Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas

DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i7.4224

Artículo

Atributos de calidad física, química, sensorial y estabilidad microbiológica de muffins con harina de *Jatropha curcas* L. comestible no tóxico

Elizabeth Argüello-García [1]
Jorge Martínez-Herrera [2]
Arturo Pérez-Vázquez [1]
Galdy Hernández-Zárate [1]
Micloth López del Castillo-Lozano [3]
Rosa Isela Castillo-Zamudio [1, §]

1 Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz. Carretera Federal Xalapa-Veracruz km 88.5, Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. CP. 91700. Tel. 937 1535300.(arguello.elizabeth@colpos.mx; parturo@colpos.mx; hernandez.galdy@colpos.mx).

2 Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. Avenida Universidad núm. 350, Localidad Dos Caminos, Cuitláhuac, Veracruz, México. CP. 94910. Tel. 993 2774590.(jmartin62@hotmail.com).

3 Instituto de Ciencias Básicas de la Universidad Veracruzana. Avenida Castelazo s/n, Industrial Ánimas, Xalapa-Enríquez, Veracruz. CP. 91192. Tel. 228 1691201. (mlopezdelcastillo@uv.mx).

Autor para correspondencia: rosychely@colpos.mx

Resumen

El genotipo comestible no tóxico de *Jatropha curcas* L. es un recurso subutilizado con potencial para diversificar los sistemas agroalimentarios tropicales. Se evaluó la sustitución parcial de harina de trigo por harina desgrasada de *J. curcas* sobre la calidad fisicoquímica, sensorial y estabilidad microbiológica de muffins almacenados a 4 °C. En 2024 se colectó material en Pueblillo, Papantla, Veracruz. La harina se obtuvo por extracción Soxhlet con hexano y se formularon muffins con 0, 5, 10 y 15% de sustitución. Se evaluaron la composición proximal, actividad de agua, color, estabilidad microbiológica y aceptación sensorial de muffien 150 consumidores. Las determinaciones se realizaron por triplicado; los datos se analizaron mediante Anova y prueba deTukey (α= 0.05) y los sensoriales; además, mediante análisis factorial múltiple. La proteína aumentó de 9.57 a 12.06% y las cenizas de 1.59 a 2.66%, los lípidos variaron de 21.64 a 24.91%, con respuesta no lineal. La humedad y la actividad de agua no variaron significativamente. M-5 y M-10 presentaron tonos rojizos y amarillos más intensos, M-15 conservó un color amarillo claro similar al testigo. Los recuentos microbianos fueron <1 log UFC g^{-1} durante seis días a 4 °C, los muffins mostraron aceptación sensorial favorable en todos los tratamientos. En las condiciones evaluadas, sustituir hasta 15% de harina de trigo por harina desgrasada de *J. curcas* aumentó el contenido proteico sin comprometer la aceptación sensorial ni la estabilidad microbiológica.

Palabras clave:

genotipo no tóxico, panificación, proteína, recursos subutilizados.

License (open-access): Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia **Creative Commons**

DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i7.4224

Introducción

Los sistemas agroalimentarios tropicales de México enfrentan el reto de diversificar sus cultivos mediante especies subutilizadas con valor alimentario (Paulos, 2024; Talucder *et al*., 2024). El aprovechamiento de estas especies puede promoverse mediante la incorporación en productos alimentarios culturalmente aceptados. Entre estas especies, *Jatropha curcas* L. comestible constituye un recurso local con potencial alimentario por su contenido proteico y su posible uso como harina desgrasada (Argüello-García *et al*., 2020). En Papantla, Veracruz, se ha documentado un genotipo no tóxico, caracterizado por la ausencia de ésteres de forbol, compuestos asociados con la toxicidad de la especie (Martínez-Herrera *et al*., 2006; Figueroa *et al*., 2020; Grünwald *et al*., 2026).

La sustitución parcial de harina de trigo por harinas vegetales alternativas es una estrategia innovadora en panificación, aunque sus efectos fisicoquímicos y sensoriales dependen del ingrediente, nivel de sustitución y matriz alimentaria (Salazar *et al*., 2021). Por ello, los muffins son una matriz adecuada para evaluar ingredientes no convencionales como *J. curcas* (Heo *et al*., 2019; Grasso *et al*., 2020).

