



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

“Sustitución Parcial de la Harina de Trigo por Harina de Banano y su Efecto en las Propiedades Fisicoquímicas del Pan Tipo Molde.”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN (PROYECTO DE GRADUACIÓN)

Previo a la obtención del Título de:

INGENIEROS DE ALIMENTOS

Presentado por:

Sergio Alejandro Bajaña Peralta
Desiree Merlene Setti Chonillo

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios,
por permitirnos
culminar esta etapa
de universidad.

A nuestra tutora del proyecto de graduación,
la Ing. Fabiola Cornejo Zúñiga por su
guía durante el proyecto.

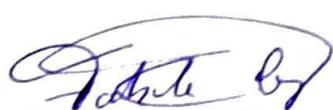
A nuestros amigos y familias
que nos acompañaron
durante el tiempo
de la carrera.

Sergio y Desiree

TRIBUNAL DE ASUSTENTACIÓN



Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Msc. Fabiola Cornejo Z.
DIRECTORA DE TFG

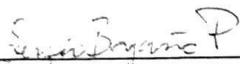


Ing. Fernando Peñafiel U.
VOCAL

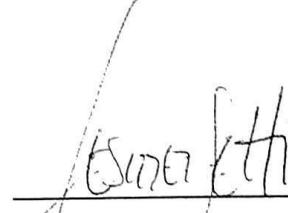
DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Trabajo Final de Graduación me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Sergio Alejandro Bajaña Peralta



Desireé Merlene Setti Chonillo

RESUMEN

Uno de los principales productos de exportación del Ecuador es el Banano, cuya producción se agrupa en 20 provincias del territorio; siendo las provincias de El Oro, Guayas y Los Ríos las de mayor producción y exportación de esta fruta. Debido a los controles de calidad al que es sometido, no se exporta en su totalidad. Por tal razón existen alternativas para el uso del banano como harina, puré, banano deshidratado, balanceados, entre otros. La harina de banano puede permitir a los productores, expandir su mercado, tomando en cuenta que posee propiedades nutricionales como: Potasio, Hierro, Magnesio.

El objetivo de este proyecto de investigación fue analizar el efecto del porcentaje de sustitución de la harina de banano y del grado de madurez del banano en la elaboración de pan tipo molde. Para lo cual se determinó volumen específico, relación alto/ancho, humedad, actividad de agua y análisis de perfil de textura (dureza, masticabilidad, adhesividad y cohesividad).

Los datos obtenidos fueron analizados usando el programa Statgraphics Centurion XVI. Se realizó la prueba de ANOVA y Pruebas de Múltiples

Rangos para determinar diferencias significativas entre muestras con un nivel del 95% de confianza.

Sensorialmente, los resultados demostraron que la mejor formulación fue el pan elaborado con 10% de sustitución de harina de trigo por harina de banano hecha con estado de madurez tipo tres. De acuerdo a los resultados fisicoquímicos se pudo concluir que el estado de madurez no tuvo influencia en los resultados obtenidos de los distintos panes. Por otro lado, el porcentaje de sustitución de harina de trigo presentó, diferencias significativas. A medida que aumentaba el porcentaje de sustitución, las propiedades Alto/Ancho, Volumen específico, Adhesividad y Cohesividad disminuyeron y las propiedades como Dureza, Masticabilidad y Humedad aumentaron.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS.....	vii
SIMBOLOGÍA.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES.....	3
1.1 Antecedentes y Justificación.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	5
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	6

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Cultivos y Disponibilidad de Banano.....	7
2.2 Harina de Banano.....	10
2.3 Utilización de Harina de Banano en la elaboración de pan.....	12

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1 Materia Prima.....	14
3.2 Estado de Madurez del banano.....	17
3.3 Elaboración de harina de banano.....	20
3.4 Elaboración de pan tipo molde.....	23
3.5 Diseño Experimental.....	27
3.6 Propiedades Fisicoquímicas del pan.....	28
3.6.1 Textura.....	28
3.6.2 Volumen específico.....	28
3.6.3 Alto-Ancho.....	29
3.6.4 Actividad de Agua y Humedad.....	29
3.7 Análisis Sensorial.....	30
3.8 Análisis Estadísticos.....	31

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	33
4.1 Efecto del porcentaje de sustitución en las características fisicoquímicas del pan.....	33
4.2 Efecto del estado de madurez en las características fisicoquímica del pan.....	36
4.3 Resultados de los análisis sensoriales.....	40

CAPÍTULO 5

5. Conclusiones y Recomendaciones.....	45
--	----

BIBLIOGRAFÍA**ANEXOS**

ABREVIATURA

FAO	Food and Agriculture Organization
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
Aw	Actividad de agua
ATP	Análisis de perfil de textura
AOAC	Association of Official Analytical Chemist
ANOVA	Análisis de varianza
CMC	Carboximetilcelulosa
XG	Goma Xanthan
SSC	Contenido de sólido soluble

SIMBOLOGÍA

°C	Grados centígrados
t	Tiempo
s	Segundos
min	Minutos
pH	Potencial de Hidrogeno
%	Porcentaje
±	Más - menos
F	Fuerza
N	Newton
mJ	milijulio
Kg	Kilogramos
ppm	Partes por millón
g	gramos
mm	Milímetro
ml	mililitros
cm	Centímetro

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Producción Anual Nacional de Banano.....	9
Figura 2.2 Producción Anual Nacional de Banano por Regiones.....	9
Figura 3.1 Diagrama de flujo para la obtención de Harina de Banano....	22
Figura 3.2 Diagrama de flujo para la elaboración de pan de Banano tipo molde.....	26
Figura 4.1 Comparación Sensorial.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Composición química harina de banano variedad Cavendish expresados en g/100 g.....	11
Tabla 2 Escala de Maduración Von Loescke.....	18
Tabla 3 Contenido de sólidos solubles en banano variedad Cavendish durante sus diferentes estados de madurez	19
Tabla 4 Clasificación de estado de madurez por grados Brix.....	20
Tabla 5 Estado de Madurez y Porcentaje de Sustitución de la Harina de Banano.....	27
Tabla 6 Codificación de las muestras.....	31
Tabla 7 Propiedades físicas del pan respecto al porcentaje de sustitución.....	34
Tabla 8 Medias de las propiedades químicas del pan según su porcentaje de sustitución	35
Tabla 9 Resultados las propiedades físicas del pan respecto al estado de madurez.....	36
Tabla 10 Medias de las Propiedades Químicas del Pan según su estado de madurez.....	37
Tabla 11 Evaluación sensorial de las muestras de pan del efecto de estado de madurez con el porcentaje de sustitución de harina de banano.....	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 3.1 Diagrama de flujo para la obtención de Harina de Banano.....	22
Gráfico 3.2 Diagrama de flujo para la elaboración de pan de Banano tipo molde.....	26

INTRODUCCIÓN

El Banano es un alimento con alto valor nutritivo, es un fruto rico en potasio, calcio, magnesio, fósforo, hierro y en vitaminas A, B, C y E. Éste se puede consumir en distintas formas, como productos deshidratados (harinas, hojuelas y snacks); como también en concentrados, jugos y purés.

