VOLUMEN 48
XXXI Verano De la Ciencia
ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

Desarrollo de una tortilla de maíz enriquecida con harina de pulpa de guayaba y colorante natural de grana cochinilla

Development of a corn tortilla enriched with guava pulp flour and natural cochineal colorant

Guadalupe Ingrid Cervantes Vega[1], Sarahí Elorza Gómez[1], Leonardo de Jesús Palacios Ramírez[1], Gabriela Arroyo Figueroa[1*], María Isabel García Vieyra[1*]

[1]Departamento de Ingenierías, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Universidad de Guanajuato.
isabel.garcia@ugto.mx; g.arroyo@ugto.mx

Resumen

La tortilla de maíz es el alimento más consumido en México, lo que la convierte en un producto idóneo para incorporar ingredientes que mejoren su valor nutricional. El objetivo de este trabajo fue formular y caracterizar tortillas de maíz nixtamalizado adicionadas con harina de pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) y grana cochinilla (*Dactylopius coccus*). Se evaluaron cinco tratamientos: un control sin adición (TC0), una formulación con 5 % de harina de pulpa de guayaba (TG) y tres formulaciones con 5 % de dicha harina y 0.10, 0.13 y 0.15 % de colorante (TGC10, TGC13 y TGC15). Se determinaron grado de inflado, rolabilidad, color en masa y tortilla, capacidad antioxidante, fenoles totales y taninos condensados. Las adiciones no deterioraron la calidad, ya que todas las formulaciones adicionadas presentaron valores de rolabilidad e inflado iguales o mejores que el control. El colorante desplazó la coordenada a* hacia el rojo de −1.48 en el control a 15.01 en TGC15 en la tortilla, tonalidad que se acentuó tras la cocción. La adición de harina de pulpa de guayaba incrementó los fenoles totales, los taninos condensados y la capacidad antioxidante respecto al control. Se concluye que ambos ingredientes permiten obtener una tortilla de mayor valor nutricional, aprovechando los recursos naturales.

Palabras clave: alimento funcional; colorante natural; aprovechamiento de subproductos.

Introducción

La tortilla de maíz es un alimento básico dentro de la dieta mexicana, lo que la convierte en un producto ideal para incorporar ingredientes que mejoren su valor nutricional. Diversos estudios han mostrado que enriquecer las tortillas con harinas de origen vegetal aporta a estas compuestos bioactivos sin deteriorar su calidad (Moo-Huchin et al., 2021). Se ha reportado que la adición de harina de *Brosimum alicastrum* a la masa de maíz nixtamalizado (0–30 %) incrementó la actividad antioxidante y el contenido de proteína, fibra soluble y compuestos fenólicos, y que a proporciones de 10–20 % mejoró el valor nutricional sin afectar la rolabilidad ni el grado de inflado. Resultados similares fueron reportados con harina de moringa (*Moringa oleifera*), que al ser adicionada a las tortillas incrementó los fenoles y la capacidad antioxidante sin modificar las propiedades de textura (Páramo-Calderón et al., 2019), y también con harina de chía (*Salvia hispanica*) al ser adicionada entre 5–20 %, mostró que aumentó la proteína, los lípidos y la fibra dietética de las tortillas (Rendón-Villalobos et al., 2012).

Las frutas y verduras son fuentes ricas en nutrientes, como vitaminas, minerales y fibra alimentaria, y aportan una amplia variedad de compuestos bioactivos. La guayaba (*Psidium guajava* L.), una de las frutas tropicales más consumidas en México por su valor nutricional y su riqueza en compuestos bioactivos (Velasco-Arango et al., 2020). Esta fruta es caracterizada por tener un alto contenido de compuestos fenólicos y una gran capacidad antioxidante; la caracterización de la pulpa y la cáscara de guayaba ha permitido identificar sesenta compuestos fenólicos, entre flavonoides, taninos, flavonoles y proantocianidinas (Rojas-Garbanzo et al., 2017), destaca además por su elevado aporte de vitamina C (Vasco et al., 2008). A ello se suma que su aprovechamiento agroindustrial genera una gran cantidad de subproductos —tan solo el epicarpio representa entre el 25 y el 30 % del peso de la fruta— que concentran compuestos bioactivos y actividad antioxidante, que también pueden emplearse como fuente de pigmentos naturales (Velasco-Arango et al., 2020).

