



Innovación Alimentaria Con Raíces Del Caribe: Galletas A Base De Harina De Ñame Espino Acetilada

Food Innovation With Caribbean Roots: Cookies Made From Acetylated Espino Yam Flour

Granados-Conde Clemente¹; León-Méndez Glicerio²; Gelvez-Ordóñez Víctor³

¹ Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Programa Ingeniería de Alimentos. Grupo de investigación Ingeniería, Innovación, Calidad Alimentaria y Salud (INCAS). Cartagena, Colombia. ✉Correo electrónico: clementecondeq@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-3201-4357>

² Corporación Universitaria Rafael Núñez, Programa de Enfermería, Grupo de Investigación GISIBEC, ✉Correo electrónico: glicerio.leon@campusuninunez.edu.co  <https://orcid.org/0000-0002-9899-5872>

³ Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Programa Ingeniería de Alimentos. Grupo de investigación Innovaciones Alimentarias, INNOVA. Sede Villa del rosario, Colombia; ✉Correo electrónico: vmgelvez@unipamplona.edu.co  <https://orcid.org/0000-0001-5804-9585>

Recibido: septiembre 20 de 2025; Aceptado: noviembre 30 de 2025; Publicado: diciembre 20 de 2025

RESUMEN

La harina de ñame espino modificada por acetilación se perfila como un insumo innovador para la industria alimentaria del Caribe colombiano. Sus características fisicoquímicas —textura firme, bajo contenido de humedad y tonalidad clara— le otorgan versatilidad y estabilidad en productos con mayor vida útil. Nutricionalmente, es rica en carbohidratos, fibra, potasio y vitamina A, con bajo sodio, favoreciendo la salud digestiva y aportando energía. En



Autor correspondencia; Clemente
Granados Conde.. ✉Correo
electrónico:
clementeconddeg@gmail.com



galletas, superó a la harina de trigo en aceptación sensorial, mostrando mayor luminosidad, suavidad y retención de vitamina A. Estos atributos consolidan al ñame espinoso como alternativa funcional para panadería y snacks saludables.

Palabras clave: Caribe Colombiano, Galletas, Harina, Innovación alimentaria, Ñame

ABSTRACT

Acetylated yam flour emerges as an innovative ingredient for the Colombian Caribbean food industry. Its physicochemical properties—firm texture, low moisture content, and light color—provide versatility and stability in products with extended shelf life. Nutritionally, it is rich in carbohydrates, fiber, potassium, and vitamin A, while low in sodium, supporting digestive health and offering high energy. In cookies, it outperformed wheat flour in sensory acceptance, showing greater brightness, softness, and improved vitamin A retention. These attributes position acetylated yam flour as a functional and superior alternative for bakery products and healthy snacks with added value.

Key words: Colombian Caribbean, Cookies, Flour, Food innovation, Yam

INTRODUCCIÓN

El ñame (*Dioscorea* spp.) es un tubérculo tropical de gran relevancia en la alimentación tradicional y la biodiversidad agrícola, particularmente en la región Caribe

de Colombia. Las variedades locales de ñame, como el ñame espinoso, representan no solo una fuente importante de carbohidratos sino también de compuestos



bioactivos y micronutrientes que podrían aportar valor agregado a productos procesados (Ufondu et al., 2022). Sin embargo, la aplicación de harina o almidón de ñame en productos horneados como galletas ha estado limitada por propiedades funcionales poco apropiadas, tales como baja estabilidad frente al calor, retrogradación rápida, y pobre textura cuando se sustituye harina de trigo convencional (Bejarano y Salazar, 2023; Liu et al., 2022; Daza Orsini, et al., 2021). Torres et al., 2016). Aspectos estudiados con la adición de otro tipo de harinas con el fin de obtener mejoras tecnológicas, nutricionales y sensoriales. (Prieto Tapias, et al., 2023; Soto Toloza, et al., 2023; Peña García, et al., 2023; Púa Rosado et al., 2022; Izaguirre Pérez et al., 2022).

Una estrategia para superar estas limitaciones es la modificación química del almidón o de la harina mediante acetilación, la cual puede alterar propiedades fisicoquímicas esenciales: la capacidad de hinchamiento, solubilidad, absorción de agua, gelatinización, viscosidad, retrogradación, entre otras (Subroto, et al., 2023). Estudios recientes muestran que almidones acetilados de fuentes como

garbanzo (*Cicer arietinum*) y otros tubérculos exhiben mejoras en las propiedades funcionales que resultan favorables en aplicaciones industriales y alimentarias.

Además, la revisión de Subroto et al. (2023) profundiza en cómo la acetilación, sola o en combinación con otras modificaciones, modifica las propiedades reológicas, térmicas, estructurales y funcionales de almidones y harinas, con aplicaciones potenciales en productos horneados, emulsionantes y agentes espesantes (Okereke et al., 2022; Almanza H., et al., 2019).

