

## INNOVACIÓN EN ALIMENTOS TRADICIONALES: FORTIFICACIÓN DE TORTILLAS CON MAICES NATIVOS Y *Jatropha curcas* L., COMESTIBLE

### INNOVATION IN TRADITIONAL FOODS: FORTIFICATION OF TORTILLAS WITH NATIVE CORN AND *Jatropha curcas* L., EDIBLE

Argüello-García, E<sup>1</sup>; Castillo-Zamudio, R.I<sup>1</sup>; Pérez-Vázquez, A;<sup>1</sup> Hernández-Zárte, G<sup>1</sup>; Martínez-Herrera, J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Carretera Xalapa Veracruz 140, C.P. 91700 Veracruz.*

<sup>2</sup>*Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, 95005 Zongolica, Veracruz.*

\* E-mail: [rosychely@colpos.mx](mailto:rosychely@colpos.mx)

Fecha de envío: 19, mayo, 2025

Fecha de publicación: 20, septiembre, 2025

#### Resumen

Ante la creciente preocupación por la malnutrición y la pérdida de biodiversidad alimentaria en regiones rurales de México, esta investigación tuvo como objetivo desarrollar y caracterizar productos alimenticios de consumo humano elaborados con semillas de *J. L.*, comestible como estrategia de fortificación y de conservación del recurso genético. El estudio se llevó a cabo de febrero a octubre del 2024 en comunidades de los municipios de Papantla y de la Sierra en las Altas Montañas del estado de Veracruz. Las formulaciones y análisis se realizaron en el Laboratorio de Alimentos del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Se elaboraron seis tratamientos experimentales a partir de dos variedades de maíz nativo (Ratón y Chiquito) y harina nixtamalizada comercial, sustituyendo el 15 % con harina desgrasada de *J. curcas*. Se aplicaron análisis químicos proximal conforme a métodos oficiales AOAC y se evaluaron sensorialmente las tortillas con 150 consumidores del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, empleando una escala hedónica de siete puntos y un diseño de bloques incompletos balanceado. Los resultados mostraron que la harina desgrasada de *J. curcas* presentó un contenido proteico del 52.07 %, significativamente superior al de las harinas de maíz (9–10 %;  $p < 0.05$ ), lo cual permitió elevar el contenido proteico de las tortillas fortificadas hasta 16.72 %, además de mejorar su contenido de minerales (cenizas) sin afectar la aceptabilidad sensorial. El tratamiento con mayor aprobación fue el 210 (85 % maíz variedad Chiquito y 15 % *J. curcas*), destacando en sabor y textura. Se concluye que la inclusión del 15 % de harina desgrasada de *J. curcas* es nutricional y sensorialmente viable, constituyendo una alternativa funcional y culturalmente pertinente para contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria en comunidades vulnerables.

**Palabras clave:** Soberanía alimentaria, nutrición, malnutrición, seguridad alimentaria.

## Abstract

Given the growing concern about malnutrition and the loss of food biodiversity in rural regions of Mexico, this research aimed to develop and characterize food products for human consumption made with *J. curcas* L. seeds, an edible fortification strategy and for the conservation of genetic resources. The study was conducted from february to october 2024 in communities in the municipalities of Papantla and de la Sierra in the High Mountains of the state of Veracruz. The formulations and analyses were carried out in the Food Laboratory of the Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Six experimental treatments were developed from two varieties of native corn (Ratón and Chiquito) and commercial nixtamalized flour, replacing 15 % with defatted *J. curcas* flour. Proximate chemical analyses were applied according to official AOAC methods, and the tortillas were sensorially evaluated by 150 consumers from the Instituto Tecnológico Superior de Huatusco using a seven-point hedonic scale and a balanced incomplete block design. The results showed that the defatted *J. curcas* flour had a protein content of 52.07 %, significantly higher than that of corn flour (9-10%;  $p < 0.05$ ), which allowed the protein content of the fortified tortillas to be increased to 16.72 %; in addition to improving their mineral (ash) content without affecting sensory acceptability. The most approved treatment was 85 % Chiquito corn and 15 % *J. curcas*, which stood out in flavor and texture. It is concluded that the inclusion of 15 % defatted *J. curcas* flour is nutritionally and sensorially viable, constituting a functional and culturally relevant alternative to contribute to food security and sovereignty in vulnerable communities.

