



# Tortilla de maíz adicionada con harina de *Brosimum alicastrum*: propiedades fisicoquímicas y actividad antioxidante

---

Moo-Huchin, Víctor Manuel; Góngora-Chi, Guadalupe Johanna; Sauri-Duch, Enrique; Canto-Pinto, Jorge Carlos; Betancur-Ancona, David; Ramón-Canul, Lorena Guadalupe  
Tortilla de maíz adicionada con harina de *Brosimum alicastrum*: propiedades fisicoquímicas y actividad antioxidante  
CIENCIA *ergo-sum*, vol. 28, núm. 3, noviembre 2021-febrero 2022 | e129  
Universidad Autónoma del Estado de México, México  
Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Moo-Huchin, V. M., Góngora-Chi, G. J., Sauri-Duch, E., Canto-Pinto, J. C., Betancur-Ancona, D. y Ramón-Canul, L. G. (2021). Tortilla de maíz adicionada con harina de *Brosimum alicastrum*: propiedades fisicoquímicas y actividad antioxidante. CIENCIA *ergo-sum*, 28(3). <https://doi.org/10.30878/ces.v28n3a1>

# Tortilla de maíz adicionada con harina de *Brosimum alicastrum*: propiedades fisicoquímicas y actividad antioxidante

## Corn Tortilla added with *Brosimum alicastrum* flour: Physicochemical properties and antioxidant activity


Victor Manuel Moo-Huchin  
Tecnológico Nacional de México-Campus Mérida, México  
vmmoo@yahoo.com  
 <https://orcid.org/0000-0002-9365-8922>

Recepción: 28 de enero de 2020  
Aprobación: 21 de abril de 2020

Guadalupe Johanna Góngora-Chi  
Tecnológico Nacional de México-Campus Mérida, México  
ln.johanna@hotmail.com  
 <https://orcid.org/0000-0002-9738-2679>

Enrique Sauri-Duch  
Tecnológico Nacional de México-Campus Mérida, México  
esauri5@yahoo.com.mx  
 <https://orcid.org/0000-0003-2181-8592>

Jorge Carlos Canto-Pinto  
Tecnológico Nacional de México-Campus Calkiní, México  
jccanto@itescam.edu.mx  
 <https://orcid.org/0000-0002-6133-056X>

David Betancur-Ancona  
Universidad Autónoma de Yucatán, México  
bancona@correo.uady.mx  
 <https://orcid.org/0000-0002-9206-3222>

Lorena Guadalupe Ramón-Canul  
Universidad de la Sierra Sur Oaxaca, México  
l\_g\_r\_c@hotmail.com  
 <https://orcid.org/0000-0002-1974-3256>

### RESUMEN

Se obtienen tortillas a partir de harina de maíz nixtamalizado, al cual se le adicionaron diferentes proporciones de harina de *B. alicastrum* (0, 10, 20 y 30% p/p en base seca). Se analizan las tortillas en relación con la composición química, perfil de aminoácidos, compuestos fenólicos, actividad antioxidante y propiedades físicas. La adición de harina de *B. alicastrum* en tortillas aumentó la actividad antioxidante, el contenido de minerales, fibra soluble, proteína, triptófano, compuestos fenólicos totales y flavonoides totales comparado con la tortilla control. Los resultados sugieren que la adición de harina de *B. alicastrum* (10 y 20%) a la harina de maíz mejoró el valor nutricional y funcional de tortillas sin afectar su calidad (rolabilidad, grado de inflado y pérdida por cocción).

**PALABRAS CLAVES:** *B. alicastrum*, antioxidantes, masa, tortillas.

### ABSTRACT

Tortillas were obtained using nixtamalized corn flour with *B. alicastrum* flour at different proportions (0, 10, 20 y 30%, w/w on a dry basis). Tortillas were analyzed in relation to the chemical composition, amino acid profile, phenolic compounds, antioxidant activity and physical properties. The addition of *B. alicastrum* flour in tortillas increased the antioxidant activity, ash content, soluble dietary fiber, total proteins, tryptophan, phenolic compounds and total flavonoids compared to the control tortilla. The results suggest that the addition of *B. alicastrum* flour (10 and 20%) to corn flour increased the nutritional and functional value in tortillas while maintaining their quality (rollability, puffiness and cooking loss).

**KEYWORDS:** *B. alicastrum*, antioxidants, dough, tortillas.

## INTRODUCCIÓN

En México se reconoce a la tortilla como un alimento plano, delgado y redondo, el cual se elabora a partir de harina de maíz nixtamalizada (que consiste en la cocción de granos de maíz en hidróxido de calcio) o de trigo (Liu *et al.*, 2016); sin embargo, el proceso para producirlas y las características de calidad de ambas son distintas. Las tortillas de maíz se obtienen a partir de masas pregelatinizadas y cohesivas, mientras que las tortillas de trigo de masas con gluten con alto contenido de grasa (Saldívar y Chuck-Hernández, 2016). La tortilla de maíz es un alimento básico consumido comúnmente por la población urbana y rural en México (consumo per cápita de 75 kg por año) que la prefiere fresca debido a su textura suave, pues permite enrollarla, doblarla sin romperse y rellenarla en su interior con alimentos como carne, frijoles, queso, etc. Es considerada como una buena fuente de energía en la dieta mexicana, característica atribuida por su alto contenido de almidón, pero deficiente en dos aminoácidos esenciales (lisina y triptófano); por esta razón, se han desarrollado estrategias para mejorar el contenido nutrimental de la tortilla como el uso de variedades de maíz con alto contenido de estos aminoácidos (Bello-Pérez *et al.*, 2016) o la adición de harinas no tradicionales (ricos en nutrientes y compuestos bioactivos) durante su elaboración. Las tortillas se consideran un vehículo ideal para la fortificación de nutrientes y adición de compuestos con actividad antioxidante; sin embargo, se ha observado que al hacerlo resultan afectadas las características de calidad de las tortillas (suavidad, rolabilidad y grado de inflado) (Chuck-Hernández *et al.*, 2015; Treviño-Mejía *et al.*, 2016). Para mejorar sus propiedades nutricionales, las tortillas de maíz se han fortificado por medio de la adición de frijol (*Phaseolus vulgaris*), harina de hojas de *Moringa oleifera*, *Salvia hispánica* y amaranto (*Amaranthus* spp.) (Rendón-Villalobos *et al.*, 2012, Anton *et al.*, 2008, Páramo-Calderón *et al.*, 2019; Vázquez-Rodríguez *et al.*, 2013). El uso de harinas no tradicionales para mejorar las propiedades nutricionales y funcionales de la tortilla de maíz sin afectar su calidad como la rolabilidad y el grado de inflado es relevante en la industria de la masa y tortilla.