Por otro lado, estudios enfocados en fuentes menos convencionales de almidón han reportado que modificaciones químicas como la acetilación aumentan la capacidad de absorción de agua, modifican la gelatinización (temperaturas de inicio, pico y final), reducen la tendencia al retroceso de viscosidad, y en algunos casos mejoran la digestibilidad y perfil de carbohidratos resistentes. Estas características son potencialmente útiles para mejorar la textura, frescura y aceptación sensorial de productos horneados. (Carrillo García, et al.,



2024; Arias Palma, et al., 2021; Almanza, et al., 2019; Álvarez-Bermúdez, et al., 2017).

En el contexto agroalimentario Caribe, el uso de harina de ñame espinoso acetilada para elaborar galletas representa una innovación con múltiples beneficios: valorización de un cultivo local, diversificación de productos alimenticios, mejora funcional y nutricional, y potencial reducción de importaciones de harinas o aditivos modificadores. No obstante, hasta ahora hay escasez de estudios que evalúen directamente el efecto de harina de ñame espinoso modificada en la calidad física, sensorial y microbiológica de galletas, incluyendo parámetros de textura,

METODOLOGIA

La variedad de ñame, se sembraron y cosecharon en el municipio de San Jacinto departamento de Bolívar en varias etapas: selección, siembra, cosecha, rendimiento.

Obtención de la Harina del ñame nativa

La variedad de ñame Espino – Botón seleccionada cumplió con los requisitos mínimos para ser sometida a análisis de la materia prima, lo que permitió alcanzar el máximo desarrollo de la planta antes de la

propagación durante la cocción (“spread factor”), humedad residual, aceptación por consumidores, y vida útil.

Por todo lo anterior, este trabajo tiene como objetivo investigar cómo la acetilación de harina de ñame espinoso variedad Botón modifica sus propiedades funcionales, y cómo estos cambios repercuten en galletas formuladas con dicha harina acetilada. Con ello se busca no solo demostrar la viabilidad técnica de usar harina de ñame espinoso acetilada en galletas, sino también aportar al desarrollo sostenible de la agroindustria regional y la creación de productos funcionales con identidad local.

cosecha y garantizó el buen estado de los tubérculos. Estos criterios se determinaron mediante seguimientos previos del cultivo y del rendimiento, lo que facilitó una cuidadosa selección y recolección de plantas provenientes de lotes que cumplieran con las condiciones establecidas.

El proceso de obtención de la harina de ñame Espino – Botón se desarrolló en varias etapas. En primer lugar, se realizó la selección de la materia prima, asegurando

que los tubérculos se encontraran en un estado óptimo de madurez al momento de la cosecha. Posteriormente, se efectuó el pesaje inicial (Pi) utilizando una balanza con capacidad de hasta 30 kilogramos. Una vez cuantificado, se llevó a cabo el lavado y pelado, de forma manual con agua potable y mediante acción mecánica, con el fin de eliminar la suciedad superficial. Esta etapa se complementó con una desinfección con Citrozan®, producto que contenía ácido cítrico y ácido ascórbico en una concentración de 0,01% como componentes activos. Luego, se registró el peso del ñame sin pelar (Ps).

La siguiente fase correspondió al picado del tubérculo, el cual se efectuó manualmente con cuchillos de acero inoxidable, seguido de un nuevo pesaje (Pp). Posteriormente, se realizó una molienda inicial en molino de disco con el propósito de reducir el tamaño de partícula. El material obtenido se sometió a un lavado por recirculación en una tina equipada con tanques y tuberías de acero inoxidable, bomba centrífuga y malla metálica, cuyo objetivo fue remover impurezas, partículas extrañas y compuestos indeseables como almidones residuales. Este procedimiento se

complementó con un escaldado a 90 °C durante 30 minutos, que permitió la inactivación enzimática y la reducción de reacciones indeseables durante el secado y almacenamiento (Granados et al., 2021).

La fase de secado se efectuó en un deshidratador de bandejas con circulación de aire forzado, aplicando temperaturas de 50, 60 y 70 °C. Se buscó alcanzar un contenido final de humedad promedio del 10%, de acuerdo con el tiempo y las especificaciones establecidas en la Norma Técnica Colombiana NTC 267. Una vez finalizado este proceso, se realizó el pesaje del ñame deshidratado (Pd).

Posteriormente, se llevó a cabo la molienda final en molino de martillos de acero inoxidable AISI 304, equipado con rotor, discos, tamiz y martillos, seguida por el tamizado con malla 212 µm, conforme a lo dispuesto en la NTC 267. Finalmente, la harina obtenida se envasó en bolsas de polipropileno selladas herméticamente, lo que garantizó condiciones de higiene y preservación del producto para su almacenamiento y posterior aplicación en el desarrollo de galletas funcionales.