El proceso de elaboración de la harina de banano se considera uno paso sencillo y económico, puede aplicarse con el excedente de producción y permite el aprovechamiento de la fruta de rechazo. Se obtiene un producto con mejor característica de almacenamiento y mayor tiempo de conservación a temperatura ambiente.

La poca información sobre las características y propiedades de la harina de banano ha creado una falta de conocimiento sobre las potencialidades de la harina. Esto ha influido a que los productores no busquen alternativas en la elaboración de nuevos productos, como por ejemplo en el área de panadería. La harina de banano es una de las alternativas más adecuadas para el proceso de panificación debido a las diversas propiedades nutricionales (potasio, hierro magnesio, etc.), fisicoquímicas y tecnológicas que posee.

El presente trabajo tiene como finalidad sustituir parcialmente la harina de trigo en la elaboración de pan tipo molde (10, 20 y 30%) con sus respectivos estados de madurez del banano. Además de evidenciar diferencias significativas y sensoriales entre las características fisicoquímicas de los distintos porcentajes de sustitución y estados de madurez.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes y Justificación

Antecedentes

El Ecuador importa más del 90% del trigo que se consume en el país. El trigo es el principal cereal utilizado en la panificación. La producción total de trigo del Ecuador oscila entre las 10 y 15 mil toneladas anuales, con un rendimiento promedio de 2,5 y las 3 toneladas por hectáreas.

Este nivel de producción es insuficiente para cubrir con la demanda interna. Del 50 y 60% de trigo nacional y trigo importado es destinado al proceso de panificación.

La industria de panificación en el Ecuador está formada básicamente por 3 sectores, el artesanal, el semi-industrial y el

industrial. La producción del pan elaborado artesanalmente ocupa el mayor porcentaje de fabricación con un 72%, el semi-industrial 18%, y el industrial un 10%. (1)

La demanda del consumo de pan en el país es creciente porque ésta depende directamente del incremento de la población, a más de ser un producto de primera necesidad consumido por la mayoría de los hogares ecuatorianos.

Justificación

El banano es una fruta de alta carga nutritiva y uno de los cinco productos más importantes de exportación. A nivel nacional ha estado y está destinada al abastecimiento de los mercados internacionales. El banano de exportación es sometido a un proceso de varias etapas de verificación, de la cual existe un rechazo. Una opción es utilizar éste banano de rechazo en productos con mayor valor agregado como la harina de banano debido a que posee propiedades nutricionales como: potasio, hierro, magnesio.

Con adición de harina de banano en el pan de consumo diario se podrían reducir las importaciones de trigo e incrementar de manera

beneficiosa la producción de banano. De esta manera, se fomentaría a fortalecer las asociaciones bananeras dándoles un nuevo flujo de ingreso económico. Por otro lado, también se mejorararía el margen de rentabilidad para el sector panificador otorgando un producto con mejoras nutricionales, y aumentar la generación de empleos.

1.2 Planteamiento del problema

El Ecuador posee altos niveles de importación de trigo; para reducir las toneladas de importación de este cereal, el gobierno plantea usar el excedente del banano verde de exportación para la producción de harina e incluirlo en la elaboración de pan. El principal problema que se encuentra en la elaboración de pan con harina de banano es establecer una formulación para la sustitución parcial de la harina de trigo, conservando las mismas características y propiedades de un pan normal de trigo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar el efecto del porcentaje de sustitución de la harina de trigo por harina de banano y del grado de madurez del banano en la

elaboración de pan tipo molde.

1.3.2 Objetivos específicos

Analizar el efecto de sustitución parcial de la harina de trigo por harina de banano al 10, 20 y 30% en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del pan tipo molde.

Analizar el efecto del estado de madurez del banano en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del pan tipo molde.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Cultivos y Disponibilidad de Banano.

Desde mediados del siglo XX, en el periodo del presidente Galo Plaza Lasso (1948-1952), el Ecuador experimentó un cambio dramático en su matriz productiva, puesto que se dejó de lado el tradicional cacao agobiado por la monilla y se dio paso a grandes plantaciones de banano que hasta el momento solo satisfacían el mercado nacional sin generar ningún tipo de excedente. Durante este periodo el Ecuador paso de producir "3.8 millones de racimos (en ese entonces, las cifras no estaban expresadas en toneladas métricas sino en racimos y al concluir su mandato, los embarques llegaron a 16.7 millones, lo que representaba un crecimiento del 421%)" este fenómeno convirtió al Ecuador en el primer país exportador del mundo dejando de lado el lugar 27 que ocupaba en el año de 1948. (2)

Desde ese entonces el Ecuador ha tenido un crecimiento constante en la producción de banano (racimas por hectáreas), así como también en el aumento de tierras dedicadas a esta actividad. Cabe destacar que desde los años 70 el Ecuador alcanzo 1 millón de toneladas métricas para la exportación, lo cual conjuntamente con el petróleo significo el mayor auge económico y oportunidad de desarrollo en la historia de este país.

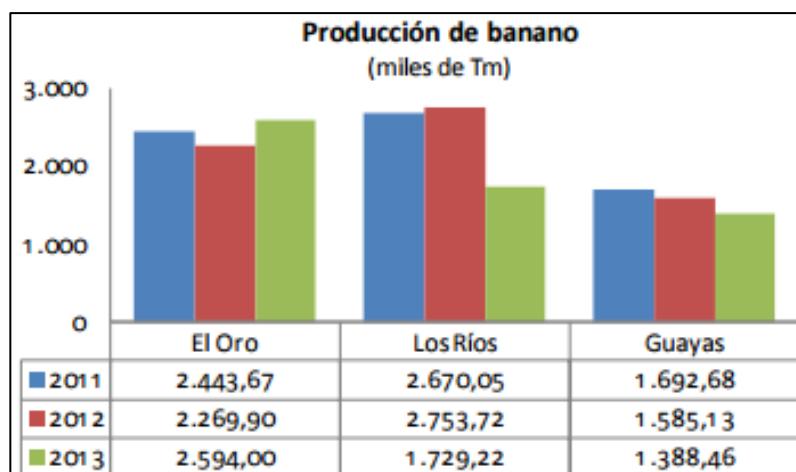
Actualmente y a pesar de algunos inconvenientes que han mermado la producción del banano en el país como la Sigatoka y la corriente del niño que devastaron las plantaciones a nivel nacional, el Ecuador ha tenido un crecimiento sostenido en las exportaciones y los cultivos de Banano con 175 000 hectáreas en producción en el año 2014, las cuales tienen un rendimiento de 1300 a 1700 cajas por hectárea/anual, significando un gran avance en el manejo de este cultivo. Este remonte en las exportaciones y producción de banano ha llevado al Ecuador a sobrepasar el record de producción del año 2011 de 283 millones de cajas en el 2014 con una producción de 290 millones de cajas, con un panorama alentador para el 2015 con un aumento productivo debido a nuevas técnicas de recuperación del suelo. (3)

Por lo que los cultivos y la disponibilidad de banano en el país van a seguir creciendo debido a la alta productividad. En la figura 2.1 se puede visualizar la producción anual de banano en tierras ecuatorianas.