**Keywords:** Food sovereignty, nutrition, malnutrition, food security.

## INTRODUCCIÓN

México atraviesa una profunda transformación en sus patrones alimentarios, determinada por procesos socioeconómicos, demográficos y culturales que han incidido de forma directa en el estado de salud de su población (Sánchez et al., 2022). Esto ha contribuido al deterioro de los hábitos alimentarios, en un contexto donde se agravan las deficiencias de micronutrientes y se incrementan enfermedades metabólicas (obesidad, la diabetes y la hipertensión) y la malnutrición (Naranjo et al., 2020). La desnutrición infantil continúa afectando el crecimiento y desarrollo de niñas y niños en edad escolar, mientras que el acceso a una alimentación equilibrada se ve limitado por factores estructurales y económicos (Naranjo et al., 2020). El estado de Veracruz ejemplifica esta crisis: ya que ocupa el segundo lugar nacional en prevalencia de desnutrición. De acuerdo con el CONEVAL (2024), cerca del 88 % de los más de 8 millones de veracruzanos no tenían acceso diario a alimentos esenciales como frutas, verduras y fuentes de proteína animal.

Frente a esta situación, la recuperación de sistemas alimentarios tradicionales mediante procesos que integran saberes ancestrales e innovación tecnológica se convierte en una estrategia para el desarrollo de dietas más saludables, sostenibles y culturalmente pertinentes (López-Hernández et al., 2024). El uso de maíces nativos, por su diversidad genética y adaptabilidad a condiciones agroecológicas locales, no solo permite conservar el patrimonio biocultural, sino que también refuerza la autonomía alimentaria de las comunidades rurales (Reza et al., 2024).

En este marco, la incorporación de cultivos alternativos como *J. curcas*, comestible, representa una alternativa prometedora para la fortificación de alimentos básicos. Esta semilla, con alto contenido proteico, ha sido subutilizada en la alimentación humana, a pesar de su potencial para diversificar la dieta y mejorar su perfil nutricional (Argüello et al., 2017).

La presente investigación tiene como objetivo desarrollar y caracterizar productos alimenticios de consumo humano elaborados a base de razas de maíz nativo adicionados con harina de semillas de *J. curcas* L., comestible como estrategia de fortificación y de conservación del recurso genético en comunidades del municipio de Papantla, Veracruz, en diferentes formulaciones alimenticias. De las razas de maíz nativo destacan el Cónico, Comiteco y elotes, cuyas características fenológicas sobresalientes como el color de grano podrían asociarse a perfiles nutricionales aún no documentados.

Por ello, esta propuesta de investigación plantea responder la siguiente pregunta: ¿Cómo influye la incorporación de harina desgrasada de *J. curcas* L. en el valor nutricional de tortillas elaboradas con maíces nativos? ¿Cuál será el grado de aceptación organoléptica de las tortillas de maíz elaboradas con semilla de *J. curcas*?

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo durante el periodo de febrero a octubre del 2024 en comunidades rurales del municipio de Papantla, Veracruz, una región ubicada en el norte del estado, caracterizada por un clima cálido subhúmedo, con temperaturas promedio de 24-28 °C y una altitud de 80–120 m.s.n.m. (Sistema de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz, 2021). Se realizaron recorridos de

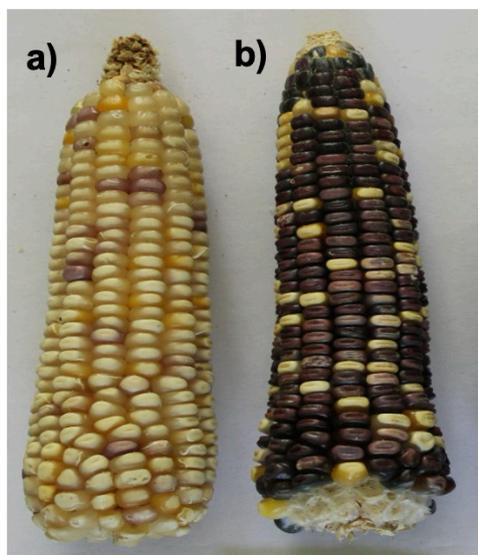
campo para identificar y contactar a informantes clave, con el objetivo de localizar productores que conservaran conocimientos sobre el uso tradicional del piñón. Se recolectaron frutos maduros en estado fisiológico óptimo. Posteriormente, se descascararon y las semillas se deshidrataron al sol durante 16 horas, para su posterior almacenamiento.

