



ORIGINAL

Determination of the in vivo antioxidant activity of banana flour obtained from banana peel

Determinación de la actividad antioxidante in vivo de la harina de plátano obtenida de la cáscara

María Guadalupe García Moncayo¹  , Zoraida Burbano Gómez¹  , Glenda Marcela Sarmiento Tomalá¹  , Carlos Jefferson Valdiviezo Rogel¹  , Pilar Asunción Soledispa Cañarte¹  , Alexandra López Barrera¹  

¹Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas. Guayaquil, Ecuador.

Citar como: García Moncayo MG, Burbano Gómez Z, Sarmiento Tomalá GM, Valdiviezo Rogel CJ, Soledispa Cañarte PA, López Barrera A. Determination of the in vivo antioxidant activity of banana flour obtained from banana peel. Health Leadership and Quality of Life. 2024; 3:.558. <https://doi.org/10.56294/hl2024.558>

Enviado: 22-04-2024

Revisado: 17-09-2024

Aceptado: 24-11-2024

Publicado: 25-11-2024

Editor: PhD. Prof. Neela Satheesh 

Autor para la correspondencia: María Guadalupe García Moncayo 

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the antioxidant in vivo activity of plantain flour obtained from shell residues, formed 6 groups of 4 animals each; group 1 without treatment, 2 with vitamin A, 3 (only induction), 4, 5 and 6 at three different dose levels; all groups was the induction of acetylsalicylic acid and applied methodology TBARS where it was necessary to obtain the enriched fraction from mouse liver membrane, it was subjected to oxidative stress to achieve the lipoperoxidación producing several species including malondialdehyde (MDA), was carried out with thiobarbituric acid (TBA) reaction giving a complex pink, to 535nm concentration was determined. Finally, the quantification of the MDA data were statistically analyzed (ANOVA), noting the decrease of MDA where lower doses presented higher antioxidant activity.

Keywords: Polyphenols; Antioxidants; Radical Free; Malondialdehyde; Thiobarbituric Acid.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la actividad antioxidante in vivo de la harina de plátano obtenida a partir de los residuos de la cáscara, se conformaron 6 grupos de 4 animales cada uno; el grupo 1 sin tratamiento, 2 con vitamina A, 3 (solo inducción), 4, 5 y 6 en tres niveles de dosis diferentes; a todos los grupos se realizó la inducción de ácido acetilsalicílico y se aplicó la metodología TBARS donde fue necesario obtener la fracción enriquecida de la membrana del hígado de ratón, este fue sometido a estrés oxidativo para lograr la lipoperoxidación produciendo diversas especies entre estas el malondialdehído (MDA), se realizó la reacción con ácido tiobarbitúrico (TBA) dando un complejo color rosa, se determinó la concentración a 535nm. Finalmente, los datos de la cuantificación del MDA fueron analizados estadísticamente (ANOVA), observando la disminución del MDA donde a menor dosis presentó mayor actividad antioxidante.

Palabras clave: Polifenoles; Antioxidantes; Radicales Libres; Malondialdehído; Ácido Tiobarbitúrico.

INTRODUCCIÓN

El estudio e investigación de la actividad antioxidante de muchos alimentos ha sido necesaria y relevante para contrarrestar los efectos del estrés oxidativo que se produce cuando existe un desequilibrio celular, en el cual se ven afectadas las mitocondrias que son encargadas de producir energía, la energía restante del

organismo la utiliza para reparar el daño lo que ocasiona alteraciones en el metabolismo, permitiendo el aumento de los radicales libres. ^(1,2,3,4,5,6,7,8,9)

Estos se pueden producir tanto por causas endógenas como exógenas debido al déficit de antioxidantes, provocando varios procesos patológicos o enfermedades no transmisibles como diabetes, cáncer, enfermedades cardiovasculares también enfermedades neurodegenerativas como Alzheimer, Parkinson, entre otros. ^(10,11,12,13,14,15,16,17,18)

Previo a la estructura de los capítulos se describe el problema de la investigación, su formulación y su justificación respectiva, así como los objetivos, hipótesis y la operacionalización de las variables del tema de investigación que corresponde a la determinación de la actividad antioxidante in vivo de la harina de plátano obtenida de la cáscara. ^(19,20,21,22,23,24,25,26,27)

De realizó una descripción del marco teórico correspondiente al tema que son radicales libres, su actuación en el estrés oxidativo, el poder de los antioxidantes para contrarrestar los efectos producidos por los radicales; el plátano, su composición y propiedades. ^(28,29,30,31,32,33,34,35,36)

La metodología usada en la investigación pues se trata de una investigación experimental, cuantitativa, hipotética y deductiva para la determinación de la actividad antioxidante in vivo de la harina de cáscara de plátano, a la misma se le realizó un control de calidad y el bioensayo para la obtención de resultados. ^(37,38,39,40,41,42,43,44,45)

Los resultados con sus respectivos análisis e interpretación, estos fueron tabulados para mayor comprensión y así poder responder a la pregunta de investigación que va acorde al problema. Posterior a esto se procedió a redactar las conclusiones y recomendaciones y adjuntando el listado de la bibliografía correspondiente de la investigación. ^(46,47,48,49,50,51,52,53)

¿La harina de plátano obtenida de la cáscara tendrá actividad antioxidante en la peroxidación ocasionada por el estrés oxidativo en los animales de experimentación?

Objetivo general

Determinar la actividad antioxidante in vivo de la harina de plátano obtenida a partir de la cáscara.

