

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología

Escuela profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias



**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**“Harina de banano (*Cavendish*): Efecto del secado
convectivo en los compuestos fenólicos y la capacidad
antioxidante”**

Autor(a): Carlos Eduardo Juárez Ojeda

Asesor(a): Dr. Luis Alfredo Espinoza Espinosa.

Registro: PY-EPIIA-045

Sullana – Perú

2022

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme, brindarme fortaleza y darme la sabiduría para encaminar mi desarrollo profesional. A mi padre Raúl por confiar y creer en mí, gracias a su entrega y sacrificio pude llegar a este momento. A mi madre Marlene, quién me enseñó que todo logro trae consigo incontables dosis de fe en Dios, pasión y convicción para el logro de metas trazadas.

El autor.

AGRADECIMIENTO

A mis padres Raúl y Marlene, hermanos José, Inés y Flor, por el apoyo brindado y la motivación de forma incondicional para poder continuar y desarrollar el presente trabajo.

Al Dr. Luis Alfredo Espinoza Espinosa, asesor; quién con sus saberes y conocimientos orientó la ejecución y desarrollo del presente trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional de Frontera por brindarme el acceso a los laboratorios, en especial al Laboratorio de Alimentos Funcionales y Bioprocesos donde se desarrolló gran parte de esta investigación y por acogerme durante mi periodo de formación profesional.

Así mismo, a PROCENCIA, por el financiamiento de esta investigación a través de fondos concursables con contrato N°049-2021, proyecto de investigación dirigido por la Universidad Nacional de Frontera, en colaboración con la Universidad Nacional Agraria La Molina.

El autor.

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS

El docente de la Universidad Nacional de Frontera, Dr. LUIS ALFREDO ESPINOZA ESPINOZA asesor, designado según resolución N°121-2021-UNF-VPAC/FIIA, hace constar que ha asesorado la tesis titulada “**Harina de banano (*Cavendish*): Efecto del secado convectivo en los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante**”, del bachiller **Carlos Eduardo Juárez Ojeda** de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología, Escuela profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias.

El suscrito da visto bueno del informe de investigación previo a su evaluación por el Jurado y posterior obtención de la constancia de aprobación por parte de las autoridades de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología.

Sullana, 08 de Agosto de 2022.



.....
Dr. Luis Alfredo Espinoza Espinoza

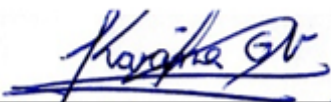
Asesor

JURADO EVALUADOR



Presidente

MBA Leandro Alonso Vallejos More



Secretaria

MSc. Karina Silvana Gutiérrez Valverde



Vocal

Dr. Luis Alfredo Espinoza Espinoza.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

ANEXO 3-K

Acta de Evaluación de Sustentación del Informe de Tesis

Siendo las 10:30 horas del día 25 del mes de agosto del año 2022 se reunieron en el aula / ambiente / sala virtual https://meet.google.com/qvb-qbpa-iks?authuser=3&pli=1 de la Universidad Nacional de Frontera, los miembros del Jurado de Tesis para evaluar el Informe de Tesis, denominado: : "HARINA DE BANANO (CAVENDISH): EFECTO DEL SECADO CONVECTIVO EN LOS COMPUESTOS FENÓLICOS Y LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE". Siendo sustentado en sesión pública por el Tesista: Bach. Carlos Eduardo Juárez Ojeda como requisito para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias.

Terminada la sustentación los miembros del Jurado de Tesis formularon sus inquietudes y preguntas de manera individual, las que fueron respondidas por el sustentante. Seguidamente, el Jurado solicitó el retiro de todos los asistentes y del sustentante de la sala virtual; y determinó la calificación concedida a la sustentación del Informe de Tesis para la Obtención de Título Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias, en términos de:

(X) Aprobado () Desaprobado

Con la calificación de (18) MUY BUENO

Siendo las 11:30 horas del mismo día, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación del Informe de Tesis, suscribiendo el acta.

Handwritten signature of Leandro Alonso Vallejos More

Presidente
MBA. Leandro Alonso Vallejos More

Handwritten signature of Karina Silvana Gutiérrez Valverde

Secretario
M.Sc. Karina Silvana Gutiérrez Valverde

Handwritten signature of Luis Alfredo Espinoza Espinoza

Vocal
Dr. Luis Alfredo Espinoza Espinoza

Table with 3 columns: No., DESCRIPCIÓN, and RECOMENDAR (SI, NO). Rows 1-5 describe recommendation criteria like 'Recomendar para presentar en eventos'.

Código:PY-EPIIA-045

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	14
1.1.	El banano	14
1.2.	Compuestos fenólicos totales (CFT)	20
1.3.	Capacidad antioxidante	21
1.4.	Realidad Problemática de la investigación	21
1.5.	Pregunta la investigación	22
1.6.	Objetivos de la investigación	22
1.6.1.	Objetivo general	22
1.6.2.	Objetivos específicos	23
1.7.	Antecedentes de la investigación	23
1.8.	Hipótesis de la investigación	25
II.	MATERIALES Y MÉTODOS	26
2.1.	Materiales, equipos, reactivos y muestra	26
2.1.1.	Materiales	26
2.1.2.	Equipos	27
2.1.4.	Muestra	28
2.2.	Métodos	29
2.2.1.	Elaboración de harina de plátano	29
2.2.2.	Determinación de compuestos fenólicos totales	32
2.2.3.	Determinación de la actividad antioxidante por el método del radical DPPH	32
2.2.4.	Caracterización fisicoquímica de harina de banano	33
2.3.	Análisis de resultados	35
III.	RESULTADOS	36
3.1.	Determinación de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante de la harina de banano.	36
3.1.1.	Análisis estadístico de la determinación de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante mediante el método del radical DPPH	37

3.2. Caracterización fisicoquímica de harina de banano <i>M. Cavendish</i>	38
IV. DISCUSIÓN	39
Contenido de compuestos fenólicos totales.	39
Eliminación de tasa de radical DPPH (%)	40
Caracterización de harina de pulpa de banano <i>M. Cavendish</i>	41
V. CONCLUSIONES	43
VI. RECOMENDACIONES	44
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	45
ANEXOS	50
Anexo 1: Rendimiento del banano	50
1.1. Rendimiento en fresco	50
1.2. Rendimiento en base seca de banano <i>M. Cavendish</i>	50
1.3. Curva de secado	51
Anexo 2: Pruebas realizadas para el análisis estadístico de los compuestos fenólicos totales	52
Anexo 3: Pruebas realizadas para el análisis estadístico del % de inhibición de la actividad antioxidante	55
Anexo 4: Pruebas realizadas para el análisis estadístico de IC50 de la actividad antioxidante	57
Anexo 5: Panel fotográfico de la obtención de harina de banano <i>M. Cavendish</i>	60
Anexo 6: Abreviaturas	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valor de exportaciones de banano en el Perú	16
Tabla 2 Volumen de banano exportado en el Perú	17
Tabla 3 Principales países de destino de Banano fresco	18
Tabla 4 Composición química y bioquímica del banano en estado inmaduro y maduro por cada 100 g de peso	19
Tabla 5 Materiales utilizados para el desarrollo de la investigación	26
Tabla 6 Equipos utilizados durante la ejecución de la investigación	27
Tabla 7 Reactivos utilizados durante el desarrollo de la investigación	28
Tabla 8 Diseño propuesto para el secado de banano verde	31
Tabla 9 Contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de harina de banano (M. Cavendish) en los diferentes tratamientos.	36
Tabla 10 Análisis de harina de banano M. Cavendish pH, °Brix, Acidez, Humedad y Cenizas	38
Tabla 11 Rendimiento del banano M. Cavendish	50
Tabla 12 Rendimiento de harina de banano M. Cavendish	50
Tabla 13 Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para temperatura con respecto a los Compuestos Fenólicos Totales	52
Tabla 14 Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para espesor con respecto a los Compuestos Fenólicos Totales	52
Tabla 15 Prueba inter sujeto para Compuestos Fenólicos Totales presentes en la harina de pulpa	53
Tabla 16 Subconjuntos homogéneos para el contenido de compuestos fenólicos totales (mg GAE/100g de harina de banano M. Cavendish)	54
Tabla 17 Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para temperatura con respecto al % de inhibición de la capacidad antioxidante	55
Tabla 18 Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para Espesor con respecto al % de inhibición de la capacidad antioxidante	55
Tabla 19 Prueba inter-sujeto para % de inhibición de la capacidad antioxidante presentes en la harina de pulpa de banano	56
Tabla 20 Subconjuntos homogéneos de determinación del % de inhibición de la capacidad antioxidante (100 mg/100 ml de harina banano M. Cavendish)	56

Tabla 21 Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable independiente temperatura con respecto al IC50 capacidad antioxidante	57
Tabla 22 Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable independiente Espesor con respecto al IC50 capacidad antioxidante	57
Tabla 23 Prueba inter-sujeto para IC50 de la capacidad antioxidante presentes en la harina de	58
Tabla 24 Subconjuntos homogéneos de determinación del IC50 de la capacidad antioxidante (100 mg/100 ml de harina de banano M. Cavendish)	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fruto del banano Cavendish	15
Figura 2 Ejemplo de estructura de los principales flavonoides presentes en el banano	20
Figura 3 Ubicación geográfica de recolección de muestra	28
Figura 4 Flujograma del proceso	31
Figura 5 Cinética de secado de los diferentes tratamientos.	51
Figura 6 Recepción de muestra de banano en el laboratorio de la universidad nacional de frontera	65
Figura 7 Pre tratamiento inmersión en ácido cítrico	65
Figura 8 Laminado de la pulpa de banano	65
Figura 9 Secado de las láminas de pulpa de banano en secador de bandejas	65
Figura 10 Molienda de la pulpa de banano seca	66
Figura 11 Obtención de harina de pulpa de banano	66
Figura 12 Análisis de pH de harina de la pulpa de banano obtenida	66
Figura 13 Determinación de acidez titulable de la harina de pulpa de banano	66
Figura 14 Análisis de la obtención de los compuestos fenólicos totales de pulpa de banano	67
Figura 15 Determinación de cenizas de la harina	67

Resumen

El Banano orgánico es uno de los frutos más cultivados en la región Piura, representa el 60% de la producción nacional de este fruto; las pérdidas producidas posteriores a la cosecha por las empresas empacadoras representan el 20%. Ante ello la obtención de harina de pulpa de banano es una alternativa de aprovechamiento de este fruto; Sin embargo, el método de secado tiene una influencia sobre el contenido de las moléculas bioactivas. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la temperatura y espesor de la rodaja en el contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) y actividad antioxidante de harina de banano (*Musa paradisiaca. Cavendish*), para ello, se recolectaron muestras en la provincia de Sullana, con una madurez comercial para exportación en estado fresco (5-8°Brix); se laminaron a diferentes espesores (2 y 4 mm) y se deshidrataron mediante secado convectivo a 40, 60 y 80°C, posteriormente se pulverizaron, tamizaron y envasaron las harinas resultantes. Se evaluó el contenido de CFT y actividad antioxidante analizaron por métodos espectrofotométricos, obteniendo diferencias significativas entre los tratamientos realizados al 95% de confianza. El mayor contenido de CFT ($214,980 \pm 6,817$ mg GAE/100 g de harina en base húmeda) y % de inhibición de capacidad antioxidante de $91,08 \% \pm 2,28$ y un IC50 de $33,168 \pm 3,328$ mg/ml de harina de banano, fue a 80°C de temperatura de secado y 2 mm espesor de lámina de pulpa de banano.

Palabras clave: Banano orgánico, Harina, secado convectivo, compuestos fenólicos bioactivos, capacidad antioxidante.

Abstrac

Organic bananas are one of the most cultivated fruits in the Piura region, representing 60% of the national production of this fruit; post-harvest losses produced by the packing companies represent 20%. In view of this, obtaining banana pulp flour is an alternative way of using this fruit; however, the drying method has an influence on the content of bioactive molecules. The objective of this research was to determine the effect of temperature and slice thickness on the content of total phenolic compounds (TPC) and antioxidant activity of banana flour (*Musa paradisiaca. Cavendish*), samples were collected in the province of Sullana, with a commercial maturity for export in fresh state (5-8°Brix); they were sliced at different thicknesses (2 and 4 mm) and dehydrated by convective drying at 40, 60 and 80°C, then the resulting flours were pulverised, sieved and packaged. CFT content and antioxidant activity were evaluated by spectrophotometric methods, obtaining significant differences between treatments at 95% confidence. The highest CFT content (214.980 ± 6.817 mg GAE/100 g of flour on wet basis) and % inhibition of antioxidant capacity of $91.08 \% \pm 2.28$ and an IC₅₀ of 33.168 ± 3.328 mg/ml of banana flour, was at 80°C drying temperature and 2 mm thickness of banana pulp sheet.