AÑO 2013				
Año	Superficie (Ha) Plantada	Superficie (Ha) Cosechada	Producción (Tm)	Ventas (Tm)
2011	200.110	191.973	7.427.776	6.850.162
2012	221.775	210.894	7.012.244	6.600.428
2013	217.874	188.658	5.995.527	5.705.285

Fuente: INEC, 2013 (4)

FIGURA 2.1 PRODUCCIÓN ANUAL NACIONAL DE BANANO



Fuente: INEC, 2013 (4)

**FIGURA 2.2 PRODUCCIÓN ANUAL NACIONAL DE BANANO
POR REGIONES**

2.2 Harina de Banano

Puede definirse a la harina como el producto obtenido luego del secado y molienda de cereales, frutas, raíces, semillas, y demás, bajo condiciones controladas de temperatura y tiempo. La harina posee diversas propiedades nutricionales, físico-químicas y tecnológicas que hacen viable le uso en la industria de los alimentos como base de productos de bollería y como ingrediente para otros. A nivel mundial la harina de trigo es la más utilizada, siendo China su mayor productor y consumidor. (5)

La producción de harina de banano es un proceso sencillo que requiere de pocos equipos para su elaboración. Entre los más importantes se encuentra las secadoras y los molinos que permite obtener un producto con mejores características de almacenamiento y conservación. La tabla...resume la composición química de la harina de banano variedad Cavendish de acuerdo a dos estudios realizados en Malasia y Brasil, respectivamente.(5)

TABLA 1
COMPOSICIÓN QUÍMICA HARINA DE BANANO VARIEDAD
CAVENDISH EXPRESADOS EN G/100 G

Parámetro	Fuente: Ramli et al. (2009) (6)	Fuente: Vieira et al. (2013) (7)
Carbohidratos totales	84.9	86.92
Proteínas totales	3.75	4.14
Grasas totales	0.36	0.45
Ceniza	3.79	1.08
Fibra Cruda	2.56	-
Fibra dietética total	15.49	8.49
Fibra dietética insoluble	11.91	7.15
Fibra dietética soluble	3.58	1.34
Almidón total	73.49	78.43
Almidón resistente	52.88	40.14
Almidón digerible	20.61	38.29*

*Valor obtenido por diferencia.

En la tabla 1 de composición química de la harina de banano se aprecia que el 85% de su composición corresponde a carbohidratos en forma de almidón y fibra. Contiene aproximadamente 4 % de proteínas, además posee una cantidad mínima de grasa.

2.3 Utilización de Harina de Banano en la elaboración de pan.

El pan a base de trigo es uno de los productos alimenticios más populares; se hace mediante la adición de ingredientes básicos, tales como harina trigo, agua, levadura, azúcar, leche en polvo, mejorador y la sal. La harina y el agua son los ingredientes más importantes en una receta de pan, ya que afectan a la textura de la miga. La composición de la masa de pan es 14,5% de humedad, proteína de 13,0%, y 0,55% de ceniza, con un pH de 5.07 a 6.01. El resto de los ingredientes, como la levadura (2%), el azúcar (4%), sal (2%) y un mejorador (3%), se mide con base en el peso de la harina. (8)

El pan blanco carece de algunos compuestos nutricionales esenciales. Una sustitución parcial de harina de trigo o elaboración de una harina compuesta puede mejorar la calidad de los nutrientes del pan (por ejemplo, fibra dietética, minerales esenciales y almidón resistente). Además de los nutrientes, los panes con harinas combinadas contribuyen al sabor y color, que no puede ser observado en los panes blancos comunes. Muchos de los trabajos realizados en harina de trigo sustituido con harina no triguera en formulaciones de pan, tiene como objetivo mejorar los compuestos bioactivos de los productos de panadería (Hung, Maeda, y Morita,

2007; Ragaee, Guzar, Dhull, y Seetharaman, 2011). Sustituyendo parcialmente la harina de trigo por la de banano en productos de panadería, tiene el potencial de aumentar la ingesta de fibra dietética. Los efectos negativos observados por varios investigadores en la aplicación de harinas compuestas en formulaciones de productos de panadería es que existen problemas relacionados con las pérdidas en el volumen horneado y una textura arenosa. Los hidrocoloides pueden mejorar la retención de estructura de la miga, la porosidad y el gas, que resulta en un incremento en el volumen del pan, y el ablandamiento de la miga con estructura de poros finos. Los hidrocoloides se utilizan a menudo como sustitutos de gluten en productos de panadería sin gluten. La goma xantana (XG) y carboximetilcelulosa (CMC) tienen muchas aplicaciones en la industria alimentaria, ya que ambos proporcionan una buena estabilidad de almacenamiento, y buena capacidad de retención de agua a bajas concentraciones. (8)

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materia Prima.

Banano

Se utilizó banano perteneciente a la variedad Cavendish de los cultivos *Musa acuminata*. La materia prima fue adquirida de la hacienda San Gabriel, ubicada en el cantón Puebloviejo perteneciente a la provincia de Los Ríos y fue cosechada en el mes de Diciembre del 2014.

Para la obtención de la harina de banano, se clasificó el fruto por su estado de madurez, para esto se utilizó un refractómetro para medir los grados Brix para cada banano, a continuación se verificó el color comparando con la escala de maduración Von Loesecke, para obtener los estados de madurez 1, 2 y 3.

Harina de trigo panificable la harina fue adquirida en el mercado

local, marca BB (Quito, Ecuador) La harina es el ingrediente básico de mayor importancia para la elaboración del pan, se lo puede obtener de distintos cereales. Sin embargo, la harina de trigo es la más usada debido a que es la única que puede generar una masa adhesiva y elástica que permite la retención de los gases. Sus proteínas (gliadina y glutenina), al entrar en contacto con el agua, forman el gluten, que proporciona esta estructura. El almidón de trigo también juega un rol importante en la formación de la estructura cuando se gelatiniza durante el horneado. Los gránulos del almidón se hinchan y rompen a una temperatura de 60 a 82 °C durante el proceso de horneo. En este punto es cuando el producto cambia del estado a una masa viscosa y elástica al estado de un producto horneado más rígido. (9)

Levadura

Se utilizó levadura del mercado local, marca LEVAPAN (Guayaquil, Ecuador). La levadura es un organismo vivo que requiere condiciones apropiadas y nutrientes para una actividad óptima de la masa. La principal función de la levadura es leudar la masa mediante la producción del gas dióxido de carbono (CO_2). La actividad de fermentación de la levadura también es responsable del sabor y aroma característico del pan. (9)

Azúcar

Se usó azúcar blanca VALDEZ (Milagro, Ecuador), cuya función principal es servir como alimento para la levadura. Los azúcares fermentables se consumen durante el proceso de fermentación, los que permanecen en el producto después de haber cesado la activada de la levadura contribuyen con el sabor y color de la corteza mediante las reacciones de caramelizarán. (9)

Grasa

Se utilizó manteca vegetal comestible LOS 3 CHANCHITOS (Sangolquí, Ecuador). La grasa actúa como lubricante para la expansión de las celdas en la masa y como resultado, contribuye a la formación de una estructura de miga más fina, textura más suave y un mayor de volumen de producto terminado. (9)

