



# Elaboración de productos tipo tallarín libres de gluten y evaluación de sus propiedades fisicoquímicas

## Elaboration of gluten free noodle products and evaluation of its physicochemical properties

María Fernanda Castaño-Carvajal<sup>1</sup>; Daniela Correa-Giraldo<sup>2</sup>; Lina Marcela Agudelo-Laverde<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ing. de alimentos. Universidad del Quindío, Carrera 15 Calle 12 Norte, Armenia-Quindío, Colombia, e-mail: mfcastanoc@uqvirtual.edu.co, <https://orcid.org/0000-0003-1966-5670>

<sup>2</sup>Ing. de alimentos. Universidad del Quindío, Carrera 15 Calle 12 Norte, Armenia-Quindío, Colombia, e-mail: dcorreag\_1@uqvirtual.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-1253-323X>

<sup>3</sup>Ing. Alimentos, M.Sc., Dra. en Química Industrial. Docente Investigadora. Universidad de Quindío, grupo de investigación Procesos Agroindustriales (PAI), Carrera 15 Calle 12 Norte, Armenia-Quindío, Colombia, e-mail: lmagudelo@uniquindio.edu.co; <https://orcid.org/0000-0003-1886-4176>

Cómo citar: Castaño-Carvajal, M.F.; Correa-Giraldo, D.; Agudelo-Laverde, L.M. 2019. Elaboración de productos tipo tallarín libres de gluten y evaluación de sus propiedades fisicoquímicas. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 22(1):e1194. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1194>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica bajo una licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

**Recibido:** Junio 18 de 2018

**Aceptado:** Marzo 25 de 2019

### RESUMEN

La creciente demanda de productos libres de gluten ha dado lugar al estudio y desarrollo de alimentos que suplan las necesidades de los consumidores. El objetivo de esta investigación fue elaborar productos libres de gluten tipo tallarín y evaluar sus propiedades fisicoquímicas. Para ello, se empleó plátano o yuca como fuentes alternativas a la harina de trigo. Se determinaron sus propiedades fisicoquímicas. Se extrajeron harina y almidones y, a partir de ellas, se evaluaron sus propiedades térmicas, empleando calorimetría de barrido diferencial y termogravimetría. Se formularon y elaboraron productos similares a los tallarines empleando las harinas y se analizaron sus propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, usando, como control, un producto comercial de trigo. La yuca presentó mayor humedad que el plátano, lo que está relacionado con su susceptibilidad a la degradación. En el análisis termogravimétrico, los productos de yuca mostraron mayor reducción de peso en la zona de alta volatilidad, asociado a la pérdida de humedad. Las harinas y los almidones de plátano presentaron temperaturas de gelatinización mayores que las registradas para los

productos de yuca. La humedad y acidez de los tallarines elaborados presentaron valores dentro de la norma (NTC 1055-2014). En ambos casos, su contenido de cenizas fue superior al fideo comercial. Los tallarines elaborados, se pueden considerar inocuos, con buenos parámetros de aceptación sensorial. Estos resultados constituyen un punto de partida en el estudio y aplicación de fuentes de harinas y almidones no tradicionales, permitiendo la generación de valor agregado a cultivos de importancia en la región.

**Palabras clave:** plátano Dominicó Hartón; yuca; carboximetilcelulosa (CMC); goma guar; propiedades térmicas (Tesouro Spines).

### ABSTRACT

The growing demand of free gluten products has shown the necessity to study and develop new products in order to supply the consumer request. The objective of this research was to elaborate gluten-free products similar to noodles and to evaluate their physicochemical properties. Plantain or cassava were employed to replace wheat flour. Physical and chemical properties were determined in plantain and

cassava samples. Both, Plantain and Cassava Flour and their starches were extracted. Thermal characteristics of flour and starch were evaluated employing differential scanning calorimetry and thermal gravimetric analysis. Products similar to noodle were formulated and elaborated employing plantain or cassava flour. Noodle physicochemical, microbiological and sensorial characteristics were analyzed, employing a commercial product as a control. Cassava presented higher humidity values than plantain, it is related to their susceptibility to degradation. In thermogravimetric analysis, cassava products shown upper weight reduction in high volatility zone associated to humidity lost. Plantain flours and starches presented gelatinization temperatures higher than registered for cassava products. Both plantain and cassava noodles presented humidity and acidity values according to the legal legislation (NTC 1055-2014). Developed products showed ash content higher than commercial noodles. According to microbiological and sensorial analyses, the plantain and cassava products could be considered innocuous with good consumer acceptance. These results could constitute a starting point in the study and application of different flours and starches from non-traditional sources, which allow to increase the value of crops in the region.