Key words: Organic banana, flour, convective drying, bioactive phenolic compounds, antioxidant capacity.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. El banano

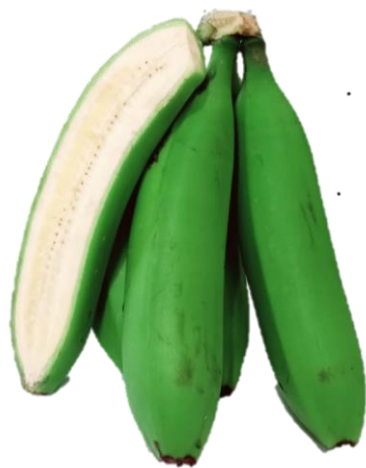
El banano (*Musa paradisiaca*) es considerada una fruta de las más conocidas en el mundo (Veliz Quezada, 2016), tiene una forma cilíndrica la cual posee 3 ángulos pronunciados; su consumo se da en los diferentes estados de madurez, desde verde hasta maduro, (Falla Dejo & Ramón Lluén, 2019). Mundialmente el banano es el cuarto alimento con mayor producción la cual alcanza 1,04 MT (millones de toneladas) aproximadamente (Bello-Pérez & Agama-Acevedo, 2019) le sigue al arroz 0,7 MT, el trigo 0,7 y el maíz 1,1 MT respectivamente; así mismo, de mayor demanda alcanzando un consumo promedio de 25 kg/persona/año (FAOSTAT, 2021), es un producto alimenticio perecedero y sensible posterior a su cosecha lo que causa daños como magulladuras durante el transporte, pardeamiento debido al ambiente de maduración inadecuado, se informa que incluso puede ser rechazado debido a su forma curva inaceptable (Khoozani et al., 2019). Los principales países que producen esta fruta son Brasil, China, Ecuador, Filipinas e India (Bello-Pérez & Agama-Acevedo, 2019).

La clasificación taxonómica del banano está dada de la siguiente manera pertenece al reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Liliopsida, orden Zingiberales, familia *Musaceae*, genero *Musa*, especie *Paradisiaca* (Falla Dejo & Ramón Lluén, 2019), tipo fanerógama y sección Eumusa (Ayala Torres et al., 2003).

El banano (Figura 1) tiene una longitud media de 20 a 25 cm de largo y un calibre de 4 cm, se encuentra formando racimos, la cascara que posee es gruesa, en estado maduro es dulce por lo que se puede consumir crudo, así como en posterior estado de cocción y en estado verde no es dulce y se consume posterior a un estado de cocción (Ayala Torres et al., 2003); maduro posee de 28 a 30 °Brix y verde de 5 a 8 °Brix (Quiceno et al., 2014).

Figura 1

Fruto del banano Cavendish



Nota. La figura 1 ha sido tomada del cultivo de banano orgánico *Cavendish*, cultivado por los productores del centro poblado de Sojo, distrito de Miguel Checa Provincia de Sullana del Departamento de Piura ubicado en el Perú.

En el Perú, de acuerdo con el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2021) las expediciones registradas hasta el mes de agosto del año 2021 tienen valores de envío por 11,9 millones de dólares, obteniendo un crecimiento de 0,01 % en comparación con el mismo periodo (10,9 millones de dólares) del año 2020.

Así mismo, la agroindustria produce gran cantidad de sub productos (orujo, semillas, cáscaras, extremos y corazones) cuya gestión inadecuada los convierte en residuos sólidos orgánicos. Las cantidades representan entre el 20% al 30%; con mayor énfasis en las empresas procesadoras de frutas, estos residuos causan contaminación en el ambiente. Esto conlleva a buscar nuevas alternativas para aprovechar estos residuos (Falla Dejo & Ramón Lluén, 2019). El procesamiento de la industria del banano tiene como subproducto primordial la cáscara, la cual representa un problema ambiental ya que contiene gran cantidad de nitrógeno y fosforo, además, presenta una alta tasa de susceptibilidad a modificaciones por acción microbiana, debido a su contenido de agua (Rosas & Candelario, 2018), el uso principal para este subproducto generado depende de la composición química que presente (GonzálezMontelongo et al., 2010; López & Montaña, 2014). La cáscara de banano presenta en su estructura aminoácidos esenciales, proteínas, ácidos grasos poliinsaturados, fibra dietética y potasio (López & Montaña, 2014; Rosas & Candelario, 2018); dentro de los estudios para utilizar la

cáscara de banano se ha podido obtener proteínas, metanol, etanol, pectinas y enzimas (Clarke et al., 2008; Emaga et al., 2008; Essien et al., 2005). Además, la cáscara de banano contiene compuestos bioactivos, moléculas que tienen acción contra enfermedades del corazón, así como también ayuda a prevenir algunos tipos de cáncer (López & Montaña, 2014). La harina obtenida de la cáscara de banano contiene gran cantidad de proteína cruda y de fibra en comparación a la obtenida de pulpa de banano (Colmenares, 2009)

Por otro lado, el banano se descarta por incumplimiento de ciertos parámetros de calidad requeridos por los mercados de exportación, siendo cada vez más rigurosos lo que ocasiona que un volumen considerable de banano se pierda en las distintas etapas de producción y productividad (FAO, 2012), de acuerdo a los estándares e índices de calidad establecidos, las empacadoras de banano generan el 20 % de descarte de la producción (Ramírez Imán, 2019). Así mismo en la tabla 1, se muestra el valor de exportaciones de banano generadas en el año 2019, 2020 hasta el mes de agosto del 2021.

Tabla 1

Valor de exportaciones de banano en el Perú

Mes	2019	2020	2021	Var %	Var %
Enero	14454505	14063753	14610379	-2,70%	3,90%
Febrero	11927261	13456384	12366049	12,80%	-8,10%
Marzo	16638532	13334362	12666134	-19,90%	-5,00%
Abril	14506865	13236204	13565943	-8,80%	2,50%
Mayo	12295185	14100005	13425816	14,70%	-4,80%
Junio	13632526	11042517	12045739	-19,00%	9,10%
Julio	11681568	10768439	11194344	-7,80%	4,00%
Agosto	10085136	11928170	11929292	18,30%	0,00%
Septiembre	12006463	11011245	-	-8,30%	-
Octubre	11408769	11395481	-	-0,10%	-
Noviembre	10531229	10864943	-	3,20%	-
Diciembre	13765722	12093847	-	-12,10%	
TOTAL	152933761	147295350			
Var. % Anual	-	-3,70%	-		
ENE-AGO	105221578	101929834	101803696		
Var. % Ene-Ago	-	-3,10%	-0,10%		
SET-DIC	47712183	45365516			

Nota. La tabla 1 muestra el valor de las exportaciones en el Perú desde el año 2019, 2020 hasta agosto del 2021. Tomado de MINAGRI (2021)

Con respecto al volumen de las exportaciones en el Perú mostrados en la tabla 2, durante el mes de agosto del 2021 se evidencia envíos por 17,2 KT (miles de toneladas) demostrando un significativo crecimiento alrededor del 1,8 %, comparado con el mismo mes del año 2020. Así mismo, el periodo de análisis hasta agosto del 2021 se evidencian envíos por 145,6 KT, mostrando un decrecimiento del 0,8 % respecto del año 2020 (146.8KT) (MINAGRI, 2021).

Tabla 2

Volumen de banano exportado en el Perú

Mes	2019	2020	2021	Var. % 2020/2019	Var. % 2021/2020
Enero	20702200	20469997	20962787	-1,10%	2,40%
Febrero	17468052	19525607	17634073	11,80%	-9,70%
Marzo	24256608	19265113	18063470	-20,60%	-6,20%
Abril	21389029	19192617	19358512	-10,30%	0,90%
Mayo	18122969	20257908	19106919	11,80%	-5,70%
Junio	19955419	15865225	17175304	-20,50%	8,30%
Julio	17039746	15350280	16130335	-9,90%	5,10%
Agosto	14581356	16888464	17199830	15,80%	1,80%
Septiembre	17319302	15529819	-	-10,30%	-
Octubre	16403460	16154980	-	-1,50%	-
Noviembre	15093783	15269939	-	1,20%	-
Diciembre	19969956	17164002	-	-14,10%	-
TOTAL	222301880	210933951	-		
Var. % Anual	-	-5,10%	-		
ENE-AGO	153515379	146815211	145631230		
Var. % EneAgo	-	-4,40%	-0,80%		
SET-DIC	68786501	64118740			

Nota. La tabla 2 muestra el volumen de banano exportado en el Perú hasta el mes de agosto del año 2021. Tomado de MINAGRI (2021)

De acuerdo a los principales países de destino se registran 15 países destinos acumulados a agosto del año 2021 mostrados en la tabla 3. Siendo Países Bajos el principal destino de bananas frescas registrando envíos por 30,9 millones de dólares, obteniendo la participación del 30,3 %; seguido por Estados Unidos con 23,1 millones de dólares y 22,7 % de participación, en tercer lugar, se encuentra Panamá con 16,5 millones de dólares, teniendo un 16,2 % de participación. Los tres países antes mencionados abarcan el 69,2 % del mercado mostrado en la Tabla 4. Por otro lado, Italia y Japón mostraron mayor

crecimiento en sus envíos 47,7 % y 24,3 % respectivamente. Por otra parte, a nivel regional Piura representa el 60% de la producción a nivel nacional (MINAGRI, 2021)

Tabla 3

Principales países de destino de Banano fresco

País	ENE-AGO	ENE-AGO	ENE-AGO	Var. %	Var. %	Part. %
	2019	2020	2021	2020/2019	2021/2020	2021
PAÍSES BAJOS	31693685	29770621	30871124	-6,1%	3,7%	30,3%
ESTADOS UNIDOS	21109543	18702887	23089991	-11,4%	23,5%	22,7%
PANAMÁ	16327385	17479353	16470251	7,1%	-5,8%	16,2%
BÉLGICA	10144482	12332935	9468937	21,6%	-23,2%	9,3%
COREA	7156825	5698557	6250553	-20,4%	9,7%	6,1%
ITALIA	1615971	3097032	4574831	91,7%	47,7%	4,5%
ALEMANIA	6858833	4949354	3684043	-27,8%	-25,6%	3,6%
JAPÓN	2894913	2901042	3607211	0,2%	24,3%	3,6%
REINO UNIDO	2855768	2113437	2088811	-26,0%	-1,2%	2,1%
FILANDIA	2562338	3868475	1037299	51,0%	-73,2%	1,0%
OTROS	2001835	1016140	660645	-49,2%	-35,0%	0,6%
TOTAL	105221578	101929833	101803696	-3,1%	-0,1%	100%

Nota. La tabla 3 muestra los principales países de destino de exportación de banano fresco en el Perú. Tomado de MINAGRI (2021)

El banano orgánico en su estado verde, contiene en su estructura carbohidratos y almidón, lo cual al ser transformado en harina no se pierden proporcionando un elevado valor nutricional en la harina de banano orgánico (Colmenares, 2009). En composición nutricional el banano contiene compuestos fenólicos (taninos, catequina, epicatequina, lignina y antocianinas), β -caroteno, vitaminas (A, B, C y E), minerales importantes como K y P (Sulaiman et al., 2011), así mismo contiene azufre, Ca, Cl, Fe, Mg, Si, Na y Mn (Mostacero León et al., 2011) detallados en la tabla 4.

Tabla 4

Composición química y bioquímica del banano en estado inmaduro y maduro por cada 100 g de peso

Componentes	Unidad	Banano Inmaduro	Banano maduro
Energía	Kcal	91	122
Agua	G	63	65
Proteína	G	0,8	1,3
Lípidos totales	G	0,1	0,37
Carbohidratos	G	24,3	32
Fibra dietaria	G	5,41	2,0 - 3,4
Na	mg		4
K	mg		500
Ca	mg	7	3,0
Mg	mg	33	35,0
P	mg	35	30,0
Fe	mg	0,5	0,6
Cu	mg	0,16	
Zn	mg	0,1	
Mn	mg	15	
Eq. Betacaroteno		0,03 - 1,20	390 - 1035
Vitamina E	mg		
Vitamina C	mg	20	20

Nota. Se evidencian alto contenido en carbohidratos y fibra dietaria. Tomado de Casallas (2014).