### **Elaboración de las harinas**

Las semillas comestibles de piñón, originarias de la comunidad de Pueblillo, fueron seleccionadas por ser comestibles y con alto contenido de proteínas. Las almendras se obtuvieron retirando la testa, luego se molieron en seco y se desgrasaron mediante extracción sólida, siguiendo la metodología descrita por (Argüello et al., 2017). La harina resultante se almacenó en condiciones secas su posterior uso.

### **Selección de maíces nativos**

Se emplearon dos razas de maíz nativo cultivadas en la región de las Altas Montañas de Veracruz, variedad Ratón (amarillo) y Chiquito (azul) previamente identificadas por investigadores del Colegio de Postgraduados y del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Estas razas fueron seleccionadas por su adaptabilidad local, resistencia a condiciones edafoclimáticas adversas y valor cultural (Ramírez et al., 2024). Las semillas fueron adquiridas directamente de productores conservacionistas (Figura 1).



**Figura 1.** Maíces nativos: a) Chiquito, b) Ratón

**Figure 1.** Native corn: a) Chiquito, b) Ratón

## Desarrollo de formulaciones y preparación de tortillas

En el Laboratorio de Alimentos del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, se desarrollaron seis formulaciones experimentales de tortillas con dos variedades de maíz nativo (Ratón y Chiquito) y harina comercial fortificadas al 15% con harina de *J. curcas desgrasada* (Cuadro 1). Las proporciones de las mezclas fueron ajustadas considerando los requerimientos energéticos y proteicos de la población objetivo.

La preparación de las tortillas se realizó mediante el proceso tradicional de nixtamalización, siguiendo la metodología propuesta por (Ramirez-Rivera et al., 2024), con algunas modificaciones. Para ello, se hirvieron 5 kg de maíz (Chiquito y Ratón) en 3 L de agua con 50 g de cal (CaO al 1%) durante 30 minutos. Las tortillas se cocieron sobre un comal de acero inoxidable precalentado a una temperatura de 220-250 °C, durante aproximadamente 60 segundos por lado. Una vez cocidas, las tortillas se enfriaron a temperatura ambiente, se empacaron en bolsas de polietileno grado alimenticio y fueron almacenadas en refrigeración (4 °C) hasta su análisis.

**Cuadro 1.** Formulación de harinas de maíz nixtamalizado (variedades Ratón, Chiquito, *J. curcas* L. y comercial) para tortillas fortificadas.

**Table 1.** Formulation of nixtamalized corn flours (Ratón, Chiquito, *J. curcas* L., and commercial varieties) fortified tortillas.

| Tratamiento | Harina   |
|-------------|--|
| 980         | 100 % Maíz nixtamalizado variedad Ratón                                      |
| 365         | 85 % Maíz nixtamalizado variedad Ratón /15 % <i>J. curcas</i> desgrasada     |
| 198         | 100 % Maíz nixtamalizado variedad Chiquito                                   |
| 210         | 85 % Maíz nixtamalizado variedad Chiquito /15% <i>J. curcas</i> desgrasada   |
| 470         | 100 % Harina nixtamalizada comercial   |
| 630         | 85 % Harina nixtamalizada comercial Maseca /15 % <i>J. curcas</i> desgrasada |

La determinación de la composición química proximal de las harinas y tortillas fortificadas se realizó mediante métodos analíticos oficiales establecidos por la AOAC (1990). Cada análisis se efectuó por triplicado (n = 3) por formulación, a fin de garantizar la reproducibilidad de los datos y permitir el uso de pruebas

estadísticas paramétricas como ANOVA, bajo el supuesto de normalidad y homogeneidad de varianzas.

- Humedad: secado en estufa a 105 °C hasta peso constante.
- Proteínas: por determinación de nitrógeno total (método Kjeldahl), multiplicado por el factor de conversión 6.25.
- Grasas: extracción por solvente en sistema continuo (Método Soxhlet).
- Cenizas: calcinación en mufla a 550 °C.
- Carbohidratos totales: estimados por diferencia, como extracto libre de nitrógeno (ELN).

### **Análisis sensorial**

El análisis sensorial se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Participaron 150 consumidores no entrenados, seleccionados por disponibilidad y consentimiento informado. Para controlar posibles sesgos durante la evaluación sensorial, las muestras fueron codificadas aleatoriamente con números de tres dígitos y presentadas en orden aleatorio a cada participante. Las pruebas se realizaron en un espacio con condiciones controladas de iluminación y temperatura, y se proporcionaron instrucciones estandarizadas a todos los evaluadores para asegurar la uniformidad del procedimiento.