El color es el primer atributo sensorial que percibe quien consume un alimento y condiciona en buena medida su aceptación. Durante décadas, la industria ha recurrido a colorantes sintéticos para lograr tonos vivos, atractivos y estables; sin embargo, la evidencia asocia a algunos de ellos con efectos adversos en la salud como; alergias, alteraciones de la conducta y la atención en la niñez, alteraciones en la microbiota intestinal y riesgo de toxicidad y tumores, lo que ha impulsado la utilización de los colorantes de origen natural (Miller et al., 2022). Entre estos, la grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) destaca porque de ella se obtiene el ácido carmínico, un pigmento rojo empleado como colorante alimentario (E-120) desde tiempos prehispánicos en Mesoamérica (Salazar Llangarí et al., 2023). La grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) contiene el ácido carmínico empleado usualmente en la industria para la elaboración de estos productos, a través de sus subproductos (laca y extracto hidrosoluble). Este insecto se hospeda en el nopal y es conocido como grana fina, grana cultivada, o de manera popular como grana cochinilla (Arroyo Figueroa et al., 2016).

El presente trabajo tuvo como objetivo formular y caracterizar tortillas de maíz nixtamalizado enriquecidas con harina de pulpa de guayaba en una proporción del 5% y utilizando grana cochinilla a diferentes concentraciones (0.10, 0.13 y 0.15 %) para colorear las tortillas, evaluando el efecto de estas adiciones sobre sus propiedades fisicoquímicas, color, textura y actividad antioxidante, con el fin de obtener un producto de mayor valor nutricional que conserve las características que hacen de la tortilla un alimento apreciado.

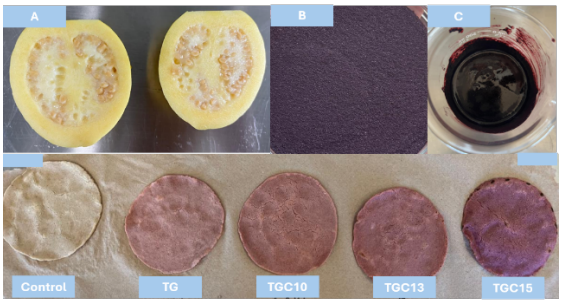


Figura 1. Tortillas formuladas con harina de pulpa de guayaba y grana cochinilla. (A) Guayaba, (B) Grana cochinilla y (C) extracto de grana cochinilla. En la parte inferior se muestra las tortillas elaboradas: Control (sin adición), TG (5% harina de pulpa de guayaba), TGC10, TGC13 y TGC15 (harina de pulpa de guayaba más diferentes concentraciones de grana cochinilla).

Materiales y Métodos

Obtención de la guayaba

Se recolectaron las guayabas de una huerta familiar de la ciudad de Salvatierra con grado de maduración apto para consumo. Se lavó y se separó la pulpa, se deshidrato a 60 °C en la estufa y posteriormente se molió con un molino manual. Para la obtención de los extractos; el fruto fue cubierto completamente con etanol absoluto y se realizó una maceración a temperatura ambiente durante una semana, posteriormente se filtró. Al igual que el extracto anterior se concentró en un rotavapor a 40°C.

Obtención del pigmento

Se molió la grana cochinilla hasta obtener un polvo con gramaje de 0.0165 pulgadas. Posteriormente se realizó una solución acuosa al 30% de grana cochinilla, se mezcló y se dejó en maceración 24 horas en refrigeración. Una vez pasada las 24 horas se colocó en calentamiento durante 30 minutos a una temperatura de 70 ° C.