Keywords: Dominico Harton plantain; cassava; carboxymethylcellulose (CMC); guar gum; thermal properties.

## INTRODUCCIÓN

Existe una amplia variedad de productos en el mercado a base de harina trigo y otros cereales, que cuentan con unas características sensoriales de gran aceptación por parte de los consumidores, que se puede atribuir a la presencia de gluten en su estructura (Larrosa *et al.* 2016). Pese a los beneficios del consumo de cereales pueden causar alergias e intolerancias alimenticias, siendo, de especial interés, la intolerancia al gluten y la celiaquía (Rosell *et al.* 2001). La producción de alimentos sin gluten derivados de cereales, se enfrenta con numerosos inconvenientes tecnológicos, derivados de la ausencia de la funcionalidad del gluten (Larrosa *et al.* 2016).

El plátano y la yuca constituyen cultivos de importancia en la economía colombiana. De acuerdo con lo reportado por Giraldo Toro *et al.* (2018), el plátano en estado verde contiene entre 70-88% en base seca (b.s.) de almidón, mientras que la yuca presenta valores de 76%, aproximadamente (Monsalve *et al.* 2006). Las características de los almidones varían con relación a la fuente de procedencia (Pardo *et al.* 2013). Los almidones de cereales y de frutos diferentes a los de trigo, avena, cebada y centeno (TACC), constituyen una biomolécula de interés para la formulación de productos libres de gluten; sin embargo, por sí solos, no son suficientes para lograr las propiedades sensoriales, típicas de las pastas obtenidas a partir de trigo y sus harinas (Larrosa *et al.* 2013). Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue elaborar productos libres de gluten y evaluar sus características fisicoquímicas, empleando harinas de plátano verde o yuca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Caracterización fisicoquímica de la materia prima:** Las materias primas utilizadas para la investigación fueron plátano Dominico Hartón (*Musa AAB* Simmonds) y yuca (*Manihot esculenta*), cultivadas en el departamento del Quindío, Colombia y adquiridas en el mercado local, con grado de madurez fisiológica, buen estado, sin daños mecánicos y alteraciones microbianas. A continuación, se describen los análisis realizados a las materias primas.

**pH:** Se determinó por el método potenciométrico, de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC 4592, utilizando un phmetro (Thermo scientific orion star A211), debidamente calibrado, para la precisión de la medida. Para este análisis, una parte de la muestra se maceró, en un mortero, con adición de agua, en proporción 1:1. Los análisis fueron realizados por triplicado.

**Sólidos solubles totales (SST):** Se realizó por refractometría, según NTC 4624, empleando un refractómetro (Refracto 30 PX Mettler Toledo).

**Acidez total titulable (ATT):** Se determinó por titulación ácido-base, según NTC 4623. La acidez titulable expresada en milimoles de  $H^+$  por 100g de producto, se obtuvo teniendo en cuenta la dilución efectuada por la fórmula:

$$\%acidez = \frac{250 * V_1 * C}{mV_0} * 100$$

Donde,  $V_1$  es el volumen en mililitros de la solución hidróxido de sodio usado en la determinación;  $C$  es la concentración en moles/L de la solución de hidróxido de sodio y  $V_0$  es el volumen en mililitros de muestra.

**Humedad:** Se determinó por el método gravimétrico directo, según la AOAC 925.10 (2005). Se pesaron 5g de muestra de cada una de las fuentes en cápsulas de vidrio y se colocaron a 105°C en estufa de recirculación de aire por 5 horas; se repitió el procedimiento de secado por 1 hora adicional, hasta que las variaciones entre dos pesadas sucesivas no excedieran de 5 mg; se efectuó el análisis por triplicado.