MÉTODO

Tipo de investigación



Figura 1. Metodología de la Investigación

El presente estudio se trata de una investigación experimental, hipotética, cuantitativa, sobre la actividad antioxidante in vivo de la harina obtenida de la cáscara de plátano, esta investigación se basa en la determinación de la concentración del malondialdehído in vivo y la actividad de los polifenoles contenidos en el extracto de la harina, se planteó una hipótesis de trabajo a la que se dio respuesta con los resultados obtenidos.

Diseño experimental de investigación

Obtención de la muestra

La harina de cáscara de plátano, objeto de estudio fue proporcionada por la Facultad de Ing. Química, la misma que fue obtenida a través de un trabajo de titulación cuyo tema es OBTENCIÓN DE HARINA DE LOS RESIDUOS DE FRUTAS CON MAYOR PODER ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANO. (MARACUYÁ, CACAO Y PLÁTANO) y autores CALDERÓN YAGUAL VERÓNICA y NORIEGA RUBIO VIVIANA.

Parámetros de control de calidad

Los análisis cualitativos (organolépticos) y cuantitativos (cenizas, humedad, fibras, grasas, entre otros), se realizaron por triplicado en el laboratorio de PROGECA de la facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Guayaquil. Los análisis microbiológicos fueron realizados en el Laboratorio Microbiológico de Molinos Champion S.A.

Análisis físico-químicos

Determinación de Potencial de Hidrógeno

La determinación de potencial de hidrógeno se realizó según la norma (INEN 0526, 1981), se pesaron 10 g de muestra en una balanza (KERN ABS) en un vaso de precipitación al cual se le añadió 100 mL de agua destilada. Se agitó durante 30 minutos en un agitador mecánico (CORNING PC - 353 STIRRER) hasta que las partículas quedaran uniformemente suspendidas. Luego se dejó en reposo para separar la fase sólida de la líquida, y se determinó el pH introduciendo los electrodos del potenciómetro (pH 700 OAKTON) en la suspensión de la muestra, cuidando que éstos no tocaran las partículas sólidas y las paredes del recipiente.

Determinación de Granulometría

La determinación de granulometría se realizó según la norma (INEN 0517, 2012). Se pesaron 100 g de harina en una balanza (KERN ABS), la misma que fue transferida a una columna de tamices con mallas de diferentes tamaños (10, 16, 35, 45, 50, 80) en orden decreciente de arriba hacia abajo, donde el tamiz superior es el de mayor abertura y a través de cada uno de los tamices se hizo pasar la muestra con un equipo de vibración durante 5 minutos. Se desintegró los aglomerados para pesar la muestra suspendida en cada tamiz.

Determinación de Humedad

La determinación de humedad se realizó según el Método (AOAC, 2008). En una cápsula de porcelana limpia y seca se pesaron 5 g de muestra bien esparcida en una balanza (KERN ABS). Se colocó la cápsula con la muestra en la estufa (Memmert) a una temperatura de 105°C, por 2 horas, transcurrido este tiempo se retiraron las cápsulas de la estufa y se dejaron enfriar durante 45 minutos para luego pesar. El resultado se expresó en porcentaje, mediante la ecuación:

$$\%H = \frac{\text{Peso muestra seca}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Determinación de Cenizas

Para la determinación de cenizas se utilizó el Método (AOAC, 2008). En un crisol de porcelana previamente pesado en una balanza (KERN ABS), se pesaron 2 g de muestra y se procedió a la calcinación en una mufla (Veb Elektro Bad Frankenhasen) a temperatura de 600°C, por 3 horas. Se sacó el crisol de la mufla para colocarla en un desecador donde se dejó enfriar para luego pesar. El resultado se expresó en porcentaje, mediante la ecuación:

$$\% C = W - \frac{W_0}{P} \times 100$$

Dónde:

W: peso del crisol con ceniza.

WO: peso del crisol vacío.

P: peso de la muestra.

Determinación de Fibras

Para la determinación de fibra se utilizó el método descrito por (ISO 5498, 1981), al cual se le realizó algunas modificaciones; se pesaron 2 g exactos de muestra en una balanza (KERN ABS), se colocó en una fiola de 500 mL y se adicionaron 150 mL de ácido sulfúrico (Lab Fisher Scientific) al 1,5 %, en un plato calentador (CORNING PC - 420D) se dejó hervir 30 minutos a partir de la ebullición y se llevó a 400°C, transcurrido ese tiempo se dejó enfriar. Se filtró con papel filtro y lavó de 4 a 5 veces con 150 mL de agua destilada para luego transferir el precipitado a la fiola y se añadieron 150 mL de hidróxido de sodio (Lab Merck) al 1,25 %, se calentó a 370°C durante 30 minutos a partir de la ebullición, así mismo se dejó enfriar y se filtró en papel filtro y se lavó 4 veces con 150 mL de agua destilada y luego con 45 mL alcohol etílico.

Se exprimó el papel filtro y lo que quedó suspendido en el papel se transfirió a un crisol verificando que no quede nada en el papel, se llevó a la estufa (Memmert) a 130°C por 1 hora hasta que pierda humedad, luego el residuo seco se llevó a calcinación en una mufla (Veb Elektro Bad Frankenhasen) a 600°C por 4 horas, finalmente se pesó.

$$\% \text{ Fibra} = \frac{\text{Residuo seco} - \text{Residuo ceniza}}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

Determinación de Grasas

La determinación de grasas se realizó según la norma (INEN 0523, 1981), en una balanza (BOECO GERMANY) se pesaron 5 g de la muestra en el cartucho de celulosa previamente tarado, con adición de un pedazo de algodón en la boca del cartucho que sirvió para cubrir la muestra. Se colocó el cartucho en el tubo extractor, donde se taró el balón del aparato y se conectó al mismo, luego por la parte superior del tubo extractor se agregó el solvente éter di etílico (Lab Merck) alrededor de la mitad del contenido del tubo extractor.