Formulación de tortillas

Se realizaron 5 tratamientos, Control (sin adición), con 5% de guayaba (TG), 5% de guayaba y 0.1% de grana (TGC10), 5% de guayaba y 0.13% de grana (TGC13) y 5% de guayaba y 0.15% de grana (TGC15). Con el fin de evaluar el efecto del nivel de colorante sobre la tonalidad y las propiedades del producto. Los tratamientos se identificaron como se indica en la tabla 1. Los ingredientes secos se mezclaron durante 15 min hasta lograr su homogeneización y la masa se hidrató con agua potable hasta alcanzar una consistencia adecuada, es decir, aquella que al presionarse entre dos placas cubiertas de plástico puede desprenderse

sin romperse[1]. Los discos de masa para la elaboración de la tortilla se formaron con prensa manual y se cocieron en comal hasta lograr el inflado. Las tortillas se enfriaron a temperatura ambiente y se almacenaron en bolsas de polietileno hasta su análisis. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

Tabla 1*. Formulación de tortillas de maíz con harina de pulpa de guayaba*

Tratamientos	Harina de pulpa de guayaba (%)	Grana cochinilla (%)
TC0	0	0
TG	5	0
TGC10	5	0.10
TGC13	5	0.13
TGC15	5	0.15

Grado de inflado y rolabilidad

Ambos parámetros se evaluaron en seis tortillas por tratamiento de acuerdo con lo reportado por Moo-Huchin et al. (2021). La rolabilidad se calificó en una escala de 1 a 5, donde 1 = 0 % de rotura, 2 = 25 %, 3 = 50 %, 4 = 75 % y 5 = 100 % de rotura al enrollar la tortilla sobre un cilindro. El grado de inflado se calificó en una escala de 1 a 3, donde 1 = completamente inflado (70–100 %), 2 = inflado medio (30–70 %) y 3 = no inflado (0–30 %).

Color

Las coordenadas de color se determinaron con un colorímetro Konica minolta CR-400, previamente calibrado con una placa blanca de referencia, registrando los parámetros CIELab: L* (luminosidad, 0 = negro y 100 = blanco), a* (+a* = rojo, −a* = verde) y b* (+b* = amarillo, −b* = azul). Las mediciones se realizaron en tres puntos distintos de la superficie de cada muestra (masa y tortilla).

Obtención de los extractos

Para la determinación de los compuestos bioactivos, las tortillas se secaron y molieron hasta obtener un polvo fino. Se mezclaron 1 g de muestra con 10 mL de etanol al 80% y se mantuvieron en maceración durante 24 horas y posteriormente se filtraron. El filtrado se recuperó y almacenó hasta su análisis.

Actividad antioxidante

Se colocaron 150 μL de cada extracto, por triplicado posteriormente se agregaron 150 μL de DPPH a 150 μM recién preparado. Se mezcló y se midió la absorbancia a una longitud de onda de 490 nm a 0,30, 60, y 120 min en un lector de microplacas imark Biorad. Para expresar la actividad antioxidante se usó la fórmula 1).

$$\%\ Inhibición\ del\ radical\ DPPH = \frac{Absorbancia\ muestra\ (0\ min) - Absorbancia\ muestra\ (30\ min)}{Absorbancia\ muestra\ (0\ min)} * 100$$

Determinación de fenoles totales

A 30 μL de cada extracto se agregaron 150 μL del reactivo Folin-Ciocalteu se mezcló y después 5 minutos a temperatura ambiente, se agregaron 120 μL de carbonato de sodio (Na2CO3) al 0.075%. Se incubaron las muestras durante 2 horas a temperatura ambiente. La absorbancia se midió a 750 nm. Se prepararon 11 concentraciones de ácido gálico de 0-200 mg/L. Los resultados fueron expresados en equivalentes de ácido gálico (EAG)/100 g de muestra.

Taninos condensados

El contenido de taninos condensados se determinó por el método de la vainillina-ácido sulfúrico, en microplaca. Se colocaron 10 µL del extracto y se le adicionaron 197 µL de una solución de vainillina al 4 % en etanol. Posteriormente se añadieron 99 µL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 25 % y la mezcla se incubó durante 15 min a temperatura ambiente. Transcurrido este tiempo se midió la absorbancia a 490 nm en un lector de microplacas imark Biorad. La cuantificación se realizó mediante una curva de calibración construida con once concentraciones de catequina en un intervalo de 75 a 750 µg/mL. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de catequina (EC) por 100 gramos de muestra.

Análisis estadístico

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA). Cuando se encontraron diferencias significativas, se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados se reportan como media ± desviación estándar. Los análisis se llevaron a cabo con el programa Minitab 20.3.