*B. alicastrum* es un árbol tropical cuyo registro histórico indica que tuvo un gran impacto en la época precolombina, cuando los antiguos pueblos nativos mayas de la península de Yucatán utilizaban sus semillas como un alimento alternativo en caso de que sequías o plagas afectaran los cultivos habituales como el maíz (Moo-Huchin *et al.*, 2019). Las frutas del árbol de *B. alicastrum* se consumían crudos e incluso sus semillas secas y molidas se mezclaban con maíz para hacer tortillas. Se sabe que las semillas tienen un alto valor nutricional, caracterizado por su mayor contenido de triptófano en comparación con la avena, frijoles pintos, harina de maíz y arroz (GRAS report, 2007). Pérez-Pacheco *et al.* (2014), Ríos-Soberanis *et al.* (2016) y Moo-Huchin *et al.* (2015) han reportado las propiedades del almidón de las semillas de *B. alicastrum* para su uso en la industria alimentaria, pero existen pocos estudios sobre el contenido de compuestos bioactivos de las semillas y su actividad biológica. La harina de semillas de *B. alicastrum* tiene mayor contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante cuando se compara con la harina de nueces tales como maní y almendra (Ozer, 2017). Recientemente, la harina de *B. alicastrum* ha despertado el interés por su contenido de ácidos fenólicos y flavonoides tales como ácido gálico, ácido clorogénico, ácido cafeico, epicatequina, catequina, ácido vanílico, ácido sinápico, ácido ferúlico, quercetina y ácido trans-cinámico (Ozer, 2017, Moo-Huchin *et al.*, 2019). Esta información ha contribuido a caracterizar a la harina y a valorar su uso como ingrediente o tal cual como harina funcional para producir tortillas de trigo (Subiria-Cueto *et al.*, 2019). Domínguez-Zarate *et al.* (2019) reportaron algunas particularidades (textura y color) de tortillas de maíz elaboradas con harina de *B. alicastrum* para aumentar el contenido de fibra dietética; sin embargo, se requiere una caracterización más detallada.

De acuerdo con este contexto, el objetivo de este artículo es caracterizar las propiedades físicas, nutricionales y antioxidantes de tortillas de maíz enriquecidas con harina de semillas de *B. alicastrum*.

## 1. MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. 1. Obtención de harina

Se utilizó harina comercial de maíz nixtamalizado (Maseca®), la cual se compró en un supermercado de Mérida, Yucatán, México. Por otra parte, los frutos del árbol de *B. alicastrum* se recolectaron en este mismo estado, durante 2019. Los frutos se seleccionaron de acuerdo con el color (amarillo-naranja) y se pelaron manualmente (removiendo la testa) para sacar las semillas. El secado de las semillas, molienda y reducción de tamaño de partícula para conseguir la harina fina se realizó de acuerdo con lo reportado por Pérez-Pacheco *et al.* (2014). La harina resultante se almacenó en bolsas de polietileno a  $4.0 \pm 1.0$  °C hasta su uso.

### 1. 2. Obtención de tortillas

Se obtuvieron tres mezclas de harinas a diferentes proporciones de harina de *B. alicastrum* y harina de maíz nixtamalizada (0:100, 10:90, 20:80, 30:70, p/p) utilizando una mezcladora Kitchen Aid® (Kitchen Aid Inc. St. Joseph, USA) con mezclador tipo paleta. La harina comercial de maíz nixtamalizada se consideró como tratamiento control. Las mezclas y la harina control fueron evaluadas en relación con el índice de solubilidad y el índice de absorción de agua. En estudios preliminares se encontró que una incorporación superior a 30% de harina de *B. alicastrum* no permite la formación de discos planos de masa en la máquina de tortillas.

Para elaborar las tortillas, cada mezcla y la harina control se hidrataron con agua potable a 25 °C a un contenido de humedad de 58% (calculado por medio de un balance de materia) y se amasó manualmente durante 5 min hasta crear una masa de buena consistencia: aquella que al presionarla entre dos placas metálicas cubiertas de plástico, hasta un espesor de 2-3 mm, pueda despegarse sin romperse (Gasca-Mancera y Casas-Alencáster, 2007).

La masa se colocó en los rodillos de la máquina de tortillas (Tecnomaiz S. A. de C. V., Grupo Gruma), la cual se calibró previamente a 1.11 mm para lograr que todas fueran del mismo espesor. Los discos de masa se sometieron a cocción al pasar en el horno de la máquina, precalentado a 280 °C, y después de 2 min salieron las tortillas (figura 1). Las tortillas se enfriaron, liofilizaron, molieron y por último el polvo resultante se almacenó a -20 °C en bolsas de polietileno para su análisis.



FIGURA 1

Proceso de elaboración de tortillas de maíz adicionado con 10% harina de *B. alicastrum*

Fuente: fotografías propias.

### 1. 3. Análisis de las mezclas de harina

#### 1. 3. 1. Índice de solubilidad en agua (ISA) y absorción de agua (IAA)

Los índices ISA e IAA se obtuvieron de acuerdo con el método descrito por Anderson (1982) utilizando la fórmula (g de precipitado/g muestra seca) para IAA y (g sólidos solubles/g muestra seca) \*100 para ISA.

### 1. 4. Análisis de tortillas

#### 1. 4. 1. Composición química

Se determinó la composición química del polvo de tortillas siguiendo la metodología descrita por la AOAC para humedad (925.10), cenizas (923.03), proteínas (920.87) y lípidos (920.39) (AOAC, 1997). Para determinar el contenido de fibra dietética (total, soluble e insoluble), se empleó un procedimiento enzimático-gravimétrico reportado por Pérez-Pacheco *et al.* (2014).

#### 1. 4. 2. Análisis de aminoácidos

El análisis de aminoácidos de las tortillas se realizó con un sistema HPLC-1220 Infinity (Agilent Technologies, Palo Alto, CA., USA) con detección espectrofotométrica a 280 nm. Se utilizó como estándar interno el ácido L-aminobutírico. La información de las características de la columna, hidrólisis de la muestra, derivatización, composición y flujo de la fase móvil utilizado en este trabajo ha sido descrito por Ruiz-Ruiz *et al.* (2008). Los resultados se expresaron como g del aminoácido/100 g proteína.