Se calentó para que se produzca la extracción funcionando a una velocidad de condensación de 5 a 6 gotas por segundo, luego se eliminó el éter del balón evaporando con precaución en baño maría con una hornilla eléctrica (TEKNO TK 003), se desecó el residuo en una estufa (MEMMERT) a 105°C durante 1 hora, finalmente se enfrió y pesó.

$$\% \text{ Grasa} = \frac{N \times 100}{P}$$

Dónde:

N: g de grasa

P: g de muestra.

Contenido de cloruro de sodio

En una fiola se pesaron 5 g de la muestra en una balanza (KERN ABS), se agregó 50 mL de agua destilada y se agitó durante 2 a 3 minutos, luego se centrifugó en una centrifuga (IEC B - 20 A) por 10 minutos a 10000 rpm, se filtró y se separó en una fiola el líquido sobrenadante, se tomó una alícuota de 50 mL en un erlenmeyer y se añadió 1 mL de la solución indicadora de cromato de potasio. Por medio de la bureta, se tituló los cloruros con una solución 0,05 N de nitrato de plata agitando continuamente el erlenmeyer, hasta que apareció un perceptible color pardo rojizo.

$$ClNa = \frac{\text{Consumo} \times N \text{ AgNO}_3 (0.049) \times meq \text{ NaCl} (0.05844)}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Determinación de polifenoles

Para la determinación de polifenoles totales se utilizó el método de Folin - Ciocalteu descrito en un estudio. Se pesaron 5 g de la muestra en una balanza (KERN ABS) y se adicionó 100 mL de metanol, luego se llevó a reflujo durante 30 minutos, se esperó a que enfríe y se centrifugó en una centrifuga (IEC B - 20 A). Fue necesario concentrar la muestra teniendo presente los volúmenes para luego obtener el factor de dilución, se obtuvo el sobrenadante concentrado listo para proceder con la determinación de polifenoles.

Se realizó una curva patrón de ácido gálico, para la cual se preparó una solución madre de ácido gálico (Lab Mallinckrodt Chemicals) en metanol con concentración de 20mg/mL, a partir de esta solución se prepararon 8 disoluciones a concentraciones de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 mg/L.

Para la determinación de polifenoles, se tomaron 250µL de cada disolución patrón de ácido gálico, y para la muestra se tomó 250µL del sobrenadante procedente de la extracción de los compuestos polifenólicos en la

muestra, cada alícuota se colocaron en matraces aforados de 25 mL, se agregaron 15 mL de metanol y 1,25 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu. Se homogenizó y se dejó en reposo durante 8 minutos en oscuridad.

Luego se adicionó a cada matraz 3,75 mL de la disolución de carbonato sódico al 7,5 % y se llevó a un volumen de 25 mL con metanol. Se homogenizaron los matraces y se mantuvieron en oscuridad durante 2 horas a temperatura ambiente. Se procedió a la lectura de la absorbancia a 765 nm en un espectrofotómetro (GENESYS 20) usando como blanco metanol. La cuantificación se realizó por comparación con la curva de calibración de ácido gálico.

Ensayo preclínico (Condiciones de la experimentación in vivo)

Actividad antioxidante

La actividad antioxidante in vivo se realizó en el Bioterio de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil. El método que se utilizara se encuentra descrito en un estudio.

Bioensayo

Las condiciones que se mantuvieron durante la experimentación fueron: T= 23- 25 °C; H= 30-70 %. El reactivo biológico utilizado en el modelo experimental es el ratón CD-1, que fue proporcionada por el Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública (INSPI).

Conformación de grupos

Se seleccionaron ratones macho cepa CD-1 con buen estado de salud, se conformaron seis grupos de cuatro animales cada uno con un peso entre 35 - 40 gramos, fueron identificados con una marca única en el rabo.

Los grupos de animales fueron colocados en jaulas plásticas, tapa metálica; con acceso libre a comida y agua por 10 días como periodo de adaptación de las nuevas colonias conformadas. Aquellos animales en los que se observó conductas de agresividad, depresión, piloerección, sangrados, etc.; fueron separados y reemplazados por otros animales.

Tratamientos

En la tabla 1 se indican los tratamientos en los grupos de ratones para medir la capacidad antioxidante, los animales se trataron durante tres días, las dosis y cantidades administradas están descritas.

Tabla 1. Tratamientos utilizados para medir la capacidad antioxidante		
Grupo	Inducción	Tratamientos
1 Control	Homogenato	-----
2 Control positivo	Homogenato + AAS	Vitamina A
3 Inducción peroxidación lipídica	Homogenato + AAS	Ácido acetil salicílico (AAS)
4 Muestra	Homogenato + AAS	Harina de cáscara de plátano (100 mg/Kg peso)
5 Muestra	Homogenato + AAS	Harina de cáscara de plátano (50 mg/Kg peso)
6 Muestra	Homogenato + AAS	Harina de cáscara de plátano 25 mg/Kg peso)

Preparación de la muestra

Se pesó por triplicado y por separado la cantidad de harina a administrar para cada grupo, se extrajeron los polifenoles de la harina en reflujo con etanol durante 30 minutos, se extrajo con etanol por ser menos tóxico que el metanol ya que era para administrar a los ratones, luego se separó el solvente y se evaporó a sequedad hasta obtener un residuo de peso constante, el residuo obtenido se disolvió en aceite en un volumen adecuado para la dosificación a los ratones, se realizó la extracción para que sea posible la administración de la cantidad y dosis de polifenoles según el peso de cada animal.