Análisis proximales

Los análisis proximales comprendieron la determinación de grasa, humedad, proteína, fibra, cenizas y carbohidratos presentes la harina nativa y el producto terminado; asimismo, se realizaron los análisis complementarios de vitaminas, minerales y contenido de amilosa (Granados et al., 2014)

Acetilación de las harinas

El proceso consistió en suspender la harina nativa en proporción de 40 g en 100 mL de agua con agitación constante por media hora, a continuación, se ajustó el pH del medio a valores entre 8.5 y 9,0 empleando hidróxido de sodio (NaOH) al 3%. Sobre esta suspensión, se empezó a adicionar gota a gota la cantidad calculada de anhídrido acético, para obtener los porcentajes de acetilación buscados. 10 mL de anhídrido acético serán necesarios para alcanzar grados de acetilación que permitan obtener polímeros con capacidad de controlar la velocidad de disolución de fármacos. A medida que la reacción fue

avanzando, el pH tiende a bajar, lo que debe compensarse adicionando cantidades de NaOH para retornar este valor a 8.5-9,0. Una vez se terminó la adición del anhídrido, se dejó en agitación hasta que el pH se estabilice (se termina el reactivo en solución). Se ajustó el pH a 6 con HCl 3%, y se filtró el producto a vacío. Para secarlo, se resuspende en etanol 96% y se filtró a vacío. Se muele en mortero y se empaco en recipientes herméticos. Elaboración de la galleta

La galleta, formulación sin relleno (NTC 1241, 2007) se elaboró a partir de la harina del ñame espinoso alemán modificado químicamente cumpliendo los requisitos de calidad, tamaño de partícula al tamizado mediante un tamiz 212 y demás lineamientos establecidos en la NTC 267 (2017) y los controles de calidad establecidos en este estudio para la obtención de este tipo de harina (tabla 1).

Tabla 1. Formulación de la Galleta de Ñame

Ingredientes	Porcentaje (%)
Harina modificada	48.0
Polvo de hornear	1.0
Azúcar	25.0



Mantequilla	15.0
Agua	10.0
Levadura	1.0

Evaluación sensorial del producto (galleta)

En la evaluación sensorial se utilizó la prueba hedónica de nivel de aceptación con 80 panelistas no entrenados (consumidores habituales) en una escala de 5 puntos (1 = me disgustó mucho, 2 = me disgustó, 3 = ni me gustó ni me disgustó, 4 = me gustó, 5 = me gustó mucho). Las muestras se evaluaron con base en los atributos

característicos de las galletas, tales como olor, color, apariencia, sabor, dureza, granulosis, textura y aceptación general (Granados et al., 2021).

Análisis estadístico. Los ensayos se realizaron por triplicado con el fin de garantizar resultados analíticos confiables, utilizando el programa GraphPad Prism 5. Los resultados se expresaron como media $\pm$ EEM (error estándar de la media).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra la evolución del contenido de humedad (%) en el ñame botón durante el proceso de secado a tres temperaturas diferentes (50 °C, 60 °C y 70 °C), evaluado en un intervalo de 4 horas. En

todos los tratamientos se observa una tendencia decreciente de la humedad a lo largo del tiempo, lo cual evidencia la eficiencia del proceso de deshidratación.

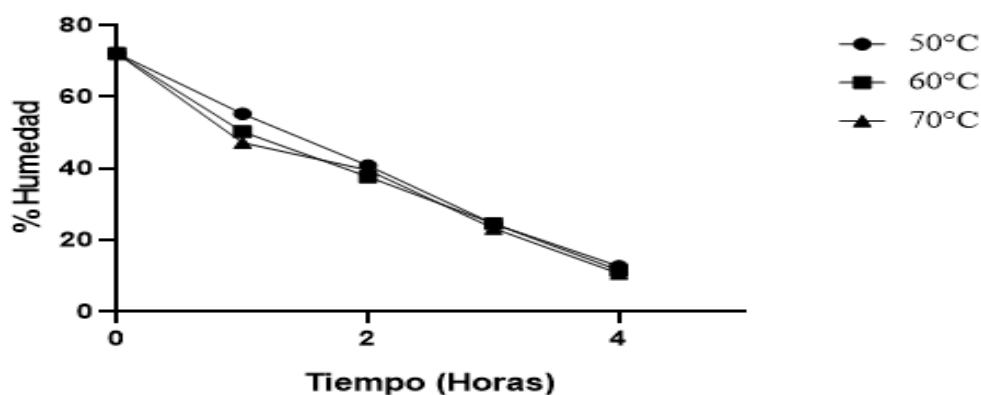


Figura 1. Curva de secado el ñame botón

Los resultados obtenidos en la curva de secado del ñame botón evidencian un patrón típico de pérdida de humedad en raíces y tubérculos, caracterizado por una fase inicial de alta velocidad seguida de una etapa de secado lento. Este comportamiento coincide con lo reportado en otras variedades de ñame (*Dioscorea alata*), donde se ha demostrado que el incremento de la temperatura acelera la tasa de evaporación durante la fase inicial y mejora la eficiencia global del proceso (Torres et al., 2012).