#### 1. 4. 3. Propiedades físicas

Se determinó la pérdida de peso en la cocción (%) calculando el porcentaje en peso de material que se pierde durante el cocimiento; se pesaron seis tortillas antes y después de someterlas a la cocción (280 °C).

El diámetro (cm) y el espesor (mm) de seis tortillas se midieron con una regla y un medidor de espesores de precisión respectivamente.

La rolabilidad y el grado de inflado (formación de ampolla) de seis tortillas se llevó a cabo de acuerdo con lo reportado por Treviño-Mejía *et al.* (2016).

Se realizó el ensayo de tensión de nueve tortillas por tratamiento. Previo a la medición, las tortillas se cortaron (de la parte central) en forma de rectángulos de 2 cm de ancho por 10 cm de largo para obtener las probetas. Las probetas se sujetaron con dos pinzas de tensión del equipo Instron Universal Testing Machine (Model 4411, Canton, MA, USA). El ensayo se realizó a una velocidad de 120 mm/min y una distancia de 60 mm. A partir de las curvas alcanzadas, se calculó la resistencia a la ruptura (KPa), porcentaje de elongación (%) y el módulo de Young's (KPa).

Los parámetros L\* (luminosidad), a\* (+a\* = rojo, -a\* = verde) y b\* (+b\* = amarillo, -b\* = azul) se determinó con un colorímetro (Hunter Lab MiniScan modelo No. XE Plu, Reston, Virginia). La medición se hizo en tres regiones distintas sobre la superficie de cada tortilla (seis tortillas por tratamiento). Previo a este proceso, se utilizó una placa blanca de calibración del equipo. Con los valores obtenidos se calculó el ángulo de tono (°Hue) y cromaticidad (C\*).

#### 1. 4. 4. Compuestos fenólicos totales (CFT), flavonoides totales (FT) y actividad antioxidante

Para la extracción de antioxidantes, 1 g de polvo de tortillas se mezcló con 9 mL de metanol absoluto a 100 rpm durante 2 h. El extracto fue centrifugado a 2 500 rpm por 5 min; una vez recolectado el sobrenadante y el

sedimento resultante (pellet), se sometió a una nueva extracción con el mismo procedimiento. Los sobrenadantes de ambas extracciones se juntaron y finalmente se almacenaron a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  bajo condiciones de obscuridad.

La determinación del contenido de CFT (reactivo de Folin-Ciocalteu's) y FT (cloruro de aluminio) de los extractos de las tortillas se efectuó de acuerdo con lo descrito por Moo-Huchin *et al.* (2014). Ambos métodos se basan en mediciones espectrofotométricas (765 nm para CFT y 415 nm para FT) utilizando un espectrofotómetro UV-Vis Angilet Technologies Cary 60. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/100 g de polvo seco (PS) para CFT y mg equivalentes de quercetina (EQ)/100 g PS para FT.

La actividad antioxidante de los extractos de las tortillas se determinó utilizando el ensayo DPPH ( $\mu\text{M}$  trolox/100 g PS) (Moo-Huchin *et al.*, 2014) y poder reductor (mg de ácido ascórbico/100 g PS) (Can-Cauich *et al.*, 2017).

## 1. 5. Análisis estadístico

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza de una vía. Se utilizó la prueba de rangos múltiples Tukey's a un nivel de significancia de  $P \leq 0.05$  para identificar diferencias significativas en los promedios de los parámetros medidos.

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2. 1. Índices de absorción de agua (IAA) y solubilidad en agua (ISA) de harinas

En el cuadro 1 se reportan los valores de los índices IAA e ISA de harina de maíz nixtamalizado ( $M_0$ ) y harina de maíz nixtamalizado adicionado con diferentes proporciones de *B. alicastrum* ( $M_1 = 10\%$ ,  $M_2 = 20\%$  y  $M_3 = 30\%$ ). Cuando se incorporó el 20 ( $M_2$ ) y 30% ( $M_3$ ) de harina de *B. alicastrum* a  $M_0$  se logró una disminución de los valores de IAA; este hecho se puede atribuir a la presencia de hidrocoloides (ejemplo, las gomas) en la harina comercial que es adicionada para mejorar las propiedades de textura de la masa y tortillas y además favorece la retención de humedad para que las tortillas se mantengan frescas (Flores-Farías *et al.*, 2002). Asimismo, las diferencias en el valor de IAA estarían relacionadas con el tamaño de partícula de las harinas o el grado de gelatinización del almidón en donde a una mayor gelatinización da lugar a harinas con altas tasas de absorción de agua (Contreras-Jiménez *et al.*, 2014).

El valor de IAA está muy asociado a la suavidad, dureza o sequedad de la tortilla, así como al número y al peso de tortillas por 100 g de harina, es decir, qué harinas con valores altos de IAA son las que dan mayor número y peso de tortillas. Acorde con los resultados, se recomienda incorporar hidrocoloides a las mezclas que contengan harina de *B. alicastrum* para favorecer la retención de la humedad.

Por otra parte, el valor de ISA indica la cantidad de sólidos disueltos en el agua de una harina que es expuesta a un exceso de este líquido y también indica el grado de cocción del producto (Flores-Farías *et al.*, 2002). En este trabajo, los valores de ISA para  $M_0$ ,  $M_1$ ,  $M_2$  y  $M_3$  resultaron con una variabilidad entre  $4.38 \pm 0.16$  y  $10.41 \pm 0.06\%$ . A medida que se incrementó la adición de harina de *B. alicastrum* a  $M_0$ , también aumentó el valor de ISA. Este resultado probablemente sea atribuido a la lixiviación de las sales minerales en el medio acuoso o por la disolución de polisacáridos solubles en agua contenidos en la harina de *B. alicastrum*.

### 2. 2. Composición química de las tortillas

Este artículo reporta la composición química de tortillas hechas con harina de maíz nixtamalizado (control) y harina de maíz nixtamalizado adicionado con 10, 20 y 30% de harina de *B. alicastrum* (T-10, T-20 y T-30 respectivamente) (cuadro 2). Con base en los resultados, la composición química resultó diferente entre las tortillas.

La tortilla control resultó con mayor contenido de humedad ( $41.9 \pm 0.9\%$ ) cuando se compara con T-10, T-20 y T-30. Este hecho es explicado por la variación de los valores IAA de las harinas utilizadas para hacer tortillas (cuadro 1).

