avance computacional ofrece una gran cantidad de herramientas que pueden ser de gran utilidad para la ingeniería en alimentos como puede ser el desarrollo de software especializado



para resolver diferentes problemas rápidamente, modelado control y simulación (Barbosa-Cánovas, 2009).

Julia es un lenguaje open source (Karpinski y Bezanson, 2021) de alto rendimiento diseñado para resolver el problema de los dos lenguajes (Fathurrahman y col., 2020) ya que es comparable a Python, R o Matlab en facilidad de manejo y aprendizaje, por su parte también es comparable en velocidad a C o Fortran (Balberty Salceanu, 2023; Nazarathy y Klok, 2021). Es un lenguaje relativamente reciente y considerado como el sucesor de Python como el lenguaje preferido para aplicaciones científicas y de ingeniería (Root, 2019). Por lo que el desarrollo de herramientas con este lenguaje ofrece numerosas ventajas que deben aprovecharse.

Las proteínas son macromoléculas de gran relevancia presentan un alto peso molecular muy elevado y son conformadas por aminoácidos. Tienen una amplia variedad de funciones y cumplen con roles críticos en los organismos vivos como los de almacenamiento, transporte, defensa, conformación de estructuras y realizar catálisis bioquímicas (LaPelusa y Kaushik, 2022). Además, las proteínas son de gran interés en la investigación y la industria.

Conocer el peso molecular de las proteínas es importante en el aislamiento, caracterización, identificación y la purificación de proteínas de interés. Debido a esto se ha desarrollado una aplicación para sistemas Windows escrita con Julia que permite el cálculo del peso molecular de una proteína a partir de su secuencia de aminoácidos en formato FASTA.

## METODOLOGÍA

Para el desarrollo de una aplicación de escritorio con un editor de código fuente (Visual Studio Code) se escribió un script en Julia (versión 1.5.4) que permite al usuario seleccionar su idioma y posteriormente ingresar una secuencia de aminoácidos en formato FASTA.

El código se diseñó para reconocer esta entrada del usuario como tipo String y descomponerla en caracteres que a su vez tienen un valor asociado a ellos que refiere al peso molecular de cada aminoácido. Posteriormente, estos valores son sumados hasta finalizar la secuencia y los resultados son mostrados al usuario en Da y en KDa también se muestra la secuencia insertada y una alerta en caso de que se introduzca alguna letra que no corresponda a ningún aminoácido, indicando la posición y no se alterara la suma total.



Una vez verificado el correcto funcionamiento del código fuente, con ayuda del paquete Package Compiler.jl fue compilado como una aplicación de escritorio, se generó su identificador universal único (UUID) con el paquete UUIDs de Julia mediante la función `uuid4()` y finalmente se diseñó un icono y se empaquetó con el software Inno Setup Installer para poder instalar y usar la aplicación en sistemas Windows aún sin que estos tengan Julia Programming Language instalado.

## RESULTADOS

Se obtuvo una aplicación de escritorio escrita con el lenguaje de programación Julia capaz de correr en sistemas Windows aun cuando estos no tienen instalado Julia Programming Language denominada Kilo Dalton'seqapp cuyo icono se presenta en la Figura 1.



Fig.1. Icono correspondiente a la aplicación desarrollada.

Una parte del código fuente que muestra el funcionamiento clave de la aplicación se presenta en la Figura 2. Finalmente, en la Figura 3 se muestra una captura de pantalla de la aplicación funcionando a la cual se ingresó la secuencia de lab-Caseína bovina. La aplicación dio como resultado para esta proteína un peso de 25,004.65 Da que coincide con el peso de 25,001 Da reportada en la base de datos de UniProt (<https://www.uniprot.org/uniprotkb/T1T0C1/entry>) (UniProtConsortium, 2021) con el número de accesión T1T0C1. Las pequeñas diferencias se deben al número de cifras significativas y precisión numérica empleadas.



```

1 println(" Input only the aminoacid sequence of interest.
2   (in one latter code, in upper case letters,
3     preferably without spaces)")
4 aa_seq = readline();
5
6 n = length(aa_seq)
7 v_aa_seq = zeros(n);
8 v_aa_seq = zeros(n);
9   for i =1:n
10      if aa_seq[i] == 'A'
11         v_aa_seq[i] = 71.08
12      elseif aa_seq[i] == 'R'
13         v_aa_seq[i] = 156.2
14      elseif aa_seq[i] == 'N'
15         v_aa_seq[i] = 114.11
16      elseif aa_seq[i] == 'D'
17         v_aa_seq[i] = 115.09
18      elseif aa_seq[i] == 'C'
19         v_aa_seq[i] = 103.14
20      elseif aa_seq[i] == 'E'
21         v_aa_seq[i] = 128.14
22      elseif aa_seq[i] == 'Q'
23         v_aa_seq[i] = 129.12
24      elseif aa_seq[i] == 'G'
25         v_aa_seq[i] = 57.06
26      elseif aa_seq[i] == 'H'
27         v_aa_seq[i] = 137.15
28      elseif aa_seq[i] == 'I'
29         v_aa_seq[i] = 113.17
30      elseif aa_seq[i] == 'L'
31         v_aa_seq[i] = 113.17
32      elseif aa_seq[i] == 'K'
33         v_aa_seq[i] = 128.18
34      elseif aa_seq[i] == 'M'
35         v_aa_seq[i] = 131.21
36      elseif aa_seq[i] == 'F'
37         v_aa_seq[i] = 147.18
38      elseif aa_seq[i] == 'P'
39         v_aa_seq[i] = 97.12
40      elseif aa_seq[i] == 'S'
41         v_aa_seq[i] = 87.08
42      elseif aa_seq[i] == 'T'
43         v_aa_seq[i] = 101.11
44      elseif aa_seq[i] == 'W'
45         v_aa_seq[i] = 186.21
46      elseif aa_seq[i] == 'Y'
47         v_aa_seq[i] = 163.18
48      elseif aa_seq[i] == 'V'
49         v_aa_seq[i] = 99.14
50      else println("${aa_seq[i]} in $i position
51         is not an aminoacid, or is a space, please
52         check sequence")
53      end
54   end
55 protein_seq_weight= 18.01528
56   for i = 1:n
57      protein_seq_weight = protein_seq_weight + v_aa_seq[i]
58   end
59 KDa_protein_seq_weight = protein_seq_weight/1000
60 println("Input sequence:
61     $(aa_seq)")
62 println("Secuence of: $(n) aminoacids")
63 println(" The sequence corresponding weight [Da] is: $(protein_seq_weight) Da")
64 println(" The sequence corresponding weight [KDa] is: $(KDa_protein_seq_weight)
65     KDa")

