



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

“Efecto del Estado de Madurez en la Harina de Banano (*Cavendish*), al  
Evaluar las Características Físicoquímicas del Pan Tipo Molde con  
Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Banano.”

### **TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

(PROYECTO DE GRADUACIÓN)

Previo a la obtención del Título de:

### **INGENIERA DE ALIMENTOS**

Presentada por:

Karina Anabelle Cadena Tacle

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

# AGRADECIMIENTO

A Dios,

A mi familia y amigos.

A mi tutora del proyecto de graduación,

la Ing. Fabiola Cornejo Zúñiga por su

guía durante el proyecto.

**Karina**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente proyecto de graduación me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Karina Anabelle Cadena Tacle

## RESUMEN

Ecuador es reconocido a nivel mundial como uno de los mayores productores y exportadores de banano, siendo la fruta más representativa de nuestro país. Sin embargo, a pesar de tener a disposición elevadas cantidades de banano no exportable, este no es el principal recurso para obtención de energía en la dieta diaria. El mayor aporte calórico en la dieta de los ecuatorianos es mediante el consumo de pan a base de trigo. El trigo es un cereal que no se cultiva en el Ecuador, por lo que el costo del pan se eleva a base de las importaciones de este cereal. Consecuentemente, el gobierno ecuatoriano ha establecido en el Plan Nacional de Buen Vivir, estrategias para la reducción de la importación de trigo en el Ecuador. Una de ellas es la sustitución parcial de la harina de trigo con harinas no tradicionales que se produzcan en el país, como la harina de banano, donde el gobierno prevé ahorrar hasta USD 15,4 millones anuales en las importaciones. El ministerio de industrias y productividad (MIPRO), en la actualidad se encuentra apoyando la construcción de una planta procesadora de harina de banano verde (HBV), con el fin de lograr la meta establecida.

A pesar de que la sustitución de la harina de banano verde por harina de trigo en el pan es una realidad en nuestro país; en los estudios realizados no se ha hecho diferencia en los estados de madurez del banano. Las etapas de maduración del banano, están relacionadas con la conversión de almidones

a azúcares, y este cambio puede afectar significativamente a las características fisicoquímicas del pan. Por lo tanto, el objetivo de la tesis plantea analizar la influencia de las tres primeras etapas de madurez del banano en textura, color, volumen específico, humedad y actividad de agua del pan de trigo con sustitución del 10% de harina de banano.

En la primera parte de la investigación se realizará la clasificación de los estados de madurez del banano mediante la utilización de la escala de De Von Loesecke, y se cuantificará los grados Brix. Luego, se establecerá un método para la obtención de la harina de banano y se formulará un pan tipo molde, en el cual se sustituirá un 10% la harina de trigo con los tres primeros estados de madurez de harina de banano. Entre las características fisicoquímicas del pan tipo molde que se analizarán se encuentran textura, volumen específico, dimensiones, color de la miga y corteza, humedad, actividad de agua. Cabe recalcar que se analizará como blanco el pan elaborado con 100% de harina de trigo. En el análisis estadístico se utilizará el programa estadístico Statgraphics Centurión XVI, en el cual se realizará una análisis de varianza (ANOVA) y una comparación de rangos múltiples para determinar una diferencia estadística entre las muestra con un 95% de confianza.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS.....	vii
SIMBOLOGÍA.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	2
1.1 Importación de trigo en el Ecuador.....	2
1.1.1 Política de gobierno con respecto a la importación de harina de trigo.....	2
1.2 Cultivo de banano en el Ecuador.....	4
1.3 Harina de banano.....	4
1.3.1 Producción nacional e internacional.....	5
1.3.2 Proceso de elaboración industrial.....	7
1.3.3 Características nutricionales y tecnológicas.....	12
1.4 Variabilidad en el banano con respecto al estado de madurez.....	13

## CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
2.1 Banano.....	16
2.2 Obtención de harina de banano.....	16
2.3 Elaboración de pan tipo molde.....	18
2.4 Propiedades físicas de pan tipo molde.....	22
2.4.1 Textura.....	22
2.4.2 Volumen específico.....	23
2.4.3 Dimensiones.....	24
2.4.4 Color.....	24
2.5 Propiedades químicas.....	25
2.5.1 Actividad de agua.....	25
2.5.2 Humedad.....	25

## CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	27
3.1 Influencia del estado de madurez del banano en las propiedades físicas del pan tipo molde.....	27
3.2 Influencia del estado de madurez del banano en las propiedades químicas del pan tipo molde.....	32

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones y Recomendaciones..... 34

ANEXOS

BLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

MIPRO	Ministerio de Industrias y productividad
INIAP	Instituto Nacional
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
BV	Banano Verde
HBV	Harina de banano verde
FAO	Food and Agriculture Organization
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
Espac	Encuesta de Superficies de Producción Agropecuaria continúa
Aw	Actividad de agua
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
ATP	Análisis de perfil de textura
AOAC	Association of Official Analytical Chemist
ANOVA	Análisis de varianza

## SIMBOLOGÍA

T	Temperatura
°C	Grados centígrados
HR	Humedad Relativa
t	Tiempo
s	Segundos
min	Minutos
pH	Potencial de Hidrogeno
%	Porcentaje
±	Más - menos
F	Fuerza
N	Newton
mJ	milijulio
TM	Toneladas Métricas
Kg	Kilogramos
ppm	Partes por millón
g	gramos
mg	miligramos
mm	Milímetro
cm	Centímetro
cm <sup>3</sup>	Centímetros cúbicos
Has	Hectáreas

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1.1 Diagrama de flujo para la obtención de HBV.....	8
Figura 1.2 Comportamiento de la acidez durante la maduración del banano .....	14
Figura 1.3 Comportamiento del pH durante el proceso madurativo del banano .....	18
Figura 1.4 Conversión del almidón a azúcares durante la maduración del banano.....	18
Figura 2.1 Diagrama de flujo para la obtención de pan tipo molde.....	21
Figura 2.2 Vista transversal de una rebanada de pan tipo molde con su altura y ancho para el control con harina de trigo y los estados de madurez 1, 2 ,3 con una sustitución del 10%.....	25
Figura 3.1 Gráfico de cajas y bigotes L* .....	30
Figura 3.2 Gráfico de cajas y bigotes a* .....	31
Figura 3.4 Gráfico de Cajas y Bigotes b*.....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Composición química de harina de banano verde sin cascara.....	12
Tabla 2	Perfil de aminoácidos esenciales de harina de banano verde.....	13
Tabla 3	Clasificación de estado de madurez por grados Brix y color.....	17
Tabla 4	Ingredientes que se utilizaron para la elaboración de pan tipo molde.....	20
Tabla 5	Condiciones de operación para el CT3.....	23
Tabla 6	Resultados para las propiedades físicas del pan tipo molde.....	28
Tabla 7	Resultados de las propiedades químicas del pan tipo molde.....	32