Se empleó un Diseño de Bloques Incompletos Balanceado (BIBD) con 10 bloques, donde cada participante evaluó 2 de las 6 muestras, totalizando 50 evaluaciones por tratamiento. Se utilizó una escala hedónica de 7 puntos (1 = “me disgustó extremadamente”; 7 = “me gustó extremadamente”) para los atributos: apariencia, color, sabor, sabor residual y textura (López-Hernández et al., 2024).

### **Análisis estadístico**

Los datos del análisis químico fueron procesados con el software RStudio, mientras que los datos sensoriales fueron analizados mediante XLSTAT. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey para la comparación de medias con un nivel de significancia de  $p \leq 0.05$ .

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Durante los recorridos de campo se encontró *J. curcas*, conocida localmente como "Piñón", es una planta de relevancia cultural y agrícola en las comunidades

visitadas. Se observaron cultivos con alturas de entre 0 y 5 m y edades que oscilan entre 0 y 10 años. Su uso principal fue como cerco vivo (51.9 %) y como sombra (25.9 %). Además, se identificó su asociación con otros cultivos como vainilla, guanábana y limón, lo que refuerza un enfoque diversificado que beneficia la biodiversidad y promueve prácticas agrícolas sostenibles.

En relación con su uso tradicional, el 37 % de los entrevistados mencionó aplicaciones medicinales, mientras que su consumo en platillos como pulacres y mole rojo en pipián fue reportado entre una y cinco veces al año, principalmente durante festividades religiosas como el Día de Muertos y Semana Santa.

### **Análisis químico proximal**

Las harinas analizadas mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en el análisis de varianza y en la prueba de comparación de medias (Cuadro 2). La harina entera de *J. curcas* presentó un contenido de humedad de  $4.56 \pm 0.10$  %, significativamente menor que el de las otras muestras. Este valor contrastó con los valores de humedad de la harina desgrasada ( $8.51 \pm 0.06$  %) y las harinas de maíz Ratón ( $7.48 \pm 0.14$  %) y Chiquito ( $8.12 \pm 0.11$  %). Este reducido contenido de humedad en la harina entera se atribuye a su elevada concentración de lípidos (61.67 %), ya que los compuestos lipídicos, por su naturaleza hidrofóbica, disminuyen la capacidad de retención de agua en la matriz alimentaria (Aruchunan et al., 2025).

El contenido de proteína varió significativamente entre tratamientos. Las harinas de maíz nativo de las variedades Ratón y Chiquito presentaron valores de  $9.75 \pm 0.01$  % y  $9.93 \pm 0.09$  %, respectivamente, las cuales se encuentran dentro del rango reportado para maíces nativos, que oscila entre 7 % y 12 % (Chan et al., 2020). Esta variabilidad en la concentración proteica puede atribuirse a factores intrínsecos, como la estructura del endospermo y la base genética de cada variedad, así como a factores extrínsecos relacionados con el manejo agronómico, las condiciones edafoclimáticas y las prácticas de cultivo empleadas (Broa et al., 2019).

La harina desgrasada de piñón presentó un contenido de proteína de  $52.07 \pm 0.39$  %, superior al  $22.06 \pm 0.53$  % observado en la harina entera. Este aumento se debe a la reducción de la fracción lipídica durante el proceso de extracción, lo que eleva la proporción relativa de proteína. Los valores obtenidos concuerdan con lo reportado por Corzo et al. (2022) y Sánchez et al. (2019). En comparación con las harinas de

maíz nativo, este contenido es aproximadamente 5.5 veces mayor, lo que respalda su potencial como ingrediente funcional en la fortificación de alimentos tradicionales como la tortilla.

**Cuadro 2.** Análisis químico Proximal de las harinas evaluadas durante mayo-julio 2024.

**Table 2.** Proximal chemical analysis of the flours evaluated during May-July 2024.

| Tratamientos (Harinas)         | Humedad (%)            | Proteína (%)            | Ceniza (%)             | Lípidos (%)             |
|--------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| <i>J. curcas</i> entera        | 4.56±0.01 <sup>b</sup> | 22.06±0.53 <sup>b</sup> | 3.40±0.05 <sup>b</sup> | 61.67±0.56 <sup>a</sup> |
| <i>J. curcas</i> de desgrasada | 8.51±0.06 <sup>a</sup> | 52.07±0.39 <sup>a</sup> | 9.40±0.44 <sup>a</sup> | 1.18±0.15 <sup>d</sup>  |
| Maíz variedad Ratón            | 7.48±0.14 <sup>c</sup> | 9.75±0.01 <sup>c</sup>  | 1.65±0.02 <sup>d</sup> | 3.83±0.23 <sup>b</sup>  |
| Maíz variedad Chiquito         | 8.12±0.11 <sup>a</sup> | 9.93±0.09 <sup>c</sup>  | 1.48±0.05 <sup>d</sup> | 2.84±0.02 <sup>c</sup>  |

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).