La humedad del producto expresada en porcentaje, se obtuvo teniendo en cuenta la fórmula:

$$\% humedad = \frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} * 100$$

Donde,  $M_1$  es la masa cápsula vacía y su tapa en gramos;  $M_2$  es la masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado, en gramos y  $M_3$  es la masa de la cápsula tapada con la muestra seca, en gramos.

**Análisis de color:** Se midió el color sobre la superficie de las muestras de plátano y yuca empleando un espectrocolorímetro (HunterLab ColorQuest XE), provisto por una fuente de iluminación D65, con un ángulo de incidencia entre la muestra

y el observador de 10°. Las medidas color de la superficie de la muestra, se realizaron por triplicado. Se reportaron las coordenadas tristímulo, correspondientes al espacio CIELab.

**Obtención de harinas y almidones:** Las pulpas de plátano o yuca fueron deshidratadas en estufa de aire caliente, a 40°C, por 24 horas. El producto seco fue molido, tamizado y empacado en bolsas plásticas hasta su uso.

Los almidones de las materias primas fueron extraídos por vía húmeda; para ello, se lavaron, pelaron y cortaron en rodajas de 4mm de espesor, aproximadamente y se procesaron en un homogeneizador, en relación 2:1 con agua; el producto obtenido fue una mezcla de almidón, agua, proteínas, minerales e impurezas, denominada lechada. Después, para retirar las impurezas, se realizó un tamizado y lavado con 10 litros de agua, hasta que el líquido de salida no presentara residuos aparentes de almidón, de acuerdo con el color transparente del agua (Mazzeo *et al.* 2008).

La suspensión obtenida, se depositó en un recipiente y se dejó en reposo por 24 horas y, luego, se eliminó el sobrenadante; el almidón obtenido, se llevó a deshidratar, en un secador de bandejas, a una temperatura constante de 40°C, por un tiempo de 24 horas (Mazzeo *et al.* 2008).

**Caracterización térmica:** La determinación de temperatura ( $T_p$ ) y entalpía ( $\Delta H$ ) de gelatinización de harinas y almidones extraídos de plátano y yuca, se realizó en un equipo TA Instruments DSC-Q100, siguiendo la metodología descrita por Montoya *et al.* (2014), con modificaciones. Se tomaron muestras de  $10,0 \pm 0,5$ mg, en una relación 80% agua, 20% almidón y se dejaron a temperatura de  $\pm 4^\circ\text{C}$ , durante la noche. Los barridos, se realizaron a una velocidad de calentamiento de  $5^\circ\text{C}/\text{min}$ , desde temperatura ambiente hasta  $100^\circ\text{C}$ , en atmósfera de nitrógeno.

El análisis termogravimétrico, se realizó en un equipo TA Instruments TGA Q500, en presencia de una atmósfera de nitrógeno, con un rango desde temperatura ambiente hasta  $800^\circ\text{C}$ , con una velocidad de calentamiento de  $5^\circ\text{C}/\text{min}$ , en muestras de  $6,0 \pm 0,5$ mg, siguiendo la metodología descrita por Montoya *et al.* (2014). El objetivo de este análisis fue determinar las temperaturas de degradación de carbohidratos de las harinas y de almidones de plátano y yuca.

**Elaboración y caracterización de productos tipo tallarín:** Se elaboraron pastas tipo tallarines, adoptando una formulación descrita por Ovando Martínez *et al.* (2009), usando 54,35% harina, 43,48% agua, con la adición de hidrocoloides (CMC y goma Guar 1:1). Los tallarines de harina de plátano o de yuca fueron formados mediante laminación, a través de la compresión con dos rodillos giratorios y, posteriormente, fueron en tiras de 0,5cm de ancho.

**Caracterización fisicoquímica de la pasta:** Se determinó humedad y acidez, como se describió previamente. En adición, se evaluó el contenido de cenizas por triplicado, siguiendo la NTC 3806. La muestra, se carbonizó en la mufla a  $550^\circ\text{C}$ , por cinco horas. Finalmente, se pesaron y se calculó el porcentaje de ceniza, por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{cenizas} = \frac{\text{masa seca} - \text{masa crisol vacío}}{\text{masa de muestra}} * 100\%$$

**Análisis microbiológico:** Se realizaron análisis microbiológicos a las pastas diseñadas de plátano o yuca, de acuerdo con lo establecido por la Norma Técnica Colombiana 5698-2, para determinación de mohos y levaduras; la NTC 4458, para recuento de coliformes y *Escherichia coli*; la NTC 4574, para determinación de *Salmonella* spp.; la NTC 4679, para recuento de *Bacillus cereus* y la NTC 4779, para determinación de *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva.