Al comparar las tres temperaturas evaluadas (50, 60 y 70 °C), se observa que la cinética de secado es más rápida a 70 °C, alcanzando niveles críticos de humedad en menor tiempo. Este resultado concuerda

con lo reportado para *Dioscorea rotundata*, en el que la etapa predominante corresponde a la velocidad decreciente y donde el aumento de temperatura reduce de manera significativa el tiempo necesario para alcanzar la humedad final (Ojediran et al., 2020).

Asimismo, estudios recientes en secado de *Dioscorea alata* en secadores de aire caliente indican que temperaturas en el rango de 50 a 70 °C permiten obtener difusividades efectivas más altas y reducen la energía de activación, confirmando que la temperatura es un factor determinante para optimizar el proceso (Okunola et al., 2023). Sin embargo, se ha advertido que una exposición prolongada a temperaturas elevadas puede inducir cambios en el color

y en la estructura del almidón, aspectos que deben considerarse para preservar la

calidad sensorial y nutricional del producto (Amedor et al., 2024).

Tabla 2. Rendimiento en porcentajes de la harina de ñame

Variedad	Peso inicial (g)	Peso de Harina (g)	Rendimiento (%)
Botón	1750	247	14.11±0.6

La Tabla 2 evidencia que, a partir de 1750 g de materia prima fresca de ñame Botón, se obtuvieron 247 g de harina, lo que corresponde a un rendimiento del 14,11 % ± 0,6. Este valor refleja la fracción de materia seca recuperada tras las etapas de selección, lavado, pelado, escaldado, secado y molienda. El bajo porcentaje es atribuible al alto contenido de agua del tubérculo, que suele superar el 65–70 % en peso fresco, y a las pérdidas inevitables durante el procesamiento, como la remoción de cáscara y fracciones indeseables, además de la reducción de humedad hasta niveles de seguridad alimentaria (~10 %).

Resultados semejantes han sido reportados en estudios previos. Rodríguez-Lora et al. (2022) encontraron rendimientos entre 13 y 17 % en harinas de *Dioscorea rotundata*, dependiendo del tipo de pretratamiento y las condiciones de secado. De forma

similar, Amedor et al. (2024) observaron que los rendimientos de harina de ñame procesada en hornos de convección se ubican en el rango de 12 a 18 %, influenciados por la temperatura aplicada y el grosor de la lámina. Estos hallazgos confirman que el rendimiento del 14,11 % obtenido para la variedad Botón se encuentra dentro de los valores esperados, lo que ratifica su potencial para la transformación agroindustrial.

Desde el punto de vista productivo, este rendimiento aporta criterios técnicos relevantes para la viabilidad económica del procesamiento de ñame en la elaboración de productos derivados. Asimismo, evidencia la necesidad de optimizar variables críticas como la eficiencia del secado y la molienda, con el fin de maximizar la recuperación de sólidos sin comprometer la calidad fisicoquímica del producto final.

Tabla 3. *Análisis bromatológicos harina del ñame*

Tipo de ñame	Parámetros							pH
	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteínas (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)	Grasa (%)	Valor calórico (Calorías)	
Botón	8.74±0.2	0.80±0.9	1.44±0.5	1.98±0.2	88.92±0.3	0.11±0.9	366.40±0.5	5.74±0.4

La Tabla 3 presenta la composición bromatológica de la harina de ñame Botón. El contenido de humedad fue de 8,74 % ± 0,2, valor inferior al 10 % establecido como límite en normativas de calidad para harinas (ICONTEC, 2017), lo que garantiza estabilidad frente al crecimiento microbiano y prolonga la vida útil del producto. El bajo porcentaje de humedad confirma la eficiencia del proceso de secado realizado.

El contenido de cenizas (0,80 % ± 0,9) se encuentra dentro del rango esperado para tubérculos tropicales, reflejando la presencia de minerales esenciales como potasio, calcio y fósforo. El nivel de proteínas fue de 1,44 % ± 0,5, inferior al de otros cultivos como la batata o la yuca fortificada, lo cual coincide con reportes que destacan el ñame como un alimento fundamentalmente energético más que proteico (Rodríguez-Lora et al., 2022).

El aporte de fibra dietaria fue de 1,98 % ± 0,2, lo que otorga valor funcional al

producto, pues favorece la salud digestiva y puede contribuir a la formulación de alimentos con beneficios específicos. Los carbohidratos representaron el 88,92 % ± 0,3, confirmando que la harina de ñame es una fuente concentrada de energía. El contenido de grasa fue muy bajo (0,11 % ± 0,9), lo que la convierte en una materia prima adecuada para el desarrollo de alimentos hipocalóricos.

El valor calórico calculado fue de 366,40 kcal/100 g, comparable al de harinas de yuca y papa, lo que resalta el potencial del ñame Botón como ingrediente energético en la dieta. Finalmente, el pH fue de 5,74 ± 0,4, ligeramente ácido, lo que puede contribuir a la estabilidad frente a microorganismos patógenos y es consistente con lo encontrado en otras variedades de ñame procesadas bajo condiciones similares (Amedor et al., 2024).