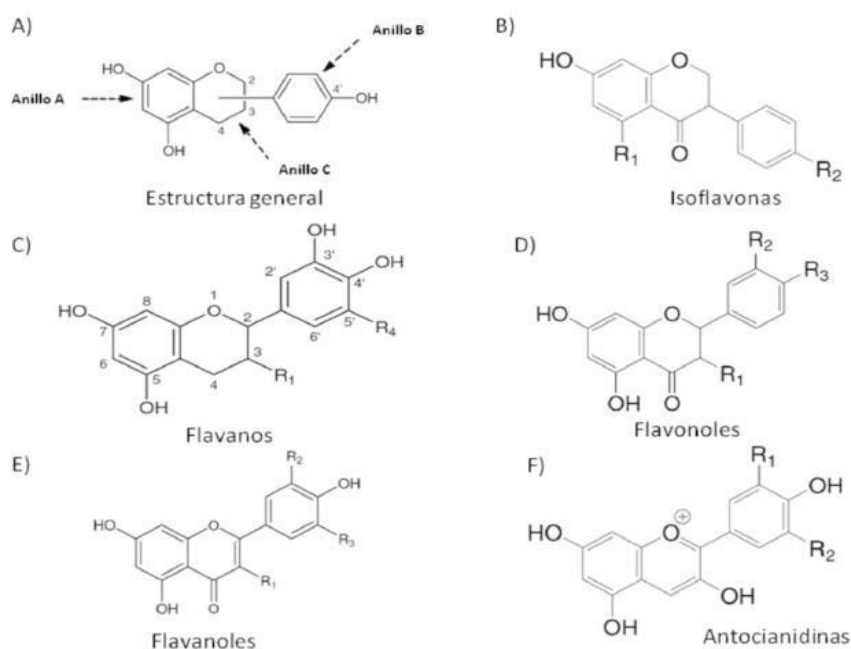
La harina de banano es un polvo higroscópico obtenido mediante el proceso de deshidratación y molienda de bananos verdes, la cual contienen un alto valor energético, alta digestibilidad y es de fácil asimilación por el organismo; es utilizable en la alimentación humana infantil para preparar dietas suplementarias (Khoozani et al., 2019; Villón Cadillo, 2018). Este producto contiene, niveles importantes de nutrientes (alto contenido de carbohidratos), vitaminas (A, B1, B2, B6, B12 y C) y sales minerales (Ca, P, F, Cu, I, Mg, K y Fe) (NTP 011.700, 2014); además, se sostiene que, la combinación del ácido ascórbico con el fósforo, beneficia el reforzamiento de la mente (Ramírez Imán, 2019). Lo que le proporciona a la harina de banano un equilibrio nutricional.

1.2. Compuestos fenólicos totales (CFT)

Los compuestos fenólicos totales (CFT) son metabolitos secundarios precursores de numerosas reacciones con efectos antioxidantes, reparación celular y fotoprotectores importantes: prevención de envejecimiento, reacciones inflamatorias, entre otras actividades (Marín-Velázquez, 2020), así mismo, son caracterizados por tener un anillo aromático con al menos un sustituyente hidroxilo y una cadena lateral (Morales Gómez, 2012). Dentro de la clasificación de los CFT encontramos, los ácidos fenólicos, estilbenos y flavonoides (ver figura 2). Estos últimos, se encuentran presentes en las plantas en un 50%, encontrándose específicamente dentro de los tejidos vegetales de forma libre o conjugada dando lugar a glucósidos, sulfatos y algunas veces dímeros y polímeros (Hartwig, 2015). En el banano encontramos a compuestos fenólicos como los polifenoles los cuales son de menor proporción en estado verde y se incrementa en cuando la fruta esta sobre maduro esto producto de la merma de la actividad del polifenol oxidasa (Cayón et al., 2000).

Figura 2

Ejemplo de estructura de los principales flavonoides presentes en el banano



Nota. La figura 2 muestra ejemplos de los flavonoides principales. La desigualdad radica entre ellos en el grupo –OH y en el grado de saturación que presenta el anillo C. Tomado de Limón et al. (2010).

1.3. Capacidad antioxidante

En general se definen a los antioxidantes como sustancias oponentes a la oxidación que, además, impiden las reacciones generadas por los peróxidos, varios de estos últimos son usados como preservantes en productos tales como aceites y alimentos para prorrogar el progreso de la rancidez de los compuestos grasos (Huang et al., 2005). Los antioxidantes dentro de los sistemas biológicos y tejidos vivos cumplen funciones esenciales como la de prevenir y/o frenar el daño oxidativo de las biomoléculas (Álvarez, 2016; Correa Soto & Gaviria Mendoza, 2010). Así mismo, los diferentes procesos oxidativos suponen sesión de electrones cargados negativamente. En dicho proceso se ven involucradas enzimas como (catalasas y deshidrogenasas) que están presentes en las mitocondrias y participan en las diferentes fases de la cadena respiratoria, existiendo un proceso habitual inmerso en el metabolismo celular (Morales Gómez, 2012), los diferentes antioxidantes naturales son obtenidos de diferentes materias primas cuya formación está sujeta a diversos factores (manejo agronómico, variedad, condición climática, estado de madurez, etc.) (Hartwig, 2015).

La pulpa del banano al igual que otras frutas como las manzanas, es susceptible al oscurecimiento enzimático si se exhibe al oxígeno, una manifestación relacionada con los niveles de antioxidantes (polifenoles). Se cree que el oscurecimiento enzimático de tejidos se debe a la activación de la polifenoloxidasa (PFO) responsable del progreso de un color marrón debido a su oxidación (García et al., 2006), asimismo, la pulpa contiene antioxidantes como vitaminas, carotenoides y compuestos fenólicos como catequinas, epicatequinas, ligninas, taninos y antocianinas (Pereira & Maraschin, 2015).

La actividad antioxidante de los flavonoides demuestra la actividad antioxidante de la vitamina C, la vitamina E y los carotenoides. Varios científicos consideran que la ingesta de flavonoides, acompañado del betacaroteno, la vitamina C y la vitamina E, son importantes agentes quimiopreventivos contra el cáncer (del Mar Verde Méndez et al., 2003)

1.4. Realidad Problemática de la investigación

En el Perú la desnutrición crónica infantil representa un grave problema, de acuerdo a los estándares internacionales (Beltrán & Seinfeld, 2009), representa un problema primordial de Salud Pública del país (Sánchez-Abanto, 2012). Para el año 2020, el 12,1% de los niños (as) con edad inferior a 5 años sufría desnutrición crónica en el Perú, de acuerdo a los datos obtenidos por parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS), según lo informado por el

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el documento PERÚ: Indicadores de Resultados del Programa presupuestario 2020; trabajado con datos recolectados por medio de la encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) (García Zanabria, 2020). De manera similar, la desnutrición en los niños causa daños graves, como síndromes de deterioro del desarrollo, incluidos trastornos del desarrollo, retrasos en el desarrollo motor y cognitivo (así como en el desarrollo del comportamiento), reducción en la capacidad inmunitaria y aumento de la morbilidad y la mortalidad (Sobrino et al., 2014).

Así mismo, en el Perú más del 50% de la población infantil padece malnutrición a causa de diversos factores como limitado de acceso a los principales alimentos, bajos ingresos económicos, entre otros; cuyas familias no poseen capacidad adquisitiva que permita una alimentación balanceada de sus niños, basado en alimentos como carne, leche y otros de origen animal, que presentan un valor económico considerable, siendo de vital importancia encontrar fuentes proteicas más rentables económicamente y facilitarlas a la población de mayor necesidad, de allí la necesidad de producir nuevos productos alimenticios aprovechando los recursos accesibles (Villón Cadillo, 2018). No obstante, se tiene limitada información respecto a la permanencia de ciertos compuestos bioactivos después de pasar por ciertos tratamientos como el secado, pulverizado, liofilizado, cocción por extrucción entre otros y los niveles presentes dependen de los tratamientos empleados siendo estos favorables o desfavorables (Pico, et al. 2019; Sarawong, et al. 2014). Así mismo ciertos compuestos bioactivos presentan mejor beneficio posterior a su paso por dichos tratamientos (Bello-Pérez & Agama-Acevedo, 2019).

1.5. Pregunta la investigación

¿Cuál es el efecto de la temperatura y espesor de la rodaja en el contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de harina de banano (*Musa paradisiaca - Cavendish*)?

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo general

- Determinar el efecto de la temperatura y espesor de la rodaja en el contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de harina de banano (*Musa paradisiaca. Cavendish*).

1.6.2. Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la temperatura y espesor de la rodaja sobre el contenido de compuestos fenólicos totales de la harina de banano.
2. Evaluar el efecto de la temperatura y espesor de la rodaja sobre la actividad antioxidante de la harina de banano.
3. Determinar los parámetros físicos químicos de la harina de banano obtenida mediante secado convencional.

1.7. Antecedentes de la investigación

Pico et al. (2019) en un estudio de producción de harina de banano mediante liofilización y secado en horno evaluaron el perfil fenólico y bioaccesibilidad del almidón de la harina de plátano verde evidenciando que el método de liofilización presenta un contenido en epicatequina de 1,93 mg/100 g de harina, lo cual se representa un 13.53% más de epicatequina respecto al secado en horno (1,70 mg / 100 g de harina). Las condiciones para el liofilizado y secado en horno fueron: rodajas de 1 cm y tiempo de liofilización de 48 horas; rodajas de pulpa de plátano de 3 mm utilizando Temperatura de 40 °C durante 24 horas.

Anyasi et al. (2018) produjeron harina de pulpa de banano de cuatro cultivares diferentes donde analizaron la presencia de los macro y oligoelementos esenciales, así como los compuestos fenólicos la harina de plátano donde el potasio fue el mineral más abundante (1474,6 mg / 100 gr), la concentración de compuestos fenólicos totales fue entre $1,9 \pm 0,19 \mu\text{g} / \text{g}$ y $17,3 \pm 2,31 \mu\text{g} / \text{g}$, donde se empleó secado en horno de aire forzado a 70 °C durante 12 horas y molido, previo a ello se realizó un pre-tratamiento durante 10 minutos con ácido ascórbico, ácido cítrico y ácido láctico en concentraciones de 10, 15 y 20 g / L respectivamente.

Espinoza Borrero (2013) mediante una extracción de contenido de polifenoles totales y taninos con etanol de piel de *Musa cavendish*, *Musa acuminata* y *Musa cavandanaish* durante la maduración, demostró que la piel de *Musa cavendish* presentaba mayor contenido de compuestos fenólicos totales (GAE) (6,411 g/100g de muestra (base seca)) y taninos (TAE) (1,056g/100g de piel de *Musa Cavendish*) ambos en base seca, para ello las muestras fueron secadas en estufa a 40 °C durante 2 días, se molió para obtener un polvo fino de aproximadamente 170 μm ; la determinación de compuestos fenólicos requirió una extracción con etanol al 95%.

Marín-Velázquez (2020) durante la producción del extracto acuoso liofilizado de cascara de *Musa Cavendish*, se intentó determinar el contenido total de polifenoles y evaluar la actividad antioxidante de 300 g de muestra, lo que resultó en un contenido total de polifenoles de 5,7811 µg ácido gálico equivalente/1g de extracto de *Musa acuminata Cavendish* y porcentaje de inhibición a una concentraciones de 33,3; 50; 66,6 y 100 µg/mL, de 20,96; 31,428; 41,030 y 60,290%, respectivamente. La concentración inhibitoria media (IC50) fue de 81,95 µg/mL. Utilizando condiciones en las que la muestra se pasó a través de agua a 90°C durante 20 segundos, se añadieron 500 mL de una mezcla de agua y etanol al 96% (1:1), la muestra se se molió, centrifugó y filtró. La fracción de etanol se separó utilizando un evaporador rotatorio para ser liofilizada en 5 partes a las siguientes condiciones de temperatura: tiempo de -55 °C:2 horas, - 25 °C:5 horas, 0 °C:3 horas, 10 °C:2 horas y 24 °C:2 horas.

Veliz Quezada (2016) en la producción cáscaras de plátano liofilizadas *Musa sp.* “Banano”, que estudió el contenido fenólico y la capacidad reductora de las cáscaras, obtuvo el mayor contenido de fenoles totales de $41,69 \pm 0,30$ mg EAG/ g de peso seco y la menor concentración media de reducción (CR50) de $19,36 \pm 0,007$ mg EAG/mL a partir del extracto liofilizado de cascara de *Musa paradisiaca* L. La muestra fue cortada en trozos 3 cm² y fue congelada a -80 °C durante 48 horas (h) para su posterior liofilizado por 72 h y la extracción se realizó en un equipo Soxhlet con etanol al 96% a 80 °C durante 12 h.

Khoozani et al. (2019) secaron harina de banano al horno y liofilizado, evaluaron las diferentes condiciones de secado sobre el contenido de almidón, evidenciando que el secado al aire en el horno aumentó la temperatura de gelatinización drásticamente para todas las muestras de harina de plátano verde, en conclusión, secando todo el plátano verde a 50 ° C los efectos son menos negativos respecto a su contenido de almidón. La harina fue obtenida secando el plátano en horno a tres temperaturas (50, 80 y 110 °C empleando un tiempo de 2, 4 y 7 horas) y liofilización (FDF) en comparación con la harina de trigo (WF), los resultados mostraron que la luminosidad y el amarilleo se vieron afectados negativamente por el incremento de temperatura.