**Análisis sensorial:** Se realizó una prueba de preferencia para determinar la aceptación de los fideos elaborados; para esta prueba, se fijó el tiempo adecuado de cocción, siguiendo las condiciones descritas por Almanza-Benites *et al.* (2015); para ello, se tomaron muestras de 8g de tallarines y se cocinaron en 100mL de agua hirviendo, hasta que el color en el centro de la pasta desapareciera y se evaluó su cocción por aplastamiento entre dos placas de vidrio (66-50, AACC, 2000). Los tallarines cocidos, se sirvieron en platos codificados y se pidió a los panelistas que evaluaran el grado de aceptación, usando una escala hedónica de 5 puntos, donde 5: Me gusta mucho y 1: Me disgusta mucho. Se emplearon 30 jueces no entrenados (hombres y mujeres, entre 17 y 40 años, quienes tenían un consumo regular de pasta); a los jueces, se les informó sobre el protocolo de evaluación, después procedieron a evaluar las muestras codificadas, al azar, con tres dígitos aleatorios. Con la prueba, se evaluó la aceptación en general, criterios específicos (sabor, color y textura). En esta prueba fueron evaluados los tallarines de plátano y yuca, así como un tallarín comercial de harina de trigo.

**Análisis estadístico:** Los resultados presentados corresponden a los valores medios y su desvío estándar. Los análisis estadísticos, se llevaron a cabo por medio del software estadístico GraphPAD Prism 5, utilizando el análisis de la varianza (ANOVA), de una o dos vías, con un intervalo de confianza del 95%, usando el test de Tukey's, para la comparación de los parámetros.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la materia prima empleada en esta investigación, se muestran en la tabla 1. Para la elaboración de productos tipo fideos, se requieren materias primas con alto porcentaje de almidón, por lo que, en este trabajo, se utilizó plátano en estado de madurez fisiológica, en donde se encuentra la mayor acumulación de almidones, antes de ser convertidos en azúcares, debido a los procesos de maduración típicos de los frutos. Los valores de pH, °Brix y acidez obtenidos en este trabajo coinciden con los reportados para plátano verde (Beltrán-Giraldo *et al.* 2010) y yuca en estado de consumo (Figueiredo-Neto *et al.* 2016).

Es bien sabido que altos contenidos de humedad hacen propensos a los materiales al deterioro, debido al aumento en la velocidad de reacciones de degradación (Agudelo-Laverde *et al.* 2011). La elevada humedad de la yuca, la hace altamente perecedera, lo que se vería reflejado en su corta vida útil en estado fresco.

Tabla 1. Características fisicoquímicas de plátano y de yuca frescos.

Parámetro	Plátano	Yuca
pH	5,8 ± 0,1	6,6 ± 0,1
SST (°Brix)	4,9 ± 0,1	5,9 ± 0,1
Acidez (%)	0,4 ± 0,01 <sup>1</sup>	0,1 ± 0,01 <sup>2</sup>
Humedad (%)	55,0 ± 0,9	70,9 ± 0,2
L*	76,6 ± 1,1	85,8 ± 2,2
a*	11,7 ± 0,6	0,66 ± 0,0
b*	27,4 ± 0,5	13,8 ± 0,6

<sup>1</sup> acidez expresada en ácido málico.

<sup>2</sup> acidez expresada en ácido cítrico.

Cabe mencionar que el porcentaje de acidez de las muestras está expresado en función del ácido mayoritario del material; en el caso del plátano corresponde al ácido málico, mientras que, para la yuca, se hace referencia al ácido cítrico. Los valores obtenidos en este trabajo fueron similares a los reportados por Beltrán-Giraldo *et al.* (2010) y Figueiredo-Neto *et al.* (2016).

La pulpa del plátano y la yuca presentaron elevados valores de luminosidad, siendo mayores en la yuca. El plátano presentó los valores más altos de a\* y b\* indicando la presencia de leves

tonalidades de rojo y amarillo, mientras que el bajo valor de a\* en la yuca indicaría la ausencia de pigmentos rojos en la muestra y una tenue tonalidad amarilla representada por valores positivos de b\*.