En cuanto al contenido lipídico, la harina entera de *J. curcas* presentó el valor más elevado ( $61.67 \pm 0.56 \%$ ), lo que confirma su naturaleza oleaginosa, en concordancia con lo reportado por Herrera et al. (2016), quienes documentaron concentraciones de lípidos entre 55 % y 65 % en semillas enteras. Posterior al proceso de extracción de lípidos, la harina desgrasada mostró un contenido residual de solo  $1.18 \pm 0.15 \%$ , lo que evidencia la eficiencia del procedimiento de desgrasado. Por su parte, las harinas de maíz registraron contenidos lipídicos en el rango de 2.84 % a 3.83 %, valores acordes con los esperados para cereales, según Chan et al. (2020).

En el análisis bromatológico de las tortillas elaboradas con diferentes formulaciones de harina, se observaron incrementos significativos ( $p \leq 0.05$ ) en la mayoría de los parámetros nutricionales, con excepción del contenido de lípidos (Cuadro 3). La incorporación de un 15 % de harina desgrasada de *J. curcas* resultó en un aumento notable en el contenido proteico, pasando de aproximadamente 10 % en las tortillas control a un valor de hasta 16 %. De igual forma, el contenido de cenizas se incrementó de 1 % a 1.5 %, reflejando un mayor aporte de minerales.

Los valores de humedad se mantuvieron dentro del intervalo establecido para tortillas nixtamalizadas (35-50 %), conforme a lo reportado por Salazar et al. (2020). Cabe señalar que este parámetro está influenciado por diversos factores, entre ellos el tipo de maíz empleado y las condiciones específicas del proceso de nixtamalización, como el tiempo de cocción y el reposo del nixtamal (Colín et al., 2020). Estos resultados evidencian el potencial de la harina desgrasada de *J. curcas* como ingrediente funcional para la fortificación de productos tradicionales sin comprometer su composición tecnológica.

La tortilla elaborada con una sustitución del 15 % de harina desgrasada de piñón presentó un contenido de humedad en el rango de 41.41-42.18 %, comparable con los valores reportados en tortillas de maíz fortificadas con garbanzo hidrolizado (Acevedo-Martínez, 2021).

La tortilla correspondiente al tratamiento (210), formulada con 85% maíz nixtamalizado variedad Chiquito y 15 % de sustitución por harina desgrasada de *J. curcas*, presentó el mayor contenido de proteína ( $16.72 \pm 0.03$  %), superando significativamente su tratamiento control (198), elaborado con 100 % de harina de maíz nixtamalizado Chiquito, que registró solo  $10.32 \pm 0.05$  %. Este valor proteico también fue superior al reportado por Salazar et al. (2020) en tortillas fortificadas con un 25 % de harina de frijol blanco, lo que destaca el potencial de *J. curcas* como ingrediente funcional en la mejora del perfil nutricional de alimentos tradicionales.

**Cuadro 3.** Composición química proximal de tortillas elaboradas con dos variedades de maíz nativo nixtamalizado (Ratón y Chiquito) y harina comercial, fortificadas con 15 % de harina desgrasada de *J. curcas*.

**Table 3.** Proximate chemical composition of tortillas made with two varieties of native nixtamalized corn (Ratón and Chiquito) and commercial flour, fortified with 15 % defatted *J. curcas* flour.