Evaluación de la actividad in vivo

Se realizó la inducción de la hepatotoxicidad en los ratones dosificando aspirina por vía oral en una dosis tóxica de 600 mg/Kg de peso en todos los grupos, a excepción del Grupo A que es el grupo control de los ratones sanos, se administró un día antes de sacrificar a los ratones y luego se sacrificó a los animales mediante dislocación cervical atendiendo éticos que rigen la experimentación en animales y se extrajo los hígados para la cuantificación de MDA.

Obtención de la fracción enriquecida de membrana de hígado de ratón

El hígado de cada ratón se lavó en NaCl (Lab EM Science) 0,9 % en frío, luego se pesó 1 g de muestra triturada del hígado en una balanza (KERN ABS) y se suspendió en un tubo de centrifuga con una solución de KCl 1,154 M proporción 1:5. Se homogenizó y se centrifugó (IEC B - 20 A) a 4000 rpm a 30 minutos, se guardó el precipitado con amortiguador fosfato de potasio (50 mM pH=7,4) a -20 °C durante un día.

Determinación de malondialdehído

Se utilizó la técnica descrita por (Bamón, 2010) con ligeras modificaciones, se pesó en tubo de ensayo 10 mg de la fracción enriquecida y se añadió 1000 µL de amortiguador, luego en un tubo de ensayo se agregó 300 µL Fracción Enriquecida, 2400 µL del amortiguador, 150 µL FeCl₃ (Lab J.T. Baker) 600µM y 150 µL ascorbato de sodio 1 mM, luego se colocó en un baño termorregulado (HEIDOLPH) durante 15 minutos con agitación a 37 °C.

Se agregó 1500 µL de TCA (Lab Fisher Scientific) 20 % P/V en frío 4 °C (la reacción se detiene), luego se centrifugó 4000 rpm por 30 minutos, se tomó una alícuota de 12000 µL (1,2mL) del sobrenadante y se agregó 1500 µL (1,5mL) TBA (Lab Merck) 1 % P/V. Se incubó y se homogenizó en un baño termorregulado por 30 minutos a 50 °C con agitación constante. Se procedió a leer la reacción colorimétrica en el espectrofotómetro GENESYS 20 a 535 nm. La concentración de MDA de las muestras se calculó usando el coeficiente de extinción molar 1,56 x 10⁵ cm⁻¹ M⁻¹ a 535 nm.

RESULTADOS

Resultados de análisis físico químico

En la figura 2 se detalla los resultados obtenidos de los análisis físicos químicos de pH, cenizas, humedad, cloruro de sodio, fibra, grasas, de la harina de cáscara de plátano, estos fueron realizados en la Facultad de Ciencias Químicas en el laboratorio PROGECA.

GRUPO	INDUCCIÓN	TRATAMIENTOS
1 Control	Homogenato	-----
2 Control positivo	Homogenato + AAS	Vitamina A
3 Inducción peroxidación lipídica	Homogenato + AAS	Ácido acetil salicílico (AAS)
4 Muestra	Homogenato + AAS	Harina de cáscara de plátano (100 mg/Kg peso)
5 Muestra	Homogenato + AAS	Harina de cáscara de plátano (50 mg/Kg peso)
6 Muestra	Homogenato + AAS	Harina de cáscara de plátano 25 mg/Kg peso)

Figura 2. Tratamientos utilizados para medir la capacidad antioxidante

Preparación de la muestra

Se pesó por triplicado y por separado la cantidad de harina a administrar para cada grupo, se extrajeron los polifenoles de la harina en reflujo con etanol durante 30 minutos, (Escobar B., 2010), se extrajo con etanol por ser menos tóxico que el metanol ya que era para administrar a los ratones, luego se separó el solvente y se evaporó a sequedad hasta obtener un residuo de peso constante, el residuo obtenido se disolvió en aceite en un volumen adecuado para la dosificación a los ratones, se realizó la extracción para que sea posible la administración de la cantidad y dosis de polifenoles según el peso de cada animal.

Evaluación de la actividad in vivo

Se realizó la inducción de la hepatotoxicidad en los ratones dosificando aspirina por vía oral en una dosis tóxica de 600 mg/Kg de peso en todos los grupos, a excepción del Grupo A que es el grupo control de los ratones sanos, se administró un día antes de sacrificar a los ratones y luego se sacrificó a los animales mediante dislocación cervical atendiendo éticos que rigen la experimentación en animales y se extrajo los hígados para la cuantificación de MDA.

Obtención de la fracción enriquecida de membrana de hígado de ratón

El hígado de cada ratón se lavó en NaCl (Lab EM Science) 0,9 % en frío, luego se pesó 1 g de muestra triturada del hígado en una balanza (KERN ABS) y se suspendió en un tubo de centrifuga con una solución de KCl 1,154 M proporción 1:5. Se homogenizó y se centrifugó (IEC B - 20 A) a 4000 rpm a 30 minutos, se guardó el precipitado con amortiguador fosfato de potasio (50 mM pH=7,4) a -20 °C durante un día.

Determinación de malondialdehído

Se utilizó la técnica descrita por un estudio con ligeras modificaciones, se pesó en tubo de ensayo 10 mg de la fracción enriquecida y se añadió 1000 µL de amortiguador, luego en un tubo de ensayo se agregó 300 µL Fracción Enriquecida, 2400 µL del amortiguador, 150 µL FeCl₃ (Lab J.T. Baker) 600uM y 150 µL ascorbato de sodio 1 mM, luego se colocó en un baño termostático (HEIDOLPH) durante 15 minutos con agitación a 37 °C.