Posterior a la caracterización de las materias primas, se realizó el secado y la molienda de las mismas, con la finalidad de obtener harinas, a partir de las cuales, se extrajo el almidón de plátano y de yuca. En la tabla 2, se presentan las características térmicas de harinas y los almidones.

Tabla 2. Temperatura de inicio (T<sub>o</sub>) y temperatura de pico (T<sub>p</sub>) de la gelatinización, delta de entalpía (ΔH), porcentaje y masa perdida (mg) por TGA de harinas y almidones de plátano y de yuca.

Muestra	T <sub>o</sub> (°C)	T <sub>p</sub> (°C)	ΔH (J/g)	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Residuo
Harina de plátano	70,7	74,1	29,64	12,27% 1,22mg	57,52% 5,75mg	12,15% 1,21mg	18,03% 1,80mg
Almidón de plátano	68,5	72,4	28,69	13,62% 1,78mg	61,29% 8,02mg	16,60% 2,16mg	8,48% 1,11mg
Harina de yuca	60,7	66,6	10,18	14,87% 1,43mg	60,88% 5,87mg	18,33% 1,76mg	5,92% 0,57mg
Almidón de yuca	61,0	63,03	10,48	13,50% 1,35mg	69,89% 6,98mg	9,46% 0,96mg	7,15% 0,71mg

La gelatinización del almidón, se define como una transición de primer orden, donde se presenta la rotura y la fusión de las regiones cristalinas de los gránulos de almidón, lo que constituye un proceso por fuera de las condiciones de equilibrio, lo que impide que pueda ser definida como una transición termodinámica, la cual, presenta similitudes con los procesos de fusión. Este fenómeno, a través de la calorimetría de barrido diferencial, se muestra como uno o varios eventos endotérmicos durante el calentamiento (Roos, 1995).

Dada la naturaleza del proceso, no se presenta un cambio a una única temperatura, por lo que la temperatura inicial (T<sub>o</sub>, en la Tabla 2) corresponde al inicio del cambio estructural del almidón, mientras que el máximo cambio fue observado a la temperatura de pico (T<sub>p</sub>).

Se observaron diferencias en la temperatura de gelatinización (T<sub>p</sub>) de las muestras (Tabla 2), atribuido al rango de temperatura y la localización de dicha reacción, la cual, es dependiente de la fuente botánica (Pardo *et al.* 2013). Una alta T<sub>p</sub> refleja mayor estabilidad interna del gránulo. Investigaciones previas reportaron que la T<sub>p</sub> en raíces y tubérculos es menor, debido a la rápida absorción de agua (Tórres *et al.* 2013).

Esta temperatura relacionada con la calidad de la estructura cristalina (Martínez *et al.* 2015) indica que las harinas y almidones de plátano presentan mayor grado de cristalinidad que los productos extraídos de la yuca. Las T<sub>p</sub> de las harinas fueron levemente mayores que las de sus almidones, lo que se podría deber a la presencia de

componentes diferentes al almidón (Montoya *et al.* 2014). La entalpía de gelatinización, calculada como el área bajo la curva del termograma, está asociada a la energía necesaria para la pérdida de la estructura cristalina del gránulo de almidón (Martínez *et al.* 2015). La harina y el almidón de plátano no presentaron diferencias significativas en su entalpía de gelatinización; sin embargo, fueron significativamente mayores que las muestras de yuca, indicando que los productos de plátano requieren mayor cantidad de energía, lo que se debería a la presencia de mayor número de estructuras cristalinas. Este resultado coincide con los resultados obtenidos para la temperatura de pico (Tabla 2).

En el análisis termogravimétrico (TGA), se registran las pérdidas de peso, debidas a cambios fuertes de temperaturas (Montoya *et al.* 2014). La zona 1 corresponde a las áreas de material altamente volátil, que se observa a temperaturas inferiores, a 200°C, atribuido a la pérdida de humedad. Las muestras de yuca presentaron porcentajes mayores que las de plátano, lo cual, se puede deber al mayor contenido de humedad del tubérculo (Tabla 1).