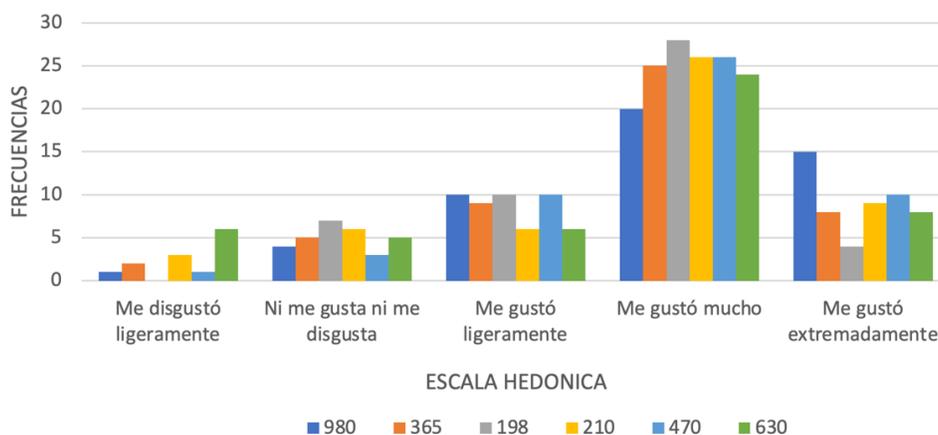
| Tratamientos | Humedad (%)        | Proteína (%)       | Ceniza (%)        | Lípidos (%)       |
|--------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 980          | $40.02 \pm 0.05^b$ | $10.32 \pm 0.05^d$ | $1.60 \pm 0.01^b$ | $3.10 \pm 0.00^e$ |
| 365          | $41.41 \pm 0.00^a$ | $16.37 \pm 0.17^b$ | $2.87 \pm 0.05^a$ | $3.20 \pm 0.00^d$ |
| 198          | $41.53 \pm 0.58^a$ | $10.54 \pm 0.09^d$ | $1.55 \pm 0.03^b$ | $3.09 \pm 0.00^e$ |

|     |                         |                         |                          |                        |
|-----|-------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| 210 | 41.55±0.00 <sup>a</sup> | 16.72±0.03 <sup>a</sup> | 2.81 ± 0.07 <sup>a</sup> | 3.22±0.01 <sup>c</sup> |
| 470 | 41.87±0.06 <sup>a</sup> | 9.61±0.08 <sup>e</sup>  | 1.36±0.10 <sup>c</sup>   | 3.24±0.02 <sup>b</sup> |
| 630 | 42.18±0.02 <sup>a</sup> | 15.31±0.06 <sup>c</sup> | 2.73±0.05 <sup>a</sup>   | 3.26±0.01 <sup>a</sup> |

Medias con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05). 980 (100 % Maíz nixtamalizado variedad ratón); 365 (85% Maíz nixtamalizado variedad Ratón/15 % harina de *J. curcas* desgrasada); 198 (100 % Maíz nixtamalizado variedad Chiquito); 210 (85 % Maíz nixtamalizado variedad Chiquito/15% harina de *J. curcas* desgrasada); 470 (100 % harina nixtamalizada comercial); 630 (85 % harina nixtamalizada comercial marca / 15% harina de *J. curcas* desgrasada).

## Análisis sensorial

La evaluación sensorial realizada a tortillas elaboradas con harinas de maíz nativo (variedades Ratón y Chiquito) y fortificadas con un 15 % de harina desgrasada de *J. curcas*, mostró niveles generales de aceptación favorables por parte de los consumidores (n = 150). El análisis sensorial, basado en una escala hedónica de siete puntos, evidenció diferencias significativas entre tratamientos ( $p \leq 0.05$ ), como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Grado de aceptabilidad de tortillas a base de harina de *J. curcas*, al 15 % de sustitución, evaluadas en el Instituto Tecnológico superior de Huatusco, Veracruz. 2024.

**Figure 1.** Degree of acceptability of tortillas based on *J. curcas* flour, at 15% substitution, evaluated at the Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Veracruz. 2024.

Las frecuencias más altas de respuesta se concentraron en las categorías "Me gustó extremadamente", "Me gustó mucho" y "Me gustó ligeramente", las cuales representaron conjuntamente el 91 % de las respuestas, lo que indica una alta

aceptabilidad sensorial de las tortillas fortificadas. En particular, el tratamiento control elaborado con maíz variedad Ratón obtuvo la mayor proporción en la categoría "Me gustó extremadamente" (7.5 %), seguido por los tratamientos 470, 210 y 630, todos con valores de 6.93 %.