Encarnación y Salinas (2017) durante la formulación y caracterización de la harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*), además de su sustitución como ingrediente sustituto para el pan y pasta fresca, se determinó que la relación óptima de sustitución de la harina de plátano verde fue de 29.70% y 1.16% de levadura y la tasa de valor nutricional de aporte de la fibra dietética del pan fue de 7.95%, utilizando una temperatura de 90 °C durante 4 horas de secado,

obteniendo el porcentaje de humedad de 10,40% y el porcentaje de fibra dietética de la harina fue de 16.70%.

Ramírez Imán (2019) elaboró harina de la pulpa y cáscara banano orgánico de descarte para su posterior caracterización según los criterios de la Norma Técnica Colombiana 2799: Harina de plátano. Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis estadístico de ANOVA con una confianza del 95% que le permitió averiguar la desigualdad o igualdad de las variables, y Duncan que le otorgó, mediante una comparación, el método de procesamiento óptimo. Para este tratamiento, el % de humedad, cenizas y de retención de mallas fue de 7,78%, 1,55%, con retención de 0%, 2,61% y 2,56% respectivamente. Empleando rodajas de 2 a 4 mm utilizando secado artificial y solar, donde para el secado artificial se consideraron temperaturas de 45 °C a 60 °C hasta obtener un porcentaje de humedad no mayor a 10%; además, se empleó un diseño experimental, teniendo una población de 406 gr de harina de pulpa y 269 gr de harina de cáscara. Las cuales fueron divididas en 225 g de harina de pulpa y cáscara por bloque completamente aleatorios.

1.8. Hipótesis de la investigación

La temperatura y espesor de rodaja durante el proceso de secado convectivo influyen significativamente en el contenido de compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante de harina de banano (*Musa paradisiaca. Cavendish*).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales, equipos, reactivos y muestra

2.1.1. Materiales

Tabla 5

Materiales utilizados para el desarrollo de la investigación

Descripción	Cantidad
Bolsas Siplox, plástico doble cierre, cap 250g	200
Bolws, acero inoxidable cap. 3 litros	4
Bureta, vidrio cap. 50 ml	1
Cortador con plataforma ajustable	2
Crisoles de porcelana	12
Cubeta de plástico/ espectrofotómetro x 1.5 ml PQT UND-DELTALAB	2
Cuchara de acero inoxidable	1
Cuchillos	2
Fiola volumétrica ambar C/ tapa de vidrio de 100 ml	6
Fiola volumétrica C/ tapa de pp de 1000 ml.	2
Fiola volumétrica C/ tapa de pp de 500 ml.	1
Gotero, plástico	1
Gradilla plastificada para 48 tubos- INTEK	2
Guardapolvo	1
Lunas de reloj	2
Matraz Erlenmeyer, vidrio cap. 100ml	4
Micropipeta BOECO capacidad 10-100 uL, 20-200 uL, 2 - 10 ml	3
Micropipeta DLAB capacidad 100-1000 uL, 5 . 50 uL.	2
Papel aluminio 5 m	2
Papel Filtro, Watman N°1. caja	1
Papel parafilm	1
Pilon y mortero, porcelana	1
Pinza para bureta tipo mariposa, plástico	1
Probeta graduada B/ hexagonal D/ vidrio x 100 ml	1
Probeta graduada B/ hexagonal D/ vidrio x 250 ml	1
Soporte universal	1
Tamiz de acero inoxidable de 8" diámetro. Malla N° 70	1
Tubo cónico plástico/centrífuga graduado x 15 ml. KYNTEL	30

Tubos de prueba con tapa rosca de 16 x 125 ml	30
Vasos de Precipitado, vidrio cap. 250ml, 100ml y 25 ml	12

2.1.2. Equipos

Tabla 6

Equipos utilizados durante la ejecución de la investigación

Descripción	Cantidad
Agitador magnético, INGENIEURBURO CAT, M. ZIPPERER GmbH D-79282 Ballrechten-Dottingen	1
Agitador Vórtex, Vórtex mixer, SAB, VWR - 97043-566	1
Anemómetro, Anemometer, CMM/CFM, 8 in 1 SP-7000	1
Balanza analítica digital, KERN AEJ 220-AM, e=0.001g d=0.0001 g	1
Balanza de precisión, 0.01g, PCE-BS 300	1
Balanza digital, cap. 50 kg, PRECIX - WEIGHT - 8513	1
Batidora de inmersión, TAURUS - ROBOT 500 PLUS INOX-PE9160100A	1
Centrífuga de 12 tubos de 15 ml, ISOLAB LABORGERATE GmbH, 603.05.001	1
Deshidratador de bandejas, DEHYDRATOR ST-01, 40 -90°C, 0-15h	2
Espectrofotómetro uv-visible, Thermoscientific GENESYS 150	1
Estufa, Memmert, Mod: UN110, col, cromado	1
Horno mufla, SEL-HORN "R-8 L"	1
Molino pulverizador de paletas, DAMAI High-speed Multifunción GRINDER, cap. 1000 g	1
pH-metro, HANNA-HI991001-PORTABLE pH	1
Refractómetro, HANNA-H196801 0-85°brix 20°C	1
Termómetro infrarrojo	1

2.1.3. Reactivos

Tabla 7

Reactivos utilizados durante el desarrollo de la investigación

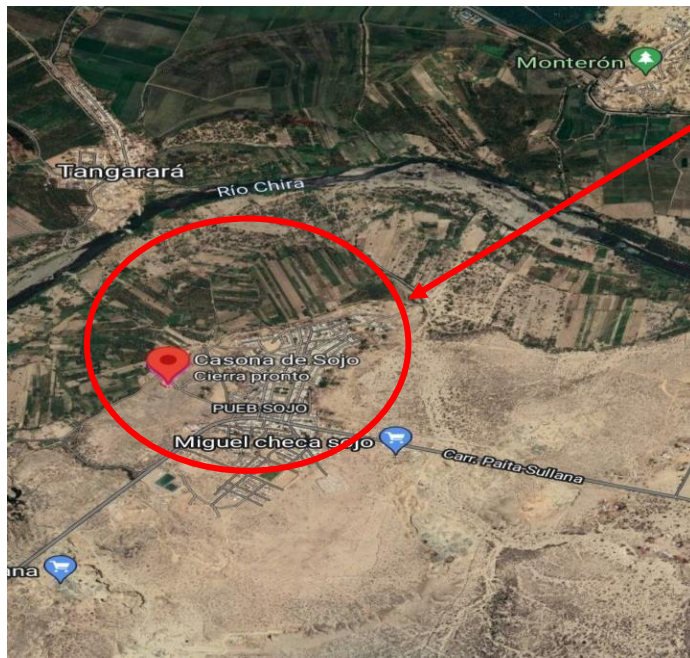
Descripción
Hidróxido de sodio (NaOH), P.M. 40.00
Carbonato de sodio (Na ₂ CO ₃), ACS, CAS 497-19-8
Etanol absoluto (C ₂ H ₅ OH), P.A-ACS, P.M. 46.07
Metanol (CH ₃ OH), P.A-ACS, P.M. 32.04
Reactivo de Folin & Ciocalteu's phenol, d:1.240 g/cm ³ a 20°C
2,2-difenil-1-picrilhidrazilo
Patrón ácido gálico (C ₇ H ₆ O ₅), CAS 149-91-7, M.W. 170.12 g/mol
Fenolftaleína al 1%

2.1.4. Muestra

Se emplearon 40 kg de banano orgánico (*Musa paradisiaca. Cavendish*) recogido de productores del centro poblado de Sojo, distrito de Miguel Checa Provincia de Sullana del Departamento de Piura ubicado en el Perú ver figura 3, los cuales fueron trasladados hasta el Laboratorio de Alimentos Funcionales y Bioprocesos de la UNF ubicado en la provincia de Sullana – provincia de Sullana – departamento de Piura – Perú.

Figura 3

Ubicación geográfica de recolección de muestra



Centro poblado de Sojo.

Nota. La figura 3 muestra la ubicación geográfica de la recolección de muestra empleada en la investigación. Tomada de Google Maps (2022)

2.2. Métodos

2.2.1. Elaboración de harina de plátano

La producción de harina de plátano se llevó a cabo empleando la metodología propuesta por Khoozani et al. (2019) y Pedraza Guevara & Torres Armas (2015) con algunas modificaciones y se muestra en la figura 4 flujograma del proceso, donde los plátanos verdes suministrados por los productores del centro poblado de Sojo, distrito de Miguel Checa provincia de Sullana departamento de Piura fueron recepcionados en el Laboratorio de Alimentos Funcionales y Bioprocesos de la UNF, pesados, enjuagados con agua destilada la cual contenía hipoclorito de sodio (10 g/L), los plátanos fueron sumergidos en solución de ácido cítrico al 0,5% (p/v) por 15 min y luego se escurrieron, para reducir el pardeamiento enzimático. Posteriormente los plátanos verdes se laminaron a un espesor de 2 mm y 4 mm y luego fueron sumergidos por 15 min en una solución de ácido cítrico al 0.5% (p/v) para un posterior drenado.

El secado de plátano orgánico verde se realizó de acuerdo a los tratamientos planteados en la tabla 1 diseño propuesto para el secado, los cuales tuvieron dos repeticiones respectivamente; donde se empleó un secador de bandejas, fijando las 3 temperaturas de trabajo ($T_1 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $T_3 = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$); deteniendo el proceso de secado cuando se llegó a un peso constante de la muestra.

La molienda se realizó en un molino de granos del laboratorio de Alimentos Funcionales y Bioprocesos de la UNF, donde se tamizó y envasó la harina en bolsas de polietileno de 250 g hasta sus distintos análisis planteados.

Figura 4

Flujograma del proceso

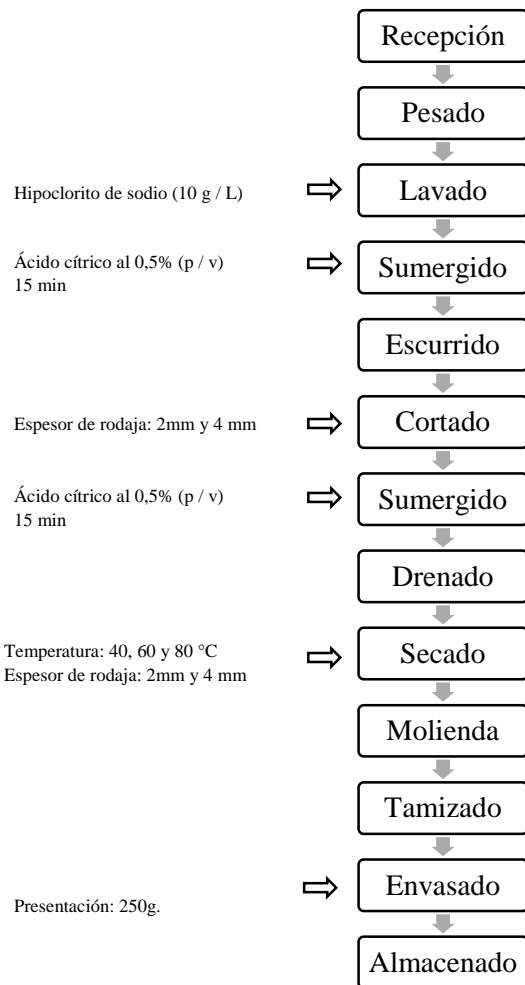


Tabla 8

Diseño propuesto para el secado de banana verde

Temperatura de secado	Espesor de rodaja	Tratamiento
40 °C	2 mm	T ₁
	4mm	T ₂
60 °C	2 mm	T ₃
	4mm	T ₄
80 °C	2 mm	T ₅
	4mm	T ₆

Nota. Cada tratamiento contó con 2 repeticiones, ello permitiendo expresar los resultados en promedio \pm desviación estándar.

2.2.2. Determinación de compuestos fenólicos totales

Los CFT se determinaron empleando el método de FolinCiocalteu sugerido por (Cornelio-Santiago et al., 2019) con algunas modificaciones donde se tomó 1 gr de harina de banano, se agregaron 5 ml de metanol al 80%, la mezcla se homogenizo y se agito en el equipo Vórtex, Vórtex mixer, SAB, VWR - 97043-566 a 2500 rpm por un periodo de tiempo de 20 min; posterior al agitado se centrifugo en la Centrífuga de 12 tubos de 15 ml, ISOLAB LABORGERATE GmbH, 603.05.001 a 4000 rpm por un lapso de tiempo de 20 min recuperando el primer sobrenadante (5ml). Se realiza el mismo procedimiento al residuo que se obtiene del primer sobrenadante logrando obtener el segundo sobrenadante (5ml). Posterior a la obtención de los sobrenadantes 1 y 2 se mezclan obteniendo una solución de 10 ml a la cual se le agrega 1 ml de agua destilada, esta mezcla es empleada para la recuperación de los CFT de la harina de pulpa de banano *M. Cavendish*, donde la solución es homogenizada en el agitador Vortex a 2500 rpm por 2 min, se centrifugo a 4500 rpm por 15 minutos donde se obtienen los extractos metanólicos, se vierte la solución en tubos de ensayo se cubren con papel aluminio y se almacenan en refrigeración hasta el momento de su análisis. De la solución obtenida se tomaron 0.4 mL y se incorporaron 2 ml del reactivo de Folin-Ciocalteu, dejando reposar por 5 min a la mezcla obtenida se agregaron 4 mL de carbonato de sodio al 5% completando hasta 25 mL agregando agua destilada, dejando en la oscuridad por 1 hora. La absorbancia se midió utilizando un espectrofotómetro uv-visible, Thermoscientific GENESYS 150 con una longitud de onda de 760 nm. Para cuantificar los CFT se utilizó una curva estándar adquirida con ácido gálico como patrón a partir de una densidad de 0 mg/mL hasta 0,401 mg/mL. Los resultados se expresarán en mgGAE (equivalentes de ácido gálico) /100g de harina.