```

Fig.2. Código parcial clave del funcionamiento de la aplicación.



```

KiloDaaltonseqApp
Kilo Daalton'seq App v1.0

Please select a language: press 1 for English, 2 for Spanish or 0 to exit, any other digit for credits
Por favor seleccione un idioma: presione 1 para Inglés, 2 para Español o 0 para salir, cual quier otro digito
para créditos

2
ingrese solo la secuencia de aminoácidos de interés. (en código de una letra, en mayúsculas, de preferencia sin
espacios intermedios)MKVLILACLVALALARELEELNVPGEIVESLSSEESITRINKKIEKFQSEEQQTEDELQDKIHPFAQTQSLVYFPFGPIPNLSPQNI
PPLTQTPVVVPPFLQPEVMGVSKVKGAMAPKHKEMPPFKYPVEPLTESQSLTLTDVENLHLPLPLLQSWMHQPHQPLPPTVMFPPQSVLSLSQSKVLPVPQKAVPYQRDM
PIQAFLLYQEPVLPVGRGPFPIIV
Secuencia ingresada:
                MKVLILACLVALALARELEELNVPGEIVESLSSEESITRINKKIEKFQSEEQQTEDELQDKIHPFAQTQSLVYFPFGPIPNLSPQNI
LTQTPVVVPPFLQPEVMGVSKVKGAMAPKHKEMPPFKYPVEPLTESQSLTLTDVENLHLPLPLLQSWMHQPHQPLPPTVMFPPQSVLSLSQSKVLPVPQKAVPYQRDM
QAFLLYQEPVLPVGRGPFPIIV
Secuencia de: 224 aminoácidos
El peso correspondiente a la secuencia ingresada [Da] es de: 25004.655279999974 Da
El peso correspondiente a la secuencia ingresada [kDa] es de: 25.004655279999973 kDa
Kilo Daalton'seq App v1.0

Please select a language: press 1 for English, 2 for Spanish or 0 to exit, any other digit for credits
Por favor seleccione un idioma: presione 1 para Inglés, 2 para Español o 0 para salir, cual quier otro digito
para créditos

```

Fig.3. Captura de pantalla de la ejecución de la aplicación KiloDaalton'seq App.

## CONCLUSIONES

Se desarrolló una aplicación basada en Julia Programming Language que permite calcular con mayor precisión el peso molecular de proteínas o péptidos a partir de las secuencias de aminoácidos en formato FASTA de forma rápida capaz de correr en sistemas Windows. Mostrando que Julia es un lenguaje de programación muy versátil capaz de permitir el desarrollo de una amplia variedad de herramientas en diversos ámbitos como en las áreas químico-biológicas, la ingeniería de alimentos e investigación.

## REFERENCIAS

- Balbert, I., y Salceanu, A. (2023). Julia Programming Overview. In *Web development with julia and GENIE: A hands-on guide to high-performance server-side web. Development with julia programming language* (1 st, pp. 3). PACKT PUBLISHING LIMITED.
- Barbosa-Cánovas, G. V. (2009). *Food Engineering - Volume IV*. EOLSS.
- Fathurrahman, F., Agusta, M. K., Saputro, A. G. y Dipojono, H. K. (2020). PWDFT.jl: A Julia package for electronic structure calculation using density functional theory and plane



wave basis. *Computer Physics Communications*, 256, 107372.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cpc.2020.107372>.

Karpinski, S., y Bezanson, J. (2021). *The Julia Programming Language*. The Julia Programming Language. Retrieved February 28, 2023, from <https://julialang.org/>.

LaPelusa, A., y Kaushik, R. (2022). Physiology, Proteins. In *Stat Pearls*. Stat Pearls Publishing.

Nazarathy, Y., y Klok, H. (2021). Introducing Julia. In *Statistics with Julia Fundamentals for Data Science, Machine Learning and Artificial Intelligence* Springer.

UniProt Consortium (2021). UniProt: the universal protein knowledge base in 2021. *Nucleic acids research*, 49(D1), D480–D489. <https://doi.org/10.1093/nar/gkaa1100>.

Root, G. (2019). Introduction to Julia. In *The Julia Language Handbook Julia v1.02* (1 st, pp. 1–2). George Root.



## EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA SINTETIZADAS DE MANERA ECOLÓGICA

María Vianney Herrera-Moreno<sup>1</sup>, Natalia Paola Guadalupe Cervantes-Delgado<sup>1</sup>, Alda Alejandra Arratia-Castro<sup>2</sup>,  
Victoria Guadalupe Aguilar-Raymundo<sup>1</sup>, Miguel Ángel Guzmán-Altamirano<sup>3</sup>, María Guadalupe  
Gómez-Espinoza<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Politécnica de Pénjamo, carr. Irapuato-La Piedad km 44, Predio El derramadero, Pénjamo, Guanajuato, C.P. 36921, México.