Dentro de los tratamientos fortificados, el tratamiento 210 (85 % maíz variedad Chiquito/15 % harina de *J. curcas* desgrasada) fue el más destacado en la categoría "Me gustó mucho", con una frecuencia del 25 %. Las características sensoriales más valoradas por los consumidores incluyeron el buen olor, color uniforme y textura adecuada, mientras que no se reportaron diferencias perceptibles en el sabor entre las formulaciones con o sin fortificación. Estos hallazgos son similares a las preferencias de consumo reportadas por González-Ramírez y López-Rocha (2019), quienes identificaron que los consumidores prefieren tortillas elaboradas con maíz de la región y elaboradas en tortillerías cercanas a sus hogares. Esta coincidencia refuerza la pertinencia cultural de utilizar variedades nativas como Ratón y Chiquito. En cuanto a las observaciones negativas, un pequeño porcentaje de los panelistas seleccionó la categoría "Me disgustó ligeramente", y asociaron su decisión con atributos como "no está cocida", "está un poco dura" y "le falta sal", aspectos considerados corregibles mediante ajustes en el proceso de elaboración.

La inclusión del 15 % de harina de *J. curcas* desgrasada en las formulaciones permitió un incremento del contenido proteico de hasta 6.2 % en comparación con las tortillas sin fortificación, sin afectar de forma significativa las propiedades sensoriales ni el color del producto final. Estos hallazgos coinciden con estudios previos (Herrera *et al.*, 2007; Argüello *et al.*, 2017) quienes reportaron la viabilidad de este porcentaje como nivel óptimo de inclusión, tanto desde el punto de vista reológico como nutricional.

## CONCLUSIÓN

La inclusión del 15 % de harina desgrasada de *Jatropha curcas* L. en la elaboración de tortillas incrementó significativamente el contenido proteico del producto final, alcanzando hasta 16.72 %, sin afectar su aceptabilidad sensorial entre los consumidores. Este resultado sugiere que el uso de piñón comestible en alimentos tradicionales, como la tortilla consumida cotidianamente en las comunidades

rurales, constituye una estrategia nutricionalmente viable y culturalmente pertinente. Su incorporación contribuye a fortificar un alimento esencial en la alimentación de los mexicanos, como lo es la tortilla. Es decir permitió mejorar el aporte proteico de la dieta y, con ello, a mitigar las deficiencias nutricionales en poblaciones vulnerables con altos índices de inseguridad alimentaria.

## LITERATURA CITADA

- Acevedo-Martínez, K. A., & de Mejía, E. G. (2021). Fortification of maize tortilla with an optimized chickpea hydrolysate and its effect on DPPIV inhibition capacity and physicochemical characteristics. *Foods*, 10(8), 1-20. <https://doi.org/10.3390/foods10081835>
- Argüello-García, E., Martínez-Herrera, J., Córdova-Téllez, L., Sánchez-Sánchez, O., & Corona-Torres, T. (2017). Textural, chemical, and sensorial properties of maize tortillas fortified with nontoxic *Jatropha curcas* L. flour. *CyTA - Journal of Food*, 15(2), 301–306. <https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1255915>
- Aruchunan, U., Henry, C. J., & Sim, S. Y. J. (2024). Role of protein–lipid interactions for food and food-based applications. *Food Hydrocolloids*, 160, 110715. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110715>
- Broa Rojas, E., Vázquez Carrillo, M. G., Estrella Chulím, N. G., Hernández Salgado, J. H., Ramírez Valverde, B., & Bahena Delgado, G. (2019). Características fisicoquímicas y calidad de la proteína de maíces nativos pigmentados de Morelos en dos años de cultivo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3), 683–697. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.481>
- Chan, M., Moguel, O. Y., Gallegos, T. S., Chel, G. L., & Betancur, A. D. (2020). Caracterización química y nutrimental de variedades de maíz (*Zea mays* L.) de alta calidad de proteína (QPM) desarrolladas en Yucatán, México. *Biotechnia*, 23(2), 11–21. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v23i2.1334>
- Colín-Chávez, C., Virgen-Ortiz, J. J., Serrano-Rubio, L. E., Martínez-Téllez, M. A., & Astier, M. (2020). Comparison of nutritional properties and bioactive compounds between industrial and artisan fresh tortillas from maize landraces. *Current Research in Food Science*, 3, 189–194. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2020.05.004>
- Corzo-Ríos, L. J., Sánchez-Chino, X. M., Martín Del Campo, S. T., Jiménez-Martínez, C., Garduño Siciliano, L., & Martínez Herrera, J. (2022). Biological and toxicological evaluation of edible *Jatropha curcas* L. oil. *Food Science and Technology (Brazil)*, 42, 1–8. <https://doi.org/10.1590/fst.66722>

CONEVAL. (2024). Informe de pobreza y evaluación en el estado de Veracruz 2024. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. <https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Veracruz/Paginas/principal.aspx>.