2.2.3. Determinación de la actividad antioxidante por el método del radical DPPH

La determinación de la actividad antioxidante se llevó a cabo utilizando el método de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) descrito por (Tian et al., 2018) con algunas modificaciones, para el cual se prepara en etanol absoluto a concentración de 0.1 mmol/L la cual presenta una absorbancia que se va entre 0.89 y 0.9, posterior para la reacción se realiza empleando 100 µL del extracto metanólico obtenido en la cuantificación de CFT empleando 2 mL de la solución preparada de DPPH, considerando una cinética de reacción de 517 nm, donde se mide el tiempo empleado para la reacción del radical con la muestra empleando un espectrofotómetro uv-

visible, Thermoscientific GENESYS 150 el cual nos permite tener una ecuación lineal para ser expresado en IC 50, se realizaron diluciones de 10, 20, 30, 40, 50 y 60 mg/L.

Calculándose el % de inhibición con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Inhibición} = (\text{Abs}^*.\text{DPPH}-\text{Abs.muestra}) / (\text{Abs. DPPH}) \times 100 - \text{Abs: absorbancia.}$$

2.2.4. Caracterización fisicoquímica de harina de banano

Se realizó una serie de análisis para conocer su composición y cualidades fisicoquímicas de acuerdo a los siguientes ítems:

a. Determinación de humedad

La determinación de humedad se efectuó empleando la metodología descrita por (Coral Torres, 2014) de acuerdo a los siguientes pasos:

1. Se colocó por 1 h a 130 ± 5 °C la cápsula en la estufa.
2. La cápsula fría (Pc) se pesó.
3. Se pesó 5 g de la muestra (Pm).
4. La cápsula con la muestra se colocó en estufa y por 1 h se dejó secar.
5. De la estufa se extrajo la cápsula colocándola en un desecador esperando que se enfríe.
6. La cápsula que contenía la materia seca se pesó hasta obtener un peso constante (Pf).

b. Determinación de cenizas

La determinación de cenizas se llevó a cabo en el laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la UNF mediante la metodología planteada por (Márquez Siguas, 2014) de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Se colocó en la mufla a $550^\circ\text{C} \pm 25^\circ\text{C}$ aproximadamente Un crisol completamente limpio, de masa constante, durante una hora; a continuación, se retira el crisol y se introduce en una estufa a $125^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$, durante al menos 15 minutos. El crisol se transfirió a un desecador y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente.
2. Se determinó la masa del crisol en una balanza analítica al mg más cercano.
3. Tomando una muestra secada de 5 g se determinó la masa del crisol con la muestra al mg más cercano en una balanza analítica.

4. Empleando un mechero la muestra fue incinerada hasta que las paredes del crisol estén blancas y no emita humo.
5. La muestra calcinada junto con el crisol, se introdujo en la mufla a temperatura de aproximadamente $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$, durante 4 h; se extrajo el crisol de la mufla e introdujo en una estufa a $125^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante al menos 15 min y posterior a ello se transfiere el crisol al desecador y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente.
6. se determinó en una balanza analítica la masa del espécimen calcinado junto con el crisol con aproximación de mg más cercano. Registrando los resultados:

Donde:

A= masa de crisol vacío.

B= masa del crisol y muestra seca.

C= masa del crisol y la muestra calcinada.

c. Acidez titulable (%)

La determinación de acidez fue mediante el procedimiento establecido por Caisaguano Salao (2019) de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. De la muestra se tomó 1 g y diluyo en 9 mL de agua destilada.
2. Se calentó la muestra por 10 minutos.
3. Se agregó una pequeña cantidad de agua destilada y procedió a filtrar la muestra.
4. En un Erlenmeyer se agregó la muestra previamente filtrada.
5. Se agregaron 3 gotas de fenolftaleína como indicador y procedimos a la titulación con Hidróxido de Sodio.
6. Observamos el cambio de color y anotamos los resultados.

d. Determinación de pH y °Brix

Para determinar el pH y °Brix se utilizó la metodología de Encalada Rojas (2017) empleando un refractómetro (20°C) de rango $0-80^{\circ}\text{Brix}$ y un pH digital para el banano fresco y para los seis tratamientos empleados.

Para los tratamientos desarrollados se diluyeron 3 gr de harina de banano orgánico en 100 ml de agua destilada, posterior a ello se utilizó una licuadora para obtener el extracto líquido, luego se procedió a la determinación de °Brix y pH de la muestra final.

2.3. Análisis de resultados

Los diferentes resultados adquiridos de los seis tratamientos diferentes y sus respectivas repeticiones fueron analizados empleando un análisis de varianza (ANOVA) con un 95% de nivel de confianza y para la determinación de significancia significativa dentro de los diferentes tratamientos planteados se realizó una prueba de Tukey. Se empleó el software estadístico IBM SPSS Statistics 22.

III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la investigación se presentan a continuación, en relación a la determinación de CFT, actividad antioxidante y caracterización fisicoquímica de la harina de banano obtenida.

3.1. Determinación de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante de la harina de banano.

Los valores del análisis de compuestos fenólico totales y capacidad antioxidante, fueron mediante la prueba de normalidad de Sahapiro-Wilk, comprobando que cumplen con los supuestos de normalidad, ello permitió aplicar ANOVA como prueba paramétrica, y mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey se determinó la existencia de diferencia significativa entre los tratamientos, los resultados encontrados se muestran en la tabla 9.

Tabla 9

Contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de harina de banano (M. Cavendish) en los diferentes tratamientos.

Temperatura de secado (°c)	Espesor de rodaja (mm)	Contenido fenólico total (mg EAG/100 g muestra)	Capacidad antioxidante	
			Tasa de eliminación del radical DPPH (%)	IC 50
40	2	26,830 ± 0,283 ^a	23,38 % ± 1,41 ^a	
40	4	16,185 ± 1,138 ^a	21,20 % ± 1,05 ^a	
60	2	145,100 ± 3,974 ^b	87,99 % ± 1,46 ^c	36,964 ± 3,613
60	4	125,020 ± 3,974 ^c	74,89 % ± 3,36 ^b	41,300 ± 0,171
80	2	214,980 ± 6,817 ^d	91,08 % ± 2,28 ^c	33,168 ± 3,328
80	4	152,730 ± 6,251 ^c	88,02 % ± 0,76 ^c	37,367 ± 0,080

Nota. En la tabla 9 se muestran los resultados obtenidos para los compuestos fenólicos totales donde encontramos valores que oscilan entre 16,185 ± 1,138 mg EAG/100 g muestra (base húmeda) y 214,980 ± 6,817 mg EAG/100 g muestra (base húmeda), así mismo para la tasa de eliminación del radical DPPH (%) se muestran valores que van de 21,20 % ± 1,05 a 91,08 % ± 2,28 y para el IC50 tenemos valores de 33,168^a ± 3,328 a 41,300 ± 0,171.

3.1.1. Análisis estadístico de la determinación de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante mediante el método del radical DPPH

Para la determinación del análisis estadístico de la determinación de compuestos fenólicos totales se realizaron pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk (ver anexo 2, 3 y 4) de tal modo que se evaluó mediante un análisis de ANOVA a un nivel de 95% de confiabilidad y error ($P=5\%$) mostrado en la tabla 13; para determinación de los subconjuntos los cuales demostraron tener una significancia entre sí. Los resultados mediante ANOVA, aplicando la prueba de TUKEY efectuada a un nivel de confiabilidad de 95% y un error de 5% ($P=0,05$) muestran los diferentes subgrupos conformados entre sí y la diferencia que existe entre los diferentes tratamientos donde el T2 y T1 son homogéneos diferentes del T3, así mismo estos son diferentes de los tratamientos T4 y T6 que son otro de los grupos homogéneos entre sí y el tratamiento T5 es diferente a los tratamientos antes mencionados resultando como el mejor de los tratamientos para la obtención de CFT de la harina de banano obteniendo $214,980 \pm 6,817$ mg EAG/100 g muestra (base húmeda), así mismo, los tratamientos T2 y T1 son homogéneos diferentes del T4, así mismo estos son diferentes de los tratamientos T3, T5 y T6 que son otro de los grupos homogéneos entre sí, donde el tratamiento T5 es diferente a los tratamientos antes mencionados resultando como el mejor de los tratamientos para la tasa de eliminación del radical DPPH (%) obteniendo $91,08 \% \pm 2,28$, para el análisis estadístico del IC50 de la capacidad antioxidante de los diferentes tratamientos se realizaron solo para los tratamientos T3, T4, T5 y T6 cuyos porcentajes de inhibición presentan valores mayores al 50%, para el caso de IC50 no existe diferencia significativa, puesto que los diferentes tratamientos como T3, T4, T5 y T6 están conformando un solo subgrupo entre sí.

3.2. Caracterización fisicoquímica de harina de banano *M. Cavendish*

Tabla 10

Análisis de harina de banano M. Cavendish pH, °Brix, Acidez, Humedad y Cenizas

Temp (°c)	Espesor (mm)	pH	°Brix	% Acidez	% Humedad	% Cenizas
40	2	5,588 ± 0,299	6,85 ± 0,014	0,111 ± 0,031	7,21% ± 0,001	3,80% ± 0,006
40	4	5,410 ± 0,024	6,75 ± 0,121	0,148 ± 0,010	9,82% ± 0,002	3,97% ± 0,006
60	2	5,890 ± 0,014	5,71 ± 0,007	0,067 ± 0,000	5,77% ± 0,002	3,59% ± 0,000
60	4	5,798 ± 0,054	6,27 ± 0,788	0,078 ± 0,016	6,47% ± 0,001	3,61% ± 0,003
80	2	5,343 ± 0,259	5,71 ± 0,005	0,134 ± 0,032	4,74% ± 0,000	3,57% ± 0,002
80	4	5,372 ± 0,285	6,02 ± 0,444	0,144 ± 0,014	4,82% ± 0,000	3,20% ± 0,001

Nota. En la tabla 10 se muestran los resultados obtenidos de la caracterización de la harina de banano orgánico *M. Cavendish* la cual muestra un pH mínimo de $5,343 \pm 0,259$ y máximo de $5,890 \pm 0,014$, por otro lado se observa °Brix mínimo de $5,71 \pm 0,005$ y máximo de $6,85 \pm 0,014$, también se determinó el % de acidez obteniendo un valor mínimo de $0,067 \pm 0,000$ y máximo de $0,148 \pm 0,010$, el % de humedad de la harina obtenido oscila entre $4,74\% \pm 0,000$ y $9,82\% \pm 0,002$ y el % de cenizas muestra resultados que se encuentran entre $3,20\% \pm 0,001$ y $3,97\% \pm 0,006$.

IV. DISCUSIÓN

Contenido de compuestos fenólicos totales.

Las variables empleadas en el estudio han influido en el contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) presentes en la harina de pulpa de banano orgánico de descarte (*M. Cavendish*). Los valores mostrados en la tabla 9 se encuentran entre $16,185 \pm 1,138$ mg EAG/100 g muestra (base húmeda) y $214,980 \pm 6,817$ mg EAG/100 g muestra (base húmeda) para los diferentes tratamientos empleados. Los resultados encontrados en este estudio son mayores a los reportados por Anyasi et al. (2018) donde el mayor contenido en compuestos fenólicos totales fue de $17,3 \pm 2,31$ $\mu\text{g} / \text{g}$, similares a lo encontrado por Pico et al. (2019) donde el máximo valor fue de $1,70$ mg / 100 g, así mismo, resultados reportados por Espinoza Borrero (2013) son mayores, cuyo valor máximo fue de $6,411$ g/100g de muestra (base seca) sin embargo, este resultado es reportado para harina de cascara de banano *Musa Cavendish*; los diferentes autores mencionados han empleado condiciones diferentes para la obtención de sus resultados entre ellos, la manipulación de temperaturas de secado y espesor de rodaja así como el equipo de secado empleado, todos ellos distintos en cada caso. Por otro lado, hallazgos encontrados empleando liofilización para la obtención de harina, reportados por Veliz Quezada (2016) presenta un valor máximo de $41,69 \pm 0.30$ mg EAG/ g de peso seco, el cual es mayor a los encontrados en este estudio. Por otro lado, Pico et al. (2019) reporta epicatequina $1,93$ mg/100 g, siendo un valor similar al reportado en el presente estudio. En la obtención de compuestos fenólicos se estima que las diferencias mostradas se asocian a la variedad de banano, condiciones de secado, estado de desarrollo de la fruta y otros factores asociados al proceso de obtención de harina de banano.