La hipótesis plateada fue, que la sustitución parcial de harina de trigo por harina desgrasada de *J. curcas* comestible mejoraría la calidad nutrimental de los muffins, sin comprometer su calidad fisicoquímica, aceptación sensorial ni estabilidad microbiológica. Por ello, se evaluó el efecto de dicha sustitución sobre la composición proximal, actividad de agua, color, aceptación sensorial y estabilidad microbiológica de muffins almacenados a 4 °C.

Materiales y métodos

Material vegetal

Las semillas fueron colectadas de plantas del genotipo comestible no tóxico de *J. curcas* establecidas en Pueblillo, Papantla, Veracruz, México (20° 09’ 06.48” latitud norte y 97° 31’ 09.12” longitud oeste; 80 msnm) (INEGI, 2025). Los frutos maduros se colectaron manualmente en 2024. Las semillas se extrajeron, limpiaron y secaron a temperatura ambiente durante 48 h; posteriormente, se almacenaron en recipientes sellados a 4 °C hasta su procesamiento (Argüello-García *et al*., 2017).

Obtención de la harina de J. curcas

Las semillas se descascararon manualmente y las almendras resultantes se molieron en un molino eléctrico (Novaka, 150 W). La harina obtenida se desgrasó mediante extracción Soxhlet con hexano durante 16 h a 65 °C (Argüello-García *et al*., 2020). El hexano residual se eliminó por aireación en campana de extracción a temperatura ambiente durante 12 h. Posteriormente, la harina desgrasada se tamizó en malla 80 para estandarizar el tamaño de partícula (Martínez-Herrera *et al*., 2017).

La presencia de hexano residual se verificó mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS; Agilent 6890N Network GC System, acoplado a Agilent 5975 Inert XL), no se detectó el pico cromatográfico correspondiente a este disolvente bajo las condiciones analíticas empleadas (datos no mostrados).

Formulación de muffins fortificados

Los muffins se elaboraron con modificaciones al método de Ozuna *et al*. (2020), sustituyendo harina de trigo comercial (Tres Estrellas®) por harina desgrasada de *J. curcas* en 0, 5, 10 y 15% por cada 100 g de mezcla farinácea; los tratamientos se identificaron como T-T, M-5, M-10 y M-15, respectivamente. En todos los tratamientos se mantuvieron constantes los demás ingredientes: 74.5 g de jarabe de agave, 32 g de aceite, 95 g de leche, 55 g de huevo, 5 ml de vainilla, 0.75 g de

DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i7.4224

sal y 2 g de polvo para hornear. La mezcla se homogeneizó, se distribuyó en moldes y se horneó a 180 °C durante 20 min en un horno Oster®; posteriormente, se enfrió a 25 °C durante 30 min.

Análisis proximal y actividad de agua (aw

Humedad (AOAC 934.01), proteína (AOAC 979.09; factor N × 6.25), lípidos (AOAC 991.36) y cenizas (AOAC 930.05) se determinaron por AOAC (2000). El contenido de carbohidratos se calculó por diferencia. La a_w se midió a 25 ±0.5 °C con un medidor portátil (VTSYIQI VTS-160A, Hefei, Anhui, China), la lectura se registró una vez alcanzado el equilibrio higroscópico (Alemán-Huerta *et al*., 2023).

Determinación del color

El color de la miga se determinó con un colorímetro portátil (FRU WR-18, Shenzhen, Guangdong, China), mediante el sistema CIELAB (L^*, a^* y b^*). A partir de estos valores se calcularon el C^*, h°y la ΔE (Alemán-Huerta *et al*., 2023).

Análisis microbiológico

La estabilidad microbiológica se evaluó durante seis días de almacenamiento a 4 °C (días 0, 3 y 6). La preparación de muestras y diluciones se realizó conforme a la NOM-110-SSA1-1994 y el recuento de mesófilos aerobios, coliformes totales, mohos y levaduras según las NOM-092-SSA1-1994, NOM-113-SSA1-1994 y NOM-111-SSA1-1994, respectivamente. Los resultados se expresaron como UFC g^{-1}.

Análisis sensorial

La evaluación sensorial de los muffins se realizó con 150 consumidores no entrenados, con edades entre 19 y 50 años, el panel estuvo conformado por 52% de mujeres y 48% de hombres. A todos los participantes se les entregó un consentimiento informado conforme a las pautas del Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS, 2016), el cual firmaron indicando estar de acuerdo en participar en el estudio, con el tipo de muestra y su derecho a retirarse en cualquier momento.