Tabla 4. Análisis químicos de la harina de ñame

Tipo de ñame	Parámetros								
	Viscosidad (cP)	Temp. De Gelificación (°C)	Sinéresis	Azúcares Totales (%)	Potasio (mg)	Calcio (mg)	Magnesio (mg)	Fósforo (mg)	Sodio (mg)
Botón	2631.8±0.5	72.0±0.3	29.4±0.6	5.5±0.4	140±0.7	1.9±0.8	1.9±0.5	4.9±0.2	1.5±0.7

La harina de ñame Botón presentó una viscosidad de 2631,8 cP, lo cual refleja una adecuada capacidad de absorción y retención de agua, propiedades clave para su aplicación en productos de panificación y galletería. Estos valores son similares a los descritos para harinas de *Dioscorea rotundata* y *Dioscorea alata*, en las que la viscosidad se relaciona directamente con la presencia de almidón nativo y la integridad de los gránulos tras el secado y la molienda (Afoakwa & Sefa-Dedeh, 2002; Rodríguez-Lora et al., 2022).

La temperatura de gelificación fue de 72 °C, lo que indica que el almidón presente requiere un aporte térmico medio para la ruptura de enlaces y la formación del gel. Este valor se encuentra dentro del rango reportado para otros ñames tropicales (68–75 °C), confirmando la similitud estructural del almidón de esta variedad con otras

especies del género *Dioscorea* (Otegbayo et al., 2014).

El nivel de sinéresis fue de 29,4 %, lo que evidencia una moderada retrogradación del almidón y sugiere estabilidad limitada en sistemas de gel refrigerados. Esta propiedad es relevante en la formulación de productos donde se busca evitar la pérdida de agua y separación de fases.

En cuanto a la composición química, el contenido de azúcares totales fue de 5,5 %, mientras que el potasio alcanzó 140 mg, confirmando que el ñame Botón es una fuente importante de este mineral, asociado a la regulación de la presión arterial y la función muscular. Los contenidos de calcio (1,9 mg), magnesio (1,9 mg), fósforo (4,9 mg) y sodio (1,5 mg) se encuentran en niveles bajos, lo que lo posiciona como un ingrediente de bajo aporte en sodio, apto para dietas hiposódicas. Resultados semejantes han sido reportados en estudios

de harinas de ñame en África occidental, donde el potasio es el mineral predominante, seguido de pequeñas

proporciones de calcio y magnesio (Otegbayo et al., 2014; Amedor et al., 2024).

Tabla 5. Análisis físico químicos de las harinas del ñame

Parámetros	Botón
L*	77.07±0.4
A*	0.11±0.3
B*	10.53±0.6
Taninos	0.10±0.2
Amilosa	29±0.7
Amilopectina	71±0.8

La harina de ñame Botón presentó valores de color expresados en el espacio CIELab de $L^* = 77,07 \pm 0,4$, $a^* = 0,11 \pm 0,3$ y $b^* = 10,53 \pm 0,6$. Estos resultados indican una harina de tonalidad clara, con baja presencia de matices rojos (a^*) y un ligero componente amarillo (b^*), atributos deseables para su aplicación en la industria alimentaria, ya que favorecen la aceptación sensorial y la posibilidad de mezclarse con otros ingredientes sin afectar significativamente el color final (Otegbayo et al., 2014).

La luminosidad elevada ($L^* > 70$) también sugiere que el proceso de secado y molienda preservó adecuadamente las características cromáticas del almidón, minimizando fenómenos de pardeamiento no enzimático.

El contenido de taninos fue de $0,10 \pm 0,2 \%$, considerado bajo y dentro de los rangos aceptables para consumo humano. Este resultado es relevante, dado que los taninos son compuestos fenólicos con propiedades antinutricionales que pueden afectar la biodisponibilidad de proteínas y minerales; sin embargo, a niveles bajos aportan beneficios antioxidantes (Otegbayo et al., 2014; Rodríguez-Lora et al., 2022).

En cuanto a la fracción de almidón, la harina presentó $29 \% \pm 0,7$ de amilosa y $71 \% \pm 0,8$ de amilopectina. Esta proporción es consistente con lo reportado en otras variedades de ñame y tubérculos tropicales, donde predomina la amilopectina, confiriendo propiedades de viscosidad, retrogradación moderada y textura firme a

los productos derivados (Otegbayo et al., 2014; Rodríguez-Lora et al., 2022).

La elevada proporción de amilopectina favorece la elaboración de galletas y productos horneados con buena expansión y estructura, mientras que el contenido de amilosa contribuye a la firmeza y estabilidad del gel.

En conjunto, estos resultados muestran que la harina de ñame Botón posee un perfil fisicoquímico adecuado para aplicaciones en la industria de panificación, confitería y productos funcionales, al combinar un color claro, bajo contenido de compuestos antinutricionales y una estructura de almidón balanceada que ofrece versatilidad tecnológica.