Sal

Se usó sal común marca CRI-SAL (Guayaquil, Ecuador), es de granulación fina se disuelve fácilmente en el agua. La principal función de la sal es asentar el sabor del pan. Adicionalmente fortalece el gluten, deformando masas más firmes y menos elásticas, es por esto que la sal se incorpora en los minutos finales

del mezclado, asegurando una adecuada dispersión de los demás ingredientes. (9)

Leche en polvo

Se utilizó leche en polvo LA VAQUITA (Cayambe, Ecuador), adquirida en el mercado local. La leche puede mezclarse en forma seca durante la preparación de las masas junto con la harina o adicionarse con siete veces su cantidad de agua. La leche en polvo aumenta la absorción de agua y la masa trabaja mejor. (10)

Goma Xanthan (E415)

Reportes indican que la goma Xantana tiene excelentes propiedades emulsificantes. Presentan estén estructuras ramificada y compacta. En términos generales, la goma puede ser empleada en panificación debido a sus propiedades como agente emulsificante, alto contenido de fibra dietética, su capacidad de retención de agua y formación de película. (11)

3.2 Estado de Madurez del banano.

Durante su crecimiento, el banano presenta una coloración verde, característica de la presencia de clorofila en su estructura. Sin embargo, durante la maduración, debido a variaciones de pH,

contenido de fenoles, presencia de oxígeno y acción de clorofilas, este cambia a amarillo y, posteriormente a café. (12)

Desde el punto de vista comercial, el cambio de color es de primordial importancia para determinar el estado de madurez del banano. En 1950, Von Loesecke propuso una escala de siete niveles para describir los cambios observados en la coloración de la cáscara de banano. (Tabla 2)

TABLA 2
ESCALA DE MADURACIÓN VON LOESECKE

1- Totalmente Verde	
2- Verde con líneas Amarillas	
3- Más Verde que Amarillo	
4- Más Amarillo que Verde	
5- Amarillo con Punta Verde	

6- Todo Amarillo	
7- Amarillo con Áreas Marrones	

Fuente: Von Loesecke, 1950 (13)

En un estudio realizado por Liew y Lau, 2012 (14) se determinó el contenido de sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) de la pulpa de banano variedad Cavendish durante los diferentes estados de madurez, empleando Espectroscopía del Infrarrojo Cercano (NIR). Sus resultados se resumen en la siguiente tabla.

TABLA 3
CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES EN BANANO VARIEDAD
CAVENDISH DURANTE SUS DIFERENTES ESTADOS DE MADUREZ

Estado de madurez	SSC ($^{\circ}\text{Brix}$)
2	4.68 ± 2.39
3	11.52 ± 4.63
4	15.09 ± 3.68
5	17.49 ± 2.83
6	18.84 ± 1.64
7	19.19 ± 1.87

Fuente: Liew & Lau, 2012 (14)

Para la elaboración de la harina, se comparó el color del banano con la escala de maduración Von Loesecke, para obtener los estados de madurez 1, 2 y 3. Luego se procedió a medir los grados Brix para cada estado.

TABLA 4

CLASIFICACIÓN DE ESTADO DE MADUREZ POR GRADOS BRIX

Estado de Madurez	ºBrix
1	3,1±1,5
2	4,9± 2,3
3	11,4±1,1

Elaborado por: Sergio Bajaña P, Desiree Setti Ch, 2015

3.3 Elaboración de Harina de Banano.

Para la elaboración de pan se realizó la producción de la harina de banano que es detallado a continuación.

Se recibió el banano Cavendish verde del proveedor. Luego se clasificó el fruto por su grado de madurez mediante las variables color por medio de la escala de maduración Von Loesecke y la medición de los grados Brix, empleando un refractómetro portátil Sper Scientific (modelo: 300053).

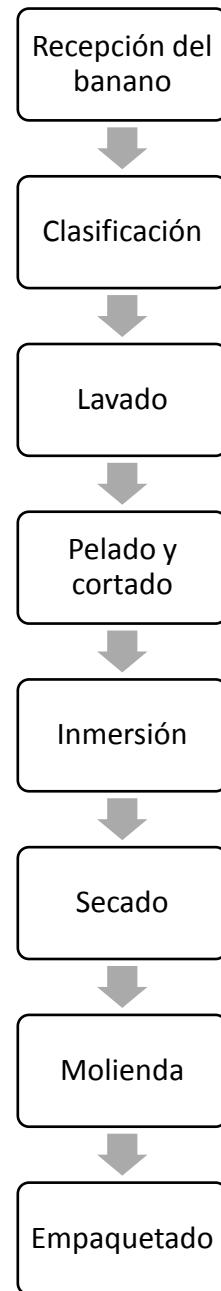
Una vez clasificados, se inició el lavado de la fruta, se enjuagó con agua potable eliminando la suciedad para proceder con la etapa de pelado y cortado obteniendo rodajas de 2-3 mm de diámetro aproximadamente.

La fruta ya cortada en rodajas fue sumergida en una solución al 1% (w / v) de ácido cítrico durante 10 min, para evitar la oxidación. Se colocaron las rodajas sobre papel absorbente para eliminar el exceso de agua. Para luego colocar en bandejas.

El secado se realizó en la estufa marca Presicion (modelo: GSA) a una temperatura de $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. El producto se dispuso de manera uniforme en bandejas, para de esta manera disminuir la humedad de la fruta al 10% o menos.

Para el proceso de molienda, pre molió el producto por medio de un molino de disco marca ARBEL (modelo RPM1720-MCF), donde se obtuvo un subproducto de partículas gruesas, para pasar al siguiente molino, un Cyclone Sample Mill (UDY Corporation, USA), en el cual se obtuvo la harina final. Las muestras de harina se almacenaron en fundas de plástico herméticas a temperatura ambiente ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$) para su posterior análisis.

Este procedimiento se realizó para los diferentes tipos de estado de madurez del banano.



Elaborado por: Sergio Bajaña P, Desiree Setti Ch, 2015

**GRÁFICO 3.1 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCIÓN
DE HARINA DE BANANO.**

3.4 Elaboración de pan tipo molde.

A continuación se detalla el método utilizado para elaboración del pan tipo molde de este proyecto, que fue realizado de la misma forma para las diferentes formulaciones.

Pesado de ingredientes

Previo a la recepción de los ingredientes se procedió a pesar la materia prima según la formulación para la elaboración de pan con sus distintos porcentajes de sustitución de harina de banano por harina de trigo.

Mezclado

Se procedió a verter los ingredientes secos como harina de trigo y banano a sus diferentes porcentajes, leche en polvo, azúcar, goma Xantana, a excepción de sal que será colocada al final de todos los ingredientes. Una vez mezclado los ingredientes fueron colocados con las materias primas faltantes (grasa, levadura disuelta en agua) y finalmente se adicionó gradualmente el agua. El agua se debe de encontrar a una temperatura entre 5°C y 7°C debido a que con el trabajo mecánico de la máquina se caliente la masa y de esto se obtendrán una masa pegajosa y una fermentación más acelerada.