Se agregó 1500 µL de TCA (Lab Fisher Scientific) 20 % P/V en frío 4 °C (la reacción se detiene), luego se centrifugó 4000 rpm por 30 minutos, se tomó una alícuota de 12000 µL (1,2mL) del sobrenadante y se agregó 1500 µL (1,5mL) TBA (Lab Merck) 1 % P/V. Se incubó y se homogenizó en un baño termostático por 30 minutos a 50 °C con agitación constante. Se procedió a leer la reacción colorimétrica en el espectrofotómetro GENESYS 20 a 535 nm. La concentración de MDA de las muestras se calculó usando el coeficiente de extinción molar 1,56 x 10⁵ cm⁻¹ M⁻¹ a 535 nm.

N	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO	RESULTADO	Valores para harina de plátano NTC 2799		Valores para harina de Trigo INEN 0616		Valores para harina de maíz INEN 1737	
			Mínimo %	Máximo %	Mínimo %	Máximo %	Mínimo %	Máximo %
1	pH	6.5	--	--	--	--	--	--
1	Cenizas	8.825%	--	2.5	--	0.85	--	1.0
2	Humedad	9,133%	--	10.0	--	14.5	--	13.5
3	Cloruro de sodio	0.259%	--	--	--	--	--	--
4	Fibra	3.923 %	--	1.0	--	--	--	--
5	Grasas	3.676 %	0.4	1.0	--	2.0	--	2.0

Figura 3. Análisis físico químico de la harina de cáscara de plátano

De acuerdo a los porcentajes de humedad encontrados en la harina de cáscara de plátano se pudo establecer que guarda relación con el valor de la harina de plátano según norma (NTC 2799, 1991) pero es inferior en comparación con la harina de trigo (INEN 0616) y de maíz (INEN 1737), el resultado de cenizas es superior en relación con las normas citadas, en cuanto a la norma NTC 2799 se puede mencionar que difiere el resultado porque la norma señalada es para la harina del fruto y la presente harina es de la cáscara, también se encuentran en mayor proporción los resultados de fibras y grasas.

Los datos obtenidos de la harina de la cáscara de plátano tienen relación con los valores de Humedad 9,04 %, Cenizas 7,59 %, Grasa 3,47 % descritos por un estudio, y en los estudios realizados por la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil reporta que la harina de la cáscara de plátano presenta un pH de 5,65, Humedad 12,07 %, y Fibra 3,6 %.

El análisis granulométrico se realizó tomando como referencia la Norma INEN 0517 para la determinación del tamaño de partícula en el cual se expresa como porcentaje de masa retenida.

CLASE	MALLA	DSUP (mm)	MASA RETENIDA
1	10	2	0
2	16	1.19	0
3	35	0.5	0.057
4	45	0.354	0.216
5	50	0.297	6.487
6	80	0.177	18.214
papel		0	75.024
		Total	100
		Pérdida	0

Figura 4. Análisis de granulometría de la harina de cáscara de plátano

Resultados de análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos de la harina de cáscara de plátano fueron realizados en el Laboratorio Microbiológico de Molinos Champion S.A.

ANÁLISIS	TOLERANCIA	RESULTADOS	NORMA NTC 2799 VALORES
Escherichia coli	Ausencia	Ausencia	Ausencia total (0)
Coliformes totales	Ausencia	Ausencia	Ausencia total (0)
Salmonella- Shigella	Ausencia/25g	Ausencia/25g	Ausencia total (0)

Figura 5. Análisis microbiológicos de la harina de cáscara de plátano

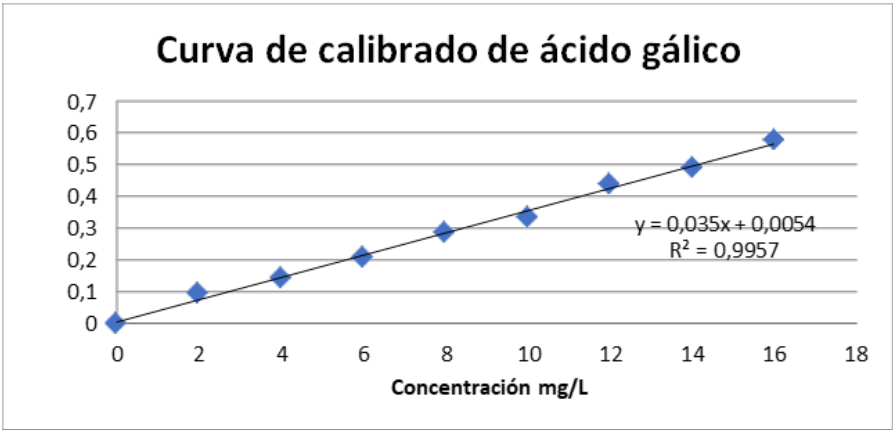


Figura 6. Curva de calibrado de ácido gálico

Los resultados microbiológicos reportados cumplen con la norma (NTC 2799, 1991) que indica la ausencia total de *E. coli*, Coliformes fecales, *Salmonella*, y *Shigella*. Estudios realizados informan que la harina de cáscara de plátano desarrollada en la UG FIQ presenta ausencia de *Escherichia coli*, *Estafilococos aureus*, *Asperguillis niger*, la misma que ha sido analizada cuyos resultados están expresados en la figura 5 demuestran que está libre de agentes patógenos y es apta para el consumo.

A continuación, en la tabla 2 se muestra la concentración de polifenoles obtenidas, se calculó que por cada gramo de harina de la cáscara del plátano contiene 0,4872 mg de polifenoles.

Tabla 2. Concentración de Polifenoles en la harina de cáscara del plátano		
Conc. µg/g	Conc. mg/100g	Conc. mg/g
489,143	48,914	0,489
490,400	49,040	0,490
482,057	48,206	0,482
Promedio		0,487
Desviación Estándar		0,005

Resultados ensayo pre-clínico

Resultados de la evaluación de la actividad antioxidante in vivo

La concentración de MDA ha sido calculada con los valores de las absorbancias obtenidas y el coeficiente de extinción molar de MDA que es de $1,56 \times 10^5 \text{ cm}^{-1} \text{ M}^{-1}$ a 535 nm.