CUADRO 1  
Índices IAA e ISA de harina comercial de maíz nixtamalizado y mezclas con harina de *B. alicastrum*

Muestra	IAA (g agua/g harina seca)	ISA (%)
M <sub>0</sub>	3.41 ± 0.00b	4.38 ± 0.16a
M <sub>1</sub>	3.26 ± 0.07ab	7.30 ± 0.21b
M <sub>2</sub>	3.21 ± 0.00a	8.72 ± 0.00c
M <sub>3</sub>	3.19 ± 0.03a	10.41 ± 0.06d

Fuente: elaboración propia.

Nota: M<sub>0</sub> = harina de maíz nixtamalizado; M<sub>1</sub> = mezcla harina de maíz nixtamalizado + harina de *B. alicastrum* (90:10); M<sub>2</sub> = Mezcla harina de maíz nixtamalizado + harina de *B. alicastrum* (80:20) y M<sub>3</sub> = mezcla harina de maíz nixtamalizado + harina de *B. alicastrum* (70:30). Los resultados son promedios de tres repeticiones ± desviación estándar; valores con diferentes letras dentro de cada columna son significativamente diferentes a  $P \leq 0.05$ .

La adición de 30% de harina de *B. alicastrum* produjo tortillas con mayor contenido de cenizas ( $1.23 \pm 0.06\%$ ) y fibra soluble ( $1.93 \pm 0.04\%$ ) en comparación al control, T-10 y T-20. Las tortillas T-20 y T-30 consiguieron mayor contenido de proteína total respecto al control y T-10. Esta diferencia es atribuida a la composición química de la harina de *B. alicastrum*, considerada fuente de proteínas y elementos minerales (Pérez-Pacheco *et al.*, 2014). La composición química de las tortillas T-10, T-20, T-30 y control es comparable a lo reportado para tortillas de maíz suplementado con semilla de chía y frijol (Rendón-Villalobos *et al.*, 2012; Treviño-Mejía *et al.*, 2016).

En este sentido, Subiria-Cueto *et al.* (2019) reportaron que la incorporación de harina de *B. alicastrum* (25%) incrementó el contenido de fibra dietética, cobre y potasio de tortillas de trigo. En otro trabajo, se sugiere utilizar 10% de harina de *B. alicastrum* Maya óox (adquirido comercialmente) en tortillas de maíz para que aumente el contenido de fibra dietética (Domínguez-Zárate *et al.*, 2019).

CUADRO 2  
Composición química (expresada en base húmeda) de tortillas de maíz adicionado con harina de *B. alicastrum* en diferentes niveles

Muestra	Humedad (%)	Cenizas (%)	Lípidos (%)	Fibra soluble (%)	Fibra insoluble (%)	Fibra dietética total (%)	Proteínas (%)
Control	41.9 ± 0.9b	0.75 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.10 ± 0.05a	0.97 ± 0.00a	8.46 ± 0.04b	9.43 ± 0.04a	4.62 ± 0.00a
T-10	38.4 ± 01a	0.97 ± 0.04b	1.13 ± 0.04a	1.26 ± 0.00b	9.07 ± 0.04c	10.33 ± 0.04c	5.14 ± 0.04b
T-20	38.15 ± 00a	1.11 ± 0.00c	1.15 ± 0.05a	1.71 ± 0.04c	8.27 ± 0.04a	9.95 ± 0.04b	5.34 ± 0.04c
T-30	39.2 ± 11a	1.23 ± 0.06d	1.11 ± 0.06a	1.93 ± 0.04d	8.30 ± 0.04ab	10.20 ± 0.04c	5.42 ± 0.04c

Fuente: elaboración propia.

Nota: T-10 = tortilla + 10% harina *B. alicastrum*; T-20 = tortilla + 20% harina *B. alicastrum*; T-30 = tortilla + 30% harina *B. alicastrum*. Los resultados son promedios de tres repeticiones ± desviación estándar; valores con diferentes letras dentro de cada columna son significativamente diferentes a  $P \leq 0.05$ .

El perfil de aminoácidos es uno de los parámetros más importantes dentro de la evaluación de las tortillas adicionadas con harina de *B. alicastrum*. Los productos a base de cereales (como el caso de las tortillas) tienen lisina como el aminoácido más limitante, seguido del triptófano (Chuck-Hernández *et al.*, 2015). La incorporación

de harina de *B. alicastrum* afectó el contenido de aminoácidos (g/100 g de proteína) de las tortillas de maíz (cuadro 3). En la mayoría de los casos, las tortillas adicionadas con harina de *B. alicastrum* lograron un mayor contenido de aminoácidos respecto al control. Acorde con los requerimientos mínimos de aminoácidos esenciales según la FAO/WHO (1991) para infantes y preescolares se obtuvieron valores superiores para histidina (T-10), valina (T-20 y T-30), isoleucina (T-20 y T-30) y leucina (T-20 y T-30). El triptófano es considerado un aminoácido limitante en las tortillas de maíz nixtamalizado tradicionalmente y cubre 70% del requerimiento según la FAO/WHO (Waliszewski *et al.*, 2002). Tras la adición de harina de *B. alicastrum* a las tortillas, el contenido de triptófano aumentó respecto al control, por lo que excedió los requerimientos de este aminoácido para infantes según la FAO/OMS. La lisina y treonina fueron los aminoácidos limitantes para todas las tortillas al considerar un requerimiento para infantes de 5.8 y 3.4 g/100 g proteína respectivamente. La variación de los valores del contenido de aminoácidos en tortillas adicionadas con harina de *B. alicastrum* sería causado por las interacciones entre los aminoácidos y los componentes de la matriz de las mezclas de harinas y presentar cambios en las estructuras de las proteínas y a su vez formar complejos entre proteína-almidón, proteína-hemicelulosa y proteína-minerales (Ruíz-Ruíz *et al.*, 2008).