El mayor contenido de CFT en la pulpa de harina de banano *M. Cavendish* ha sido encontrado para el tratamiento (T5) el cual corresponde a 80 °C de temperatura de secado empleado y 2 mm de espesor de rodaja obteniendo $214,980 \pm 6,817$ mg EAG/100 g (muestra base húmeda) reportado en la tabla 9, demostrando que las variables temperatura así como espesor de rodaja presentan una diferencia significativa en comparación con los otros parámetros, es así que para el tratamiento 40 °C y 4 mm de espesor de rodaja se observaron resultados de CFT más bajos ($16,185 \pm 1,138$ mg EAG/100 g muestra base húmeda). Lo cual demuestra que la temperatura tiene influencia importante puesto que, el secado produce como resultado la liberación de los compuestos fenólicos, así como la liberación de la enzima Polifenoloxidasa (PPO) (Shofian et al., 2014). La PPO presenta su máxima actividad a temperaturas de 20 °C y se desactiva a 60 °C,

es así que, dependiendo de la temperatura de secado, los compuestos fenólicos pueden oxidarse de forma gradual por la PPO, lo que provoca una disminución en el contenido de los compuestos fenólicos presentes en las muestras analizadas (Pico et al., 2019). Por lo tanto, a mayor temperatura de secado, el contenido de los compuestos fenólicos aumenta debido a la desactivación de la PPO, evitando la oxidación de los compuestos fenólicos presentes en la pulpa de banano y a menor temperatura el contenido es menor debido a la oxidación de los compuestos fenólicos causada por la PPO, así como el espesor de rodaja al ser menor también ayuda de manera significativa a que el tiempo de exposición requerido para el secado sea menor y la superficie expuesta al secado sea de mayor alcance ayudando a un secado más rápido.

Eliminación de tasa de radical DPPH (%)

La tasa de eliminación del radical DPPH (%) en el presente estudio se encuentra entre valores de 21,20 % \pm 1,05 a 91,08 % \pm 2,28 mostrados en la tabla 9, los cuales se ven reflejados que a mayor contenido de compuestos fenólicos mayor % de eliminación de tasa de radical DPPH así mismo en hallazgos Marín-Velázquez (2020) logra obtener valores entre 20,96 % y 60,290 % siendo el valor máximo el reportado para muestra liofilizada, encontrándose estos resultados dentro del rango reportado por este estudio. En otro estudio, Torres-Bojórquez et al. (2017) reportan valores entre 16,61% y 36,97% de tasa de eliminación de radical de DPPH para la pulpa de tuna (*Opuntia*) los cuales el valor máximo es el que se encuentra dentro del rango encontrado en la harina de pulpa de banano. Por otro lado, el IC50 encontrado en este estudio se encuentran entre 33,168 \pm 3,328 a 41,300 \pm 0,171 siendo mayores al reportado por Marín-Velázquez (2020) donde reporta un (IC50) de 81,95 μ g/mL.

En otro estudio empleando una muestra de cascara de *Musa Acuminata colla*, así como un método distinto en la obtención de harina Veliz Quezada (2016) logra obtener una concentración reductora media (CR50) 0,53 mg EAG/mL.

A medida que la concentración de la muestra se incrementa, en la misma proporción aumenta el % de inhibición por efecto de la temperatura de secado, que a medida que esta aumenta la capacidad antioxidante de DPPH también se incrementa logrando obtener mejores resultados (Marín-Velázquez, 2020), tal como ocurre en la relación mostrada en el presente estudio, siendo la muestra deshidratada en un secador de bandejas condicional. Así mismo, la capacidad antioxidante está relacionada con los pigmentos del fruto, además de los pigmentos, existen

otros que pueden aumentar la capacidad antioxidante como los polifenoles y vitaminas que influyen en la medición de la capacidad antioxidante (Torres-Bojórquez et al., 2017).

Es así que, el mejor de los tratamientos para este estudio fue el tratamiento T5 obteniendo un valor máximo de $91,08 \% \pm 2,28$ el cual tiene como condiciones de secado temperatura de 80°C y 2 mm de espesor de rodaja siendo mejor significativamente en comparación con otros tratamientos como el de 40°C y 4 mm de espesor de rodaja que obtuvo el valor mínimo de $21,20 \% \pm 1,05$.

Caracterización de harina de pulpa de banano *M. Cavendish*

La caracterización fisicoquímica de la harina de banano *M. Cavendish* muestran valores de pH mínimo de $5,343 \pm 0,259$ y máximo de $5,890 \pm 0,014$; °Brix mínimo de $5,71 \pm 0,005$ y máximo de $6,85 \pm 0,014$; % de acidez obteniendo un valor mínimo de $0,067 \pm 0,000$ y valor máximo de $0,148 \pm 0,010$; el % de humedad mínimo es de $4,74\% \pm 0,000$ y máximo de $9,82\% \pm 0,002$; así mismo el % de cenizas máximo es de $3,97\% \pm 0,006$ y mínimo de $3,20\% \pm 0,001$; dichos valores de pH son similares al reportado Encarnación y Salinas (2017) por donde encontraron un pH 6.32, una actividad de agua de A_w 0.98, sin embargo el % de humedad es diferente encontrando el 10,40% , este valor es más próximo al valor máximo encontrado en el presente estudio, así mismo reportan fibra dietética de 16,70% para harina de banano verde de variedad *Curaré Enano* teniendo en consideración los parámetros de secado de temperatura de 90°C por un tiempo de 4 horas sin tomar en consideración el espesor de rodaja del banano. Por otra parte Ramírez Imán (2019) obtuvo una harina de cascara de banano y de banano *M. Cavendish* con una humedad mínima de 8,03 % y máxima de 20,04 % empleando como muestra la misma variedad de banano empleando al mismo tiempo un secador de bandejas, empleando trozos de banano y de cascara la cual fue distribuida sobre bandejas metálicas de 10 – 100 mm de espesor de lecho con temperaturas de 45 y 60°C y un % de cenizas de mínimo de 1,05 % y máximo de 7,48 %, así mismo donde los valores obtenidos son muy diferentes ya que su valor mínimo de % de humedad es muy cercano al valor encontrado en el presente estudio para el % de cenizas se encuentra en un valor intermedio los obtenidos por los autores mencionados, así mismo Khoozani et al. (2019) en su estudio caracterizaron la harina de banano verde encontró como resultado un pH de $5,3 \pm 0,1$, °Brix de $4,2 \pm 1,0$, sólidos totales $30,7 \pm 2,3$ (g/100 gr muestra), una firmeza de $26,8 \pm 3,0$ y una acidez valorable de $0,32 \pm 0,07$ teniendo parámetros de secado en horno con temperatura de 50°C , no tomando en consideración el tamaño de la muestra de banano para el secado indicando que una de las consideraciones necesarias a tener presente

para futuras investigaciones es el tamaño de la muestra para el secado y distribución en el horno, donde los valores para pH, acidez, °Brix son valores similares a los obtenidos en el presente estudio empleando una muestra de banano de diferente variedad y en condiciones de secado diferentes.

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 205.064 el % de humedad requerido para la harina de trigo es de 15 % lo cual indica que el % obtenido para la haría de pulpa de banano orgánico *M. Cavendish* se encuentra dentro del parámetro establecido por la NTP 205.064, lo mismo sucede para los valores obtenidos con respecto a la acidez titulable donde los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores establecidos por la misma norma, sin embargo para el parámetro de cenizas los resultados no se encuentran dentro de los valores establecidos por la norma.

V. CONCLUSIONES

- Se determinó mediante este trabajo de investigación que el efecto de la temperatura y el espesor de la rodaja es significativo sobre el contenido de compuestos fenólicos, donde a mayor temperatura el CFT es mayor y a menor temperatura menor CFT lo que provoca que exista menor reacción enzimática por parte de la enzima PPO ayudando a que los compuestos de interés se encuentren en mayor proporción que en las temperaturas menores, es así que para el espesor de rodaja a menor espesor mejores resultados y mayor espesor no tan buenos resultados.
- Se evidencia que el efecto de la temperatura y el espesor representan una influencia positiva en la tasa de eliminación del radical (%) donde a mayor temperatura, mejores resultados y a menor temperatura menores valores obtenidos, así mismo, se expresa una estrecha relación donde a mayor concentración de los compuestos, mayor % de inhibición, es así que a la menor temperatura empleada se obtiene un % de inhibición menor al 50% ocasionando que dichos tratamientos no puedan ser considerados para los cálculos del IC50, para los cuales solo se toman los tratamientos 60°C con 2 y 4 mm y el tratamiento de 80°C con 2 y 4 mm.
- Se cuantificaron los parámetros físicoquímicos de la harina de banano obtenida mediante secado convencional los cuales muestran valores semejantes para los diferentes tratamientos tanto para pH, °Brix, acidez, cenizas y humedad, determinando que la temperatura de secado como el espesor de la rodaja no representan influencia en la obtención de los resultados de parámetros físicoquímicos de los diferentes tratamientos planteados en este estudio, sin embargo los valores de humedad y acidez titulable se encuentran dentro de la NTP 205.064, así mismo el % de cenizas obtenido no se encuentran dentro de los valores establecidos por la norma.

VI. RECOMENDACIONES

- Determinar otras variables que puedan mejorar los resultados obtenidos en el presente estudio, así mismo tener en consideración otros parámetros para las diferentes variables.
- Aprovechar los subproductos generados por la industria del procesamiento de banano como los mismos generados durante el proceso de elaboración de harina.
- Desarrollar nuevos productos a base de materias primas nutritivas y buscar las mejores técnicas de conservación como los mejores parámetros para la implementación de dichas técnicas con la finalidad de conservar en la formación del producto la mayor cantidad de nutrientes presentes dentro de las materias primas aprovechables.
- Realizar un estudio de mercado sobre el nivel de aceptación de la harina de pulpa de banano.
- Realizar un estudio comparativo de la presencia de otros compuestos bioactivos presentes tanto en la fruta de banano como en la harina de esta pulpa de banano y otros subproductos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez, M. B. (2016). *Caracterización, capacidad antioxidante y perfil fenólico de frutas subtropicales producidas y comercializadas en la costa de Granada* [Málaga Universidad de Granada].
- Anyasi, T. A., Jideani, A. I. O., & McHau, G. R. A. (2018). Phenolics and essential mineral profile of organic acid pretreated unripe banana flour. *Food Research International*, *104*, 100-109. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.063>
- Ayala Torres, C. E., RIVAS CORTEZ, G. M., & Zambrana Rodríguez, C. B. (2003). *Estudio proximal comparativo de la cáscara y pulpa del plátano (Musa paradisiaca) para su aprovechamiento completo en la alimentación humana y animal* Tesis) Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador. CA].
- Beltrán, A., & Seinfeld, J. (2009). Desnutrición crónica infantil en el Perú: un problema persistente.
- Bello-Pérez, L. A., & Agama-Acevedo, E. (2019). Chapter 12 - Banana and Mango Flours. In V. R. Preedy & R. R. Watson (Eds.), *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention (Second Edition)* (pp. 153-164). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814639-2.00012-5>
- Caisaguano Salao, B. F. (2019). *Caracterización de la harina de Quinoa (chenopodium quinoa) y Amaranto (amaranthus) para la elaboración de pasta* Universidad Nacional de Chimborazo, 2019].
- Casallas, L. (2014). Evaluación del análisis fisicoquímico del banano común (*Musa sapientum* l) transformado por acción de la levadura *Candida guilliermondii*. *Pontificia Universidad Javeriana. Facultad deficiencias. Bogotá, DC*.
- Cayón, D.G., Giraldo, G.A., & Arcila, M.I. (2000) Fisiología de la maduración. En: Poscosecha y agroindustria del plátano en el Eje Cafetero de Colombia. Corpoica,
- Clarke, W. P., Radnidge, P., Lai, T., Jensen, P., & Hardin, M. (2008). Digestion of waste bananas to generate energy in Australia. *Waste Management*, *28*(3), 527-533.
- Comité de Cafeteros, Universidad del Quindío, ASPLAT, Colciencias, Fudesco, Armenia (Colombia). pp. 27-37.