Amasado

Este paso es primordial para desarrollo del gluten debido a la adición del agua durante el mezclado, el amasado proporcionará un aspecto físico la masa de elasticidad extensibilidad y resistencia. Se utilizó una batidora marca KITCHENAID de 5 velocidades. En la primera etapa de amasado se mezcló todos los ingredientes a excepción de la levadura a la primera velocidad. Luego se añadió una parte del agua para formar la mezcla aumentando a la segunda velocidad durante 3 minutos. Posteriormente se añadió la levadura mezclada con el agua faltante. Finalmente se llega a la tercera velocidad para completar el amasado durante 5 minutos. Se debe controlar que la temperatura no supere los $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

Reposo

Se da con el fin de que el gluten termine de realizar su función logrando que la masa se vuelva más maleable. Se dejó la masa en reposo durante 25 minutos a $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ del amasado.

Boleado

Con la ayuda de los rodillos se procedió a estirar la masa y darle forma simétrica a los trozos debidamente pesados. Luego fueron colocados respectivamente en sus moldes.

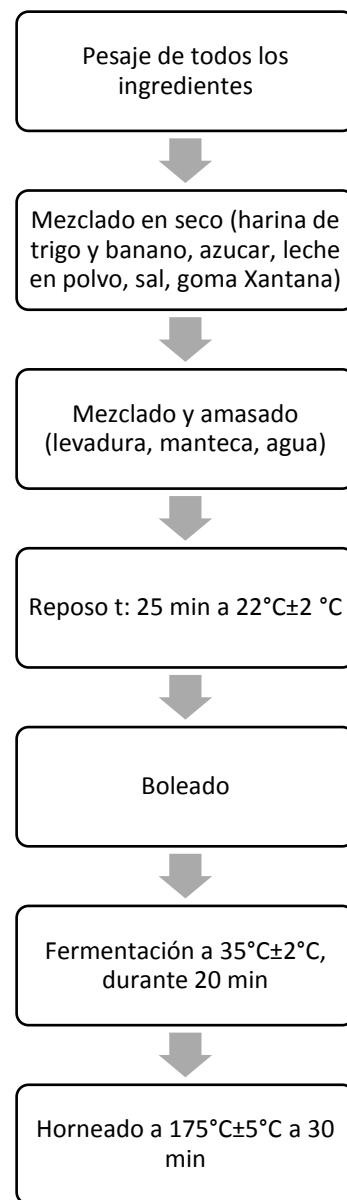
Fermentación

Para el proceso de fermentación se procedió a colocar los moldes en la incubadora a una temperatura de $35^{\circ}\text{C}\pm2^{\circ}\text{C}$, durante 20 minutos. Con el fin de acelerar la actividad de las levaduras que actúan sobre los azúcares produciendo anhídrido carbónico.

Horneado

Para el horneado del pan se usó un horno de convección marca BLODGETT (modelo: DFG-100), éste es horneado a una temperatura de $175^{\circ}\text{C}\pm5^{\circ}\text{C}$ a 30 minutos. Antes de colocar el pan fue importante pre-calentar el horno de lo contrario se expande el pan.

El gráfico 3.2 muestra el proceso de elaboración del pan de banano tipo molde.



Elaborado por: Sergio Bajaña P, Desirée Setti Ch, 2015

**GRÁFICO 3.2 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN
DE PAN DE BANANO TIPO MOLDE.**

3.5 Diseño Experimental

Los factores de estudio que se evaluaron fueron: el nivel de sustitución de harina de banano por harina de trigo y el estado de madurez. Donde se comparó la muestra del pan con los tres niveles de sustitución con harina de banano y sus diferentes estados de madurez.

TABLA 5
ESTADO DE MADUREZ Y PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN
DE LA HARINA DE BANANO

Estado de madurez	Harina de banano	Harina de trigo
1	10%	90%
1	30%	70%
2	20%	80%
3	10%	90%
3	30%	70%

Elaborado por: Sergio Bajaña P, Desiree Setti Ch, 2015

Por lo tanto se realizó un diseño experimental de 2^3 con el fin de determinar el efecto de porcentaje de harina de banano y el estado de madurez en el pan sobre las variables de respuesta que son las

propiedades físico-químicas del pan (volumen, textura, humedad, actividad de agua, dureza, masticabilidad, adhesividad y cohesividad)

3.6 Propiedades Fisicoquímicas del pan.

Las propiedades físicas del pan fueron realizadas a las 24 horas de haber elaborado el pan. Los estudios se los realizó por duplicado.

3.6.1 Textura.

Para la prueba de textura de la miga se procedió a cortar rebanadas de pan de 1 cm de ancho, las cuales fueron ubicadas en el texturómetro, Texture Analyzer modelo CT3 (Brookfield, Middleboro, USA). Los parámetros evaluados fueron la dureza, cohesividad, adhesividad y masticabilidad.

3.6.2 Volumen específico.

Para la determinación del volumen del pan se utilizó semillas de mostaza. Los datos se obtuvieron mediante el desplazamiento de las semillas. El volumen de semillas desplazadas es igual al volumen de la muestra. Además se registró el peso (g) de los

panes. La fórmula para determinar el volumen específico es la siguiente: (15)

$$\text{volumen específico} = \frac{\text{volumen (ml)}}{\text{peso(g)}}$$

3.6.3 Alto-Ancho

Para determinar la relación alto/ancho se cortó rebanadas de pan con cuchillo de sierra para facilitar el cortado y tener el espesor deseado (1cm de espesor). Se realizó por medición directa. (15)

3.6.4 Actividad de Agua y Humedad.

Actividad de Agua

Para determinar la Aw se tomó 2g de la muestra desmenuzada de cada variedad, estas fueron analizadas en el equipo AquaLab (serie 3)

Humedad

La humedad fue detectada por el método de la AOAC 935.36. Se utilizó una termobalanza marca Kern (modelo: MLB50-3)

3.7 Análisis Sensorial.

En el análisis sensorial se evaluó la preferencia. Para este fin se usó pruebas hedónicas, las cuales declara el nivel de agrado o desagrado del juez por medio de una escala verbal-numérica. Usualmente, esta escala van desde "me gusta muchísimo", pasando por "no me gusta ni me disgusta" hasta "me disgusta muchísimo".

Las pruebas sensoriales de aceptación indicaron si los productos con sus distintas formulaciones y diferentes estados de madurez son aceptados o rechazados por parte del consumidor en donde se utilizaron diez panelistas semi-entrenados.

La prueba se llevó a cabo con una escala estructurada de 9 puntos, siendo las alternativas de respuesta las siguientes: "Me disgusta extremadamente" (1) "Me disgusta mucho" (2 puntos) "me disgusta moderadamente" (3 puntos) "Me disgusta levemente" (4 puntos) "ni me gusta, ni me disgusta" (5 puntos) "me gusta levemente" (6 puntos) "me gusta moderadamente" (7 puntos) "Me gusta mucho" (8 puntos) y "Me gusta extremadamente (9 puntos) ". Ver anexo A

La sesión se realizó en el laboratorio I+D en ESPOL que se habilitó debidamente para realizar las pruebas sensoriales, donde se les

entregó las muestras y se le explicó cómo llenar la prueba con sus resultados.