En el conjunto de la evaluación sensorial se incluyeron cuatro formulaciones de muffins (0, 5, 10 y 15% de sustitución con harina desgrasada de *J. curcas*), codificadas con números aleatorios de acuerdo con un diseño de bloques incompletos balanceados (t= 4, k= 2, r= 3, b= 6, λ= 1 y E= 0.67), cuyo esquema base se repitió 25 veces.

A cada consumidor se le presentaron dos muestras de 24 g. Los atributos se calificaron mediante una escala hedónica de siete puntos, adaptada de Peryam y Pilgrim (1957); además, se registró la aceptabilidad, la intención de incorporar el producto a su dieta y la intención de compra.

Análisis estadístico

Las determinaciones de composición proximal, actividad de agua, color y atributos sensoriales se realizaron por triplicado y se analizaron mediante Anova y prueba de Tukey (α= 0.05) en RStudio® versión 4.3. Los resultados fisicoquímicos se expresaron como media ± desviación estándar y los sensoriales como media ± error estándar.

Las relaciones entre los atributos sensoriales y los indicadores de aceptación del consumidor se analizaron mediante análisis factorial múltiple con Xlstat versión 2023.3.0.1415.

Resultados y discusión

La composición química proximal de los muffins fortificados se presenta en el Cuadro 1. La humedad varió de 31.74 a 33.47%, sin diferencias significativas entre tratamientos (p> 0.05).

DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i7.4224

Grasso *et al*. (2020) reportaron que la sustitución de 15% de harina de trigo por harina desgrasada de semilla de girasol no modificó la humedad de los muffins.

Cuadro 1. Composición química proximal de muffins con harina desgrasada de *J. curcas* comestible.

Muestra	Humedad (%)	Proteína (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)	Carbohidratos (%)
T-T	33.47 ±1.41a	9.57 ±0.13d	22.79 ±0.51b	1.59 ±0.16d	32.58 ±0.63a
M-5	32.82 ±1a	10.33 ±0.19c	22.69 ±0.33b	1.93 ±0.02c	32.23 ±0.54a
M-10	32.2 ±0.04a	10.94 ±0.02b	21.64 ±0.02c	2.24 ±0.04b	32.98 ±0.04a
M-15	31.74 ±0.08a	12.06 ±0.02a	24.91 ±0.07a	2.66 ±0.02a	28.63 ±0.1b

T-T= muffin con 100% harina de trigo; M-5= muffin de trigo con 5% de harina de *J. curcas*; M-10= muffin de trigo con 10% de harina de *J. curcas*; M-15= muffin de trigo con 15% de harina de *J. curcas*. Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, α= 0.05).

La actividad de agua se mantuvo en 0.8 en todos los tratamientos, valor superior a 0.6, que puede favorecer el desarrollo de mohos y levaduras a temperatura ambiente; por ello, se recomienda el uso de conservadores naturales o el almacenamiento por debajo de 10 °C.

El contenido de proteína fue menor en T-T y mayor en M-15, con diferencias significativas entre tratamientos. Este resultado se relacionó con el alto contenido proteico de la harina desgrasada de *J. curcas*, superior al 55% en base seca (Sánchez-Chino *et al*., 2019; Argüello-García *et al*., 2020).

Asimismo, Senger *et al*. (2017) reportaron que la almendra comestible de *J. curcas* presenta un perfil adecuado de aminoácidos, lo que refuerza su potencial como ingrediente proteico en productos horneados.

Los lípidos presentaron un comportamiento no lineal entre tratamientos, M-10 registró el menor contenido, mientras que M-15 presentó el mayor. Grasso *et al*. (2020) reportaron un comportamiento similar en muffins con harina desgrasada de semilla de girasol. Esta variación podría relacionarse con cambios en la matriz horneada, donde la interacción entre proteínas, almidón y fase lipídica influye en la distribución y retención del extracto etéreo (Pareyt *et al*., 2011).

Las cenizas aumentaron de 1.59% en T-T a 2.66% en M-15, lo que se asoció con el aporte mineral de *J. curcas*; en sus almendras comestibles se han reportado hierro, calcio, zinc y magnesio (Senger *et al*., 2017).

Los carbohidratos disminuyeron solo en M-15, debido al aumento proporcional de proteína, lípidos y cenizas en el cálculo por diferencia.