- Colmenares, M. J. (2009). Elaboración de harina de pulpa y cáscara de plátano verde Clón Hartón común para la formulación de una mezcla de harina para arepas a base de plátano: maíz.
- Coral Torres, V. L. (2014). *Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de siete alimentos: yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca, chocho, avena laminada, harina de maíz y harina de trigo integral* PUCE].
- Cornelio-Santiago, H. P., Mazalli, M. R., Rodrigues, C. E., & de Oliveira, A. L. (2019). Extraction of Brazil nut kernel oil using green solvents: Effects of the process variables in the oil yield and composition. *Journal of Food Process Engineering*, 42(7), e13271.
- Correa Soto, C. E., & Gaviria Mendoza, A. (2010). Evaluación de la capacidad antioxidante y actividad antitopoisomerasa I y/o II sobre cepas mutadas de *Saccharomyces Cerevisiae* de plantas de la ecorregión cafetera colombiana.
- del Mar Verde Méndez, C., Forster, M. P., Rodríguez-Delgado, M. Á., RodríguezRodríguez, E. M., & Díaz Romero, C. (2003). Content of free phenolic compounds in bananas from Tenerife (Canary Islands) and Ecuador. *European Food Research and Technology*, 217(4), 287-290.
- Emaga, T. H., Ronkart, S. N., Robert, C., Wathélet, B., & Paquot, M. (2008). Characterisation of pectins extracted from banana peels (*Musa AAA*) under different conditions using an experimental design. *Food Chemistry*, 108(2), 463471.
- Encalada Rojas, H. J. (2017). Efecto de la temperatura y el espesor en el proceso de deshidratado de mango (*mangifera indica L.*) variedad Kent.
- Encarnación, S. S., & Salinas, J. D. (2017). Elaboración de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) y su uso potencial como ingrediente alternativo para pan y pasta fresca.
- Espinoza Borrero, A. (2013). *Comparación de los contenidos de compuestos fenólicos totales y taninos en la corteza de tres variedades de plátano (Musa Cavendish, Musa acuminata y Musa cavandanaish)* Quito: USFQ, 2013].
- Essien, J., Akpan, E., & Essien, E. (2005). Studies on mould growth and biomass production using waste banana peel. *Bioresource Technology*, 96(13), 1451-1456.
- Falla Dejo, F. T., & Ramón Lluén, M. Y. (2019). Obtención y evaluación sensorial de galletas a diferentes concentraciones de harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*).
- FAO. (2012). Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. Roma : Viale delle Terme di Caracalla, 2012. 978-92-5-307205-7.

- FAOESTAT. (2021). Datos sobre alimentacion y agricultura. produccion. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- García, C. L., Giraldo, G. A., Hurtado, H., & Mendivil, C. O. (2006). Cinética enzimática de la polifenol oxidasa del banano gros michel en diferentes estados de maduración. *Vitae*, 13(2), 13-19.
- González-Montelongo, R., Lobo, M. G., & González, M. (2010). Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds. *Food Chemistry*, 119(3), 1030-1039.
- Hartwig, V. G. (2015). *Obtención de extractos secos de yerba mate con alto contenido de polifenoles y alta capacidad antioxidante* Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales].
- Huang, D., Ou, B., & Prior, R. L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(6), 1841-1856.
- Khoozani, A. A., Bekhit, A. E.-D. A., & Birch, J. (2019). Effects of different drying conditions on the starch content, thermal properties and some of the physicochemical parameters of whole green banana flour. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130, 938-946.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.010>
- Limón, D., Díaz, A., Mendieta, L., Luna, F., Zenteno, E., & Guevara, J. (2010). Los flavonoides: mecanismo de acción, neuroprotección y efectos farmacológicos. *Mensaje bioquímico*, 34(1), 143-155.
- López, G. B., & Montaña, F. J. G. (2014). Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp*). *Med UV*, 2226.
- Marín-Velázquez, M. (2020). Polifenoles y actividad antioxidante de extracto acuoso de *Musa acuminata Cavendish Subgroup (BANANA)*. *Ciencia e Investigación*, 23(1), 9-14.
- Márquez Siguas, B. M. (2014). Refrigeración y congelación de alimentos: terminología, definiciones y explicaciones.
- MINAGRI. (2021). Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/264004/REPORTE%20ESTAD%20C3%8DSTICO%202021%20BANANA%20AGOSTO.pdf>
- Morales Gómez, P. (2012). Vegetales silvestres de uso alimentario: determinación de compuestos bioactivos y valoración de la capacidad antioxidante. *Ene*, 13, 24.

- Mostacero León, J., Ramírez Vargas, R., Charcape Ravelo, J., Gamarra Torres, O., Mejía Coico, F., & Castillo Picón, F. (2011). *Plantas medicinales del Perú: taxonomía, ecogeografía, fenología y etnobotánica* (612401159X).
- NTP 011.700. 2014. Plátano y Derivados. Harina de plátano. Definiciones, clasificación y requisitos. Norma Técnica Peruana 011.700. Lima, Perú : R.0103-2014/CNBINDECOPI, 2014. Vol. 1 Edición. 65.080.10.
- Pedraza Guevara, S., & Torres Armas, E. (2015). Temperatura y velocidad del aire en harina de guayaba (*Psidium guajava*) con máxima vitamina C.
- Pereira, A., & Maraschin, M. (2015). Banana (*Musa spp*) from peel to pulp: ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health. *Journal of ethnopharmacology*, 160, 149-163.
- Pico, J., Xu, K., Guo, M., Mohamedshah, Z., Ferruzzi, M. G., & Martinez, M. M. (2019). Manufacturing the ultimate green banana flour: Impact of drying and extrusion on phenolic profile and starch bioaccessibility. *Food Chemistry*, 297, 124990. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124990>
- Quiceno, M., Giraldo, G., & Villamizar, R. (2014). Physical-chemical characterization of plantain (*Musa paradisiaca* sp. AAB, Simmonds) for industrialization. *UGCiencia*, 20(1), 48-54.
- Ramírez Imán, C. Y. M. (2019). Elaboración y caracterización de harina de banano orgánico (*Musa acuminata* variedad Cavendish Valery) de descarte usando la pulpa y cáscara bajo la Norma Técnica Colombiana 2799: Harina de plátano Morropón-Piura 2018-2019.
- Rosas, P., & Candelario, F. (2018). Características fisicoquímicas, sensoriales y bioactivas del pan de trigo sustituido parcialmente con harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L.).
- Sánchez-Abanto, J. (2012). Evolución de la desnutrición crónica en menores de cinco años en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 29, 402-405.
- Sarawong, C., Schoenlechner, R., Sekiguchi, K., Berghofer, E., & Ng, P. K. (2014). Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. *Food chemistry*, 143, 33-39.
- Shofian, NM, Hamid, AA, Osman, A., Saari, N., Anwar, F., Dek, MSP y Hairuddin, MR (2011). Efecto de la liofilización sobre los compuestos antioxidantes y antioxidante.

- actividad de frutas tropicales seleccionadas. *Revista Internacional de Ciencias Moleculares*, 12, 4678–4692.
- Sobrino, M., Gutiérrez, C., Cunha, A. J., Dávila, M., & Alarcón, J. (2014). Desnutrición infantil en menores de cinco años en Perú: tendencias y factores determinantes. *Revista panamericana de salud pública*, 35, 104-112.
- Sulaiman, S. F., Yusoff, N. A. M., Eldeen, I. M., Seow, E. M., Sajak, A. A. B., & Ooi, K. L. (2011). Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian bananas (*Musa* sp.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(1), 1-10.
- Torres-Bojórquez, A. E., García-Rubio, O. R., Miranda-López, R., & Cardador-Martínez, A. (2017). Evaluación de la capacidad antioxidante, características fisicoquímicas y perfil sensorial de *Opuntia robusta* y *O. ficus-indica*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(4).
- Tian, X., Liu, Y., Feng, X., Khaskheli, A. A., Xiang, Y., & Huang, W. (2018). The effects of alcohol fermentation on the extraction of antioxidant compounds and flavonoids of pomelo peel. *LWT*, 89, 763-769.
- Veliz Quezada, C. A. (2016). Contenido de compuestos fenólicos totales y capacidad reductora de la cáscara de *Musa* sp. “plátano.
- Villón Cadillo, J. E. (2018). Formulación de una mezcla alimenticia a nivel piloto con (*Musa paradisiaca*, l.) plátano variedad bellaco; (*Amaranthus caudatus*, l.) kiwicha y leche entera en polvo.

ANEXOS

A continuación, se muestran los diferentes anexos de la investigación Rendimientos del banano orgánico en base fresca como en base seca, así mismo, las curvas de secado.

Anexo 1: Rendimiento del banano

1.1. Rendimiento en fresco

Tabla 11

Rendimiento del banano M. Cavendish

Peso bruto	cáscara	pulpa	Rendimiento
3055	1544	1504	49,23%

La tabla 11 muestra el rendimiento del banano orgánico obtenido logrando un rendimiento de 49,23 % de un peso bruto de 3,055 kg lo que determina que más del 50% corresponde a cáscara lo cual es generado como un subproducto.

1.2. Rendimiento en base seca de banano M. Cavendish

Tabla 12

Rendimiento de harina de banano M. Cavendish

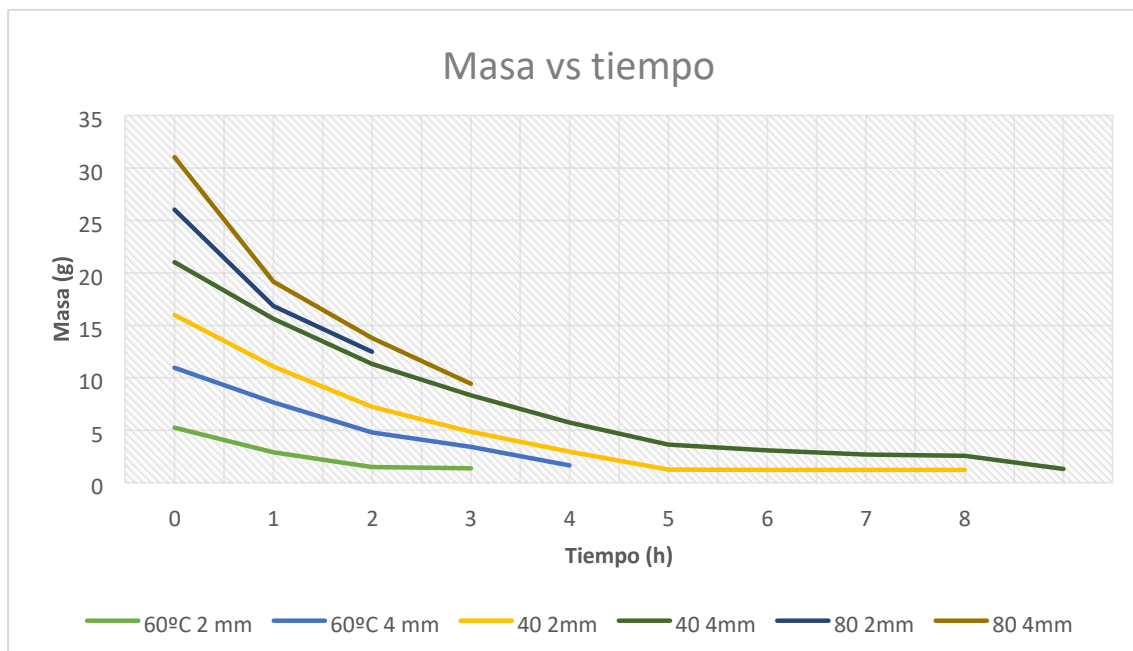
Pulpa (kg)	Temp (°c)	Espesor (mm)	Tiempo	Peso Seco	Molido (min)	Peso (Tamiz N° 70)	R	tamiz
1100	40	2	7	298	2	290	27,09%	97,32%
1100	40	2	6,5	293	2	287	26,64%	97,95%
1100	40	4	9	345	2	336	31,36%	97,39%
1100	40	4	9,2	343	2	337	31,18%	98,25%
1100	60	2	2	286	2	280	26,00%	97,90%
1100	60	2	2,1	281	2	278	25,55%	98,93%
1100	60	4	3	253	2	246	23,00%	97,23%
1100	60	4	3,3	261	2	255	23,73%	97,70%
1100	80	2	4	271	2	258	24,64%	95,20%
1100	80	2	3,1	258	2	246	23,45%	95,35%
1100	80	4	5	288	2	276	26,18%	95,83%
1100	80	4	4,8	291	2	289	26,45%	99,31%

La tabla 12 muestra el rendimiento de harina de banano orgánico obtenido de los diferentes tratamientos donde se muestra que el mejor rendimiento es de 31,36% del cual el 97,39% pasa por el tamiz, donde el tratamiento de secado es a 40°C, espesor de 4 mm, empleando un tiempo de secado de 9 horas y 2 minutos de molido, sin embargo el mejor rendimiento obtenido en el paso por el tamiz es de 99,31% el cual corresponde al rendimiento de harina de 26,45% el cual es obtenido por el tratamiento de 80°C , espesor de 4 mm un tiempo de 4,8 horas de secado y 2 minutos de molienda.