CUADRO 3

Composición de aminoácidos de tortillas de maíz adicionado con harina de *B. alicastrum* en diferentes niveles y requerimientos de la FAO (g/100 g proteína)

Aminoácido	Control	T-10	T-20	T-30	g/100 g proteína (FAO/WHO)
Ácido aspártico	0.82 ± 0.04 <sup>a</sup>	3.13 ± 0.21 <sup>d</sup>	2.46 ± 0.02 <sup>c</sup>	2.34 ± 0.02 <sup>b</sup>	
Ácido glutámico	1.84 ± 0.05 <sup>a</sup>	3.69 ± 0.14 <sup>c</sup>	2.64 ± 0.07 <sup>b</sup>	4.12 ± 0.19 <sup>d</sup>	
Serina	1.77 ± 0.15 <sup>b</sup>	3.37 ± 0.08 <sup>d</sup>	1.65 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.90 ± 0.03 <sup>c</sup>	
Histidina	1.42 ± 0.12 <sup>c</sup>	2.16 ± 0.04 <sup>d</sup>	0.96 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.17 ± 0.08 <sup>b</sup>	1.9
Glicina	1.14 ± 0.03 <sup>b</sup>	1.78 ± 0.08 <sup>d</sup>	1.10 ± 0.09 <sup>a</sup>	1.21 ± 0.03 <sup>c</sup>	
Treonina	1.61 ± 0.01 <sup>b</sup>	2.74 ± 0.53 <sup>d</sup>	1.40 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.64 ± 0.03 <sup>c</sup>	3.4
Arginina	16.30 ± 0.80 <sup>a</sup>	26.43 ± 1.43 <sup>d</sup>	16.63 ± 0.64 <sup>b</sup>	16.89 ± 0.10 <sup>c</sup>	
Alanina	1.62 ± 0.01 <sup>b</sup>	2.54 ± 0.36 <sup>d</sup>	1.46 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.85 ± 0.00 <sup>c</sup>	
Prolina	23.80 ± 0.82 <sup>c</sup>	25.61 ± 1.58 <sup>d</sup>	12.43 ± 0.72 <sup>a</sup>	13.53 ± 0.28 <sup>b</sup>	
Tirosina	2.17 ± 0.02 <sup>c</sup>	3.21 ± 0.83 <sup>d</sup>	1.49 ± 0.07 <sup>a</sup>	2.02 ± 0.12 <sup>b</sup>	
Valina	9.22 ± 0.83 <sup>b</sup>	5.20 ± 0.63 <sup>a</sup>	13.05 ± 0.18 <sup>d</sup>	11.20 ± 0.04 <sup>c</sup>	3.5
Metionina	0.73 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.25 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.18 <sup>d</sup>	0.89 ± 0.00 <sup>c</sup>	2.5
Cisteína	20.92 ± 0.87 <sup>b</sup>	11.85 ± 1.29 <sup>a</sup>	29.63 ± 2.27 <sup>d</sup>	25.41 ± 0.08 <sup>c</sup>	
Isoleucina	3.22 ± 0.09 <sup>c</sup>	1.44 ± 0.06 <sup>a</sup>	3.13 ± 0.01 <sup>b</sup>	3.58 ± 0.08 <sup>d</sup>	2.8
Leucina	9.55 ± 0.41 <sup>d</sup>	4.03 ± 0.03 <sup>a</sup>	7.62 ± 0.36 <sup>b</sup>	8.38 ± 0.75 <sup>c</sup>	6.6
Fenilalanina	2.78 ± 0.06 <sup>d</sup>	0.98 ± 0.07 <sup>a</sup>	2.14 ± 0.06 <sup>b</sup>	2.65 ± 0.07 <sup>c</sup>	3.6
Lisina	1.01 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.51 ± 0.17 <sup>d</sup>	1.12 ± 0.00 <sup>b</sup>	1.14 ± 0.01 <sup>c</sup>	5.8
Triptófano	0.72 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.45 ± 0.03 <sup>b</sup>	1.62 ± 0.03 <sup>c</sup>	1.92 ± 0.03 <sup>d</sup>	1.1

Fuente: elaboración propia.

Nota: T-10= tortilla + 10% harina *B. alicastrum*; T-20 = tortilla + 20% harina *B. alicastrum*; T-30 = tortilla + 30% harina *B. alicastrum*. Los resultados son promedios de tres repeticiones ± desviación estándar; valores con diferentes letras en cada fila son significativamente diferentes a  $P \leq 0.05$ .



### 2. 3. Contenido de CFT, FT y actividad antioxidante

La actividad antioxidante de una matriz alimentaria es determinada por las interacciones entre los diferentes compuestos bioactivos como los ácidos fenólicos y flavonoides, lo cual tienen diferentes mecanismos de reacción para retrasar o inhibir el deterioro oxidativo causado por radicales libres (Moo-Huchin *et al.*, 2019). En lo referente a este artículo, la adición de harina de *B. alicastrum* mejoró significativamente el contenido de CFT, FT y la actividad antioxidante de las tortillas de maíz (cuadro 4). Las tortillas adicionadas con harina de *B. alicastrum* aumentaron entre 4.0 y 8.0 veces el contenido de CFT, 1.3 veces el contenido de FT, entre 1.1 y 1.3 veces la actividad antioxidante DPPH y entre 2.0 y 3.3 veces la actividad antioxidante poder reductor ( $\text{Fe}^{3+}$  se reduce a  $\text{Fe}^{2+}$ ). En este sentido, Moo-Huchin *et al.* (2019) indican que la harina de *B. alicastrum* tiene alto contenido de ácido gálico, ácido clorogénico y ácido vanílico que contribuyen en su actividad antioxidante. Este hecho explica el mejoramiento de las propiedades antioxidantes de las tortillas de maíz. Por lo tanto, la harina de *B. alicastrum* sería una alternativa para que las tortillas otorguen un valor agregado y, además, se considere como un alimento funcional que ofrezca beneficios para la salud.

CUADRO 4

Contenido de CFT, FT y actividad antioxidante de tortillas de maíz adicionado con harina de *B. alicastrum* en diferentes niveles

Muestra	Compuestos fenólicos totales	Flavonoides totales	Actividad antioxidante	
	(mg EAG/100 g PS)	(mg EQ/100 g PS)	DPPH ( $\mu\text{M}$ trolox/100 g PS)	Poder reductor (mg ácido ascórbico/100 g PS)
Control	85.09 $\pm$ 5.77a	71.47 $\pm$ 0.64a	314.72 $\pm$ 20.68a	63.18 $\pm$ 3.77a
T-10	368.42 $\pm$ 1.92b	95.88 $\pm$ 1.28b	351.48 $\pm$ 15.24b	138.95 $\pm$ 2.74b
T-20	641.23 $\pm$ 57.66c	98.24 $\pm$ 1.28c	408.04 $\pm$ 8.71c	179.70 $\pm$ 4.11c
T-30	684.65 $\pm$ 20.18d	98.53 $\pm$ 0.64c	409.92 $\pm$ 10.88c	208.98 $\pm$ 14.05d

Fuente: elaboración propia.

Nota: EAG = equivalente al ácido gálico; EQ = equivalente a quercetina; T-10 = tortilla + 10% harina *B. alicastrum*; T-20 = tortilla + 20% harina *B. alicastrum*; T-30 = tortilla + 30% harina *B. alicastrum*. Los resultados son promedios de tres repeticiones  $\pm$  desviación estándar; valores con diferentes letras dentro de cada columna son significativamente diferentes a  $P \leq 0.05$ .