Parámetros de color de los muffins fortificados

La sustitución parcial con harina desgrasada de *J. curcas* modificó el color de la miga de los muffins, principalmente en M-5 y M-10, mostraron una mayor tendencia hacia tonalidades rojizas y amarillas e incremento en la intensidad del color. En contraste, M-15 presentó una coloración cercana a la del muffin testigo, con menor tendencia rojiza e intensidad de color (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros de color de muffins fortificados con harina desgrasada de *J. curcas*.

Muestra	L^*	a^*	b^*	C^*	h°	ΔE
T-T	58.7 ±0.31a	5.5 ±0.88c	33.3 ±2.79b	33.8 ±2.86b	80.7 ±0.96a	0
M-5	57.1 ±3.66a	8.7 ±0.37b	39.9 ±0.51a	40.9 ±0.53a	77.6 ±0.47b	7.5
M-10	55.5 ±0.24a	12.3 ±1.2a	40.7 ±0.34a	42.5 ±0.36a	73.2 ±1.61c	10.5
M-15	60 ±2.82a	5.5 ±0.93c	34.3 ±2.63b	34.7 ±2.75b	80.9 ±0.8a	1.65

T-T= muffin con 100% harina de trigo; M-5= muffin de trigo con 5% de harina de *J. curcas*; M-10= muffin de trigo con 10% de harina de *J. curcas*; M-15= muffin de trigo con 15% de harina de *J. curcas*. Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, α= 0.05).

DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i7.4224

Por el contrario, la luminosidad (L^*) no difirió significativamente entre tratamientos, mostró valores entre 55.5 y 60. Este comportamiento indica una respuesta no lineal del color al nivel de sustitución, lo que sugiere que los cambios de color no dependieron únicamente de la cantidad de harina desgrasada incorporada, sino de su interacción entre los ingredientes de la matriz del muffin durante el horneado (Alemán-Huerta *et al*., 2023).

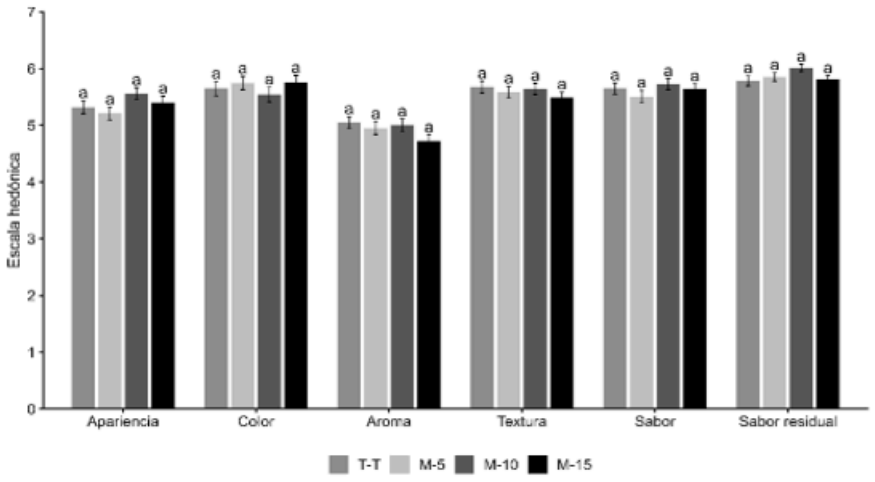
Estabilidad microbiológica

Durante seis días de almacenamiento a 4 °C, los recuentos de mesófilos aerobios, coliformes totales, mohos y levaduras se mantuvieron por debajo del límite de detección (<1 log UFC g^{-1}). Aunque la actividad de agua se mantuvo en 0.8, un nivel intermedio que no excluye el desarrollo de mohos bajo condiciones favorables, la estabilidad observada puede asociarse con el efecto conjunto de la matriz horneada y el almacenamiento refrigerado, factores que influyen en el deterioro microbiano de productos de panificación (Alpers *et al*., 2021).

Análisis sensorial

Los atributos sensoriales evaluados no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, α= 0.05; Figura 1). El color registró puntajes superiores a 5.5 en todas las formulaciones, lo que indicó aceptación visual positiva.