## INTRODUCCIÓN

En Ecuador, el pan a base de trigo es un alimento de gran consumo, forma parte esencial en la dieta diaria de la mayoría de sus habitantes. Para satisfacer la demanda de este producto, el país requiere grandes cantidades de trigo diariamente. Siendo la producción nacional de trigo insuficiente para cubrir dicha demanda en su totalidad. Ecuador necesita importar el faltante de este cereal de países como Estados Unidos, Canadá y Argentina, esta situación afecta económicamente a nuestro país. Si se llegase a sustituir la harina de trigo destinada a panificación, por harinas no convencionales producidas en el país, se lograría reducir la importación de hasta 32 mil toneladas métricas de trigo al año, produciendo un ahorro estimado de 12.3 millones de dólares. (1)

En el presente trabajo se basó en elaborar pan tipo molde, reemplazando un 10% de harina de trigo, por harina de banano Cavendish en diferentes estados de madurez. Se realizaron diversos análisis, que permitieron determinar el efecto de los diferentes grados de madurez del banano sobre las características físicas y químicas del producto final. El objetivo fue determinar el grado de madurez ideal que debe tener el banano destinado para la elaboración de harinas de panificación.

# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Importación de trigo en el Ecuador

Se conoce que el trigo es uno de los cereales más demandados por la población Ecuatoriana, debido a su utilización en la obtención de harina de trigo, empleada mayoritariamente en la elaboración del pan.

Este cereal se considera producto importado, siendo esta una situación preocupante para el país dado que la baja productividad nacional alcanza un 2% de los requerimientos para Ecuador, según los datos presentados por el INIAP. (2)

#### 1.1.1 Política de Gobierno con respecto a la importación de harina de trigo

Uno de los objetivos establecidos dentro del denominado “Plan Nacional del Buen Vivir”, corresponde a la reducción de las

importaciones. Se planteó disminuir un 5% las importaciones de trigo con lo que el país ahorraría la suma de 12.3 millones de dólares al año.

Existen actividades preliminares a la ejecución de esta medida. La primera de ellas se refiere a la capacitación de la población indígena, directamente involucrada con las operaciones de cosecha del trigo, a fin de obtener una mayor productividad de los cultivos en esta etapa.

En segundo lugar, el manejo de cultivos por parte del MAGAP, cuyo objetivo es reforzar el sector agropecuario a través de la generación de empleos. Un último componente son las salvaguardias, que favorecen indirectamente a los agricultores al lograr precios competitivos para el trigo nacional frente al trigo importado.

De manera paralela a las medidas anteriores, el Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO) ha invertido en el Proyecto de Producción de Harina de Banano Verde (HBV) ubicado en la ciudad de Machala invirtiendo una cantidad de 2 millones de dólares en la obtención de esta harina no convencional de materia prima

ecuatoriana, así como ha capacitado a personas para la utilización de la misma en la elaboración de productos de panificación. (2)

## **1.2 Cultivo de banano en el Ecuador**

Ecuador es reconocido por la Food Agriculture Organization (FAO) como el primer país exportador de banano en el mundo. Además tiene 7,3 millones de Has dedicadas a esta actividad, según datos obtenidos por el censo realizado en el 2010 por el Espac. Hasta el año 2011, se han cosechado un total de 191,973 Has, las cuales tienen una producción de 7.427,776 TM de banano. En las provincias de Los Ríos, Guayas, El Oro, se concentra el 79,84% de la superficie total cosechada. (3)

## **1.3 Harina de banano**

Para la elaboración de harina de banano se aprovechó el banano no exportable, aquel que no cumple con los altos estándares de calidad, que mantienen los mercados internacionales o los sobrantes cuando existe un exceso de producción. Llegando a tener un rechazo de hasta 20 TM semanales. Lamentablemente, este “rechazo” no se aprovecha para la industrialización, más bien se emplea una parte en alimentación animal, debido a que no alcanza las características deseadas por los consumidores para la

comercialización interna. En ocasiones, el fruto llega al borde de la carretera, siendo una fuente de contaminación orgánica. Por lo tanto, el presente proyecto plantea utilizar HBV en los productos de panificación, para beneficio de los ecuatorianos.

### **1.3.1 Producción nacional e internacional**

La harina de banano se produce en diferentes países del mundo. Y mediante un secado se logra conservar el exceso de producción de banano, facilitando su manipulación al tener menor volumen de producto además de tener una mejor conservación al reducir la Aw. Actualmente, en Machala se encuentra operativa una planta procesadora de banano, que emplea este alimento en estado de madurez 4 y 5, dependiendo de los requerimientos del cliente. Entre sus productos se encuentra banana flakes (hojuela de banano) puré de banano con o sin ácido cítrico y banana powder ó harina de banano.

Después del pelado manual empieza un proceso continuo. El despulpado es la etapa donde el fruto pasa a través de un colador de acero inoxidable, cuyas aberturas tienen forma circular con 0,5 cm de diámetro, a una presión de 40 Bares. Luego, pasa al desemillado que cuenta con un aireador al vacío, con el cual se obtiene un subproducto, la esencia de banano. Este proceso mejora

el color del producto y es requisito para aquellos alimentos que van a ser parte de la alimentación infantil, debido a que pueden sufrir dolores estomacales o trastornos gástricos al consumir el producto. Esto se cumple porque uno de sus principales clientes elabora compotas para bebés. En la etapa consecuente al desemillado, está la pasteurización con temperaturas de 121,1°C durante 3 minutos seguidos, un enfriamiento donde se busca alcanzar una temperatura de 82,2°C.