<sup>2</sup>Departamento de biotecnología, Universidad Politécnica de Pénjamo, carr. Irapuato- La Piedad km 44, Predio El derramadero, Pénjamo, Guanajuato, C.P. 36921, México.

<sup>3</sup>Departamento de Ing. Electrónica, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico superior de Irapuato, carr. Irapuato-Silao km 12.5, Col. El Copal, Irapuato, Guanajuato, México.

\*Correspondencia: g.gomez@uppenjamo.edu.mx

### RESUMEN

En este estudio se evaluó el potencial de las nanopartículas de plata (AgNps) como antibacterianas Vs *Salmonella agona*, para ello las AgNps se sinterizaron mediante un método ecológico utilizando el extracto etanólico de las hojas de *Acacia farnesiana*. Para evaluar la capacidad antibacteriana se incubó en medio LB a diversas concentraciones de AgNPs y se obtuvo como resultado una concentración mínima inhibitoria de 128 ppm. Por lo anterior podemos concluir que las AgNPs presentan potencial antibacteriano.

*Palabras clave:* Síntesis verde, nanopartículas de plata, salud humana, actividad antibacteriana, *Acacia farnesiana*.

### INTRODUCCIÓN

Una de las principales causas del deterioro de alimentos es derivada de la contaminación microbiana, la cual pone el riesgo la seguridad alimentaria (Nile y col., 2020). Los alimentos pueden actuar como un vector para la transferencia de bacterias resistentes a los antimicrobianos de varias formas; mediante el uso de antibióticos en la producción agrícola,



durante el uso procesamiento con el uso de genes de resistencia en bacterias o por contaminación cruzada (Verraes y col., 2013). El género *Salmonella* posee una clasificación serológica con más de 2,200 serotipos descritos, este género provoca una enfermedad transmitida por los alimentos, las personas con infecciones gastrointestinales causadas por especies de *Salmonella* pueden presentar manifestaciones clínicas variadas que van desde un síndrome diarreico agudo a un proceso diarreico leve o una infección subclínica, muchas veces difíciles de diferenciar, pueden presentar diarrea acuosa, fiebre, náuseas y vómitos (Gutiérrez-Cogco, 1998). Para la FAO solo existe seguridad alimentaria cuando en todo momento físico y económico los alimentos son inocuos, nutritivos y satisfacen las necesidades (FAO, 2010). Por ello la introducción de métodos innovadores ha sido necesario, tal es el caso de la incorporación de la nanotecnología.

La nanotecnología es una rama de la ciencia en la que se ha apoyado la agroindustria, ya que esta es implementada en todas las etapas: producción, procesamiento, envasado, almacenamiento, y distribución de alimentos, proporcionando una mayor seguridad al detectar contaminación en los alimentos (Hariram y col., 2020). La síntesis biológica, síntesis verde o síntesis biogénica, es una técnica alternativa de bioproducción de material nanoparticulado junto con material metálico (oro, plata, hierro y óxidos metálicos) y se basa en la reducción mediante especies naturales con poder antioxidante. Esta busca ser amigable con el medioambiente, ya que la producción tradicional de nanopartículas utiliza materiales tóxicos como disolventes y surfactantes (Boroumand y col., 2015). Surgió como una alternativa a los métodos tradicionales y por su simplicidad tiene gran versatilidad en la obtención de varias formas y tamaños de un nanomaterial, dejando atrás los problemas típicos de los anteriores métodos que eran más costosos y no tenían escalabilidad de producción (Nasrullah y col., 2020).

## METODOLOGÍA

Se seleccionaron las hojas del material vegetal y se secaron a 65°C durante 6 días. La muestra vegetal fue molida y tamizada obteniendo un tamaño de partícula de  $\leq 300 \mu\text{m}$ , se tomaron 30 g de material vegetal y se le agregaron 200 mL de etanol al 99%, la maceración se almaceno durante 8 días a temperatura ambiente ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ) en ausencia de luz. Posteriormente se filtró y



se almaceno en ausencia de luz. La síntesis de AgNPs se realizó acorde a la metodología reportada por Masooleh y col. (2019). Se agregaron 10 mL de extracto, 89 mL de agua destilada y 1 mL de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) al 0.5 M. Se almaceno en presencia de luz solar a temperatura ambiente ( $25\pm 1^\circ\text{C}$ ) durante 48 h. Posteriormente, las NP se recuperaron por evaporación en el horno a  $65^\circ\text{C}$  durante 4 días. Se realizaron lavados para eliminar los fitoquímicos con etanol al 99% a 1100 rpm durante 30 min, se decantó y fueron almacenadas en el horno a  $65^\circ\text{C}$  durante 3 a 4 días. Para evaluar la actividad antibacteriana se inocularon *S. agona* en medio LB a  $37^\circ\text{C}$  por 24 h, Posteriormente se transfirieron 100  $\mu\text{L}$  a placas con agar LB y se incubaron a  $37^\circ\text{C}$  por 24 h.

## RESULTADOS

Se evaluó la actividad antibacteriana de nanopartículas de plata sintetizadas por síntesis verde empleando el extracto de etanólico de las hojas de *Acacia farnesiana* contra *Salmonella agona*, para ello los cultivos preinoculados fueron adicionados con 0, 64, 128, 256, 512 y 1024 ppm, se mantuvieron a  $37^\circ\text{C}$  durante 24 h. En la Figura 1 podemos observar el crecimiento de *S. agona* en el control y 64 ppm, mientras que a 128 ppm se inhibe el crecimiento, a partir de 256 ppm se puede observar turbidez en el medio nuevamente, sin embargo, esta se debe a las NPs. Por lo que la CMI es 128 ppm, posteriormente de estos tratamientos se tomaron 100  $\mu\text{L}$  y se plaquearon en medio limpio, como podemos observar en la Figura 1, 1024 ppm se puede considerar la concentración bactericida.