Tabla 6. Análisis bromatológico, mineral, de textura, Vitamina A y color de galletas elaboradas con harina de ñame variedad botón modificada mediante acetilación química

Parámetros	Resultado
Proteína (%)	3.50 ± 0.30
Ceniza (%)	1.00 ± 0.80
Carbohidratos (%)	72.50 ± 0.40
Humedad (%)	8.80 ± 0.40
Grasa (%)	11.20 ± 0.30
Fibra (%)	2.30 ± 0.10
Sodio (mg)	7.50 ± 0.20
Potasio (mg)	600.00 ± 0.80
Hierro (mg)	0.40 ± 0.80
Zinc (mg)	0.20 ± 0.30
Magnesio (mg)	16.00 ± 0.75
L*	71.00 ± 0.70
a*	-0.40 ± 0.30
b*	5.50 ± 0.60
Textura (N)	3.20 ± 0.80
Vitamina A (µg RAE)	6.00 ± 0.40

Los resultados bromatológicos muestran que las galletas elaboradas con harina de ñame variedad Alemán acetilada presentaron un contenido de proteína de

3,50 % ± 0,30, lo que, aunque bajo en comparación con cereales como el trigo, aporta al perfil nutricional del producto. El contenido de cenizas fue de 1,00 % ± 0,80,

reflejando la presencia de minerales esenciales en bajas concentraciones. Los carbohidratos representaron el mayor porcentaje (72,50 % $\pm$ 0,40), confirmando que este producto es fundamentalmente energético, como ocurre en derivados de tubérculos tropicales utilizados en formulaciones de galletas funcionales (Rodríguez-Lora et al., 2022).

La humedad se mantuvo en 8,80 % $\pm$ 0,40, valor inferior al límite del 10 % establecido en normas de calidad para galletas, lo que garantiza estabilidad frente al crecimiento microbiano y prolonga la vida útil (ICONTEC, 2017). El contenido de grasa fue de 11,20 % $\pm$ 0,30, atribuible a los ingredientes complementarios de la formulación, mientras que la fibra dietaria alcanzó 2,30 % $\pm$ 0,10, aportando un beneficio funcional importante para la salud digestiva y posicionando al producto como una alternativa con valor agregado.

En cuanto al perfil mineral, el potasio destacó con 600 mg $\pm$ 0,80, seguido del magnesio (16,00 mg $\pm$ 0,75), hierro (0,40 mg $\pm$ 0,80) y zinc (0,20 mg $\pm$ 0,30), mientras que el sodio se mantuvo bajo (7,50 mg $\pm$ 0,20). Este perfil es ventajoso para poblaciones que requieren reducir el consumo de sodio, y coincide con lo reportado en harinas de ñame y productos derivados, donde el potasio es el mineral predominante (Otegbayo et al., 2014; Amedor et al., 2024).

Respecto al color, los valores $L^* = 71,00 \pm 0,70$, $a^* = -0,40 \pm 0,30$ y $b^* = 5,50 \pm 0,60$ indican una tonalidad clara, con ligera tendencia al amarillo, característica que favorece la aceptabilidad sensorial. La textura mostró una fuerza de fractura de 3,20 N $\pm$ 0,80, asociada a una crocancia adecuada para galletas, y la vitamina A alcanzó 6,00 μ g RAE $\pm$ 0,40, lo que representa un aporte complementario de micronutrientes en la dieta.

Tabla 7. Los análisis sensoriales obtenidos de la galleta de harina modificada sin relleno

Evaluación Sensorial	Máximo Valor Obtenido De Las Medias
Olor	3,85
Color	3,98
Apariencia	3,76

Dureza	3,66
Granulosidad	3,56
Textura	3,62
Aceptación	3,63

El atributo mejor valorado fue el color (3,98), lo que evidencia que el producto presenta una apariencia visualmente atractiva y acorde con las expectativas de un alimento horneado. El olor obtuvo también un puntaje alto (3,85), lo que resalta la conservación de compuestos aromáticos agradables durante el proceso de elaboración. La apariencia general alcanzó 3,76, confirmando que la uniformidad y el aspecto externo de las galletas fueron bien aceptados.

En contraste, los atributos relacionados con la textura recibieron calificaciones ligeramente menores. La dureza se ubicó en 3,66, mientras que la textura global obtuvo 3,62, valores que, aunque aceptables, sugieren la posibilidad de optimizar la formulación para mejorar la crocancia y la sensación en boca. La granulosidad alcanzó el puntaje más bajo (3,56), lo que podría estar asociado al

tamaño de partícula de la harina o al grado de retrogradación del almidón modificado. Finalmente, la aceptación global fue de 3,63, lo que confirma que, si bien las galletas son aceptables, existe un margen de mejora en los parámetros de textura.

Estos hallazgos coinciden con estudios previos en productos de panificación a base de tubérculos tropicales, donde el color y el olor suelen ser los atributos más valorados por los consumidores, mientras que la textura depende en gran medida de las condiciones de molienda y horneado (Granados et al., 2021).