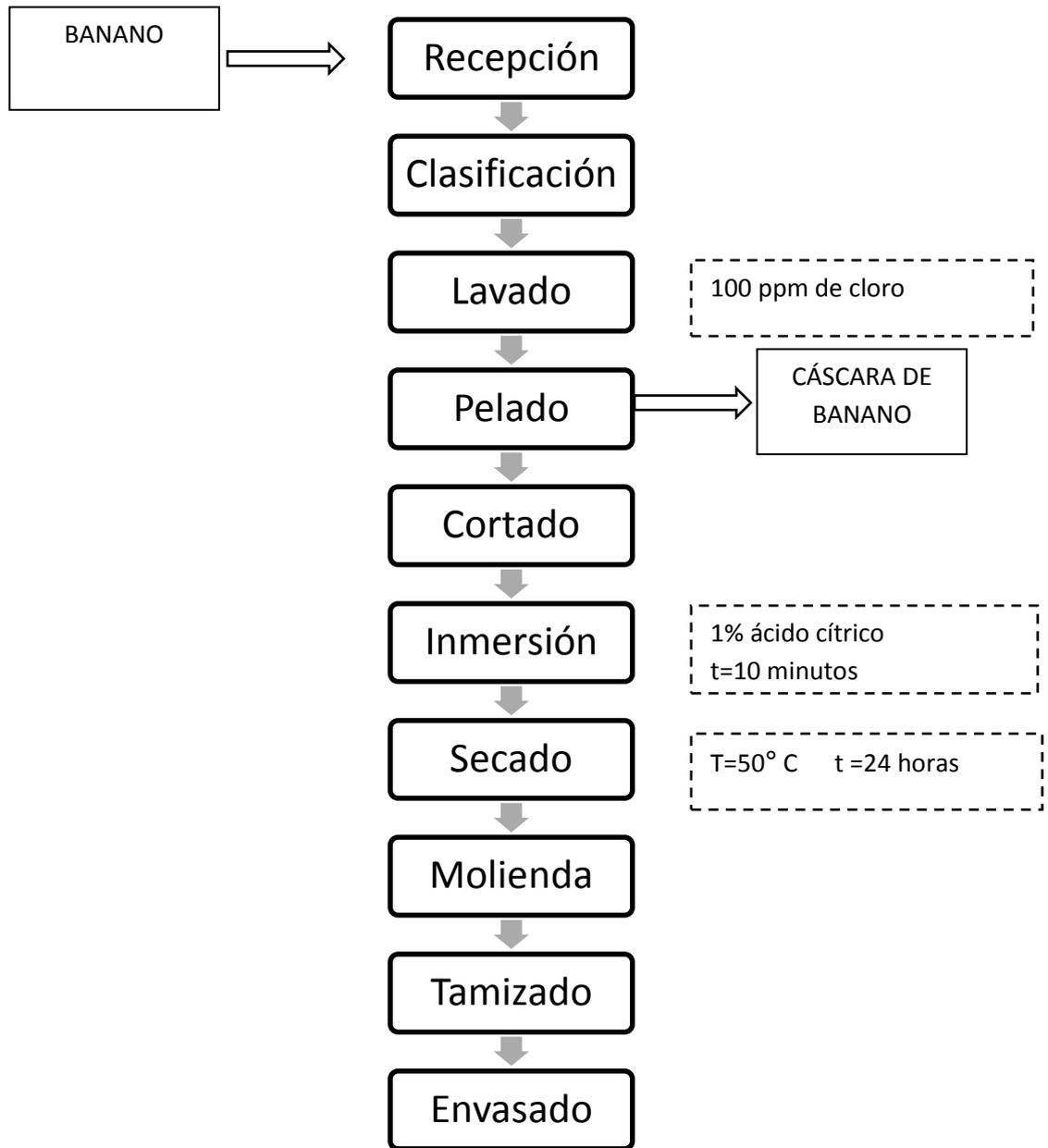
Luego el puré de banano pasa por un sistema de cañerías al área de deshidratación. En esta etapa el puré de banano cae a dos rodillos separados por 5mm, el cual se pega y es retirada por unas cuchillas, finalizando el proceso con un tamizado y empacando la “banana powder” en fundas de aluminio.

Por otro lado, el MIPRO está construyendo una planta procesadora de HBV en la provincia de El Oro, donde se emplearía banano verde no exportable. Hace aproximadamente un año se mantiene en negociaciones con los bananeros, para fijar el precio de la materia prima, el cual se estableció en 0,70 centavos de dólar.

### **1.3.2 Proceso de elaboración industrial**

La HBV se elabora a nivel industrial para consumo animal, como materia prima en los balanceados, y para consumo humano.

La diferencia radica en su proceso de producción, por la presencia o ausencia de la cáscara en el producto final, teniendo esta un alto porcentaje de sustancias antioxidantes y fibra insoluble. (4) Por características como el sabor y textura del producto final es importante retirar la cascara cuando se va emplear la HBV para consumo humano.



Elaborado por: Karina Cadena, 2014

**FIGURA 1.1 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCIÓN  
DE HBV**

**Recepción:** La recepción del banano, se realiza en la fábrica, donde los bananeros llevan el producto. Que deben cumplir con las siguientes características: Ausencia de hongos, bacterias, plagas, cortes profundos y sobretodo que sea visiblemente verde.

Con respecto a este último parámetro, las condiciones son ambiguas, dado que existen diferentes tonalidades de verde conforme avanza la maduración, siendo necesaria establecer algún método para su selección. En esta etapa también se debe pesar el producto.

**Clasificación:** El banano verde (BV) se clasifica por color. Se realiza una separación en forma de “manos”, para después separar en forma de dedos, es decir por unidades.

**Lavado:** El lavado debe efectuarse sumergiendo el producto en una concentración de cloro a 100 ppm; debido a la mala manipulación que recibe la fruta de rechazo en las empacadoras, donde el producto se coloca en contacto con superficies contaminadas, suelos o gavetas, así como en contacto con otras frutas.

**Pelado:** Este proceso puede darse por dos métodos diferentes que cumplen con el mismo objetivo:

**Desprender la cáscara del fruto verde:** Que se encuentra fuertemente adherida, sin comprometer la pulpa o mesocarpio. La dificultad de este proceso es que no se ha logrado mecanizar, dado la alta variabilidad que tienen los bananos en su espesor y longitud.

**Pelado con vapor:** El cual consiste en someter al banano a un escaldado. La temperatura óptima de escaldado para la elaboración de harina es de 85°C durante 4 min, con un refrescamiento posterior de 10 min en una relación bananos/agua de 1:3, debido a que no se afecta el color de la harina a esta temperatura; además de facilitar la remoción de la cáscara por el método manual o mediante el raspado mecánico.

**Pelado manual:** Es el método más utilizado. Consiste en cortar los extremos con el cuchillo, seguido de un corte poco profundo a lo largo, procurando no cortar la pulpa. Se utiliza un cuchillo sin filo y se debe ir levantando la cáscara. Se puede realizar este método bajo aspersores de agua facilitando la manipulación y evitando el color pardo en el banano.

Durante el pelado, se requiere de 8 a 10 operarios para preparar 1000 Kg de materia prima, lo que incrementa los costos fijos de producción, siendo la operación con mayor cantidad de personal.

(5)

**Cortado:** El producto pasa por máquinas rebanadoras para obtener productos uniformes de mejor tamaño.

**Inmersión:** Se emplea una de las siguientes soluciones: Dióxido de azufre al 1% durante 5 min o ácido cítrico al 1% durante 10 min; con el objetivo de evitar la oxidación del banano.