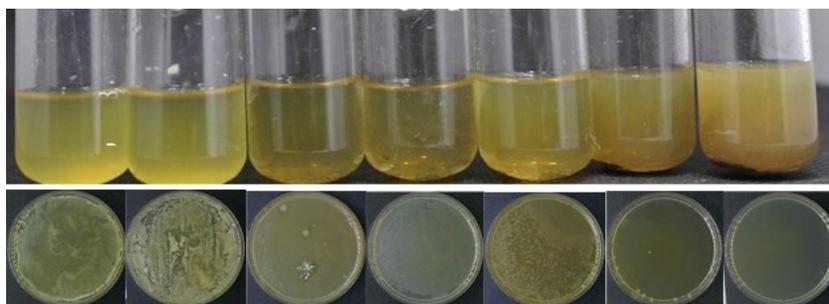


Fig.1. Actividad antibacteriana de las ANPs de Huizache Vs *S. agona*, B1) control, B2) 64 ppm, B3) 128 ppm, B4) 256 ppm, B5) 512 ppm, B6) 1024 ppm,



## CONCLUSIONES

Se logró sintetizar nanopartículas de plata de manera ecológica empleando el extracto de las hojas de *Acacia farnesiana*, al evaluar su actividad antibacterial contra *Salmonella agona*, se observó una concentración mínima inhibitoria de 128 ppm y una concentración bactericida de 1024 ppm. Con lo anterior se sugiere el potencial de las nanopartículas de plata para su uso en la seguridad alimentaria, queda como perspectiva la caracterización de las nanopartículas, así como la evaluación de las nanopartículas con otros microorganismos transmisores de ETAs.

## REFERENCIAS

- Gutiérrez-Cogco, L., González-Bonilla, C., Giono-Cerezo, S. y Beltrán L. G. (1994). Principales serotipos de *Salmonella* identificados en 703 cepas en México entre 1982 y 1993. Rev. Latinoam. Microbiol. 36:221-226.
- Nile, S. H., Baskar, V., Selvaraj, D., Nile, A., Xiao, J. y Kai, G. (2020). Nanotecnologías en la ciencia de los alimentos: aplicaciones, tendencias recientes y perspectivas futuras. Mano-Micro Lett. 12 (45), doi: 10.1007/s40820-020-0383-9.
- ODEPA. (2005). Inocuidad de los alimentos: más que buenas prácticas agrícolas. Obtenido de <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/articulos/inocuidad-de-los-alimentos-mas-que-buenas-practicas-agricolas-2>.
- FAO (2010). La seguridad alimentaria mundial y la posible contribución de las biotecnologías agropecuarias. <http://www.fao.org/biotech/docs/redbio2010s.pdf>.
- Hariram, N. S., Venkidasamy, B., Dhivya, S., Arti, N., Jianbo, X., y Guoyin, K. (2020). Nanotechnologies in Food Science: Applications, Recent Trends, and Future.
- Boroumand Moghaddam, A. (2015) Nanoparticles biosynthesized by fungi and yeast: A review of their preparation, properties, and medical applications. Molecules. 20 (9), 16540-16565.
- Nasrullah, M. (2020) Green and Chemical Syntheses of CdO NPs: A Comparative Study for Yield Attributes, Biological Characteristics, and Toxicity Concerns". ACS omega. 5 (11), 5739-5747.



## OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LEVADURAS NATIVAS EN FRUTOS DE LA REGIÓN DE LA TIERRA CALIENTE DEL BALSAS DEL ESTADO DE MICHOACÁN

*Vanessa Karen Palacios Sánchez<sup>1</sup>, Jorge Aguilar Valenzuela<sup>2</sup>\* Alfonso Torres Quintana<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Industrias Alimentarias, TecNM Campus Huetamo, Carr. Huetamo-Zitácuaro KM.1.5, Huetamo, Michoacán, C.P. 61940, México.

<sup>2</sup> Industrias Alimentarias, TecNM Torreón, Carr. Torreón-San Pedro km 7.5, Ejido Ana., Torreón, Coahuila, C.P. 27170, México.

\*Correspondencia: [vanessa.ps@huetamo.tecnm.mx](mailto:vanessa.ps@huetamo.tecnm.mx)

### RESUMEN

El desarrollo de esta investigación se realizó con frutos de la región de Tierra Caliente del Balsas en el Estado de Michoacán, se hizo una selección y recolección de los frutos a utilizar en la investigación, y clasificarlos de acuerdo a su naturaleza fisiológica. Se consideraron tres frutos: Nanche, Pitaya e Ilima, estos dos últimos se procedieron a congelar debido a que son de tipo estacional, y poder contar con ellos el resto de la investigación se procede a congelar en bolsas estériles. Obteniendo los extractos de los frutos seleccionados. Se realizan pruebas de sembrado en medio de cultivo con la finalidad de observar crecimiento de microorganismos, poder identificar y posterior llegar al aislamiento y caracterización de posibles cepas de levaduras. Considerando los siguientes criterios: criterios macroscópicos, criterios microscópicos y criterios bioquímicos.

*Palabras claves: levadura, medio de cultivo, ilima, pitaya.*

### INTRODUCCIÓN

El etanol es un compuesto químico muy importante para la vida del hombre en general. Es conocido desde la antigüedad y sus propiedades físicas y químicas están bien establecidas. Uno de los principales usos que se le puede dar a esta sustancia es la de combustible, siendo este el primero en ser elegido por Henry Ford para sus modelos de vehículos. En los años 70's



se desarrolló un proceso químico para su síntesis a partir de etileno, el cual se deriva de la refinación del petróleo, de esta forma el etanol se convirtió nuevamente en una alternativa y es usado en combinación con la gasolina para aumentar su rendimiento. Con este etanol derivado del petróleo se creyó que la fermentación alcohólica, la cual es un proceso biológico, tendería a desaparecer ya que no podría competir con el proceso sintético. Los problemas ambientales y el declive en las reservas mundiales de petróleo en la actualidad le han dado una nueva vida a la producción de alcohol por medio de la fermentación, la cual resurge como una opción importante a los combustibles fósiles, ya que al uso del bioetanol se le considera como un proceso de cero emisiones (Arevalos Chavez, 1998).