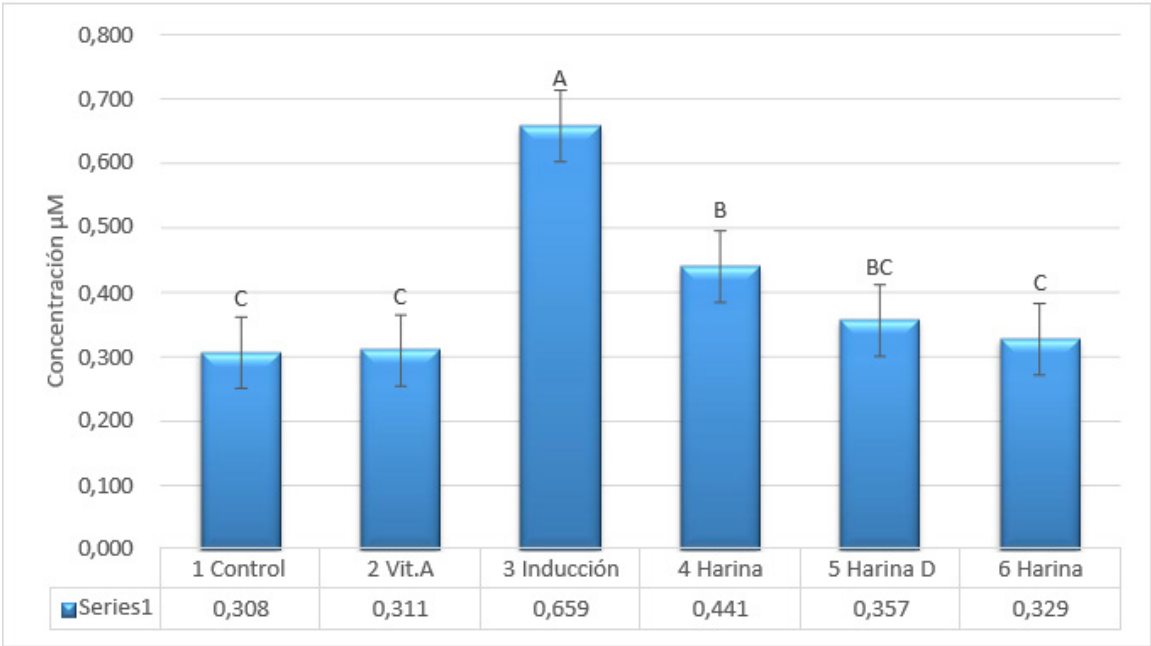


Figura 7. Concentración de MDA, uM MDA/mg de proteína

De acuerdo al análisis estadístico realizado (ANOVA) se determinó que el grupo 3 ($0,659 \pm 0,086$) y 4 ($0,441 \pm 0,099$), presentó una gran diferencia en relación con los demás grupos por la mayor presencia de MDA. En tanto que el grupo 5 ($0,357 \pm 0,033$) presenta un comportamiento próximo a los grupos 4 ($0,441 \pm 0,099$) y 6 ($0,329 \pm 0,056$); el grupo 6 ($0,329 \pm 0,056$) presentó un mayor efecto en la reducción del MDA debido que su respuesta es similar al grupo 1 ($0,308 \pm 0,007$) y 2 ($0,311 \pm 0,015$).

La dosis que presentó una mayor respuesta es la de 25mg/Kg siendo esta la de menor concentración, un estudio informa que “la actividad antioxidante de los polifenoles está en función de su grado de hidroxilación y la posición de los hidroxilos presentes en la molécula, estos grupos hidroxilos ceden electrones o átomos de hidrógeno para neutralizar los radicales”. El polifenol que está en mayor cantidad en la cáscara del plátano es la galocatequina que tiene una estructura flavan-3-ol y presenta seis grupos hidroxilos en su conformación, sin embargo a la dosis más alta administrada de polifenoles (100mg/Kg) presentó un incremento de MDA, (Mateos M.) explica que “existen polifenoles que tienen actividad antioxidante y prooxidante de acuerdo a la estructura y concentración, es decir que a dosis bajas poseen un mayor efecto beneficioso y a dosis altas pueden causar

daño celular”, por eso se puede apreciar en el Gráfico II que la dosis de 50mg/Kg tiene una estrecha relación con la dosis de 25 y 100mg/Kg es decir que a mayor concentración produce un efecto adverso (prooxidante), esto es el incremento de la cantidad de MDA.

CONCLUSIONES

La harina de cáscara de plátano presentó buenos resultados en los parámetros de controles de calidad (físico-químicos y microbiológicos), métodos basados en las Normas INEN y AOAC. En cuanto, al porcentaje de humedad encontrados en la harina de cáscara de plátano, está dentro del rango de la harina de plátano según norma NTC 2799. Sin embargo, presenta diferencias en los demás parámetros encontrándose en mayor proporción fibras y grasas. Por otro lado los resultados microbiológicos reportados cumplen con la norma NTC 2799 que indican la ausencia total de

E. coli, Coliformes fecales, Salmonella, y Shiguelia. Además, se compararon los resultados con otros estudios realizados de la harina de cáscara de plátano. En la determinación de la concentración de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu presentes en la harina se obtuvo que contiene 0,4872mg/g harina.

La evaluación in vivo (ratones cepa CD-1) de la actividad antioxidante de los polifenoles ha sido comprobada mediante la reducción del MDA a través del método de TBARS, mediante cálculos estadísticos (ANOVA) se estableció las diferencias entre los grupos tratados.