**Secado:** Este proceso empieza al colocar el producto de manera homogénea y sin aglomeración en las bandejas de acero inoxidable, cuyos bordes no deben exceder los 4 cm. Los mismos se emplean en el secador de bandejas que debe tener una temperatura de 50°C disminuyendo la humedad del banano al 10%.

**Molienda:** Una vez seco, se colocan los trozos en el molino hasta obtener la granulometría requerida.

**Tamizado:** El producto pasa por una malla hasta obtener una HBV sin aspereas.

**Envasado:** Se coloca en un envase de polietileno, propietileno, aluminio según la presentación que demande el mercado.

### 1.3.3 Características nutricionales y tecnológicas

En la tabla 1 se puede observar que la HBV contiene almidones resistentes, los cuales no se digieren en el intestino delgado. El almidón resistente tiene un efecto beneficioso para la salud, al reducir la captación de glucosa, fructuosa y colesterol en la sangre.

(6)

**TABLA 1**  
**COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DE BANANO VERDE**  
**SIN CÁSCARA**

<b>PARÀMETROS</b>	<i>g/100g</i>
<b>Humedad</b>	5,72
<b>Proteína</b>	4,14
<b>Cenizas</b>	1,08
<b>Lípidos</b>	0,45
<b>Carbohidratos</b>	86,92
<i>Almidón Total</i>	68,42
<i>Almidón resistentes</i>	33,86
<b>Fibra Total</b>	15,52
<i>Fibra Soluble</i>	2,07
<i>Fibra Insoluble</i>	13,45

Fuente Viera, 2013

Con el consumo regular de HBV, se puede esperar beneficios para la salud de los seres humanos, debido al alto contenido de almidones resistentes y fibra insoluble disponible en este alimento. En la tabla 2, se puede observar el perfil de aminoácidos esenciales contenidos en la harina de banano verde.

**TABLA 2**  
**PERFIL DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES DE HARINA DE**  
**BANANO VERDE**

<i>Aminoácidos (AA)</i>	<i>Contenido de AA (mg/g)</i>
<i>Isoleucina</i>	0,19
<i>Leucina</i>	0,23
<i>Lisina</i>	0,07
<i>Metionina + Cisteína</i>	0,11
<i>Fenilalanina + Tirosina</i>	0,58
<i>Treonina</i>	0,32
<i>Valina</i>	0,2
<i>Histidina</i>	0,41

Fuente Viera, 2013

#### 1.4 Variabilidad en el banano con respecto al estado de madurez

El proceso de maduración de banano conlleva diversos cambios metabólicos. La acidez y el pH, varían debido a la transformación del almidón por las enzimas  $\alpha$  y  $\beta$  amilasa; otras enzimas intervienen en la obtención de compuestos simples como la

glucosidasa, fosforilasa, sacarosa sintetasa, invertasa dando como productos la formación de ácidos orgánicos.

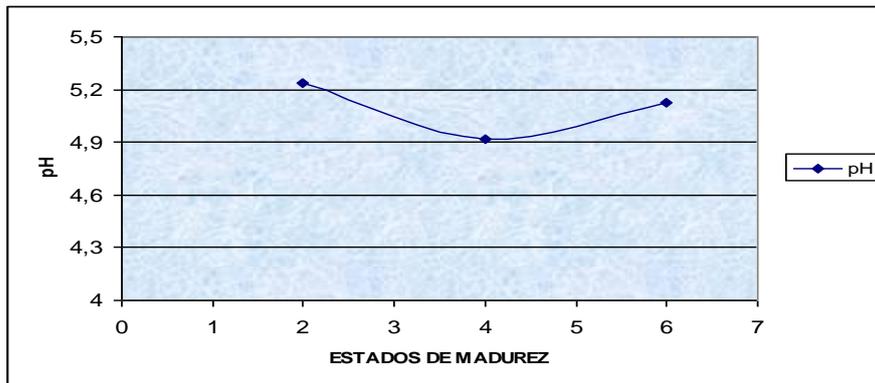
En la siguiente figura 1.1 se muestra los miligramos de ácido málico en un gramo de banano en los diferentes estados de madurez del banano.



Fuente Wills, 1981

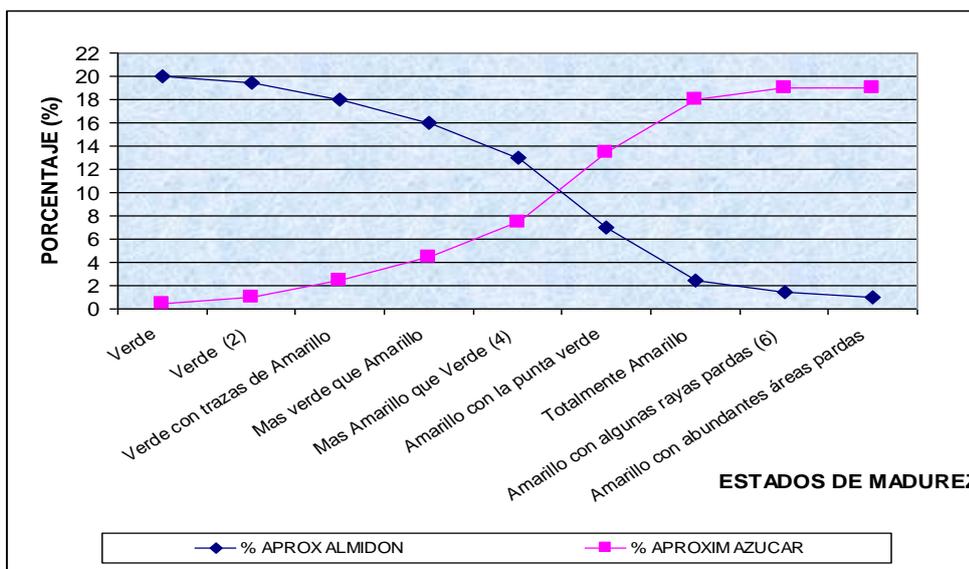
### FIGURA 1.2. COMPORTAMIENTO DE LA ACIDEZ DURANTE LA MADURACIÓN DEL BANANO.

Los cambios de pH, que existen entre los diferentes estados de madurez no son significativos, se pueden observar en la figura 1.2. Por otro lado, el porcentaje de almidón disminuye conforme avanza la maduración, mientras que el porcentaje de azúcar aumenta, es decir, tienen una relación inversamente proporcional como se observa en la figura 1.3. (7)



Fuente Wills, 1981

**FIGURA 1.3. COMPORTAMIENTO DEL PH DURANTE EL PROCESO MADURATIVO DEL BANANO.**



Fuente: Wills, 1981

**FIGURA 1.4 CONVERSIÓN DE ALMIDÓN EN AZÚCAR DURANTE LA MADURACIÓN DEL BANANO**

# **CAPÍTULO 2**

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Banano**

El banano de rechazo utilizado fue de la variedad Cavendish, adquirido en la Provincia de los Ríos cantón Pueblo Viejo. Los bananos fueron cosechados un día antes de procesarlos y presentaban una tonalidad verde uniforme.