La fermentación es el más simple de los tres procesos desde el punto de vista mecánico, y puede definirse como un proceso metabólico generador de energía en el cual tanto los dadores como los aceptores de electrones son compuestos orgánicos (Carbonero Zalduegui). En la fermentación, el sustrato da lugar a una mezcla de productos finales, unos más oxidados que él y otros más reducidos. La fermentación alcohólica a nivel industrial es llevada a cabo principalmente por levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*, entre otras, las cuales transforman los azúcares presentes en un sustrato en etanol y posteriormente este es purificado por destilación fraccionada. De aquí se desprende la gran importancia de contar con levaduras que presenten buenos rendimientos y que puedan ser usadas para tales fines.

Las levaduras en el ambiente se encuentran presentes en una gran diversidad de hábitats, siendo uno de los más frecuentes e importantes la superficie de frutas y vegetales ricos en azúcares. De estos lugares es de donde se pueden aislar y posteriormente identificar a las diversas cepas presentes para luego ser seleccionadas y destinadas a su aprovechamiento en algún proceso de interés comercial.

## METODOLOGÍA

De acuerdo a los objetivos plasmados los cuales enuncian lo siguiente: Obtener cepas de levaduras fermentadoras de frutos nativos de la región de la tierra caliente del Balsas del estado de Michoacán para su utilización en la producción de etanol y que pueda ser escalado a nivel industrial. Se define la siguiente metodología para el desarrollo de la investigación.



1. Selección de los frutos a utilizar en el proyecto, y clasificarlos de acuerdo a su naturaleza fisiológica.
2. Realización de extractos de los frutos seleccionados.
3. Realización de pruebas de sembrado en agar para observar crecimiento de microorganismos.
4. Aislamiento de posibles cepas de levaduras.
5. Identificación de las cepas mediante criterios.
  - Criterios macroscópicos.
  - Criterios microscópicos.
  - Criterios bioquímicos
6. Someter las cepas a pruebas de fermentación.

Dentro del desarrollo de la experimentación se deben controlar variables como temperaturas, concentración de sustratos, tiempo de respuesta, grado de alcohol y pH; para con esto monitorear la parte experimental. Apoyándose en el diseño de experimentos y usando algunas herramientas estadísticas para el monitoreo y control de los mismos. Lo anterior permite dar cumplimiento a los objetivos planteados.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos en esta investigación nos indican la existencia de levaduras nativas en los frutos de la región que sean capaces de utilizarse a nivel industrial para la obtención de etanol. Además, nos permitió conocer respecto a la morfología de levaduras que se encuentran en los frutos de la región llama *Annonamacroprophyllata* y *Pitaya Stenocereusthurberi*. Generando así conocimiento sobre la microflora autóctona.

Extractos de los frutos se tomaron, se colocaron en un matraz estéril, y se lleva a incubación. Al término del lapso de tiempo se toma una muestra, se inocula en agar para crecimiento de levaduras, se incuban. De ahí se observó crecimiento microbiano en forma de colonias con aspecto cremoso de color blanco a beige, cuyo análisis microscópico demostró morfología típica de levadura.

Los resultados obtenidos en esta investigación indican la existencia de levaduras nativas en los frutos de la región que sean capaces de utilizarse a nivel industrial para la obtención de



etanol. Además, permitió conocer respecto a la morfología de levaduras que se encuentran en los frutos de la región llama *Annona macrophyllata* y *Pitaya Stenocereus thurberi*. Generando así conocimiento sobre la microflora autóctona.



Fig. 1. Pruebas de fermentación.

## CONCLUSIONES

La realización de este proyecto genera conocimiento científico, porque nos encontramos en la búsqueda de nuevas alternativas para la producción de etanol que pueda ser usado en la vasta diversidad de industrias. Se aprovecharon frutos de la región que por su grado de maduración se les puede considerar desechos. Como conclusión de la presente investigación indica la existencia de levaduras nativas en los frutos de la región que sean capaces de utilizarse a nivel industrial para la obtención de etanol. Además, permitió conocer respecto a la morfología de levaduras que se encuentran en los frutos de la región llamada *Annonamacrophyllata* y *Pitaya Stenocereusthurberi*. Generando así conocimiento sobre la microflora autóctona.

## REFERENCIAS

- Arevalos Chavez, S. (1998). Optimización de la producción del agente de biocontrol. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8389/TSMAC1de3.pdf?sequence=1>.
- Carbonero Zalduegui, P. (s.f.). Universidad Politécnica Madrid. Obtenido de Bioquímica de las fermentaciones: <https://oa.upm.es/55235/1/FERMENTACIONES.pdf>
- Moreno, B., (2008). Microbiología de los alimentos. España: Acribia.



García Garibay, M., Quintero Ramirez, R., y López-Munguía, A. (2009). Biotecnología alimentaria. Limusa.

Scragg, A. (2008). Biotecnología para ingenieros sistemas biológicos en procesos tecnológicos. Limusa.