González-Ramírez, J. P., & López-Rocha, E. (2019). Lugar de compra y preferencia de tipo de tortilla en Irapuato, Guanajuato. *Revista Ciencia e Innovación Agroalimentaria de la Universidad de Guanajuato*, 1(1), 13–19. <https://doi.org/10.15174/cia.v1i1.3>

Herrera, J. M., García, E. A., Martínez, C. J., Ortiz, G. D., Mercedez, M., Pedrosa, M. M., & Sandin, A. V. (2016). Cuantificación de inositoles en *Jatropha curcas* L. de diferentes procedencias de México. *Revista Africana de Ciencias de la Alimentación*, 10(11), 292–296. <https://doi.org/10.5897/AJFS2016.1440>

Herrera-Corredor, J. A., Saidu, J. E. P., Khachatryan, A., Prinyawiwatkul, W., Carballo-Carballo, A., & Zepeda-Bautista, R. (2007). Identifying drivers for consumer acceptance and purchase intent of corn tortilla. *Journal of Food Science*, 72(9), 727–735. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00564.x>

López Zúñiga, E. J., Esponda Pérez, J. A., Álvarez Rateike, L., Álvarez Trujillo, A. M., Ayvar-Ramos, P., & Hernández García, M. I. (2025). Interconexiones entre cultura y seguridad alimentaria: Factores socioeconómicos y tradicionales. *LATAM. Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 6(2), 199–216. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3618>

López-Hernández, S., Arámbula-Villa, G., Prinyawiwatkul, W., López-Espíndola, M., Contreras-Oliva, A., de Jesús Ramírez-Rivera, E., & Herrera-Corredor, J. A. (2024). Physicochemical characteristics of air-dried instant noodles formulated with raw amaranth flour: Impact on consumer liking, acceptability and purchase intent of soups. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(3), 1502–1512. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16898>

Naranjo, C. A. E., Alcivar, C. V. A., Rodriguez, V. T. S., & Betancourt, B. F. A. (2020). Desnutrición infantil kwashiorkor. *Revista científica mundo de la investigación y el conocimiento*, 24–45. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(1\).esp.marzo.2020.24-45](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(1).esp.marzo.2020.24-45)

Pérez Berlanga, G. (2023). Los alimentos ultraprocesados como un tema de estudio de la bioética global. *Medicina y Ética*, 34(4), 935–998. <https://doi.org/10.36105/mye.2023v34n4.02>

Ramírez-Rivera, E. de J., Hernández-Salinas, G., Armida-Lozano, J., Guerrero-Ortiz, C. A., Valdivia-Sánchez, J., Llaguno-Aguiñaga, A., Sánchez-Orea, J. M., Herrera-Corredor, J. A., Ramón-Canul, L. G., Juárez-Barrientos, J. M., & Cabal-Prieto, A. (2024). Composición proximal y preferencia de consumidores de tortillas artesanales de las Altas Montañas del Estado de



- Reza-Solís, I. J., Romero-Rosales, T., Hernández Galeno, C. del Á., Valenzuela Lagarda, J. L., & Jiménez Lobato, V. (2024). Saberes tradicionales en el cultivo de maíces nativos. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 12(1), 167–178. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v12i1.551>
- Salazar, D., Rodas, M., & Arancibia, M. (2020). Production of tortillas from nixtamalized corn flour enriched with Andean crops flours: Faba-bean (*Vicia faba*) and white-bean (*Phaseolus vulgaris*). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 32(10), 731–738. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i10.2179>
- Sánchez, A. O., Yopez, C. R., & Herrera, C. M. (2022). Current situation of feeding and social intervention in Mexico: A critical review. *Revista Mexicana de Trastornos Alimentarios*, 10(2), 218-231. <https://doi.org/10.22201/fesi.20071523e.2019.2.559>
- Sánchez-Chino, X. M., Corzo-Ríos, L. J., Martínez-Herrera, J., Cardador-Martínez, A., & Jiménez-Martínez, C. (2019). Effect of thermal treatment on the extraction efficiency, physicochemical quality of *Jatropha curcas* oil, and biological quality of its proteins. *Journal of Food Science and Technology*, 56(3), 1567–1574. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03666-0>
- Sistema de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz (SIEGVER). (2021). *Cuadernillo municipal de Papantla*. Secretaría de Finanzas y Planeación, Gobierno del Estado de Veracruz. <https://ceieg.veracruz.gob.mx/cuadernillos-municipales-2021/>