En este contexto, la galleta de harina de ñame modificada sin relleno presenta una aceptabilidad sensorial positiva, destacando en color y olor, pero con oportunidades de optimización en textura y granulosidad para alcanzar un mayor nivel de preferencia en los consumidores

CONCLUSIONES

La harina de ñame espinoso variedad Botón modificada mediante acetilación presenta ventajas significativas tanto a nivel tecnológico como nutricional y sensorial. Sus características fisicoquímicas —textura firme, baja humedad y color claro— le otorgan alta versatilidad industrial y estabilidad, favoreciendo el desarrollo de productos con mayor vida útil.

Su perfil nutricional, con alto contenido energético, fibra, potasio y vitamina A, resalta su potencial como ingrediente funcional orientado al bienestar del consumidor.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de Cartagena y Universidad de Pamplona en especial al doctorado en Ciencia y

La evaluación sensorial evidenció que las galletas elaboradas con esta harina superaron a las de trigo en atributos como olor, textura y aceptación general, mostrando mayor luminosidad y suavidad sin comprometer su valor nutricional.

Estos hallazgos confirman que la harina de ñame acetilada es una alternativa innovadora y funcionalmente superior para aplicaciones en panadería y snacks saludables.

Tecnología de Alimentos y al MINCIENCIAS por facilitar espacios, recursos y tiempo de los investigadores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afoakwa, E. O., & Sefa-Dedeh, S. (2002). Viscoelastic properties and changes in pasting characteristics of trifoliate yam (*Dioscorea dumetorum*) starch after harvest. *Food Chemistry*, 77(2), 203–208. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00338-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00338-7)

Almanza H., K., Navarro U., M., & Ruiz C., J. (2019). Extracción de colorante en polvo a partir de la semilla de aguacate en variedades HASS y fuerte. *@limentech, Ciencia Y Tecnología Alimentaria*, 17(1), 5–14. <https://doi.org/10.24054/limentech.v17i1.336>



- Amedor, E. N., Boateng, L., Apau, J., & Kwenin, W. K. (2024). Modelling convectional oven drying characteristics and quality of yam slices. *Heliyon*. 2024 Jul 16;10(14): e34672. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34672>
- Arias Palma, G., & Moreano Terán, N. Silva Paredes Jenny. (2021). Aprovechamiento del lactosuero en la industria. *@limentech, Ciencia Y Tecnología Alimentaria*, 19(1), 36–54. <https://doi.org/10.24054/limentech.v19i1.1409>
- Álvarez-Bermúdez, M. G., Romero-Romero, E. K., Gavilanes-López, P. (2017). Harina de plátano como sustituto de grasa en salchicha de pollo y efecto sobre las propiedades funcionales y organolépticas. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí “Manuel Félix López” Calceta – Ecuador. <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/703/1/TAI135.pdf>
- Bayona Buitrago, Camilo Andrés; Cepeda, María Fernanda; León Castrillo Lexy Carolina. (2022). Aprovechamiento de los subproductos agroindustriales de la cadena productiva de la yuca (*Manihot esculenta*): Una Revisión, *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 1. Pp.: 111 – 131. <https://doi.org/10.24054/limentech.v20i1.1658>
- Bejarano, M., Salazar, D. (2023). Efecto del uso de harina de Zanahoria Blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) y Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav.) en la producción de salchichas tipo Frankfurt. Universidad Técnica de Ambato. Ambato – Ecuador.
- Carrillo García, A. Z., Barreto Rodríguez, G., & Morales Pinto, N. (2024). Características físicas de la semilla de calabaza (*Cucurbita moschata*) cultivadas en Santa Lucía Atlántico, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 9(2), 61–66. <https://doi.org/10.24054/cyta.v9i2.3128>
- Daza Orsini, Sandra Milena; Parra Aparicio, Gina Patricia. (2021). Espectroscopia de infrarrojo con transformada de fourier (FT-IR) para análisis de muestras de

harina de trigo, fécula de maíz y almidón de yuca. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 19 N° 1. Pp: 5 -16.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v19i1.1407>

Flores, J. Efecto de la harina de fibra de trigo (*Triticum aestivum*) o de soya (*Glycine max*) en la elaboración de chorizos parrilleros como fuente de fibra. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 2016.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/content/bitstreams/af2898b0-bace-4e92-b8c2-99e8cd259acf/content>

Granados C, Acevedo D, Cabeza A, Lozano A (2014). Texture profile analysis in bananas Pelipita, Hartón and Topocho. Inf Tecnol. 25: 35-40.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642014000500006>

Granados C, Gutiérrez J, & Castro K. (2021). Elaboración de alimento funcional tipo galletas a base de harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). AVFT – Archivos Venezolanos De Farmacología

Y Terapéutica, 40(1).
<https://doi.org/10.5281/zenodo.4661965>

ICONTEC. (2017). NTC 267: Harina de trigo. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

Izaguirre-Pérez Marian Eliza; Figueroa-Andrade Patricia; Molina-Noyola Leonardo Daniel; Ramos Ibarra María Luisa; Torres-Bugarín Olivia. (2022). La espirulina como súper alimento: usos y beneficios. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 2. Pp: 85 – 102.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v20i2.2271>