## SELECCIÓN DE MICROORGANISMOS PARA EL PRETRATAMIENTO DE RESIDUOS DE *RICINUSCOMMUNIS L.* EN LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL

Jean B. Ramírez Guerrero<sup>1</sup>; Juan A. Cervantes Montelongo<sup>1</sup>; Carlos A. Flores Gómez<sup>2</sup>; Cesar L. Aguirre Mancilla<sup>2</sup>; Juan C. Raya Pérez, Juan G. Ramírez Pimentel<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Bioquímica, Tecnológico Nacional de México/I T Celaya, Antonio García Cubas Pte. #600 FOVISSSTE, Celaya, Guanajuato, C.P. 38010, México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Biología Molecular Agroalimentaria. División de estudios de posgrado e investigación. Tecnológico Nacional de México/I T Roque, Carretera Juventino Rosas-Celaya Km.8, Celaya, Guanajuato, C.P. 38124, México.

\*Correspondencia:juan.rp1@roque.tecnm.mx

### RESUMEN

Este proyecto busca aprovechar los residuos lignocelulósicos de *Ricinuscommunis L.* para producir bioetanol. Se establecieron dos sistemas de digestión sólida y se identificaron microorganismos adecuados para el pretratamiento biológico de dichos residuos. Se obtuvo una mayor cantidad de azúcares reductores en la composta establecida de novo, posiblemente debido a que la microbiota fue seleccionada bajo las condiciones y componentes presentes en el sustrato utilizado. Se aislaron 17 bacterias y 10 hongos, de los cuales solo uno y dos, respectivamente, presentaron actividad celulolítica y se identificaron como B17 y H1. Los microorganismos seleccionados se sometieron a técnicas de biología molecular y bioinformática para su identificación, B17 resultó ser una bacteria perteneciente al género *Klebsiella spp.* y H1 al género *Fusarium spp.* Estos microorganismos demostraron ser capaces de hidrolizar el sustrato lignocelulósico de higuera, convirtiéndolos en buenos candidatos para el pretratamiento biológico de dichos residuos.

*Palabras claves: bioetanol, pretratamiento, ricino, microorganismos, identificación molecular.*

### INTRODUCCIÓN



Uno de los problemas globales más graves es el cambio climático, que está directamente relacionado con la forma en que se aborda la demanda de energía (Carroll y Somerville, 2009). A pesar de que los combustibles fósiles son la fuente de energía predominante en la actualidad, su uso tiene consecuencias ambientales y de salud negativas debido a la emisión de gases de efecto invernadero (Carroll y Somerville, 2009).

Los biocombustibles son una alternativa prometedora a los combustibles fósiles debido a que son renovables, tienen una huella de carbono casi nula y no inyectan más carbono en la atmósfera que el que ya se encuentra en la biosfera (Jalilian y col., 2020; Somerville, 2007). Además, los biocombustibles son compatibles con los sistemas de combustión existentes o requieren solo adaptaciones menores (Jalilian y col., 2020; Somerville, 2007). En este contexto, el presente proyecto propone el uso de residuos lignocelulósicos de la producción de biodiésel a partir de *Ricinus Communis L.* para la producción de bioetanol mediante la realización de un pretratamiento biológico (Padella y col., 2019). El pretratamiento es crucial para lograr una alta eficiencia en la bioconversión de la biomasa en etanol (Mikulski y col., 2019) y el pretratamiento biológico es una opción más económica y sin formación de inhibidores (Legodi y col., 2019; Taghizadeh-Alisaraei y col., 2019; Zhang y col., 2021).

A pesar de que se ha informado que la planta *R. communis* inhibe el crecimiento de microorganismos debido a su contenido de ricina, es posible realizar un pretratamiento biológico si se utilizan microorganismos adaptados al sustrato y que presenten actividad hidrolítica de celulosa y baja utilización de los azúcares liberados (Al-Mamun y col., 2016; Canam y col., 2013; de Oliveira y col., 2010). Por lo tanto, se plantea como estrategia en este proyecto el establecimiento de sistemas de digestión sólida, la detección, selección e identificación de microorganismos adaptados al sustrato y la evaluación de su actividad celulolítica para efectuar el pretratamiento biológico de los residuos lignocelulósicos.

## METODOLOGÍA

Se estudiaron 2 medios de composta, para el aislamiento y selección de microorganismos y se evaluaron 2 diferentes medios de cultivo. El medio de composta 1 (PH) preestablecida con residuos de cucurbitáceas y medio de composta de novo a partir de residuos de Ricino. Se tomaron muestras de aproximadamente 5 g de las compostas CN1, CN2, PH1 y PH2 después



de 3 semanas de su preparación que se emplearon para el cultivo y aislamiento de microorganismos en 2 medios diferentes PDA y uno similar empleando residuos vegetales de higuera (HDA) en lugar de papa. Otras 2 muestras de aproximadamente 30 g de la composta CN y también de la composta PH respectivamente y se sometieron a la determinación de porcentaje de humedad. Se tomaron 0.5 g de cada muestra seca y se determinó la concentración de azúcares reductores colorimétricamente utilizando ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS).

Los microorganismos aislados se cultivaron en medio CMC-Rojo Congo para seleccionar aquellos con actividad celulolítica. Se evaluó dicha actividad al generar una cinética midiendo el índice celulolítico vs. el tiempo y ajustando no linealmente los datos para obtener modelos matemáticos. Se extrajo el material genético de los microorganismos seleccionados y por PCR se amplificó el Gen del ARN ribosomal 16S para la bacteria B17, y las regiones ITS1 e ITS2 así como el gen EF-1 $\alpha$  para el hongo H1, para realizar la identificación molecular por secuenciación y buscando la alta similitud en la base de datos de GeneBank y posteriormente se sometieron a análisis filogenéticos.

## RESULTADOS

Se observó un mayor porcentaje de humedad (Tabla 1) y de azúcares reductores (Tabla 2) en las compostas de novo establecimiento, posicionándolas como una mejor opción de pretratamiento de los residuos de *Ricinus*.

Tabla 1. Porcentaje de humedad de residuos lignocelulósicos post pretratamientos biológicos.