### **2.2 Obtención de harina de banano**

Para la obtención de la HBV se clasificó el fruto por su estado de madurez, según la tabla 3. Para los estados 2 y 3 se esperó que la fruta madure, a una temperatura de 24 °C con humedad relativa del 85%.

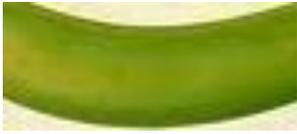
Los bananos fueron lavados, pelados y cortados en rodajas de aproximadamente 2 mm, que se sumergieron en una solución al

1% de ácido cítrico durante 10 min. Después se colocaron sobre papel absorbente; el secado se realizó en una estufa (Thermo Scientific, Distrito Federal) a una temperatura de  $(50 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C})$  durante 24 horas.

El producto seco fue molido en dos etapas hasta obtener un tamaño de partícula menor 1 mm. En la primera etapa se empleó un molino de discos (Arbel, Brasilia), seguido del empleo de un molino pulverizador (Cyclone Sample Mill, Colorado). Las muestras de harina se almacenaron en fundas de polietileno con cierre hermético a temperatura ambiente ( $24 \pm 2^\circ\text{C}$ ) para su posterior análisis.

**TABLA 3**  
**CLASIFICACIÓN DE ESTADO DE MADUREZ POR GRADOS**  
**BRIX Y COLOR**

<i>Estado de Madurez</i>	<i>Color</i>
1	

2	
3	
4	

Fuente: Wills, 1981

### 2.3 Elaboración de pan tipo molde

En la tabla 4 se muestran los ingredientes utilizados en las formulaciones, el proceso de elaboración empieza pesando los ingredientes que fueron adquiridos en supermercados de la localidad. Se utilizó el método directo de amasado empleándose una amasadora de eje espiral con tres velocidades. Para los primeros 5 minutos de amasado se utilizó la primera velocidad,

finalizado este tiempo se agregó la manteca y se cambió a la segunda velocidad durante 3 min, se obtuvo una masa lisa. Se amasó un total de 8 min, controlando continuamente que la temperatura de la masa no supere los 22°C mediante un termómetro digital. Seguidamente se pesó  $100 \pm 1$  g de masa para cada pan, boleando y colocando el producto en los moldes. (8)

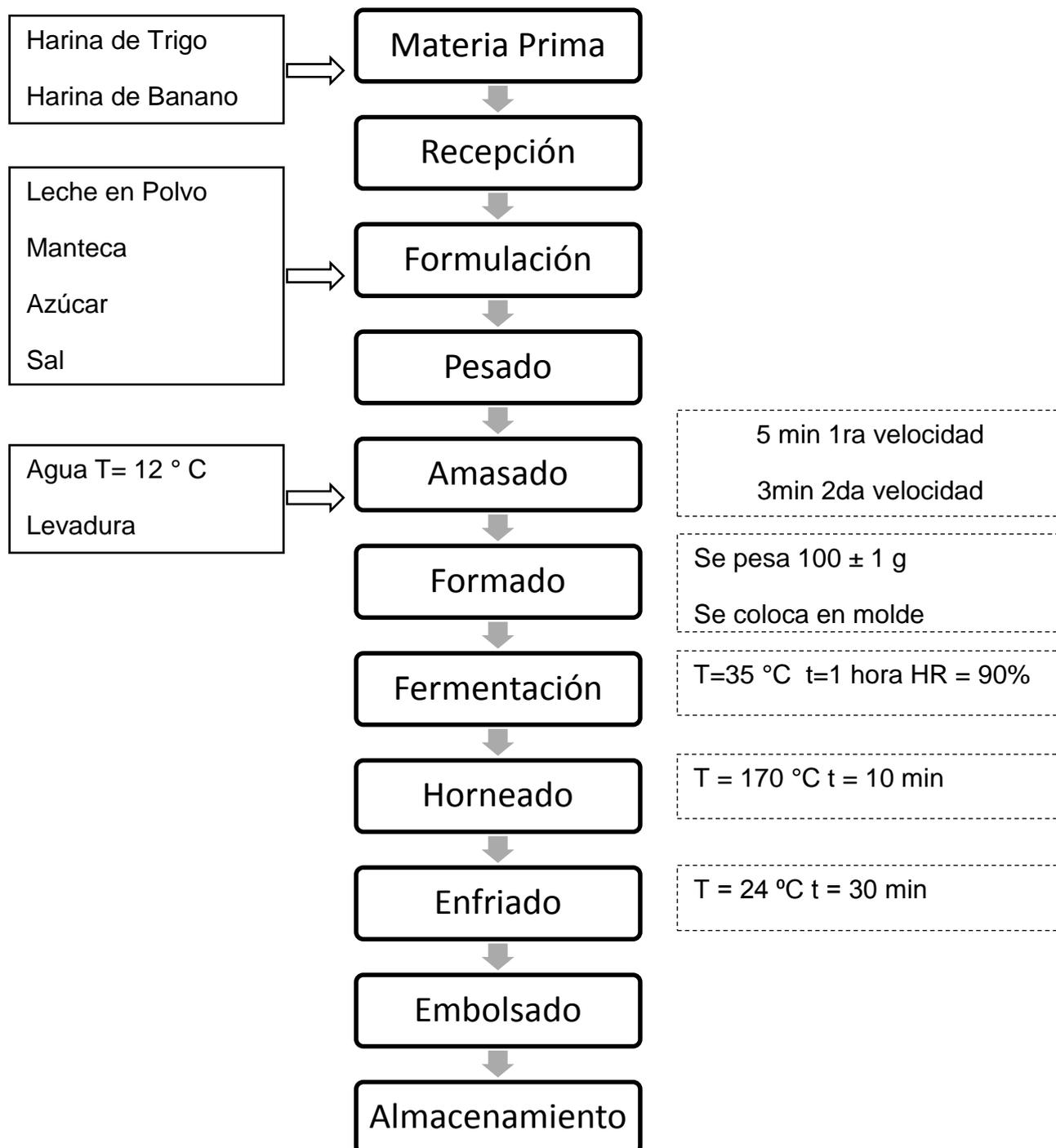
La fermentación se llevó a cabo en una estufa (Thermo Scientific, Distrito Federal), a una temperatura de  $35 \pm 1$  °C y a una humedad relativa de 90% mediante la introducción de vapor de agua, el tiempo de fermentación fue de una hora para todas las muestras.