Se codificó las muestras asignándoles la siguiente numeración:

TABLA 6
CODIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

CÓDIGO	ESTADO DE MADUREZ	SUSTITUCIÓN DE HARINA DE BANANO
734	1	10%
393	1	30%
255	2	20%
854	3	10%
422	3	30%

Elaborado por: Sergio Bajaña P, Desiree Setti Ch, 2015

3.8 Análisis Estadísticos.

Para el análisis estadístico del estado de madurez y el porcentaje de sustitución en las características físico y químicas del pan, se utilizó el programa Statgraphics Centurion XVI (Statistical Graphics Corporation, UK).

De los resultados obtenidos de los cuales quienes presentaron diferencia significativa entre las muestras se procedió a realizar una comparación rangos múltiples de Kruskal-Wallis.

CAPÍTULO 4

4 ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 Efecto del porcentaje de sustitución en las características fisicoquímicas del pan.

En la tabla 7 se muestra las propiedades físicas del pan respecto al porcentaje de sustitución. Se observa que las propiedades alto/ancho, volumen específico, dureza adhesividad, masticabilidad y cohesividad existió diferencias significativas entre todos los panes.

TABLA 7
PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAN RESPECTO AL
PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN

% DE SUSTITUCIÓN	ALTO/ANCHO	DUREZA (N)	VOLUMEN ESOECÍFICO (ML/G)	ADHESIVIDAD (MJ)	MASTICABILIDAD (MJ)	COHESIVIDAD
10	1,00±0,04c	4,86±0,87c	2,73±0,16b	0,02±0,017 a	15,05±3,65 a	0,60±0,04b
20	0,90±0,05 b	7,91±0,76 b	2,18±0,03a	0,019±0,017 a	24,89±1,90 a	0,560,007±a
30	0,80±0,03 a	15,21±2,60 a	2,13±0,07a	0,018±0,015 a	47,22±11,61 b	0,54±0,04 ^a

Valores con diferentes letras en la misma columna son estadísticamente diferentes.

(p valor < 0,05), (n=3)

Elaborado por: Sergio Bajaña P, Desiree Setti Ch, 2015

Con respecto al volumen y el alto/ancho, es notable que estas propiedades disminuyen a medida que se incrementa en porcentaje de harina de banano. Este resultado es debido a que la harina de banano no contiene gluten y no permite la expansión del pan ya que no retiene gases durante la fermentación.

Por otro lado, se observa que entre el 20% y 30% de sustitución no existe diferencia significativa con respecto al volumen específico. Al mismo tiempo estos porcentajes presentan similitud en cuanto la cohesividad.

Respecto a las propiedades de textura, se puede observar que no existe diferencia significativa entre las muestras 10% y 20% en cuanto a la adhesividad, masticabilidad y dureza. A medida que aumenta el porcentaje de harina de banano en los panes aumenta la dureza.

La dureza del pan es debido a una interacción entre los componentes del pan, almidón-agua-gluten, siendo el resultado de la unión de los puentes de hidrógeno entre los gránulos del almidón y la red de gluten. A medida que aumenta el porcentaje de harina de banano como no contiene gluten queda una gran cantidad de agua sin utilizar, a lo que entra en contacto con el aire se da la formación de nuevos puentes de hidrógeno dando el endurecimiento del pan.

TABLA 8
MEDIAS DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL PAN SEGÚN
SU PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN

% DE SUSTITUCIÓN	Aw	Humedad (%)
10	$0,92 \pm 0,03^a$	$33,99 \pm 2,61^a$
20	$0,92 \pm 0,02^a$	$32,54 \pm 2,42^a$
30	$1,62 \pm 2,42^a$	$40,59 \pm 3,59^a$

Valores con diferentes letras en la misma columna son estadísticamente diferentes.
 (p valor < 0,05), (n=3)

Elaborado por: Sergio Bajaña P, Desiree Setti Ch, 2015

Como se puede observar en la tabla 8, la actividad de agua y humedad con los diferentes porcentajes de sustitución no se encuentran diferencias estadísticas entre las muestras.

4.2 Efecto del estado de madurez en las características fisicoquímica del pan.

En la tabla 9 se puede observar los resultados de las muestras de pan con sus diferentes estados de madurez del banano.

TABLA 9
RESULTADOS LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAN
RESPECTO AL ESTADO DE MADUREZ

ESTADO DE MADUREZ	Alto/anch o	DUREZA (N)	VOLUMEN ESOECIFICO (ml/g)	ADHESIVIDAD (mJ)	MASTICABILIDAD (mJ)	COHESIVIDAD
1	0,92±0,11 a	11,10±6,2 8 a	2,38±0,28 a	0,009±0,010 b	35,05±19,77 a	0,58±0,06 a
2	0,89±0,05 a	7,91±0,76 a	2,18±0,03 a	0,019± 0,02a	24,89±1,90a	0,56±0,07 a
3	0,88±0,12 a	8,97±4,91 a	2,47±0,38 a	0,029±0,01 a	27,22±16,98 a	0,55±0,04 a

Valores con diferentes letras en la misma columna son estadísticamente diferentes.

(p valor < 0,05), (n=3)

Elaborado por: Sergio Bajaña P, Desiree Setti Ch, 2015

De la cual la relación alto/ancho, volumen específico, se observa que no existió diferencia entre los panes elaborados con sus diferentes formulaciones, todas las muestras presentan las mismas características para los diferentes atributos físicos.

Como se puede observar en la tabla 9, en el estado 3 existió una diferencia en la adhesividad, donde se explica que se requiere mayor fuerza para eliminar los restos del pan de los dientes al momento de masticar, a medida que aumenta el estado de madurez del banano decrece el contenido de almidón transformándose en azúcares solubles, esta transformación favorece a que la estructura del pan interna sea más pegajosa.

Entre los estados 1 y 2 sus medias se encuentran dentro los rangos pudiendo decir que tienen una homogeneidad en la adhesividad de los panes.

TABLA 10
MEDIAS DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL PAN
SEGÚN SU ESTADO DE MADUREZ

ESTADO DE MADUREZ	Aw	Humedad (%)
1	0,92± 0,01 a	38,37±5,27 a
2	0,92± 0,03a	32,54±2,42 a
3	1,62± 2,41a	36,21±3,62 a

Valores con diferentes letras en la misma columna son estadísticamente diferentes.
 (p valor < 0,05), (n=3)

Elaborado por: Sergio Bajaña P, Desiree Setti Ch, 2015

Como se puede observar en la tabla 10, la actividad de agua y humedad con los diferentes estados de madurez no se encuentran diferencias estadísticas entre las muestras. Lo se puede observar que a medida que aumenta el estado de madurez los valores de Actividad de agua y Humedad aumentan.

Esto se relaciona directamente con el aumento de la disponibilidad de agua, ya que al parecer el cambio fisiológico que ocurre de almidón a azúcares tiene un efecto sobre la unión de agua, significando que a medida que el banano maduro produce una retención más débil sobre las uniones de hidrógeno entre sacarosa y agua. (16).

Debido a esto se puede decir que a medida que aumenta el estado de madurez del banano existe mayor disponibilidad de agua ya que sus uniones son más débiles, y los almidones del banano en estado de madurez 2 tienen uniones más fuertes lo cual retienen más moléculas de agua.