La reducción de peso en esta zona para la harina y el almidón de plátano fueron similares a los publicados por Montoya *et al.* (2014). Los resultados obtenidos en esta investigación para harina y almidón de yuca fueron superiores a los reportados por otros autores, que se puede deber al uso de plastificante en las matrices estudiadas (Cajiao *et al.* 2016; Navia & Villada, 2012), lo que podría reducir el contenido de humedad inicial de la muestra. La zona 2, se relaciona

con la descomposición de carbohidratos, péptidos de bajo peso molecular y almidón. La degradación en esta zona, se presentó a partir de 260°C, para las muestras de plátano y desde 386°C, para yuca, similares valores fueron reportados por Montoya *et al.* (2014) y Navia & Villada (2012), para plátano y yuca, respectivamente. En la zona 3, se da descomposición de polisacáridos de alto peso molecular y los residuos que están asociados a la presencia de minerales (Montoya *et al.* 2014). Cabe resaltar que el contenido de minerales está asociado a la fuente botánica del almidón, donde los frutos y tubérculos presentan mayores contenidos de minerales que los cereales (Akinyele & Shokunbi, 2015).

En la tabla 3, se presentan las características evaluadas de los tallarines elaborados, usando, como control, una pasta comercial de harina de trigo. Los productos de harina de plátano y yuca presentaron mayor porcentaje de humedad que el producto comercial, lo cual, se puede relacionar con la capacidad que tiene la CMC y los almidones de incorporar agua (Larrosa *et al.* 2013); sin embargo, cabe resaltar que dichos valores se encuentran en los rangos establecidos en la normatividad. El contenido de cenizas de los tallarines de harina de plátano y yuca fue superior que los de trigo, incluso, los valores obtenidos se encontraron por encima del valor máximo establecido por la norma (NTC 1055). El contenido de minerales en las pastas estaría directamente relacionado con las materias primas empleadas para su elaboración y se ha reportado que los minerales en frutos y tubérculos es mayor que en la sémola de trigo (Camelo-Méndez *et al.* 2018).

Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas de tallarines comerciales de plátano y de yuca.

Tallarín	Humedad (%)	Cenizas (%)	Acidez* (%)
Comercial	10,98 ± 0,04	0,71 ± 0,52	0,23 ± 0,02
Plátano	12,55 ± 0,29	2,26 ± 0,87	0,10 ± 0,01
Yuca	12,42 ± 0,16	2,58 ± 0,48	0,09 ± 0,01

En productos de molinería la acidez, se atribuye a la presencia de fosfatos ácidos y pequeñas cantidades de ácidos orgánicos, como el láctico y el fórmico. La acidez de los tallarines diseñados cumplió con lo especificado en la NTC 1055, que establece, como máximo, 0,45% de ácido láctico, debido, posiblemente, a que frutos y tubérculos presentan mayor contenido de ácidos orgánicos que los cereales.

Uno de los aspectos más relevantes en el diseño de nuevos productos, además de las características sensoriales, lo constituye su condición de inocuidad, por lo que se realizó el análisis microbiológico de las pastas elaboradas, siguiendo los lineamientos establecidos en la normatividad vigente, para pastas de trigo y sus resultados se presentan en la tabla 4.

Es importante mencionar que, de acuerdo con los resultados obtenidos, las pastas de harina de plátano o yuca son alimentos inocuos y aptos para el consumo, cumpliendo con los límites establecidos.

La evaluación sensorial de los productos elaborados y el comercial presentó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en los atributos de sabor y color, siendo más aceptado el producto comercial (Figura 1). Para ambos productos diseñados, se obtuvo un alto grado de aceptación, por lo que se podría considerar que las pastas de harina de plátano o yuca son una alternativa para el consumo de productos, libres de gluten. No se encontró diferencia significativa ( $P > 0,05$ ) en el atributo de textura y se puede atribuir, a la adición de los hidrocoloides y sus propiedades viscoelásticas (Larrosa *et al.* 2013), lo cual, mejoró las características de calidad y las propiedades de textura de los tallarines sin gluten.

Teniendo en cuenta las temperaturas y entalpías de gelatinización, se concluye que las harinas de yuca son fáciles de cocinar y requieren menor consumo de energía durante su cocción que las harinas de plátano. Por lo tanto, no deben ser sometidos a tratamientos térmicos agresivos.