De las dosis ensayadas (100, 50, 25mg/Kg) se obtuvo un mejor resultado con la de 25mg/Kg ya que redujo en mayor cantidad la presencia de MDA ($0,329 \pm 0,056$) como producto de la peroxidación lipídica. No se encontró diferencias estadísticas con el grupo control ($0,308 \pm 0,007$) y el grupo tratado con Vitamina A ($0,311 \pm 0,015$). Por lo que se puede deducir que la dosis de 25mg/Kg es la que redujo en mayor proporción la concentración del MDA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agudo L. Técnicas para la determinación de compuestos antioxidante en alimentos. Rev Educ Extremadura. 2010;27-34. Recuperado en febrero de 2017, de: http://www.anpebadajoz.es/autodidacta/autodidacta_archivos/numero_9_archivos/L_a_medina.pdf
2. Aguirre LD. Caracterización de harina y almidón obtenidos a partir de plátano. Proquest. 2013;62(2):83-96. Obtenido de: <https://search.proquest.com/docview/1677570275?accountid=131412>
3. Anand P, Sunita J. Papel de la metformina en una enfermedad inflamatoria intestinal inducida experimentalmente. Pharmacology. I.M. College of Pharmacy. 2008.
4. AOAC. Métodos Oficiales de Análisis de Alimentos. España: Mundi-Prensa; 2008. Recuperado el 14 de febrero de 2017, de: <http://dspace.unapikitos.edu.pe/bitstream/unapikitos/489/1/TESIS%20COMPLETA-ETHEL%20LLERME%20ZUMAETA%20PUGA.pdf>
5. Avello M, y. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. Atenea. 2006;2(494):161-172.
6. Bamón BP. Evaluación de la lipoperoxidación in vitro, a través de las reacciones del 3-metil-2-benzotiazolidon hidrazona (MBTH) y del ácido tiobarbitúrico (TBARS). Universidad de Chile Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. 2010. Recuperado el 16 de febrero de 2017, de: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/131164/Evaluaci%C3%B3n-de-la-lipoperoxidaci%C3%B3n-in-vitro-a-trav%C3%A9s-de-las-reacciones-del-3-metil-2-benzotiazolidon-hidrazona-%28MBTH%29-y-del-%C3%A1cido-tiobarbit%C3%BArico-%28TBARS%29.pdf?sequence>
7. Bryant C, Hamaker B. Effect of lime on gelatinization of corn flour. Cereal Chem. 1997;74(2):171-175.
8. Calderón V, Noriega V. Obtención de harina de los residuos de frutas con mayor poder antioxidante y antimicrobiano (Maracuyá, Cacao y Plátano). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química. 2017.
9. Carranco MC. Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. Scielo. 2011;2.
10. Cerdá C, Borrego S, Sáez G, et al. Estrés oxidativo en las enfermedades. Valencia. 2010;283-302. Recuperado en febrero de 2017, de: www.analesranf.com/index.php/mono/article/viewFile/1055/1054
11. Chebi. Galocatequina. Recuperado el 8 de febrero de 2017, de: <http://www.ebi.ac.uk/chebi/searchId.do?chebiId=CHEBI:68330>

12. Colmenares MJ. Elaboración de harina de pulpa y cáscara de plátano verde Clon Hartón común para la formulación de una mezcla de harina para arepas a base de plátano: maíz. Universidad Central de Venezuela. 2009.
13. Fiallos Gonzáles MO, Fiallos Gonzales L, Cárcamo López LM. Evaluación de Aprendizajes en la Educación Técnica Profesional del Sector Industrial. *Act. Iber. Cienc. Soc.* 2024;2(1):135-46.
14. Corpal S.A.C. Harina de plátano. Recuperado el 16 de febrero de 2017, de: http://www.corpal.com.pe/portal/index.php?route=product/product&product_id=125
15. Crosbie G. The relationship between starch swelling properties, paste. *J Cereal Sci.* 1991;13(2):145-150.
16. Delgado L. El estrés oxidativo en la enfermedad cardiovascular: evidencias para un tratamiento más integral. La Habana, Cuba. 2008. Recuperado en enero de 2017, de: http://www.bvs.sld.cu/revistas/far/vol43_1_09/far11109.htm
17. Pommier Gallo EP. Metodología para mejorar la programación con Inteligencia Artificial. *Act. Iber. Cienc. Soc.* 2024;2(1):86-97.
18. Dergal B. Química de los alimentos. Vol. V. México, México: Pearson Educación de México S.A. de C.V.; 2013.
19. Elejalde J. Estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos. *An Med Interna.* 2001;18(6):326-335.
20. Escobar BI. Extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras de cítricos producidos en México. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México; 2010.
21. Estrella DI. Polifenoles y sus propiedades antioxidantes. Info-Alimenta “Fundación Alimentum gestionada por la FIAB”. Madrid; 2004. Recuperado el 11 de enero de 2018, de: <http://www.infoalimenta.com/expertos-opinan/20/78/Polifenoles-y-sus-propiedades-antioxidantes/>
22. Folch J, Lees M, et al. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem.* 1957; 226:497-509. Recuperado el 14 de febrero de 2017, de: <http://www.jbc.org/content/226/1/497.long>
23. García E, Fernández I, et al. RiuNet. Recuperado el 22 de junio de 2015, de Repositorio Institucional UPV: <https://riunet.upv.es/handle/10251/52056>
24. González S. Evaluación de la relación estructura-actividad antioxidante de antocianinas mediante métodos computacionales. Universidad Tecnológica de la Mixteca. 2007. Recuperado el 7 de febrero de 2017, de: http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/10120.pdf
25. Guerra Santana YM, Barceló Fernández YJ, Vilaú Aguiar Y. La tecnología, su usabilidad en la formación inicial del Licenciado en Educación Primaria. *Act. Iber. Cienc. Soc.* 2024;2(1):57-68.
26. Gutiérrez J. ¿Qué sabe usted acerca de... radicales libres? *Rev Mex Cienc Farm.* 2006;37(4):69-73. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57937409>
27. Gutiérrez J, Mondragón P, et al. Breve descripción de los mecanismos moleculares de daño celular provocado por los radicales libres derivados de oxígeno y nitrógeno. *Rev Especialidades Médico-Quirúrgicas.* 2014;4(19):446-454.
28. Pavon Leyva J, Leyva Favier M. El empleo del entorno virtual para diseño de proyectos en la Zootecnia General. *Act. Iber. Cienc. Soc.* 2024;2(1):98-110.
29. He J. Absorption, excretion, and transformation of individual anthocyanins in rats [tesis de maestría]. University of Maryland; 2004.
30. Hernández LV. El plátano: un cultivo tradicional con importancia nutricional. 2009. Obtenido de: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30260/3/ff2009_iiplatano.pdf