Análisis Estadístico de Regresión Lineal

Se utiliza regresión múltiple para estudiar la posible relación entre los estados de madurez del banano y los porcentajes de sustitución de harina de banano que son las variables independientes y las variables dependientes a estudiar son las características

Físico/Químicas (Humedad, Actividad de agua, Volumen Específico, Alto/Ancho), y Perfil de Textura (Dureza, Masticabilidad, Adhesividad, Cohesividad).

Antes de proceder a realizar un análisis de regresión lineal múltiple se hizo las consideraciones sobre los datos; Linealidad, Normalidad, Independencia de las cuales todas se cumplieron. De acuerdo a los datos, se construyó un modelo estadístico.

Ecuación para Dureza

$$\text{Dureza} = 9,79844 - 1,06979 * \text{Estado} + 5,17046 * \% \text{ Sustitución}$$

El coeficiente correspondiente al estado de madurez, indica que a medida que aumenta un grado de madurez en su unidad, disminuye la dureza y para el porcentaje de sustitución, indica que un aumento en la unidad significa un incremento en la fuerza para la deformación del pan; esto se debe a que la harina de banano no contiene gluten, dando como resultado un pan de masa dura.

Ecuación para Volumen Específico

$$V.\text{Específico} = 2,39444 + 0,0483333 * \text{Estado} - 0,3 * \% \text{ Sustitución}$$

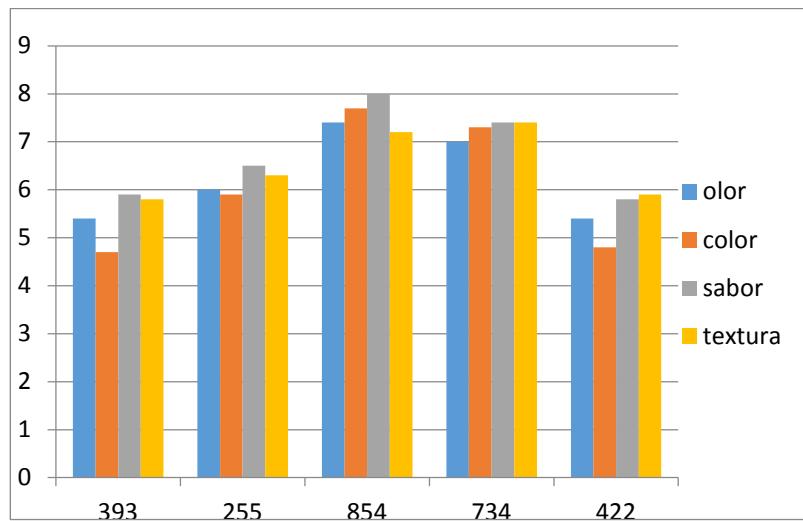
El coeficiente correspondiente a estado de madurez indica que un aumento en la unidad, en este caso a medida que sube el grado el madurez existe un aumento en el volumen específico para el pan,

así mismo para la variable de porcentaje de sustitución a medida que sube el porcentaje de sustitución de harina de banano, el volumen Específico en el pan.

Se puede concluir que a medida que se aumenta el porcentaje de harina de banano en la elaboración del pan este parámetro disminuye debido a que la harina de banano al mezclarse con el agua son incapaces de formar una red proteica que trae como consecuencia que el CO₂ producido en la fermentación no se retenga en la masa y como resultado se obtiene un pan con bajo volumen específico.

4.3 Resultados de los análisis sensoriales

Para las diferentes muestras se calificó el nivel de agrado de 4 atributos (Color, Olor, Sabor y Textura) con un panel de 10 jueces semi entrenados por medio de una escala hedónica.



393: Estado 1, harina de banano 30%; **422:** Estado 3, harina de banano 30%; **255:** Estado 2 harina de banano 2%; **734:** Estado 1, harina de banano 10%; **854:** Estado 3, harina de banano 10%

Elaborado por: Sergio Bajaña P, Desiree Setti Ch, 2015

FIGURA 4.1 COMPARACIÓN SENSORIAL

De acuerdo a la figura 4.1 se pudo observar que las muestras con menor nivel de sustitución de harina de banano (10%) fueron las que obtuvieron un mayor puntaje en la escala hedónica. A las muestras de panes con mayor porcentaje de harina de banano, los panelistas le dieron una calificación más baja en cuanto al color, ya que estas muestras tenían un color más oscuro, lo que ciertamente afecto a los resultados de la degustación de los panelistas.

De acuerdo a los resultados de los panelistas se consideró que las muestras con menor porcentaje de sustitución fueron las mejores en cuanto a evaluación sensorial sin despreciar la muestra con el 20% de sustitución de harina de banano. Por medio de este resultado se

puede decir que a niveles superiores al 20% de sustitución hubo rechazo del producto por parte de los panelistas.

Cabe recalcar que la variación de los resultados entre juez/muestra no es significativa y por ello no se puede afirmar que los jueces discrepen en el uso de la escala.

Análisis Estadísticos pruebas sensoriales

En la tabla 11 se muestra los resultados de la evaluación sensorial de las diferentes muestras.

TABLA 11
EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS MUESTRAS DE PAN DEL
EFFECTO DE ESTADO DE MADUREZ CON EL PORCETAJE DE
SUSTITUCIÓN DE HARINA DE BANANO

CÓDIGO	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA
393	$5,4 \pm 1,5a$	$4,7 \pm 1,8a$	$5,9 \pm 0,7a$	$5,8 \pm 0,7a$
422	$5,4 \pm 0,5a$	$4,8 \pm 1,4a$	$5,8 \pm 0,8a$	$5,9 \pm 0,8a$
255	$6,0 \pm 0,82a$	$5,9 \pm 0,7b$	$6,5 \pm 1,1a$	$6,3 \pm 1,1a$
734	$7,0 \pm 0,9b$	$7,3 \pm 0,8c$	$7,4 \pm 0,9b$	$7,2 \pm 0,9b$
854	$7,4 \pm 0,7b$	$7,7 \pm 0,7c$	$7,8 \pm 0,5b$	$7,4 \pm 0,5c$

Número de muestras=5; Número de observaciones=50; Número de jueces= 10

Valores con diferentes letras en la misma columna son estadísticamente diferentes.

(p valor < 0,05), (n=5)

393: Estado 1, harina de banano 30%; **422:** Estado 3, harina de banano 30%; **255:** Estado 2 harina de banano 2%; **734:** Estado 1, harina de banano 10%; **854:** Estado 3, harina de banano 10%

Elaborado por: Sergio Bajaña P, Desiree Setti Ch, 2015

Se concluye que hay un preferencia de olor en la muestra con estado de madurez 3 con harina de banano al 10%, se puede observar que las demás muestra para el consumidor les gustaron levemente según la escala hedónica, tomando en cuenta que el olor del pan es influenciado por muchos factores como los demás ingredientes que conforman el pan. Por esta razón, es muy difícil determinar la influencia de los diferentes porcentajes de harina de banano y estado de madurez en el olor del pan.

La evaluación sensorial demuestra que los panes con diferentes porcentajes de sustitución de harina de banano si tiene influencia sobre el color y no el estado de madurez; ya que los panelista le dieron las misma puntuación para los panes con 10% con estado 1 y 3; y a los panes con 30% con estado 1 y 3.