### 2. 4. Propiedades físicas

El color es el primer estímulo sensorial recibido por el consumidor, por lo que se considera una característica elemental para cualquier producto. En lo que respecta a este artículo, se reportan las coordenadas de color CIE obtenidas de la superficie de las tortillas, en donde,  $L^*$  es referente a la luminosidad (0 = negro y 100 = blanco),  $a^*$  va de verde a rojo y  $b^*$  va de azul a amarillo (cuadro 5). Asimismo, se reporta que las tortillas adicionadas con harina de *B. alicastrum* resultaron con una disminución de los valores de  $L^*$  y el ángulo de tono ( $^\circ\text{Hue}$ ), además del incremento de los valores de  $a^*$ ,  $b^*$  y cromaticidad. Conforme se incrementó la adición de harina de *B. alicastrum*, las tortillas de maíz presentaron una coloración marrón más oscura. Este cambio de coloración sería atribuible al fraccionamiento de tamaño de partícula de las harinas, que es un factor que debe tomarse en cuenta, ya que tiene influencia sobre el porcentaje de reflectancia de la harina, donde un menor tamaño de partícula origina mayor valor de reflectancia (Salinas-Moreno *et al.*, 2010). Además, la cantidad de compuestos fenólicos y al contenido de minerales presentes en la harina de *B. alicastrum* explicarían el desarrollo de la coloración marrón (Pérez-Pacheco *et al.*, 2014). El color marrón de las tortillas de maíz no representa una desventaja para su consumo, dado que en el mercado existen algunas marcas comerciales que tienen una coloración verde y oscura y son preferidas de forma considerable (Vázquez-Rodríguez *et al.*, 2013).

En otro resultado, la incorporación de la harina de *B. alicastrum* afectó significativamente las propiedades físicas de las tortillas (cuadro 6). El valor del esfuerzo a la ruptura de la tortilla resultó mayor para T-10 y T-20 respecto al control y T-30.

CUADRO 5  
Color de tortillas de maíz adicionado con harina de *B. alicastrum* en diferentes niveles

Muestra	$L^*$	$a^*$	$b^*$	°Hue	Cromaticidad
Control	82.19 ± 0.58d	0.97 ± 0.10a	20.10 ± 0.85a	87.22 ± 0.19c	20.12 ± 0.86a
T-10	69.38 ± 0.53c	5.20 ± 0.43b	23.67 ± 0.76b	77.62 ± 0.62b	24.23 ± 0.84b
T-20	64.98 ± 0.60b	5.65 ± 0.28bc	23.63 ± 0.51b	76.55 ± 0.43b	24.29 ± 0.55b
T-30	58.21 ± 0.90 <sup>a</sup>	6.22 ± 0.42c	22.73 ± 1.06b	74.67 ± 1.15a	23.57 ± 1.04b

Fuente: elaboración propia.

Nota: T-10 = tortilla + 10% harina *B. alicastrum*; T-20 = tortilla + 20% harina *B. alicastrum*; T-30 = tortilla + 30% harina *B. alicastrum*. Los resultados son promedios de tres repeticiones ± desviación estándar; valores con diferentes letras dentro de cada columna son significativamente diferentes a  $P \leq 0.05$ .

La adición de harina de *B. alicastrum* produjo que disminuyera el porcentaje de elongación y un aumento del módulo de Young's de la tortilla de maíz. Este hecho explica que las tortillas de maíz adicionado con harina de *B. alicastrum* sean menos elásticas y más rígidas que la tortilla control. Este fenómeno puede atribuirse al uso de gomas en la harina comercial de maíz, lo cual es un factor importante al momento de elaborar tortillas, ya que influyen en su calidad como la elasticidad, humedad de las tortillas, además de prolongar su vida útil y ser más flexibles después de su cocción (Sánchez-Sandoval y Vázquez-Chávez, 2018). Estos resultados concuerdan con la rolabilidad, cuya medida subjetiva proporciona información sobre la calidad de las tortillas para formar un taco sin romperse. Cuando se incorporó 30% de harina de *B. alicastrum*, se consiguió un valor más bajo de rolabilidad respecto al control, donde alrededor de 50% de las tortillas se rompieron y con un grado de inflado medio. Las tortillas control T-10 y T-20 exhibieron características deseables respecto a rolabilidad (valores alrededor de 1) y completamente inflados. El grado de inflado de las tortillas fue el parámetro menos afectado, quizás se deba a la gelatinización del almidón de la harina de *B. alicastrum* durante la cocción, que contribuye que las tortillas no sean muy permeables, reteniendo al vapor de agua para la formación de la ampolla (Arámbula-Villa *et al.*, 2001).

La pérdida de peso después de la cocción es un parámetro importante desde el punto de vista comercial en el rendimiento de las tortillas. El rango de la pérdida de peso de las tortillas que se acepta como adecuado debe oscilar entre 16 y 20% (Arámbula-Villa *et al.*, 2001). Con base en los resultados, la pérdida de peso por cocción no mostró diferencias significativas entre las tortillas.

Finalmente, la adición de harina de *B. alicastrum* no provocó cambios en los valores de espesor y diámetro de tortillas, lo que significa que el producto resultó uniforme.

CUADRO 6  
Propiedades físicas de tortillas de maíz adicionado con harina de *B. alicastrum* en diferentes niveles

Muestra	Esfuerzo a la ruptura (KPa)	Elongación (%)	Módulo Young's (KPa)	Espesor (mm)
Control	57.11 ± 2.25b	9.26 ± 0.54d	886.40 ± 36.62a	1.07 ± 0.01a
T-10	133.68 ± 2.38d	8.00 ± 0.42c	1945.40 ± 126.63c	1.11 ± 0.04a
T-20	117.83 ± 11.40c	5.67 ± 0.55b	2900.59 ± 445.85d	1.11 ± 0.02a
T-30	23.22 ± 1.36a	2.55 ± 0.10a	1409.00 ± 117.78b	1.10 ± 0.01a
Muestra	Diámetro (cm)	Pérdida por cocción (%)	Rolabilidad <sup>A</sup>	Inflado <sup>B</sup>
Control	12.37 ± 0.12a	30.41 ± 0.61a	1.13 ± 0.06a	1.53 ± 0.06a
T-10	12.30 ± 0.00a	31.58 ± 0.44a	1.13 ± 0.06a	1.57 ± 0.06a
T-20	12.40 ± 0.10a	32.26 ± 1.09a	1.33 ± 0.06b	1.58 ± 0.07a
T-30	12.47 ± 0.06a	31.33 ± 0.58a	2.97 ± 0.06c	1.93 ± 0.12b

Nota: T-10 = tortilla + 10% harina *B. alicastrum*; T-20 = tortilla + 20% harina *B. alicastrum*; T-30 = tortilla + 30% harina *B. alicastrum*. Los resultados son promedios de tres repeticiones ± desviación estándar; valores con diferentes letras dentro de cada columna son significativamente diferentes a  $P \leq 0.05$ . <sup>A</sup>Rolabilidad: 1 a 5 (1 = 0% rotura, 2 = 25% de rotura, 3 = 50% de rotura, 4 = 75% de rotura, 5 = 100% de rotura). <sup>B</sup>Inflado: 1 a 3 [1 = completamente inflado (70-100%), 2 = inflado medio (30-70%), 3 = no inflado (0-30%)].