Resultados y discusión

Inflado y rolabilidad

El grado de inflado y la rolabilidad son parámetros determinantes de la calidad de la tortilla, ya que definen su capacidad para enrollarse sin romperse y contener alimentos en su interior (Moo-Huchin et al., 2021). Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Contrario a lo esperado, la tortilla control presentó los valores menos favorables en ambos parámetros: un grado de inflado de 2.67, correspondiente a un inflado entre medio y nulo, y una rolabilidad de 2.33, indicativa de una rotura cercana al 25–50 % de las tortillas al enrollarse. En contraste, todas las formulaciones adicionadas mostraron valores de rolabilidad de entre 1.00 y 1.33, es decir, tortillas que se enrollaron sin romperse o con una rotura mínima; el valor más favorable correspondió al tratamiento TGC15 (1.00).

***Tabla 2**. Evaluación tecnológica de tortillas de maíz con harina de pulpa de guayaba*

Tratamiento	Inflado	Rolabilidad
TC0	2.67[a]	2.33[a]
TG	2.00[b]	1.17[b]
TGC10	1.83[b]	1.33[b]
TGC13	2.33[b]	1.17[b]
TGC15	1.67[c]	1.00[b]

TC0 = tortilla control; TG = tortilla + 5 % de harina de pulpa de guayaba; TGC10, TGC13 y TGC15 = tortilla + 5 % de harina de pulpa de guayaba + 0.10, 0.13 y 0.15 % de colorante de grana cochinilla, respectivamente. Inflado: escala de 1 a 3, donde 1 = completamente inflado (70–100 %), 2 = inflado medio (30–70 %) y 3 = no inflado (0–30 %). Rolabilidad: escala de 1 a 5, donde 1 = 0 % de rotura, 2 = 25 %, 3 = 50 %, 4 = 75 % y 5 = 100 % de rotura.

Un comportamiento similar se observó en el grado de inflado, donde TGC15 (1.67) y TGC10 (1.83) resultaron los más cercanos a un inflado completo.

Estos resultados contrastan con la tendencia general reportada en la literatura, donde la incorporación de harinas no tradicionales tiende a deteriorar la calidad de la tortilla cuando se emplean niveles altos de sustitución. Moo-Huchin et al. (2021) observaron que la adición de 30 % de harina de *Brosimum alicastrum* redujo la rolabilidad hasta un valor de 2.97 con aproximadamente 50 % de tortillas rotas y disminuyó el porcentaje de elongación, atribuyéndolo a tortillas menos elásticas y más rígidas; no obstante, los mismos autores señalaron que en niveles de 10 y 20 % las características de rolabilidad e inflado se conservaron respecto al control. De manera análoga, Páramo-Calderón et al. (2019) reportaron que la resistencia a la tensión de tortillas adicionadas con harina de moringa disminuyó de 9.38 N en el control a 7.94 y 6.79 N con 3 y 5 % de sustitución, mientras que a 1 % el valor se mantuvo sin cambios (9.74 N), y Contreras Jiménez et al. (2020) encontraron que la fuerza de tensión y de corte de tortillas fortificadas con harina de chapulín fue

menor que la del control conforme aumentó la concentración del ingrediente. En conjunto, estos trabajos indican que el deterioro de las propiedades de textura se manifiesta principalmente en niveles de sustitución superiores a los empleados en el presente estudio (5 %).

De hecho, cuando el nivel de sustitución es bajo, diversos autores no han encontrado afectaciones. García-Lorca et al. (2025) reportaron que la fortificación de tortillas de maíz con harina de subproductos de brócoli en proporciones de 2.5 a 10 % no produjo diferencias significativas en la doblabilidad ni en la rolabilidad respecto al control, y destacaron que la conservación de estos atributos es esencial para que la tortilla mantenga su funcionalidad culinaria. En el mismo sentido, Rendón-Villalobos et al. (2012) no observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en los atributos sensoriales, incluida la textura, de tortillas adicionadas con 5 a 20 % de harina de chía.