Para que se lleve a cabo el horneado fue necesario precalentar el horno a 180°C durante 5 minutos, una vez transcurrido el tiempo de fermentación se hornea a una temperatura de  $170 \pm 5$  °C durante 10 minutos. Finalmente el pan fue desmoldado y enfriado para guardarlo en fundas de polietileno de baja densidad con cierre hermético para su posterior análisis.

**TABLA 4**  
**INGREDIENTES QUE SE UTILIZARON PARA LA**  
**ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS DE PAN TIPO MOLDE**

<b><i>Ingredientes</i></b>	<b><i>Control</i></b>	<b><i>Estado 1</i></b>	<b><i>Estado 2</i></b>	<b><i>Estado 3</i></b>
<b><i>Agua</i></b>	√	√	√	√
<b><i>Azúcar</i></b>	√	√	√	√
<b><i>Harina Banano Estado1</i></b>		√		
<b><i>Harina Banano Estado2</i></b>			√	
<b><i>Harina Banano Estado3</i></b>				√
<b><i>Harina de Panificación</i></b>	√	√	√	√
<b><i>Leche en polvo</i></b>	√	√	√	√
<b><i>Levadura</i></b>	√	√	√	√
<b><i>Manteca</i></b>	√	√	√	√
<b><i>Sal</i></b>	√	√	√	√

Elaborado por: Karina Cadena, 2014



**FIGURA 2.1 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE PAN TIPO MOLDE.**

Elaborado por: Karina Cadena ,2014

## **2.4 Propiedades físicas de pan tipo molde**

Las propiedades físicas del pan fueron medidas al día siguiente, se realizaron las medidas por triplicado. Para su medición se rebanó el pan con 1 cm de ancho y se utilizaron los mismos panes para medir las propiedades químicas descritas posteriormente.

### **2.4.1 Textura**

La textura se analizó con el equipo CT3, un texturómetro (Brookfield, Chicago) a través del software CT Texture Pro.

Se analizaron rebanadas de pan de 1 cm de ancho a las que se les retiró la corteza utilizando un cuchillo eléctrico.

Los ensayos se realizaron con una temperatura ambiente de  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Los atributos de textura medidos fueron: dureza en el primer ciclo o impacto, índice de elasticidad, firmeza, la cual es aceptada como una medida de frescura para el pan y masticabilidad. Las condiciones de trabajo del texturómetro se describen en la tabla 5.

**TABLA 5**  
**CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA EL CT3 ANALIZER**  
**TEXTURE**

<b>Tipo de Test</b>	<i>ATP</i>
<b>Velocidad</b>	1 mm/s
<b>Carga de Activación</b>	0,050 N
<b>Sonda</b>	TA4/1000
<b>Base</b>	TA-BT
<b>Frecuencia de Muestreo</b>	10 puntos/s
<b>Espesor</b>	50% de la altura
<b>Carga de Celda</b>	4500 g

Elaborado por Karina Cadena, 2014

#### 2.4.2 Volumen específico

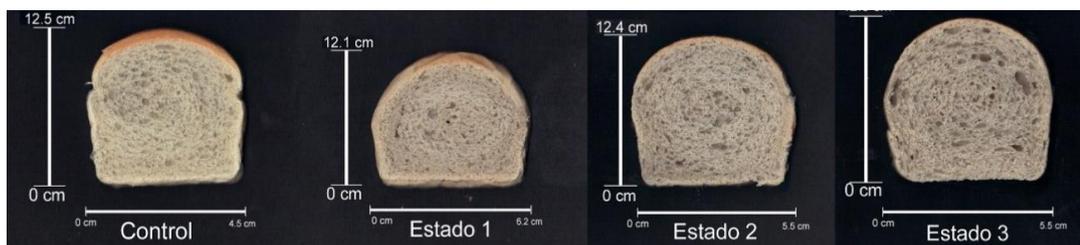
Se determinó el peso del molde del pan, y para determinar el volumen se utilizó el método de desplazamiento de semillas de mostaza; esta prueba se realizó teniendo la hogaza de pan completa antes de rebanar.

El volumen específico es la resultante de una relación volumen/peso.

$$\text{Volumen específico (cm}^3/\text{g)} = \frac{\text{Volumen de la hogaza de pan}}{\text{peso del pan}}$$

### 2.4.3 Dimensiones

Las dimensiones del pan que se midieron fueron alto y ancho. En la Figura 2.1 la imagen ha sido editada, para observar de manera práctica las dimensiones del pan.



Elaborada por Karina Cadena, 2015

**FIGURA 2.2 VISTA TRANSVERSAL DE UNA REBANADA DE PAN TIPO MOLDE CON SU ALTURA Y ANCHO PARA EL CONTROL CON HARINA DE TRIGO Y LOS ESTADOS DE MADUREZ 1, 2, 3 CON UNA SUSTITUCIÓN DEL 10%.**

### 2.4.4 Color

Para la medición de color se utilizó la Metodología económica aplicada en alimentos (9). Con este método se pudo determinar las coordenadas cromáticas  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , también referidas como CIELAB. Se analizó el pan sin corteza. Las fotos se tomaron con una cámara

profesional de 12 Mega Pixeles de resolución. Las imágenes se procesaron con Photoshop 5 versión CS5.

## **2.5 Propiedades químicas**

### **2.5.1 Actividad de agua**

La Actividad de agua ( $A_w$ ) se determinó en el equipo AQUALAB, (Decagon, Washington)

### **2.5.2 Humedad**

Mediante un determinador de humedad (Kern, Balingen) se obtuvo los valores porcentuales para la humedad del pan. Se empleó como referencia el método para la determinación de humedad de cereales y harinas, AOAC 925,10.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa STATGRAPHICS Centurion (2013). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias por Tukey para las 4 muestras de pan, donde se analizaron las propiedades químicas y físicas exceptuando el volumen específico y color.

Al volumen específico se le realizó un análisis de varianza no paramétrico y una comparación de rangos múltiples de Kruskal-

Wallis. Para el color se analizó el diagrama de cajas y bigotes. Todos los análisis efectuados se realizaron con un nivel de confianza del 95%.

# CAPÍTULO 3

## 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 3.1 Influencia del estado de madurez del banano en las propiedades físicas del pan tipo molde

En la tabla 6 se observan los resultados de las propiedades físicas para nuestras rebanadas de pan. La muestra del estado de madurez 1 presentó una menor dimensión en comparación a todas las muestras. Además, se realizó un análisis de perfil de textura (APT) sin encontrarse diferencias significativas para el índice de elasticidad, masticabilidad y firmeza. En la dureza si se presentó diferencia significativa en el estado 2. Este resultado se puede atribuir al contenido de almidón que favorece a la estructura interna del pan, haciéndola más sólida. Por otro lado, al analizar el volumen específico se observa que la muestra con estado de madurez 3 y el

control tienen igual volumen, esto puede deberse a la presencia de azúcares simples que facilita el proceso de fermentación.