Figura 1. Puntaje hedónico (media ± EE) de los atributos sensoriales de muffins elaborados con sustitución parcial de harina de trigo por harina desgrasada de *J. curcas*. T-T= muffin con 100% harina de trigo; M-5= muffin de trigo con 5% de harina de *J. curcas*; M-10= muffin de trigo con 10% de harina de *J. curcas*; M-15= muffin de trigo con 15% de harina de *J. curcas*. Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, α= 0.05).



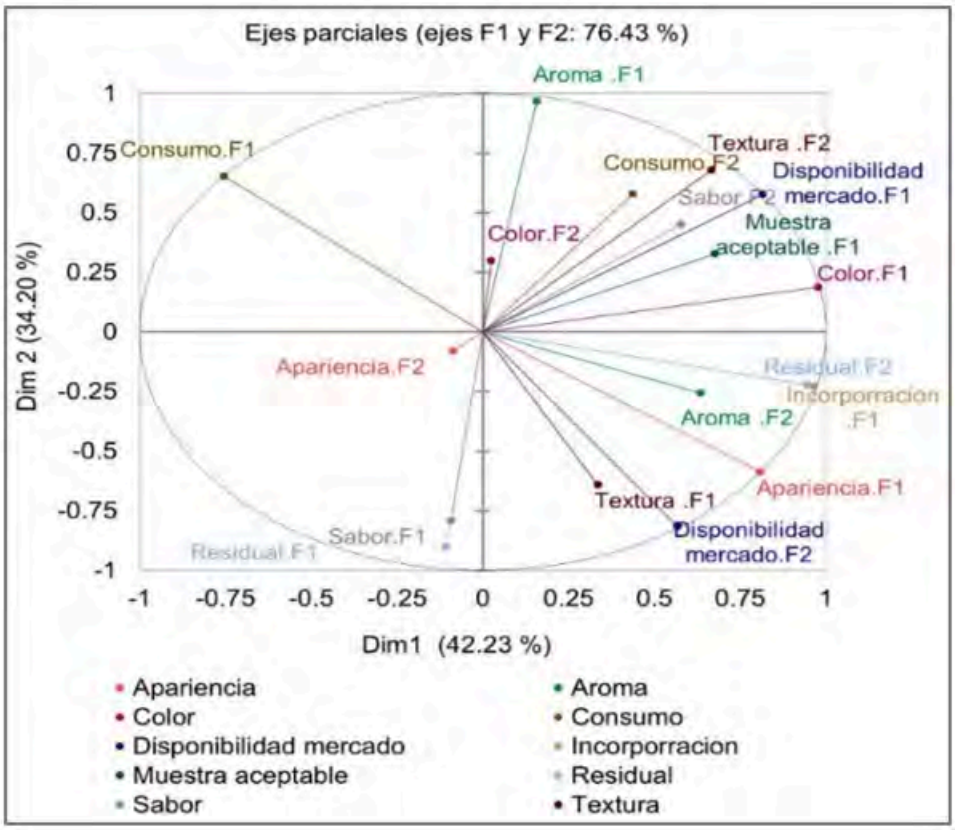
En aroma, los puntajes oscilaron entre 4.72 y 5.05, mientras que textura, sabor y sabor residual fueron superiores a 5.5, lo que indicó aceptación positiva y ausencia de sensación desagradable tras la deglución.

Este comportamiento es consistente con Grasso *et al*. (2020), quienes observaron que muffins con 15% de harina desgrasada de semilla de girasol presentaron un perfil sensorial más cercano al control. Asimismo, la incorporación de ingredientes no convencionales en muffins puede conservar la aceptación del consumidor, aunque puede modificar atributos sensoriales según el tipo y nivel de sustitución (Zielińska *et al*., 2021).

El análisis factorial múltiple mostró la relación entre los atributos sensoriales y los indicadores de aceptación del consumidor (Figura 2). F1 se asoció principalmente con color, muestra aceptable, disponibilidad en el mercado, incorporación y textura, mientras que F2 se relacionó con aroma y consumo.

DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i7.4224

Figura 2. Ejes parciales del AFM (plano F1-F2) de los atributos sensoriales e indicadores de aceptación del consumidor de muffins con sustitución parcial de harina desgrasada de *J. curcas* comestible.



Conclusiones

La sustitución hasta el 15% de harina de trigo por harina desgrasada de *J. curcas* comestible incrementó el contenido de proteína y cenizas en muffins, sin modificar la humedad ni la actividad de agua mostrando buena estabilidad en almacenamiento refrigerado. Los muffins sustituidos con 15% de harina de *J. curcas* presentaron una coloración cercana al testigo. Además, presentaron una aceptación sensorial favorable.