Color de masa y tortilla

El color es el primer estímulo sensorial que percibe el consumidor, por lo que constituye una característica elemental de cualquier producto[1] y un factor determinante de aceptación o rechazo. Las coordenadas CIELab obtenidas en masa y tortilla se presentan en la Tabla 3.

La incorporación de harina de pulpa de guayaba (TG) modificó de manera discreta el color de la masa: la luminosidad bajo ligeramente de 76.07 a 73.48 y la coordenada a* pasó de −0.74 a 1.15, es decir, del ámbito verde al rojo, mientras que b* se mantuvo prácticamente sin cambios (15.37 y 15.26). En contraste, la adición de grana cochinilla produjo modificaciones proporcionales a su concentración: L* disminuyó progresivamente hasta 58.37 en TGC15, a* se incrementó de 9.87 a 11.49 y b* descendió de 9.72 a 7.38. De la reducción total de luminosidad en la masa (17.70 unidades entre TC0 y TGC15), únicamente 2.59 unidades correspondieron a la guayaba, mientras que las 15.11 restantes se atribuyen al colorante. Estos resultados confirman que, en la masa, el viraje cromático hacia la tonalidad rosada se debe principalmente al ácido carmínico y no a la fruta.

***Tabla 3**. Coordenadas de color de la masa y la tortilla de maíz adicionadas con harina de pulpa de guayaba y colorante de grana cochinilla.*

Tratamiento	Masa			Tortilla		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
TC0	76.07	-0.74	15.37	73.22	-1.48	17.40
TG	73.48	1.15	15.26	59.39	3.35	18.51
TGC10	62.05	9.87	9.72	49.27	12.03	13.45
TGC13	59.75	11.21	8.05	51.60	12.51	11.90
TGC15	58.37	11.49	7.38	47.98	15.01	11.99

TC0 = tortilla control; TG = tortilla + 5 % de harina de pulpa de guayaba; TGC10, TGC13 y TGC15 = tortilla + 5 % de harina de pulpa de guayaba + 0.10, 0.13 y 0.15 % de colorante de grana cochinilla, respectivamente.

El comportamiento del color cambió al pasar de la masa a la tortilla. Mientras que en el control la reducción de luminosidad atribuible a la cocción fue de apenas 2.85 unidades (de 76.07 a 73.22), en las formulaciones adicionadas osciló entre 8.15 y 14.09 unidades, correspondiendo el valor más alto al tratamiento TG.

Este resultado indica que el efecto de la harina de pulpa de guayaba sobre el color se manifiesta principalmente durante el tratamiento térmico. En la masa, la fruta apenas modificó la luminosidad; sin embargo, en la tortilla el tratamiento TG descendió a 59.39, esto es, 13.83 unidades por debajo del control, lo que representa más de la mitad de la diferencia total observada entre TC0 y TGC15 (25.24 unidades). Dicho comportamiento sugiere la aparición de reacciones de pardeamiento durante la cocción, favorecidas por los azúcares y compuestos fenólicos aportados por la guayaba y por la temperatura empleada en la elaboración de la tortilla. La cocción también intensificó la tonalidad rojiza en todos los tratamientos adicionados con grana cochinilla; la coordenada a* se incrementó de 1.15 a 3.35 en TG y de 11.49 a 15.01 en TGC15, lo que indica que el color aportado por el ácido carmínico no solo se conservó, sino que se acentuó en el producto terminado.

ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

Finalmente, cabe destacar que el oscurecimiento de las tortillas no representa necesariamente una desventaja para su consumo. En el caso del presente trabajo, la tonalidad rosada obtenida constituye además un atributo diferenciador del producto, en línea con la tendencia actual de sustituir colorantes sintéticos por alternativas de origen natural.

Capacidad antioxidante

El contenido de fenoles totales, taninos condensados y la capacidad antioxidante de las tortillas se presentan en la Figura 2. En los tres parámetros, la tortilla control registró los valores más bajos, mientras que todas las formulaciones adicionadas mostraron incremento.