Liu, C., Yan, H., Liu, S., & Chang, X. (2022). Influence of phosphorylation and acetylation on structural, physicochemical and functional properties of chestnut starch. Polymers, 14(1), 172.
<https://doi.org/10.3390/polym14010172>

Ojediran, J. O., Okonkwo, C. E., Idahosa, E. O., & Akinoso, R. (2020). Drying characteristics of yam slices (*Dioscorea rotundata*). Food Science & Nutrition,

- 8(3), 1330-1339.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7068632/>
- Okunola, A. A., Adekanye, T. A., Okonkwo, C. E., Kaveh, M., Szymanek, M., Idahosa, E. O., Olayanju, A. T., & Wojciechowska, K. (2023). Drying Characteristics, Kinetic Modeling, Energy and Exergy Analyses of Water Yam (*Dioscorea alata*) in a Hot Air Dryer. *Energies*, 16(4), 1569.
<https://doi.org/10.3390/en16041569>
- Okereke, G. O., Igbabul, B. D., Ikya, J. K., Kanu, N. A., & Damak, A. M. (2022). Proximate composition and pasting properties of modified starches of white yam, trifoliate yam and sweet potato. *World Journal of Food Science and Technology*, 6(3), 58-68
<https://doi.org/10.11648/j.wfst.20220603.11>
- Otegbayo, B., Oguniyan, D., & Akinwumi, O. (2014). Physicochemical and functional characterization of yam starch for potential industrial applications. *Starch/Stärke*, 66(3-4), 235–250.
<https://doi.org/10.1002/star.201300056>
- Peña García, K. J., Soto Toloza, E. P., Herrera Leal, D. Z., & Caballero Pérez, L. A. (2023). Características sensoriales de una torta adicionada con harina de semilla de fenogreco (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Revista Ambiental Agua, Aire Y Suelo*, 14(2), 56–70.
<https://doi.org/10.24054/raaas.v14i2.2784>
- Pogorzelska-Nowicka, E.; Atanasov, A.G.; Horbańczuk, J.; Wierzbicka, A. (2018). Bioactive Compounds in Functional Meat Products. *Molecules*. 23, 307.
<https://doi.org/10.3390/molecules23020307>
- Prieto-Tapias, Marcela J; Fuenmayor, Carlos Alberto; Fernández-Aleán, Margarita; Navas-Guzmán, Norleyn. (2023). Productos alimenticios con adición de harina de ahuyama (*cucurbita moschata*) como contribución al consumo de vitamina A. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 21 N° 2. Pp: 5 – 21.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v21i2.2604>
- Púa Rosado Amparo Luz; Torregrosa Romero Carolina; Torres Barraza

- Elverling; Barreto Rodríguez Genisberto Enrique; Marsiglia Fuentes Ronald. (2022). Propiedades reológicas de un producto de galletería a base de harina de quinua (*Chenopodium quinua*). Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 2. Pp: 24 -40. <https://doi.org/10.24054/limentech.v20i2.2287>
- Rodríguez-Lora, M. C., Cerquera, N., Sosa, F., & Ospina, A. (2022). Effect of pretreatments and drying methods in the quality attributes of fortified yam flour (*Dioscorea rotundata*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 42, e76822. <https://doi.org/10.1590/fst.44121>
- Soto Toloza, E. P., Mora Acevedo, S. N., & Caballero Pérez, L. A. (2023). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum Vulgare*) por harina de garbanzo (*Cicer Arietinum* L) en las características sensoriales de una galleta dulce. *Revista Ambiental Agua, Aire Y Suelo*, 14(1), 39–54. <https://doi.org/10.24054/raaas.v14i1.2747>
- Subroto E, Cahyana Y, Indiarto R, Rahmah TA. Modification of Starches and Flours by Acetylation and Its Dual Modifications: A Review of Impact on Physicochemical Properties and Their Applications. *Polymers (Basel)*. 2023. 9;15(14):2990. <https://doi.org/10.3390/polym15142990>
- Torres González, J. D., González Morelo, K. J., Acevedo Correa, D., & Jaimes Morales, J. D. C. (2016). Efecto de la utilización de harina de *Lens culinaris* como extensor en las características físicas y aceptabilidad de una salchicha. *Revista Tecnura*, 20(48), 15-28. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.3.a01>
- Torres, R., Montes, E. J., Andrade, R. D., Pérez, O. A., & Toscano, H. (2012). Drying kinetics of two yam (*Dioscorea alata*) varieties. *Dyna*, 79(171), 175-182. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/260765628>
- Ufodu, H.E., Maziya-Dixon, B., Okoyeuzu, C.F. et al. Effects of yam varieties on flour physicochemical characteristics and resultant instant fufu pasting and sensory attributes. *Sci Rep* 12, 20276 (2022).



<https://doi.org/10.1038/s41598-022->

[22052-z](#)

}}