Muestra	Humedad %
CN1	77.0173
CN2	72.6785
PH1	70.6483
PH2	60.2964

Tabla 2.- Concentración de azúcares reductores en pretratamientos biológicos.

Muestra	Absorbancia* A 540 nm	Desviación estándar	Concentración de azúcares reductores [ $\mu$ g/mL]
CN2	0.9736	0.0138	729.429
CN1	0.567	0.00608	426.367
PH1	0.2786	0.00057	211.491
PH2	0.018	0.01001	17.233



En la Figura 1 se presenta la bacteria B17 cultivada en medio PDA (A) y en C se aprecia el halo de descomposición formado en medio CMC-RC. De igual manera en B se presenta el micelio de H1 y su respectivo halo de descomposición en D.

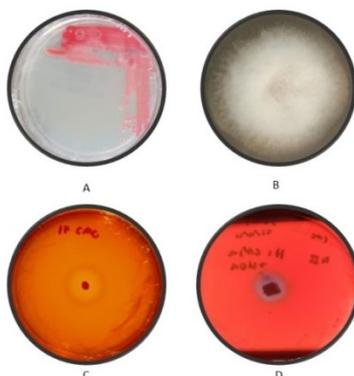


Fig. 1. Bacteria B17(A y C) y Hongo H1 (B y D) aislados con actividad hidrolítica de celulosa.

Se construyó la cinética de la actividad celulolítica midiendo índice celulolítico vs. tiempo. Los datos se ajustaron a modelos no lineales, para la bacteria B17; la ecuación (1), sus indicadores se presentan en la Tabla 3, la gráfica de los datos y su ajuste se presentan en la Figura 3. Los resultados análogos para el Hongo H1 corresponden a la ecuación (2), la Tabla 5 y a la Figura 4. Los tiempos de residencia del sustrato en el pretratamiento empleando como inóculo la bacteria B17 o el hongo H1 son aprox. 50 h y 20.81 h respectivamente.

$$C.I = 5.284437 - \frac{5.301874819999999}{1 + \left(\frac{t}{16.57975}\right)^{2.043754}} \quad (1)$$

Tabla 3. Parámetros e indicadores del modelo cinético de la bacteria.

Parámetros del modelo		Indicadores de Bondad de Ajuste	
a	-0.0174378	R <sup>2</sup>	0.9912
b	2.043754	R <sup>2</sup> ajustado	0.9898
c	16.57975	SSE	0.2826
d	5.284437	SE	0.1063
		P	<1x10 <sup>-15</sup>
		F	707.9
		AiC	-44
		BiC	-38.53



Cinética: Índice Celulolítico –Bacteria–

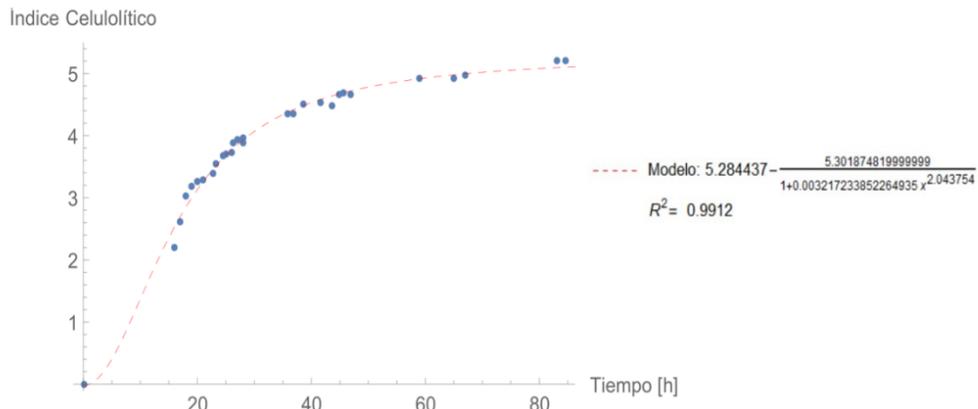


Fig.3. Cinética de actividad enzimática de la bacteria aislada (B17).

$$C.I = \frac{2.39912 t}{2.80641+t- 0.00484145 (1+0.00811839) t^2} \quad (2)$$

Tabla 4. Parámetros e indicadores del modelo cinético del hongo aislado (H1).

Parámetros del modelo		Indicadores de Bondad de Ajuste	
a	123.1772	R <sup>2</sup>	0.9892
b	2.806414	R <sup>2</sup> ajustado	0.9875
c	206.5495	SSE	12.28
d	2.39912	SE	1.012
		P	1.077*10 <sup>-11</sup>
		F	275.8
		AiC	-19.91
		BiC	-16.82

Cinética: Índice Celulolítico – Hongo 1 –

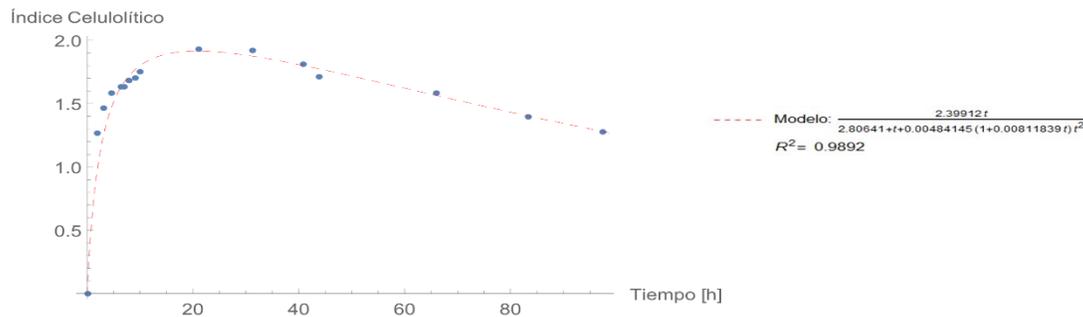


Figura 4.-Cinética de actividad enzimática delhongo aisladoH1.