**TABLA 6**  
**PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAN TIPO MOLDE PARA LAS**  
**DIFERENTES MUESTRAS**

	<b>Control</b>	<b>Estado 1</b>	<b>Estado 2</b>	<b>Estado 3</b>
<b>Alto/ ancho</b>	2,18 ± 0,03 a	1,96 ± 0,05 b	2,19 ± 0,01 a	2,20 ± 0,09 a
<b>Dureza</b> <i>N</i>	3,27 ± 0,49 a	2,88 ± 0,22 a	4,60 ± 0,09 b	3,56 ± 0,56 a
<b>Firmeza</b> <i>N</i>	2,50 ± 0,40 a	2,16 ± 0,19 a	2,61 ± 0,09 a	2,61 ± 0,36 a
<b>Índice de elasticidad</b>	0,90 ± 0,0 a	0,90 ± 0,0 a	0,87 ± 0,05 a	0,90 ± 0,0 a
<b>Masticabilidad</b> <i>mJ</i>	14,74 ± 1,52 a	16,44 ± 0,38 a	11,77 ± 0,09 a	14,17 ± 1,66 a
<b>Volumen específico</b> <i>cm<sup>3</sup>/g</i>	12,50 ± 0,08 a	6,25 ± 0,15 b	2,75 ± 0,04 c	12,50 ± 0,02 a
<i>Valores con diferentes letras en la misma fila son estadísticamente diferente. (p valor &lt; 0,05), (n=3)</i>				
<i>Elaborada por Karina Cadena , 2015</i>				

En general, entre los estados de madurez no existe diferencia significativa relevante, exceptuando el volumen específico el cual aumenta a medida que se incrementa la madurez. Siendo los

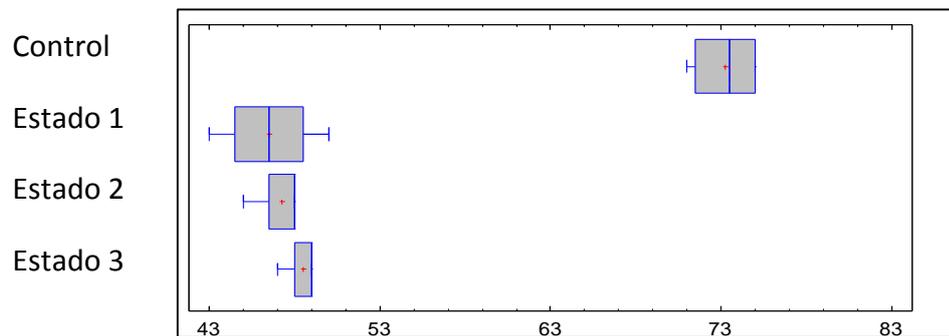
cambios fisiológicos del banano influyente en el volumen del pan, donde se atribuye la diferencia a la transformación de almidón a azúcares fermentables, lo cual se refleja también en las dimensiones del estado 1 las cuales son de menor tamaño.

### **Color**

Se analiza el gráfico de Cajas y Bigotes para cada coordenada cromática de manera individual, debido a que los datos no cumplen una distribución normal.

### **L\*, Luminosidad**

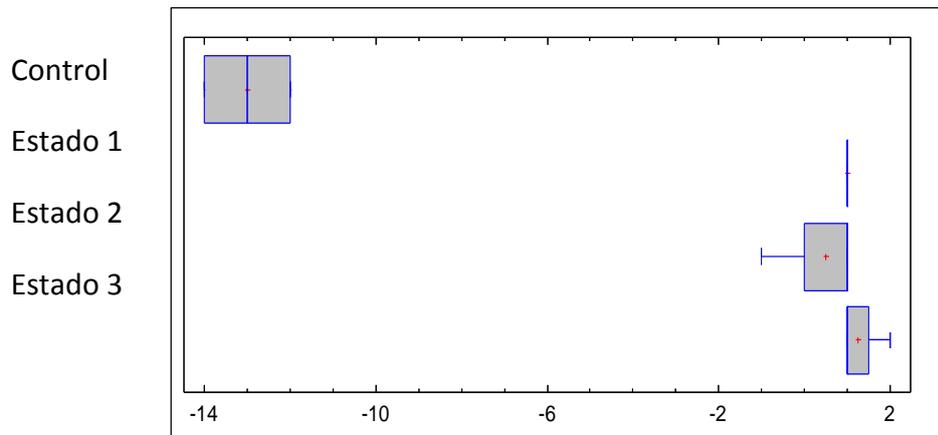
Se observa en el gráfico 3.1 que existe diferencia significativa entre el control y las sustituciones parciales de harina de banano. El control presentó valores más cercanos a 100. Tiene una mayor tonalidad de blanco, debido al uso exclusivo de harina de trigo. Mientras que las muestras con los diferentes estados de madurez presentan tonos menos luminosos a pesar que se empleó ácido cítrico en la obtención de la harina de banano, cuyo objetivo fue evitar la oxidación enzimática del fruto. Por lo que se debería incluir un desemmado en el proceso de obtención de HBV para reducir el tono oscuro dado.



Elaborado por Karina Cadena, 2015

**FIGURA 3.1 GRÁFICO DE CAJAS Y BIGOTES DE LA COORDENADA L\* a\***

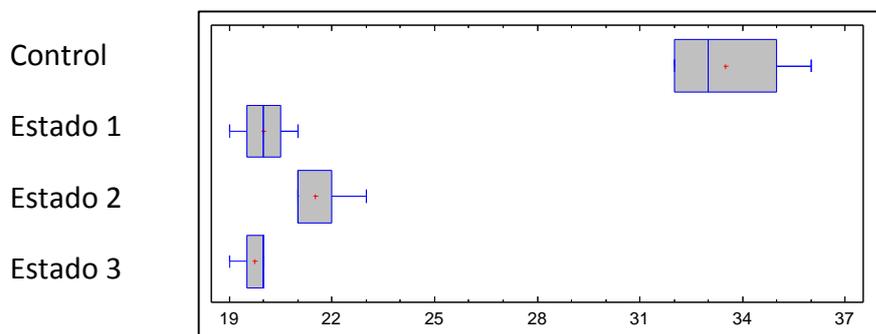
Para la coordenada  $a^*$  se observan valores en negativo y en positivo, las muestras con harina de banano presentan coordenadas positivas con tonalidades verdes, mientras que el control presenta datos negativos cuya tonalidad se acerca al rojo. En la gráfica 3.2 se observa que existe diferencia significativa entre el control y sus sustituciones parciales. Se observan datos uniformes en el primer estado de madurez.