1.3. Curva de secado

Figura 5

Cinética de secado de los diferentes tratamientos.



La figura 5 muestra la cinética de secado de los diferentes tratamientos obtenidos donde se determina el tiempo requerido por cada tratamiento para su secado correspondiente el tiempo de exposición mínimo es de 2 horas para el tratamiento de 80°C y 2 mm de espesor de rodaja; así mismo el tiempo máximo requerido es de 9 horas para el tratamiento de 40°C y 4 mm de espesor de rodaja.

Anexo 2: Pruebas realizadas para el análisis estadístico de los compuestos fenólicos totales

Presentadas en la tabla 13 y 14 para la Temperatura como para el espesor de los diferentes tratamientos donde la significancia ($\text{Sig.} > 0,05$) lo cual demuestra la que existe significancia significativa para los diferentes tratamientos, así mismo se efectuó una prueba inter-sujeto tabla 15, para la determinación de la significancia lo cual demuestra que tanto la temperatura, espesor como la interacción de los mismos tienen un valor de significancia representativo.

Tabla 13

Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para temperatura con respecto a los Compuestos Fenólicos Totales

	Temperatura	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Unstandardized Residual	40	0,839	4	0,192
	60	0,848	4	0,221
	80	0,886	4	0,366

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 14

Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para espesor con respecto a los Compuestos Fenólicos Totales

	Espesor	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Unstandardized Residual	2 mm	0,911	6	0,442
	4 mm	0,888	6	0,310

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera. a.

Corrección de significación de Lilliefors

La tabla 13 y 14 demuestran que existe una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos donde en la tabla 15 la significancia mayor representativa está dada para la variable independiente temperatura en el tratamiento de 80°C los cuales representan una significancia de $\text{Sig.} = 0,366$ siendo esta mayor que el $P \leq 0,05$, en la tabla 17 la significancia mayor representativa está dada para la variable independiente espesor en el tratamiento de 2 mm el cual representa una significancia representativa de $\text{Sig.} = 0,442$ siendo esta mayor que el $P \leq 0,05$.

Tabla 15*Prueba inter-sujeto para Compuestos Fenólicos Totales presentes en la harina de pulpa*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	59900,696 ^a	5	11980,139	606,599	0,000
Interceptación	154516,638	1	154516,638	7823,756	0,000
Temperatura	55509,111	2	27754,555	1405,317	0,000
Espesor	929,808	1	929,808	47,080	0,000
Temperatura * Espesor	3461,777	2	1730,888	87,641	0,000
Error	118,498	6	19,750		
Total	214535,832	12			
Total corregido	60019,194	11			

a. R al cuadrado = ,998 (R al cuadrado ajustada = ,996)

La tabla 15 muestra la significancia obtenida entre las variables independientes (temperatura y espesor) y la variable dependiente compuestos fenólicos totales (CFT), donde los valores obtenidos tanto para temperatura, espesor y la interceptación de los mismos es menor (Sig.<0.05) lo que demuestra que existe una significancia significativa entre las variables independientes y la variable dependiente.

Tabla 16

Subconjuntos homogéneos para el contenido de compuestos fenólicos totales (mg GAE/100g de harina de banano M. Cavendish)

FACTOR A: Tratamientos		N	FACTOR B: Subconjunto para alfa = 0.05 a b c d			
HSD Tukey ^a	T2: 40°C , 4 mm	2	16,1850			
	T1: 40°C , 2 mm	2	26,8300			
	T3: 60°C , 2 mm	2		125,0200		
	T4: 60°C , 4 mm	2			145,1000	
	T6: 80°C , 4 mm	2			152,7300	
	T5: 80°C , 2 mm	2				214,9800
	Sig.		0,287	1,000	0,567	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. a.

Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

La tabla 16 muestra los diferentes subgrupos obtenidos para los diferentes tratamientos los cuales demuestran ser homogéneos entre donde se agrupan en cuatro grupos distintos y cuál de los tratamientos es el mejor.

Anexo 3: Pruebas realizadas para el análisis estadístico del % de inhibición de la actividad antioxidante

Presentadas en la tabla 17 y 28 para la variable independiente Temperatura y espesor de los diferentes tratamientos donde la significancia es (Sig.>0.05) lo cual demuestra la que existe significancia significativa para los diferentes tratamientos, así mismo se efectuó una prueba intersujeto tabla 19.

Tabla 17

Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para temperatura con respecto al % de inhibición de la capacidad antioxidante

Temperatura	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Unstandardized 40	0,980	4	0,901
Residual	0,962	4	0,793
60			
80	0,920	4	0,538

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 18

Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para Espesor con respecto al % de inhibición de la capacidad antioxidante

Espesor	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Unstandardized 2 mm	0,713	6	0,009
Residual	0,733	6	0,013
4 mm			

a. Corrección de significación de Lilliefors

La tabla 17 y 18 demuestran que existe una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos donde en la tabla 18 la significancia mayor representativa está dada para la variable independiente temperatura en el tratamiento de 40°C los cuales representan una significancia de Sig.=0,901 siendo esta mayor que el $P \leq 0,05$, en la tabla 19 la significancia mayor representativa está dada para la variable independiente espesor en el tratamiento de 4 mm el cual representa una significancia representativa de Sig.=0,442 siendo esta mayor que el $P \leq 0,05$ y para el espesor de 2 mm no representa significancia significativa ya que el valor obtenido es Sig. $\leq 0,05$.

Tabla 19

Prueba inter-sujeto para % de inhibición de la capacidad antioxidante presentes en la harina de pulpa de banana

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	10971,336 ^a	5	2194,267	590,903	0,000
Interceptación	49809,545	1	49809,545	13413,400	0,000
Tratamientos	10971,336	5	2194,267	590,903	0,000
Error	22,281	6	3,713		
Total	60803,161	12			
Total corregido	10993,617	11			

a. R al cuadrado = ,998 (R al cuadrado ajustada = ,996)

La tabla 19 muestra la significancia obtenida entre la interceptación de las variables y de los diferentes tratamientos donde los valores obtenidos tanto para interceptación de las variables y de los diferentes tratamientos es menor (Sig.<0.05) lo que demuestra que existe una significancia significativa.

Tabla 20

Subconjuntos homogéneos de determinación del % de inhibición de la capacidad antioxidante (100 mg/100 ml de harina banana M. Cavendish)

FACTOR A: Tratamientos	N	FACTOR B: subconjunto par:		
		a	0.05 b	c
T2: 40°C , 4 mm	2	21,1950		
T1: 40°C , 2 mm	2	23,3800		
HSD Tukey ^a T4: 60°C , 4 mm	2		74,8950	
T3: 60°C , 2 mm	2			87,9900
T6: 80°C , 4 mm	2			88,0200
T5: 80°C , 2 mm	2			91,0800
Sig.		0,852	1,000	0,624

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

La tabla 20 muestra los diferentes subgrupos obtenidos del análisis estadístico lo cual demuestra tres subgrupos conformados por los diferentes tratamientos, donde además se demuestra cuál de los tratamientos es el mejor.

Anexo 4: Pruebas realizadas para el análisis estadístico de IC50 de la actividad antioxidante

Presentadas en la tabla 21 y 22 para la variable independiente Temperatura y espesor de los diferentes tratamientos donde la significancia es (Sig.>0.05) lo cual demuestra que existe significancia significativa para los diferentes tratamientos, así mismo se efectuó una prueba intersujeto tabla 23.

Tabla 21

Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable independiente temperatura con respecto al IC50 capacidad antioxidante

Temperatura	Estadístico	Shapiro-Wilk gl	Sig.
Unstandardized 60	0,964	4	0,803
Residual 80	0,954	4	0,744

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 22

Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable independiente Espesor con respecto al IC50 capacidad antioxidante

Espeor		Estadístico	Shapiro-Wilk gl	Sig.
Unstandardized	2 mm	0,764	4	0,052
Residual	4 mm	0,864	4	0,276

a. Corrección de significación de Lilliefors

La tabla 21 y 22 demuestran que existe una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos donde en la tabla 21 la significancia mayor representativa está dada para la variable independiente temperatura en el tratamiento de 60°C los cuales representan una significancia de Sig.=0.803 siendo esta mayor que el $P \leq 0,05$, en la tabla 22 la significancia mayor representativa está dada para la variable independiente espesor en el tratamiento de 4 mm el cual representa una significancia representativa de Sig.=0,276 siendo esta mayor que el $P \leq 0,05$.

Tabla 23*Prueba inter-sujeto para IC50 de la capacidad antioxidante presentes en la harina de banano*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	66,347 ^a	3	22,116	3,658	0,121
Interceptación	11069,976	1	11069,976	1831,038	0,000
Tratamientos	66,347	3	22,116	3,658	0,121
Error	24,183	4	6,046		
Total	11160,506	8			
Total corregido	90,530	7			

a. R al cuadrado = ,733 (R al cuadrado ajustada = ,533)

La tabla 23 muestra la significancia obtenida para la interceptación de las variables y de los diferentes tratamientos donde los valores obtenidos tanto para interceptación de las variables y de los diferentes tratamientos es menor (Sig.<0.05) lo que demuestra que existe una significancia significativa.

Tabla 24*Subconjuntos homogéneos de determinación del IC50 de la capacidad antioxidante (100 mg/100 ml de harina de banano M. Cavendish)*

FACTOR A: Tratamientos		FACTOR B: Subconjunto para alfa = 0.05	
	N		1
HSD Tukey ^a	T5: 80°C , 2 mm	2	33,1650
	T3: 60°C , 2 mm	2	36,9650
	T6: 80°C , 4 mm	2	37,3650
	T4: 60°C , 4 mm	2	41,3000
	Sig.		0,094

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

La tabla 24 muestra los subconjuntos obtenidos los cuales están conformados como un solo grupo demostrando que no existe diferencia significativa para los diferentes tratamientos obtenidos.

Anexo 5: Panel fotográfico de la obtención de harina de banano *M. Cavendish*

Figura 6

Recepción de muestra de banano en el laboratorio de la universidad nacional de frontera



Figura 7

Pre tratamiento inmersión en ácido cítrico



Figura 8

Laminado de la pulpa de banano



Figura 9

Secado de láminas de pulpa de banano en secador de bandejas



Figura 10

Molienda de la pulpa de banana seca



Figura 11

Obtención de harina de pulpa de banana



Figura 12

Análisis de pH de harina de pulpa de banana obtenida

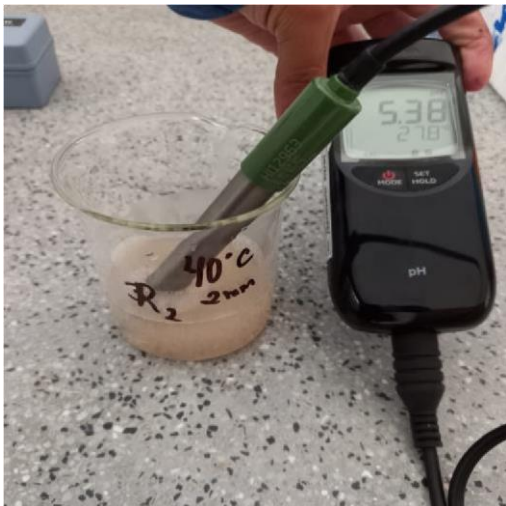


Figura 13

Determinación de acidez titulable de la harina de pulpa de banana



Figura 14

Análisis de la obtención de los compuestos fenólicos totales de pulpa de banano

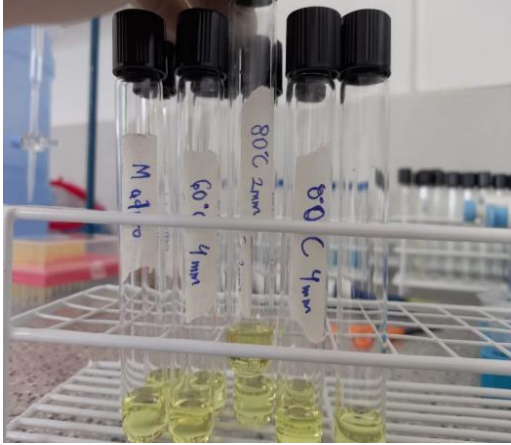


Figura 15

Determinación de cenizas de la harina



Anexo 6: Abreviaturas

KT	:	Miles de toneladas
MT	:	Millones de toneladas
UNF	:	Universidad Nacional de Frontera
Na	:	Sodio
K	:	Potasio
Ca	:	Calcio
Mg	:	Magnesio
P	:	Fosforo
Fe	:	Hierro
Cu	:	Cobre
Zn	:	Zinc
Mn	:	Manganeso