Las muestras que tuvieron mayor sustituto de harina de banano fueron las más bajas en su calificación. El color del alimento es la que da la primera impresión y ayudan al consumidor para decidir sobre su aceptación o no. En cuanto al sabor el pan que tuvo mayor aceptación por los panelista fue el elaborado con la harina en estado 3 al 10% de sustitución

Los resultados obtenidos por los panelistas en cuanto a la textura, existieron dos pares de grupos homogéneos entre los cuales los que tuvieron una mayor calificación fueron las muestras con menor sustitución de harina de banano. Las demás muestras a medida que aumenta el porcentaje de sustitución obtuvieron calificaciones en forma descendentes; las muestras no bajaron de una puntuación de 6 lo que significa que fueron aceptadas moderadamente.

Se puede concluir que los panes con 30% de sustitución de harina de banano, su puntuación baja es posiblemente causada por los niveles altos de sustitución, sin influir su estado d madurez, la cual la textura del pan se ve afectada ya que la harina de banano no contiene gluten, el cual afectó la capacidad de retención del agua de la masa y no obtuvo esa esponjosidad. Los panes con 10% de sustitución de harina de banano fueron los mejores evaluados, podría decirse, ya que visiblemente los panes eran muy similares a los panes de consumo diario, y la apariencia de un alimento es un factor muy importante al momento de tomar una decisión.

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ Se puede concluir que la mejor composición para el pan según los análisis estadísticos sensoriales es de 10% de harina de banano con el tercer estado de madurez; a medida que aumentaba el porcentaje de sustitución los panes consecuentemente aumentaban un color más oscuro siendo así el color la primera impresión para el consumidor para decidir sobre su aceptación; en cuanto a la textura a medida los panes aumentaban en porcentaje harina de banano obtenían una calificación más baja ya que la harina de banano no contiene gluten, el cual afectó la capacidad de retención del agua de la masa lo cual daba una textura no esponjosa, como último en este estudio de evaluación sensorial los factores sabor y al olor; los jueces no notaron ninguna diferencia significativa mayor entre los panes, no se pudo evidenciar que el estado de madurez del banano haya influido en los la decisión de los jueces.

- ✓ Para el análisis del efecto de las variables porcentaje de sustitución y el estado de madurez en el análisis físico/químico del pan con harina de banano, mediante la aplicación de estadística Regresión Lineal del cual se obtuvieron las ecuaciones, se pudo concluir para el análisis de Alto-Ancho, Humedad y Volumen Específico que si existe una relación estadísticamente significativa entre las variables y que al menos una de las variables, contribuye significativamente al modelo. Pero en cuanto a la Actividad de agua no existe una relación estadísticamente significativa entre las variables. Lo que quiere decir para este caso que ninguna de las variables tuvo influencia para los resultados obtenidos ya que la Actividad de agua fue similar en todos los tratamientos.

- ✓ De acuerdo a los resultados para el análisis del efecto del porcentaje de sustitución y el estado de madurez en el perfil de textura del pan con harina de banano, la Dureza, Masticabilidad, Adhesividad y Cohesividad tienen relación entre las variables porcentaje de sustitución y estado de madurez.

- ✓ Para la elaboración de la harina es importante evitar la oxidación del banano, ya que su color influye notablemente en los resultados, tratando de evitar tiempos largos entre el corte hasta la inmersión de las rodajas en la solución de ácido, seguido por el control de la

temperatura, tiempo y humedad óptima para el secado dentro de la estufa. De tal manera si se procede a emplear este proceso industrialmente serían puntos de control.

- ✓ Para la elaboración del pan es recomendable el control de los tiempos y temperatura para cada etapa, es importante dejar el pan leudar previo al boleado y se debe precalentar el horno hasta que llegue a la temperatura óptima para proceder a colocar los panes.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Caicedo P. *Estudio de aceptabilidad de pan elaborado con mezclas de harina de trigo (canadiense) y cebada (iniap canicapa) para la generación de panaderías tipo artesanal en el cantón Ambato*. TESIS DE GRADO OTORGADO POR LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. Ambato, Ecuador 2011.

- (2) Historia del Banano Ecuatoriano. La teoría del ciclo económico bananero. [En línea] 2010. Disponible en:
<http://es.slideshare.net/efromero/historia-del-banano-ecuatoriano>

- (3) FAO. Países exportadores de banano 2014. FAOSTAT. [En línea] 2014.
<http://www.fao.org/docrep/007/y5102s/y5102s05.htm#TopOfPage>

- (4) INEC. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). *Ecuador en cifras*. [En línea] 2013. Disponible en:
http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac%202013/PRESENTACIONESPAC2013.pdf

- (5) Rivera V. *“Efecto del Estado de Madurez del Banano Cavendish en las Propiedades de Hidratación de la Harina y Gel”*. TESIS DE GRADO DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÈCNICA DEL LITORAL. Guayaquil, Ecuador. 2014.
- (6) Ramlí, Saifullah, et al. The use of principle component and cluster analyses to differentiate banana pulp flours based on starch and dietary fiber components. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2009, págs. 317-325.
- (7) Vieira, Carolina, et al. Nutritional Potencial of Green Banana Flour Obtained by Drying in Spouted Bed. Revista Brasileira de Fruticultura, 2013, págs. 1140-1146.
- (8) Lee-Hoon H., Noor A. Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with banana (*Musa acuminata*X*balbisianacv. Awak*) pseudo-stem flour. Journal of Food Chemistry .2013
- (9) Quintong A., Tenesaca J. *“Análisis de la retrogradación del Pan Molde Blanco Mediante Métodos Experimentales Convencionales y Análisis*

*Térmico". TESIS DE GRADO DE LA ESCUELA SUPERIOR
POLITÈCNICA DEL LITORAL. Guayaquil, Ecuador. 2013*

- (10) Máquinas de panadería. La Leche en la Panadería. Disponible en:
<http://www.maquinasdepanaderia.com.ar/lalecheenlapanaderia-maquinasdepanaderia.htm>.
- (11) Vázquez L. Efecto de Goma Xantana en Masa de Trigo. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. México. Disponible en:
http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_XIII/CXIII-58.pdf
- (12) Weaver, Connie y Charley, Helen. Enzymatic browning of ripening bananas. Journal of Food Science. 1974, págs. 1200-1202.
- (13) Von Loescke, H. W. Bananas. 2da. Edición. Nueva York: Interscience Publishers, 1950.
- (14) Liew, C. y Lau, C. Determination of quality parameters in Cavendish banana during ripening by NIR spectroscopy. Journal of Food Research International. 2012, págs. 751-758.

- (15) Macías K., Sanjinez L. *“Efecto de Variedades de Arroz en las Caraterísticas Físicas del Pan de Arroz sin Gluten”*. TESIS DE GRADO DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÈCNICA DEL LITORAL. Guayaquil, Ecuador. 2013
- (16) Vizueta O. *“Estudio del Efecto de la Movilidad de Agua a diferentes Estados de Madurez en la Deshidratación Osmótica del Banano”*. TESIS DE GRADO DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÈCNICA DEL LITORAL. Guayaquil, Ecuador. 2008.