Elaborado por Karina Cadena, 2015

**FIGURA 3.2 GRÁFICO DE CAJAS Y BIGOTES DE LA COORDENADA A\* B\***

Cuando la coordenada  $b^*$  presenta valores positivos su tonalidad es amarilla caso contrario presenta color azul. Existe una diferencia significativa entre el control y sus sustituciones parciales; los datos obtenidos son todos valores positivos, siendo evidente al presentar nuestro pan una coloración crema.



Elaborado por Karina Cadena, 2015

**FIGURA 3.3 GRÁFICO DE CAJAS Y BIGOTES DE LA COORDENADA b\***

### 3.2 Influencia del estado de madurez del banano en las propiedades químicas del pan tipo molde

**TABLA 7**

**MEDIAS DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL PAN TIPO MOLDE**

<b>MUESTRA</b>	<b><i>A<sub>w</sub></i></b>	<b><i>% Humedad</i></b>
<i>Control</i>	0,79±0,29 b	33,72±3,34 a
<i>Estado 1</i>	0,90±0,01 a	33,51±2,28 a
<i>Estado 2</i>	0,90±0,01 a	33,89±3,39 a
<i>Estado 3</i>	0,87±0,01 a	32,93±4,67 a
<p><i>Valores con diferentes letras en la misma columna son estadísticamente diferente. (p valor &lt; 0,05), (n=3)</i></p> <p><i>Elaborada por Karina Cadena , 2015</i></p>		

El análisis de la actividad de agua y humedad no evidencia diferencia significativa entre muestras. Es decir, las muestras sustituidas tienen valores homogéneos con respecto al control. Para el valor de 0,79 aún es posible que exista la proliferación de mohos y si se observan los valores de  $A_w$  obtenidos para los panes sustituidos con harina de banano en los diferentes estados, son elevados, donde inclusive puede existir crecimiento microbiano. Se recomienda realizar pruebas de tiempo de vida útil, debido a los altos valores de actividad de agua.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente proyecto se observó que el estado de madurez influye significativamente en algunas propiedades fisicoquímicas del pan específicamente el volumen específico, la dureza, relación alto ancho y color. Con respecto al volumen específico, no se encontró diferencia significativa entre la harina de banano en estado 3 y el control. Se atribuye este fenómeno a la baja presencia de azúcares simple que se incrementan conforme avanza la maduración convirtiéndose en un recurso energético inmediato para las levaduras durante la fermentación, teniendo así en los estados de madurez dos y tres panes de mayor dimensión y volumen.

Por otro lado, respecto a la textura no se pudo establecer diferencia significativa entre el índice de elasticidad, masticabilidad, firmeza. Visualmente se obtuvieron panes esponjosos, donde sus rebanadas

presentaban estructuras sin irregularidades en la superficie para todas las muestras. Respecto a las pruebas de dureza el estado 2 presente una mayor dureza.

En relación con el color, no se observó diferencia significativa entre los estados de madurez. Sin embargo, al comparar con el control se observó una diferencia significativa. Este resultado puede ser una desventaja al reemplazo del 10% con harina de banano, pudiendo existir un rechazo por parte de los consumidores. Se recomendaría realizar una prueba de aceptación de este tipo de pan, además de agregar un proceso de desmolido a la obtención de la harina de banano.

**ANEXOS**

## **ANEXO A**

### **FORMULACIÓN DEL PAN TIPO MOLDE**

### **EMPLEADA DURANTE LA EXPERIMENTACIÓN**

### PAN TIPO MOLDE CONTROL

Ingredientes	Cantidad Utilizada		Proveedor
HARINA DE TRIGO	350	g	Harina de panificación Supermaxi
LEVADURA	10,5	g	Fleishman
LECHE EN POLVO	14	g	Nestle
SAL	7	g	Ecuasal
AZÚCAR	28	g	Ingenio Valdez
MANTECA	17,5	g	Danec
AGUA	217	g	Al Natural

### PAN TIPO MOLDE CON 10% DE SUSTITUCIÓN

HARINA DE BANANO	35	g	En su respectivo estado de madurez 1,2 y 3
HARINA DE TRIGO	315	g	Harina de panificación Supermaxi
LEVADURA	10,5	g	Fleishman
LECHE EN POLVO	14	g	Nestle
SAL	7	g	Ecuasal
AZÚCAR	28	g	Ingenio Valdez
MANTECA	17,5	g	Danec
AGUA	217	g	All Natural

Elaborado por Karina Cadena, 2014

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Ecuavisa. (2014). *Panificadores analizan propuesta de analizar harina de banano en el pan*. En *Ecuavisa* Consultado el 11 de febrero del 2015. Disponible en: <http://www.ecuavisa.com/articulo/noticias/actualidad/51985-panificadores-analizanpropuesta-utilizar-harina-banano-pan>
- 2) El Universo. (2014). *Uso de harina de banano en estudio, según ministro*. [Versión electrónica]. En *Diario El Universo*. Consultado el 15 de diciembre del 2014. Disponible en: <http://tinyurl.com/pn3yy2l>
- 3) INEC. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). *Ecuador en cifras*. [En línea] 2011. Disponible en: [http://www.inec.gob.ec/espac\\_publicaciones/espac-2011/](http://www.inec.gob.ec/espac_publicaciones/espac-2011/)
- 4) Sucunuta A., y Plúas N. *“Diseño de una planta deshidratadora de banano usando un secador de gabinete para la producción de harina”*. TESIS DE GRADO DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. Guayaquil, Ecuador. 2011.

- 5) Asociación Macro regional de Agro productores para la exportación. (2008) *Perfil de Mercado Harina de Banano*. Consultado el 26 de febrero del 2015. Disponible en: [http://www.ampex.com.pe/down\\_file.php?f=perfil-harina-banano.pdf&ruta=perfi](http://www.ampex.com.pe/down_file.php?f=perfil-harina-banano.pdf&ruta=perfi)
- 6) Vieira, Carolina, et al. Nutritional Potencial of Green Banana Flour Obtained by Drying in Spouted Bed. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 2013, págs. 1140-1146.
- 7) Wills R.; Graham D.; Joyce D., et al. (1981) *Postharvest an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. (4<sup>a</sup> ed.). New York. USA: AB International.
- 8) Calaveras, J. (1996) *Tratado de Panificación y Bollería*. Madrid, España: Mundi-Prensa libros.
- 9) Chuchuca G., Dick A., y Peñafiel J. *“Implementación y validación de una metodología económica para la medición de color aplicada a los alimentos”*. TESIS DE GRADO DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. Guayaquil, Ecuador. 2012.