## CONCLUSIONES

La incorporación de harina de *B. alicastrum* a la harina comercial de maíz afectó significativamente las propiedades tecnológicas funcionales de las mezclas de harina (IAA e ISA). En el aspecto nutricional, las tortillas adicionadas con harina de *B. alicastrum* obtuvieron mayor contenido de cenizas, fibra soluble y proteína total. Las tortillas de maíz enriquecidas con harina de *B. alicastrum* mostraron un aumento en el contenido de CFT, FT, actividad antioxidante, así como una coloración más marrón. Los valores del contenido de aminoácidos (triptófano, histidina, valina, isoleucina y leucina) de tortillas enriquecidas resultaron superiores a las tortillas control. La incorporación de 10 y 20% de harina de *B. alicastrum* produjo mayor resistencia a la ruptura y menos deformación de las tortillas; sin embargo, mantuvo sus características de rolabilidad e inflado respecto al control.

La harina de *B. alicastrum* es una alternativa para la fortificación de tortillas de maíz debido a su valor nutricional y funcional manteniendo la calidad del producto, opción que resultaría atractiva para la industria alimentaria.

## PROSPECTIVA Y SUGERENCIAS

En México el maíz es considerado como el principal grano alimenticio que se importa para satisfacer los requerimientos la población; cualquier alteración de la oferta internacional significaría un riesgo de la seguridad alimentaria. Las tendencias actuales se han encaminado hacia el uso de materias primas no tradicionales de bajo costo que representen un valor agregado a sus fuentes originales y a los procesos de los cuales se elabora. El uso de ingredientes no tradicionales de la región es una opción de recurso disponible, económicamente viable y capaz de mejorar la seguridad alimentaria, como es el caso del fruto de *B. alicastrum*. No obstante, para su aprovechamiento se requiere el conocimiento de su cultivo, manejo, calidad y de la aplicación adecuada de la tecnología de alimentos. En la península de Yucatán, México, se han realizado esfuerzos por valorar las semillas de *B. alicastrum* como una alternativa de alimentación para combatir el hambre y se ha propuesto como una opción para sustituir a los granos importados por su alto valor nutricional y funcional, además de aprovecharse para el desarrollo de productos alimenticios como la tortilla. En el tema de prospectiva, las tortillas de maíz adicionadas con harina de *B. alicastrum* contribuyen en el interés por desarrollar nuevos productos alimenticios que ayuden a mejorar la salud de los consumidores.

La fortificación de las tortillas de maíz con harina de *B. alicastrum* en la formulación propuesta en este artículo representa una alternativa de mejora nutricional y antioxidante para este producto manteniendo su calidad. La información obtenida es fundamental para el manejo, procesamiento y fabricación de tortillas fortificadas en un nivel industrial sin causar un aumento en los costos de producción.

En estudios futuros se sugiere optimizar una mezcla de harinas (incluyendo *B. alicastrum*) para la elaboración de tortillas enriquecidas con mayor contenido de proteína y compuestos fenólicos utilizando un diseño simple-centroide. Aunado a lo anterior, se sugiere un estudio sobre la evaluación del índice glucémico, digestibilidad de proteínas y almidón de las tortillas adicionadas con harina de *B. alicastrum*. Toda esta información contribuye a generar más evidencias científicas que promuevan el potencial de la harina de *B. alicastrum*, extender su cultivo y difundir sus propiedades.

## REFERENCIAS

Anderson, R. A. (1982). Water absorption and solubility and amylograph characteristics of roll-cooked small grain products. *Cereal Chemistry*, 59(4), 265-269.