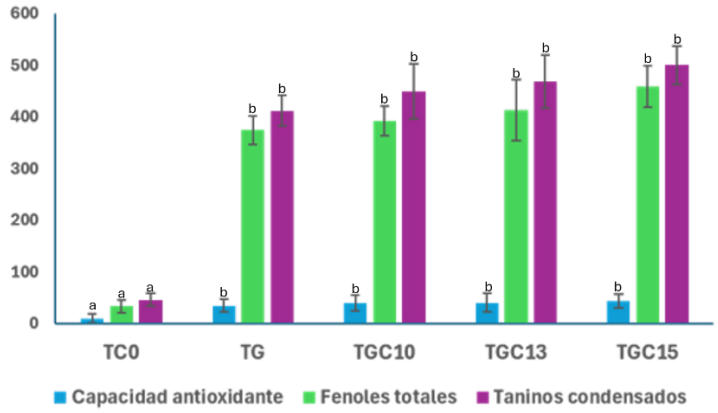


Figura 2. *Capacidad antioxidante, fenoles totales y taninos condensados de tortillas enriquecidas con harina de pulpa de guayaba y grana cochinilla. La capacidad antioxidante se determinó por el método de DPPH y se expresa como porcentaje de inhibición; los fenoles totales como mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/100 g y los taninos condensados como mg equivalentes de catequina (EC)/100 g. Todos los valores se expresan en base seca. Los resultados son promedios de tres repeticiones ± desviación estándar; valores con letras diferentes dentro de una misma columna son significativamente diferentes a P ≤ 0.05 según la prueba de Tukey.*

El efecto más marcado correspondió a la incorporación de la fruta. Al comparar el control con el tratamiento TG, el contenido de fenoles totales se incrementó de 32.73 a 373.69 mg EAG/100 g y el de taninos condensados de 45.87 a 411.52 mg EC/100 g. El comportamiento observado es consistente con lo reportado para tortillas enriquecidas con otras harinas vegetales, aunque el incremento obtenido fue superior. El aporte de la guayaba se podría explicar por su riqueza en compuestos fenólicos. La caracterización de la pulpa y la cáscara de esta fruta ha permitido identificar sesenta compuestos fenólicos, entre flavonoides, elagitaninos, flavonoles y proantocianidinas. Estas últimas corresponden precisamente a los taninos condensados cuantificados en el presente trabajo, lo que explica que este parámetro alcanzara los valores más altos de los tres evaluados en todos los tratamientos. En el mismo sentido, Velasco-Arango et al. (2020) reportaron un contenido de 24.948 mg EAG/g y una actividad antioxidante de 62.281 % en harina de epicarpio de guayaba, confirmando el potencial de esta fruta y sus subproductos como fuente de compuestos bioactivos.

La adición de grana cochinilla mostró una tendencia ascendente en los tres parámetros, con los valores máximos en TGC15 (458.81 mg EAG/100 g de fenoles totales y 499.52 mg EC/100 g de taninos condensados), lo que representa incrementos de 22.8 y 21.4 % respecto al tratamiento TG. La tendencia observada resulta congruente con la naturaleza química del pigmento, ya que el ácido carmínico es un compuesto derivado de una antraquinona, constituido por un núcleo antraquinónico unido a un grupo carboxilo, un grupo metilo, cuatro hidroxilos y una hexosa (Ochoa Manzo et al., 2025). Estos resultados podrían incrementar el interés tecnológico, ya que la grana cochinilla desempeñaría una doble función en la formulación: además de conferir color, aportaría compuestos bioactivos al producto.

Conclusiones

La adición de harina de pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) al 5 % y de colorante natural de grana cochinilla (*Dactylopius coccus*) en concentraciones de 0.10, 0.13 y 0.15 % permitió obtener tortillas de maíz

nixtamalizado con un mayor contenido de compuestos bioactivos, sin comprometer los atributos de calidad propios del producto tradicional.

Los parámetros de calidad no se vieron afectados por las adiciones; por el contrario, todas las formulaciones adicionadas presentaron mejores valores de rolabilidad e inflado que el control, lo que indica que el nivel de sustitución empleado permite incorporar ambos ingredientes sin deteriorar la funcionalidad de la tortilla.