Se identificó que la Bacteria B17 es perteneciente al género *Klebsiellaspp.* (Tabla 5). El Hongo H1 tiene una alta similitud a *Fusarium incarnatum-equisetti*(Tabla 6).



Tabla 5. Resultados de la comparación de secuencia del gen 16SrRNA para la identificación de la bacteria aislada B17.

ScientificName	Max	Total	QueryCover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
<i>Klebsiellapneumoniae</i>	1576	1576	99%	0	99.43%	1446	KM096436.1
<i>Klebsiellavariicola</i>	1574	1574	99%	0	99.42%	1411	KT261225.1
<i>Klebsiellavariicola</i>	1572	1572	99%	0	99.42%	1446	MT889979.1
<i>Enterobactersp.</i>	1567	1567	99%	0	99.31%	1458	MW045203.1
<i>Klebsiellaquasivariicola</i>	1565	1565	99%	0	99.42%	1419	OL469794.1

Tabla 6. Resultados de la comparación de secuencia del gen EF-1a para la identificación del hongo aislado H1.

ScientificName	Max	Total	QueryCover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
<i>Fusarium cf.</i>	1088	1088	100%	0	99.66%	646	HQ165860.1
<i>Fusarium</i>	1088	1088	100%	0	99.66%	676	GQ505665.1
<i>Fusarium incarnatum</i>	1020	1020	99%	0	97.65%	677	MG857311.1
<i>Fusarium equiseti</i>	1020	1020	99%	0	97.65%	647	MW451311.1
<i>Fusarium</i>	959	959	94%	0	97.68%	590	MN170481.1
<i>Fusarium</i>	946	946	99%	0	95.48%	642	MW594362.1
<i>Fusarium clavum</i>	937	937	100%	0	95.15%	679	MN810531.1
<i>Fusarium flagelliforme</i>	931	931	99%	0	95.00%	683	MZ921843.1
<i>Fusarium ipomoeae</i>	931	931	99%	0	95.00%	684	MW382963.1

## CONCLUSIONES

Se lograron aislar microorganismos con capacidad de crecer en residuos de *ricinus* y que presentaron actividad celulolítica. Estos microorganismos son candidatos para efectuar el pretratamiento de los residuos del cultivo y habilitar su bioconversión a etanol. De los microorganismos obtenidos la bacteria B17 presento una mayor actividad celulolítica que el hongo H1. Se logró la identificación morfológica y molecular de dichos microorganismos resultando ser del género *Klebsiella* para el caso de la bacteria B17 y del género *Fusarium* para el hongo H1.

## REFERENCIAS

- Al-Mamun, M. A., Akter, Z., Uddin, M. J., Ferdous, K. M. K. B., Hoque, K. M. F., Ferdousi, Z., y Reza, M. A. (2016). Characterization and evaluation of antibacterial and antiproliferative activities of crude protein extracts isolated from the seed of *Ricinus communis* in Bangladesh. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12906-016-1185-y>.
- Canam, T., Town, J., Iroba, K., Tabil, L., y Dumonceaux, T. (2013). Pretreatment of Lignocellulosic Biomass Using Microorganisms: Approaches, Advantages, and



- Limitations. In S. S. Silva, A.K.C., Da (Ed.), Sustainable Degradation of Lignocellulosic Biomass—Techniques, Applications and Commercialization. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/55088>.
- Carroll, A., y Somerville, C. (2009). Cellulosic biofuels. *Annual Review of Plant Biology*, 60, 165–182. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.043008.092125>.
- de Oliveira, A. S., Oliveira, M. R. C., Campos, J. M. S., Lana, R. P., Machado, O. L. T., Retamal, C. A., Detmann, E., y Filho, S. C. V. (2010). In vitro ruminal degradation of ricin and its effect on microbial growth. *Animal Feed Science and Technology*, 157(1–2), 41–54. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.01.006>.
- Jalilian, N., Najafpour, G. D., y Khajouei, M. (2020). Macro and Micro Algae in Pollution Control and Biofuel Production—A Review. *ChemBioEng Reviews*, 7(1), 18–33. <https://doi.org/10.1002/cben.201900014>.
- Legodi, L. M., La Grange, D., van Rensburg, E. L. J., y Ncube, I. (2019). Isolation of Cellulose Degrading Fungi from Decaying Banana Pseudostem and *Strelitzia alba*. *Enzyme Research*, 2019, 1390890. <https://doi.org/10.1155/2019/1390890>.
- Mikulski, D., Kłosowski, G., Menka, A., y Koim-Puchowska, B. (2019). Microwave-assisted pretreatment of maize distillery stillage with the use of dilute sulfuric acid in the production of cellulosic ethanol. *Bioresource Technology*, 278, 318–328. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.01.068>.
- Padella, M., O’Connell, A., y Prussi, M. (2019). What is still limiting the deployment of cellulosic ethanol? Analysis of the current status of the sector. *Applied Sciences*, 9(21). <https://doi.org/10.3390/app9214523>.
- Somerville, C. (2007). Biofuels. *Current Biology*, 17(4), 115–119. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2007.01.010>.
- Taghizadeh-Alisaraei, A., Motevali, A., y Ghobadian, B. (2019). Ethanol production from date wastes: Adapted technologies, challenges, and global potential. *Renewable Energy*, 143(May), 1094–1110. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.048>
- Zhang, Z., Shah, A. M., Mohamed, H., Tsiklauri, N., y Song, Y. (2021). Isolation and Screening of Microorganisms for the Effective Pretreatment of Lignocellulosic Agricultural Wastes. *BioMedResearch International*, 2021, 5514745. <https://doi.org/10.1155/2021/5514745>.