La harina desgrasada de *J. curcas* comestible, cultivada en agroecosistemas agroalimentarios localizados, puede incorporarse a la formulación de productos de panificación horneados, como muffins, para mejorar su valor nutrimental y complementar las deficiencias de proteína en la dieta.

Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por la beca doctoral otorgada a la autora principal, al Colegio de Postgraduados y al TECNM-Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, por las facilidades brindadas para el desarrollo de la investigación y a los productores de *J. curcas* de Pueblillo, Veracruz, México.

DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i7.4224

Bibliografía

1 Alemán-Huerta, M. E.; Castillo-Cázares, B. A.; Márquez-Reyes, J. M.; Báez-González, J. G.; Quintero-Zapata, I.; Gandarilla-Pacheco, F. L.; de Luna-Santillana, E. J. and Treviño-Garza, M. Z. 2023. Muffin-type bakery product based on Mexican mesquite (*Prosopis* spp.) flour: texture profile, acceptability and physicochemical properties. Suiza. Foods. 12(19):3587. https://doi.org/10.3390/foods12193587.

2 Alpers, T.; Kerpes, R.; Frioli, M.; Nobis, A.; Hoi, K. I.; Bach, A.; Jekle, M. and Becker, T. 2021. Impact of storing condition on staling and microbial spoilage behavior of bread and their contribution to prevent food waste. Suiza. Foods. 10(1):76. https://doi.org/10.3390/foods10010076.

3 AOAC. 2000. Association of official analytical chemists. Official methods of analysis of AOAC International. AOAC International. 17th. Edition. Gaithersburg, Maryland, EE. UU. 1-30 pp. https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/.

4 Argüello-García, E.; Córdova-Téllez, L.; Martínez-Herrera, J.; Sánchez-Sánchez, O.; Pérez-Herrera, P. and Zaldívar-Cruz, J. M. 2020. Rheological, chemical and sensory characterization of fortified cookies with edible flour of Xuta (*Jatropha curcas* L.). Alemania. Journal of Food Science and Technology. 57(9):3502-3508. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04385-7.

5 Argüello-García, E.; Martínez-Herrera, J.; Córdova-Téllez, L.; Sánchez-Sánchez, O. and Corona-Torres, T. 2017. Textural, chemical and sensorial properties of maize tortillas fortified with nontoxic *Jatropha curcas* L. flour. Reino Unido. CyTA-Journal of Food. 15(2):301-306. https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1255915.

6 CIOMS. 2016. Council for international organizations of medical sciences. International ethical guidelines for health-related research involving humans. 4th. Edition. Geneva, Switzerland. Council for International Organizations of Medical Sciences. 34-38 pp. https://doi.org/10.56759/rgxl7405.

7 Figueroa-Saavedra, M.; Montero, L. and Sánchez-Sánchez, O. 2020. Aproximación etnohistórica sobre el uso y semidomesticación de la Xuta (*Jatropha curcas* L.) en la Nueva España. Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad. 41(162):62-85. https://doi.org/10.24901/rehs.v41i162.790.

8 Grasso, S.; Liu, S. and Methven, L. 2020. Quality of muffins enriched with upcycled defatted sunflower seed flour. Reino Unido. LWT-Food Science and Technology. 119:108893. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108893.

9 Grünwald, M.; Adrar, N.; Francis, G.; Rugen, N.; Döring, M.; Braun, H. P. and Esatbeyoglu, T. 2026. A comparative study of the nutritional and physiological potential of Xuta (edible *Jatropha curcas* L.) protein: insights into its digestibility and effects on the intestinal barrier. Paises Bajos. Current Research in Food Science. 12:101257. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2025.101257.

10 Heo, Y.; Kim, M. J.; Lee, J. W. and Moon, B. K. 2019. Muffins enriched with dietary fiber from kimchi byproduct: baking properties, physical-chemical properties and consumer acceptance. Estados Unidos. Food Science and Nutrition. 7(5):1778-1785. https://doi.org/10.1002/fsn3.1020.

11 INEGI. 2025. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Climatología. México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/.

12 Martínez-Herrera, J.; Argüello-García, E.; Sánchez-Sánchez, O. and Valdés-Rodríguez, O. A. 2017. Fortification of hotcakes from edible flour of non-toxic Mexican *Jatropha curcas* L. African Journal of Food Science. 11(4):106-111. https://doi.org/10.5897/AJFS2016.1551.