Tabla 4. Recuento microbiológico de los tallarines libres de gluten.

Resultados			
Análisis	Tallarín de plátano	Tallarín de yuca	Valor de referencia*
Recuento coliformes totales	<3 NMP/g	<3 NMP/g	70 NMP/g
Recuento coliformes fecales	<3 NMP/g	<3 NMP/g	<3 NMP/g
Recuento mohos y levaduras	1.600 UFC/g	2.300 UFC/g	5.000 UFC/g
Recuento <i>Staphylococcus aureus</i> coag.+	<100 UFC/g	<100 UFC/g	200 UFC/g
Detección <i>Salmonella</i> spp.	Ausencia	Ausencia	Ausencia en 25g

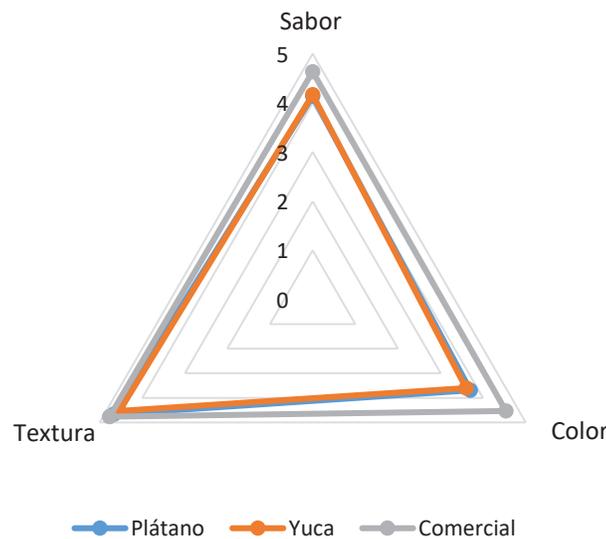


Figura 1. Gráfico radial típico de comparación de atributos de sabor, de color y de textura, entre los tallarines cocidos de plátano, de yuca y comercial.

Los tallarines elaborados presentaron contenidos de humedad, ceniza y acidez dentro de los valores establecidos por la norma, de buenas características texturales y microbiológicamente estables. El empleo de hidrocoloides permitió mejorar las características de los productos elaborados, por lo que su uso como sustitutos del gluten, resulta conveniente. Estos productos tuvieron buena aceptabilidad, por tanto, la sustitución total de harina de trigo afecta levemente la calidad sensorial de los mismos.

Estos resultados constituyen un punto de partida en el estudio de fuentes no tradicionales y permite la generación de valor agregado a cultivos de importancia en la región.

**Agradecimientos:** Los autores de este trabajo agradecen a la Universidad del Quindío y a la Facultad de Ciencias Agroindustriales, por permitir el uso de equipos e instalaciones. **Conflictos de intereses:** Este manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

## REFERENCIAS

- AGUDELO-LAVERDE, L.M.; ACEVEDO, N.C.; SCHEBOR, C.; BUERA, M.P. 2011. Integrated approach for interpreting browning rate dependence with relative humidity in dehydrated fruits. *LWT - Food Science and Technology*. 44:963-968. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.010>
- AKINYELE I.O.; SHOKUNBI, O.S. 2015. Concentrations of Mn, Fe, Cu, Zn, Cr, Cd, Pb, Ni in selected Nigerian tubers, legumes and cereals and estimates of the adult daily intakes. *Food Chemistry*. 173:702-708. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.098>
- ALMANZA-BENITEZ, S.; OSORIO-DÍAZ, P.; MENDEZ-MONTEALVO, G.; ISLAS-HERNÁNDEZ, J.J.; BELLO-PÉREZ, L.A. 2015. Addition of acid-treated unripe plantain flour modified the starch digestibility, indigestible carbohydrate content and antioxidant capacity of semolina