- Anton, A. A., Ross, K. A., Lukow, O. M., Fulcher, R. G., & Arntfield, S. D. (2008). Influence of added bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.) on some physical and nutritional properties of wheat flour tortillas. *Food Chemistry*, 109(1), 33-41.
- AOAC. (1997). *Official methods of analysis* (15th ed.). USA: Association of Analytical Chemists.
- Arámbula-Villa, G., Barrón-Ávila, L., González-Hernández, J., Moreno-Martínez, E., & Luna-Bárceñas, 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*, 51(2), 187-194.
- Bello-Pérez, L. A., Osorio-Díaz, P., Agama-Acevedo, E., & González-Soto, R. A. (2016). Functional and beneficial properties of corn tortilla. In *Functional Properties of Traditional Foods* (pp. 139-155). Boston: Springer.
- Can-Cauich, C. A., Sauri-Duch, E., Betancur-Ancona, D., Chel-Guerrero, L., González-Aguilar, G. A., Cuevas-Glory, L. F., & Moo-Huchin, V. M. (2017). Tropical fruit peel powders as functional ingredients: Evaluation of their bioactive compounds and antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 37, 501-506.
- Chuck-Hernández, C., Perez-Carrillo, E., Soria-Hernández, C., & Serna-Saldívar, S. O. (2015). Functionality and organoleptic properties of maize tortillas enriched with five different soybean proteins. *Cereal Chemistry*, 92(4), 341-349.
- Contreras-Jiménez, B., Morales-Sánchez, E., Reyes-Vega, M. L., & Gaytán-Martínez, M. (2014). Propiedades funcionales de harinas de maíz nixtamalizado obtenidas por extrusión a baja temperatura. *CyTA-Journal of Food*, 12(3), 263-270.
- Domínguez-Zarate, P. A., García-Martínez, I., Güemes-Vera, N., & Totosaus, A. (2019). Textura, color y aceptación sensorial de tortillas y pan producidos con harina de ramón (*Brosimum alicastrum*) para incrementar la fibra dietética total. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 20(3), 699-719.
- FAO/WHO. (1991). Protein quality evaluations. Report of joint FAO/WHO expert consultation. *Food and nutrition*, 51. Rome: Food Agriculture Organization and the World Health Organization.
- Flores-Farías, R., Martínez-Bustos, F., Salinas-Moreno y Ríos, E. (2002). Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*, 36, 557-567.
- Gasca-Mancera, J. C. y Casas-Alencáster, N. B. (2007). Adición de harina de maíz nixtamalizado a masa fresca de maíz nixtamalizado. Efecto en las propiedades texturales de masa y tortilla. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 6(3), 317-328.
- GRAS report (2007). Maya nut (*Brosimum alicastrum*) and maya nut-derived ingredients for use in traditional foods (1-46 pp). Retrieved from [https://www.doc-developpement-durable.org/file/Huiles-vegetales-noix/Fiches\\_plantes/noyer%20maya%20-%20Brosimum%20alicastrum/MAYANUTGRASSTUDY.pdf](https://www.doc-developpement-durable.org/file/Huiles-vegetales-noix/Fiches_plantes/noyer%20maya%20-%20Brosimum%20alicastrum/MAYANUTGRASSTUDY.pdf)
- Liu, T., Hou, G. G., Book, S. L., & Marquart, L. (2016). Effects of chemical leavening system and processing conditions on the opacity and other quality characteristics of whole-wheat flour tortillas. *LWT-Food Science and Technology*, 73, 123-130.
- Moo-Huchin, V. M., Cabrera-Sierra, M. J., Estrada-León, R. J., Ríos-Soberanis, C. R., Betancur-Ancona, D., Chel-Guerrero, L., & Pérez-Pacheco, E. (2015). Determination of some physicochemical and rheological characteristics of starch obtained from *Brosimum alicastrum* Swartz seeds. *Food Hydrocolloids*, 45, 48-54.
- Moo-Huchin, V. M., Canto-Pinto, J. C., Cuevas-Glory, L. F., Sauri-Duch, E., Pérez-Pacheco, E., & Betancur-Ancona, D. (2019). Effect of extraction solvent on the phenolic compounds content and antioxidant activity of Ramon nut (*Brosimum alicastrum*). *Chemical Papers*, 73(7), 1647-1657.

- Moo-Huchin, V. M., Estrada-Mota, I., Estrada-León, R., Cuevas-Glory, L., Ortiz-Vázquez, E., y Vargas, M. D. L. V., & Sauri-Duch, E. (2014). Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry*, *152*, 508-515.
- Ozer, H. K. (2017). Phenolic compositions and antioxidant activities of Maya nut (*Brosimum alicastrum*): Comparison with commercial nuts. *International Journal of Food Properties*, *20*(11), 2772-2781.
- Páramo-Calderón, D. E., Aparicio-Saguilán, A., Aguirre-Cruz, A., Carrillo-Ahumada, J., Hernández-Uribe, J. P., Acevedo-Tello, S., & Torruco-Uco, J. G. (2019). Tortilla added with *Moringa oleifera* flour: Physicochemical, texture properties and antioxidant capacity. *LWT-Food Science and Technology*, *100*, 409-415.
- Pérez-Pacheco, E., Moo-Huchin, V. M., Estrada-León, R. J., Ortiz-Fernández, A., May-Hernández, L. H., Ríos-Soberanis, C. R., & Betancur-Ancona, D. (2014). Isolation and characterization of starch obtained from *Brosimum alicastrum* Swartz Seeds. *Carbohydrate Polymers*, *101*, 920-927.
- Rendón-Villalobos, R., Ortiz-Sánchez, A., Solorza-Feria, J., & Trujillo-Hernández, C. A. (2012). Formulation, physicochemical, nutritional and sensorial evaluation of corn tortillas supplemented with chia seed (*Salvia hispanica* L.). *Czech Journal of Food Sciences*, *30*(2), 118-125.
- Ríos-Soberanis, C. R., Moo-Huchin, V. M., Estrada-Leon, R. J., & Perez-Pacheco, E. (2016). Comparative analysis between corn and ramon (*Brosimum alicastrum*) starches to be used as sustainable bio-based plastics. *International Journal of Chemical and Molecular Engineering*, *10*(2), 211-214.
- Ruíz-Ruíz, J., Martínez-Ayala, A., Drago, S., González, R., Betancur-Ancona, D., & Chel-Guerrero, L. (2008). Extrusion of a hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and quality protein maize (*Zea mays* L.) flour blend. *LWT-Food Science and Technology*, *41*(10), 1799-1807.
- Saldívar, S. S., & Chuck-Hernández, C. (2016). Tortillas. In *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 319-325). United Kingdom: Elsevier.
- Salinas-Moreno, Y., Gómez-Montiel, N. O., Cervantes-Martínez, J. E., Sierra-Macías, M., Palafox-Caballero, A., Betanzos-Mendoza, E., & Coutiño-Estrada, B. (2010). Calidad nixtamalera y tortillera en maíces del trópico húmedo y sub-húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *1*(4), 509-523.
- Sánchez-Sandoval, D., & Vázquez-Chávez, L. (2018). Vida de anaquel de tortillas de maíz nixtamalizado. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de alimentos*, *3*, 17-22.
- Subiria-Cueto, R., Larqué-Saavedra, A., Reyes-Vega, M. L., De la Rosa, L. A., Santana-Contreras, L. E., Gaytán-Martínez, M., & Martínez-Ruiz, N. R. (2019). *Brosimum alicastrum* Sw. (Ramón): An alternative to improve the nutritional properties and functional potential of the wheat flour tortilla. *Foods*, *8*(12), 613.
- Treviño-Mejía, D., Luna-Vital, D. A., Gaytán-Martínez, M., Mendoza, S., & Loarca-Piña, G. (2016). Fortification of commercial nixtamalized maize (*Zea mays* L.) with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) increased the nutritional and nutraceutical content of tortillas without modifying sensory properties. *Journal of Food Quality*, *39*(6), 569-579.
- Vázquez-Rodríguez, J. A., Amaya-Guerra, C. A., Báez-González, J. G., Núñez-González, M. A., & Figueroa-Cárdenas, J. D. (2013). Study of the fortification with bean and amaranth flours in nixtamalized maize tortilla. *CyTA-Journal of Food*, *11*, 62-66.
- Waliszewski, K. N., Padio, V., & Carreon, E. (2002). Physicochemical and sensory properties of corn tortillas made from nixtamalized corn flour fortified with spent soymilk residue (okara). *Journal of Food Science*, *67*(8), 3194-3197.