13 Martínez-Herrera, J.; Siddhuraju, P.; Francis, G.; Dávila-Ortiz, G. and Becker, K. 2006. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents and effects of different treatments

DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i7.4224

on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. Países Bajos. Food Chemistry. 96(1):80-89. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.059.

14 NOM-092-SSA1-1994. 1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. México. Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota-detalle.php?codigo=4886029.

15 NOM-110-SSA1-1994. 1994. Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. México. Diario Oficial de la Federación. http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69533.pdf.

16 NOM-111-SSA1-1994. 1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. México. Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota-detalle.php?codigo=4881226.

17 NOM-113-SSA1-1994. 1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. México. Diario Oficial de la Federación. http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69536.pdf.

18 Ozuna, C.; Trueba-Vázquez, E.; Moraga, G.; Llorca, E. and Hernando, I. 2020. Agave syrup as an alternative to sucrose in muffins: impacts on rheological, microstructural, physical and sensorial properties. Suiza. Foods. 9(7):895. https://doi.org/10.3390/foods9070895.

19 Pareyt, B.; Finnie, S. M.; Putseys, J. A. and Delcour, J. A. 2011. Lipids in bread making: sources, interactions and impact on bread quality. Journal of Cereal Science. 54(3):266-279. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.08.011.

20 Paulos, M. 2024. Morphological characterization of pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh] accessions for agronomic traits in Assosa district, northwestern Ethiopia. México. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 27(1):1-12. http://doi.org/10.56369/tsaes.5681.

21 Peryam, D. R. and Pilgrim, F. J. 1957. Hedonic scale method of measuring food preferences. Food Technology. 11(9):9-14.

22 Salazar, D; Arancibia, M.; Silva, D. R.; López-Caballero, M. E. and Montero, M. P. 2021. Exploring the potential of Andean crops to produce gluten-free muffins. Suiza. Agronomy. 11(8):1642. https://doi.org/10.3390/agronomy11081642.

23 Sánchez-Chino, X. M.; Corzo-Ríos, L. J.; Martínez-Herrera, J.; Cardador-Martínez, A. and Jiménez-Martínez, C. 2019. Effect of thermal treatment on the extraction efficiency, physicochemical quality of *Jatropha curcas* oil and biological quality of its proteins. India. Journal of Food Science and Technology. 56(3):1567-1574. https://doi.org/10.1007/s13197-019-03666-0.

24 Senger, E.; Bohlinger, B.; Esgaib, S.; Hernández-Cubero, L. C.; Montes, J. M. and Becker, K. 2017. Chuta (edible *Jatropha curcas* L.), the newcomer among underutilized crops: a rich source of vegetable oil and protein for human consumption. Alemania. European Food Research and Technology. 243(6):987-997. https://doi.org/10.1007/s00217-016-2814-x.

25 Talucder, M. S. A.; Ruba, U. B. and Robi, M. A. S. 2024. Potentiality of neglected and underutilized species (NUS) as a future resilient food: a systematic review. Países Bajos. Journal of Agriculture and Food Research. 16:101116. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101116.

26 Tsykhanovska, I.; Stabnikova, O.; Riabchykov, M.; Lazarieva, T. and Korolyova, N. 2024. Effect of partial replacement of wheat flour with extruded sunflower seed flour on muffin quality. Plant Foods for Human Nutrition. 79(4):769-778. https://doi.org/10.1007/s11130-024-01232-4.

27 Zielińska, E.; Pankiewicz, U. and Sujka, M. 2021. Nutritional, physiochemical, and biological value of muffins enriched with edible insect's flour. Antioxidants. 10(7):1122. https://doi.org/10.3390/antiox10071122.

Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas

DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v17i7.4224

Atributos de calidad física, química, sensorial y estabilidad microbiológica de muffins con harina de *Jatropha curcas* L. comestible no tóxico

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 October 2026
Date accepted: 01 November 2026
Publication date: 07 November 2026
Publication date: 2026
Volume: 17
Issue: 7
Electronic Location Identifier: e4224
DOI: 10.29312/remexca.v17i7.4224

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

genotipo no tóxico
panificación
proteína
recursos subutilizados

Counts

Figures: 2
Tables: 2
Equations: 0
References: 27