- spaghetti. *LWT - Food Science and Technology*. 62:1127-1133. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.031>
4. BELTRÁN-GIRALDO, D.; VELÁSQUEZ TÉLLEZ, J.A.; GIRALDO, G. 2010. Caracterización fisicoquímica de la maduración del plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB* Simmonds). *Rev. Investigación Universidad del Quindío*. 20:166-170.
  5. CAJIAO, E.S.; BUSTAMANTE, L.E.; CERÓN, A.R.; VILLADA, H.S. 2016. Efecto de la gelatinización de harina de yuca sobre las propiedades mecánicas, térmicas y microestructurales de una matriz moldeada por compresión. *Información Tecnológica*. 27(4):53-62. <https://doi.org/10.4067/S0718-0764201600040000>
  6. CAMELO-MÉNDEZ, G.A.; AGAMA-ACEVEDO, E.; ROSELL, C.M.; PEREA-FLORES, M.; BELLO-PÉREZ, L.A. 2018. Starch and antioxidant compound release during in vitro gastrointestinal digestion of gluten-free pasta. *Food Chemistry*. 263:201-207. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.075>
  7. FIGUEIREDO-NETO, A.; FERREIRA DA SILVA, M.; UMSZA-GUE, M.A.; FLORENTINO-SILVA, A.; CARDOSO-ALMEIDA, F.; SOUZA-COSTA, J. 2016. Physical and chemical evaluation of cassava stored under refrigeration and freezing. *Rev. A Barriguda*. 6:539-556. <http://dx.doi.org/10.24864/arepb.v6i3.308>
  8. GIRALDO TORO, A.; BRIFFAZ, A.; GIBERT, O.; DUFOUR, D.; TRAN, T.; BOHUON, P. 2018. Modelling of heat and water transport in plantain during steeping to predict gelatinization and in vitro starch digestibility. *J. Food Engineering*. 235:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.04.022>
  9. LARROSA, V.; LORENZO, G.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. 2013. Optimization of rheological properties of gluten-free pasta dough using mixture design. *J. Cereal Science*. 57:520-526. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.03.003>
  10. LARROSA, V.; LORENZO, G.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. 2016. Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta. *LWT - Food Science and Technology*. 70:96-103. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.039>
  11. MAZZEO M., M.; ALZATE G., A.; MARIN M., M. 2008. Obtención de almidón a partir de residuos pos cosecha del plátano dominico hartón. *Vector*. 3:57-69.
  12. MARTÍNEZ, O.; LAPO CALDERÓN, B.; PÉREZ RODRÍGUEZ, J.; ZAMBRANO CABRERA, C.; MESA VALLE, F. 2015. Mecanismo de gelatinización del almidón nativo de banano exportable del Ecuador. *Rev. Col. Química*. 44(2):16-21. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim>
  13. MONSALVE, J.F.; MEDINA DE PÉREZ, V.I.; RUÍZ COLORADO, A.A. 2006. Producción de etanol a partir de la cáscara de banano y de almidón de yuca. *DYNA*. 73(150):21-27.
  14. MONTOYA, J.; LUCAS, J.C.; QUINTERO, V.D. 2014. Evaluación fisicotérmica y reológica de harina y almidón de plátano Dominico Hartón (*Musa paradisiaca* ABB). *Temas Agrarios*. 19(2):214-233.
  15. NAVIA, D.P.; VILLADA, H.S. 2012. Thermoplastic Cassava Flour. In: El-Sonbati, A. (Ed.) *Thermoplastic Elastomers*. IntechOpen. 416p. <https://doi.org/10.5772/34217>
  16. OVANDO MARTÍNEZ, M.; SÁYAGO AYERDI, S.; AGAMA ACEVEDO, G.; BELLO PÉREZ, L.A. 2009. Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta. *Food Chemistry*. 113:121-126. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.035>
  17. PARDO, O.H.; CASTAÑEDA, J.C.; ORTIZ, C.A. 2013. Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa. *Acta Agronómica*. 62(4):289-295. <https://doi.org/10.15446/acag>
  18. ROSELL, C.M.; ROJAS, J.A.; BENEDITO DE BARBER, C. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*. 15(1):75-81. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(00\)00054-0](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(00)00054-0)
  19. ROOS, Y.H. 1995. *Phase Transitions in Foods*. J. S. Taylor. New York, Academic Press. 360p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-595340-5.X5000-7>
  20. TÓRRES, A.; DURÁN, M.; MONTERO, P. 2013. Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (*Colocasia esculenta*). *Rev. Ciencias e Ingeniería al día*. 8:29-38.