En cuanto al color, la incorporación de grana cochinilla desplazó la coordenada a* hacia el rojo e incrementó su valor conforme aumentó la concentración de colorante, confirmando el desarrollo de la tonalidad rosada buscada; dicha coloración no solo se conservó tras la cocción, sino que se acentuó. Asimismo, se observó que la harina de pulpa de guayaba ejerce su principal efecto sobre la luminosidad durante el tratamiento térmico, lo que sugiere la ocurrencia de reacciones de pardeamiento. Se concluye que la harina de pulpa de guayaba constituye una alternativa viable para el enriquecimiento de tortillas de maíz nixtamalizado, ya que permite aprovechar un recurso regional y agregar valor nutricional, manteniendo su calidad.

Referencias

Arroyo-Figueroa, G., Herrera-Méndez, C. H., Dzul-Cauich, J. G., Vargas-Rodríguez, L., & Peña-Caballero, V. (2016). Medición del color en productos cosméticos elaborados con subproductos de la grana cochinilla. Acta Universitaria, 26(1), 3–7. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41648312001

Contreras-Jiménez, B., Oseguera-Toledo, M. E., Garcia-Mier, L., Martínez-Bravo, R., González-Gutiérrez, C. A., Curiel-Ayala, F., & Rodriguez-Garcia, M. E. (2020). Physicochemical study of nixtamalized corn masa and tortillas fortified with "chapulin" (grasshopper, *Sphenarium purpurascens*) flour. CyTA - Journal of Food, 18(1), 527–534. https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1794980

García-Lorca, N., Libero, C., Livigni, C., Frouzaki, N. E., & Aguayo, E. (2025). Sustainable fortification of corn tortillas with broccoli by-products. Foods, 14(5), 799. https://doi.org/10.3390/foods14050799

Miller, M. D., Steinmaus, C., Golub, M. S., Castorina, R., Thilakartne, R., Bradman, A., & Marty, M. A. (2022). Potential impacts of synthetic food dyes on activity and attention in children: A review of the human and animal evidence. Environmental Health, 21(1), 45. https://doi.org/10.1186/s12940-022-00849-9

Moo-Huchin, V. M., Góngora-Chi, G. J., Sauri-Duch, E., Canto-Pinto, J. C., Betancur-Ancona, D., & Ramón-Canul, L. G. (2021). Tortilla de maíz adicionada con harina de *Brosimum alicastrum*: propiedades fisicoquímicas y actividad antioxidante. CIENCIA ergo-sum, 28(3), e129. https://doi.org/10.30878/ces.v28n3a1

Ochoa-Manzo, G. M., Martínez-Flores, H. E., Rodiles-López, J. O., & Portillo, L. (2025). Carmine red from cochineal (*Dactylopius coccus*), a natural dye: A review. Ciencia Nicolaita, (93), 26–34. https://doi.org/10.35830/cn.vi93.827

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. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.078

Rendón-Villalobos, R., Ortíz-Sánchez, A., Solorza-Feria, J., & Trujillo-Hernández, C. A. (2012). Formulation, physicochemical, nutritional and sensorial evaluation of corn tortillas supplemented with chía seed (*Salvia hispanica* L.). Czech Journal of Food Sciences, 30(2), 118–125. https://doi.org/10.17221/393/2010-CJFS

Rojas-Garbanzo, C., Zimmermann, B. F., Schulze-Kaysers, N., & Schieber, A. (2017). Characterization of phenolic and other polar compounds in peel and flesh of pink guava (*Psidium guajava* L. cv. 'Criolla') by ultra-high performance liquid chromatography with

diode array and mass spectrometric detection. Food Research International, 100(3), 445–453. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.12.004

Salazar-Llangarí, K. G., Erazo-Lara, A. E., Oñate-Bastidas, B. A., Condo-Plaza, L. A., & Cañar-Rivera, J. L. (2023). Extracción de ácido carmínico como colorante natural a partir de la cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa). Polo del Conocimiento, 8(3), 540–564. https://doi.org/10.23857/pc.v8i3.5321

Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. Food Chemistry, 111(4), 816–823. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.054

Velasco-Arango, V. A., Bernal-Martínez, A. A., Ordóñez-Santos, L. E., & Hleap-Zapata, J. I. (2020). Caracterización del epicarpio de guayaba (*Psidium guajava* L.) como alternativa natural para uso en productos alimenticios procesados. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 18(2), 26–36. https://doi.org/10.18684/BSAA(18)26-36