31. Hirzel A. Galocatequina. Abcam; 2002. Recuperado el 8 de febrero de 2017, de: <http://www.abcam.com/-gallocatechin-ab142881.html>
32. Sambrano Fidel WW, Malpartida Cuicapusa EE, Vega Espilco PO. Managerial Accounting and its Impact on Decision Making in a small company in the food sector in West Lima. *Edu - Tech Enterprise*. 2024;2:8.
33. IERA. Cultivos de la Amazonía Ecuatoriana. Quito, Ecuador: ECORAE; 2001.
34. INEC. Anuario de Estadísticas Vitales: Nacimientos y Defunciones. Quito, Ecuador; 2013.
35. INEN. Harina de pescado. Determinación de la sal. Quito, Ecuador; 1980. Norma técnica INEN 0468.
36. INEN. Determinación del tamaño de partículas. Quito, Ecuador; 2012. Norma técnica INEN 0517.
37. INEN. Harinas de origen vegetal. Determinación de la fibra cruda. Quito, Ecuador; 1981. Norma técnica INEN 0522.
38. Alarcón Carrasco M Ángel, Ticona Apaza VT. Budget execution of public expenditure of the municipalities. *Edu - Tech Enterprise*. 2024;2:10.
39. INEN. Harinas de origen vegetal. Determinación de grasa. Quito, Ecuador; 1981. Norma técnica INEN 0523.
40. INEN. Harinas de origen vegetal. Determinación de la concentración del ión hidrógeno. Quito, Ecuador; 1981. Norma técnica INEN 0526.
41. Figueroa Torres JA. Situación Actual de los Guardavidas en el Ejercicio de sus Funciones en el Municipio Brión. *Act. Iber. Cienc. Soc.* 2024 ;2(1):69-8.
42. ISO. Agricultural food products - Determination of crude fibre content - General method. 1981.
43. León-Zevallos L, Espinoza Casco RJ, Macha-Huamán R. Digital marketing positioning in a retail sector company. *Edu - Tech Enterprise*. 2024;2:11.
44. López GG. Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp*). *Medigraphic*. 2014;23-24.
45. Mateos DM. Relación Estructura/Actividad de proantocianidinas procedentes de fuentes naturales de origen vegetal [tesis]. Universidad de Barcelona; s.f.
46. Montoya JLB. Características fisicoquímicas de la harina de plátano (*Musa paradisiaca*). *Proquest*. 2016. Recuperado el 25 de enero de 2017, de: <https://search.proquest.com/docview/1783661606?accountid=131412>
47. Romero-Carazas R. Collection Management Model for Late Payment Control in the Basic Education Institutions. *Edu - Tech Enterprise*. 2024;2:12.
48. Nayarit X. Procedimientos de propagación del plátano (*Musa spp*). Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Nayarit; 2009.
49. NTC. Harina de plátano. Bogotá, Colombia; 1991. Norma técnica colombiana NTC 2799.
50. OMS. Obtenido en marzo de 2013, de: http://www.who.int/features/factfiles/noncommunicable_diseases/es/
51. Someya S, Yoshiki Y, Okubo K. Antioxidant compounds from banana. *Food Chem*. 2002;79(3):351-354.
52. Hanco Machaca M. Relationship between physical activity and quality of work life in accountancy professionals: A literature review. *Edu - Tech Enterprise*. 2024;2:13.
53. Watson BS. La dieta fibra 35. En: Watson LS, editor. La dieta fibra 35. Barcelona: Grupo Norma; 2007. p. 45.

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERÉS

Ninguno.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: María Guadalupe García Moncayo, Zoraida Burbano Gómez, Glenda Marcela Sarmiento Tomalá, Carlos Jefferson Valdiviezo Rogel, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Alexandra López Barrera.

Curación de datos: María Guadalupe García Moncayo, Zoraida Burbano Gómez, Glenda Marcela Sarmiento Tomalá, Carlos Jefferson Valdiviezo Rogel, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Alexandra López Barrera.

Análisis formal: María Guadalupe García Moncayo, Zoraida Burbano Gómez, Glenda Marcela Sarmiento Tomalá, Carlos Jefferson Valdiviezo Rogel, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Alexandra López Barrera.

Redacción - borrador original: María Guadalupe García Moncayo, Zoraida Burbano Gómez, Glenda Marcela Sarmiento Tomalá, Carlos Jefferson Valdiviezo Rogel, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Alexandra López Barrera.

Redacción - revisión y edición: María Guadalupe García Moncayo, Zoraida Burbano Gómez, Glenda Marcela Sarmiento Tomalá, Carlos Jefferson Valdiviezo Rogel, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Alexandra López Barrera.