

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**PRODUCCIÓN EXPERIMENTAL DE HARINA DE BANANO VARIEDAD  
CAVENDISH EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA**

**Por:**

**MARIA FERNANDA GARCIA ORELLANA**

**Proyecto de Grado, Modalidad “Investigación Aplicada” presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

**2016**

**TARIJA-BOLIVIA**

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor

**Dedicatoria:**

A la memoria de mi madre, Maria Salomé Orellana, quien se fue de mi lado con la ilusión de ver este momento tan importante en mi vida.

A mi padre, Ricardo Garcia Castro, por ser mi fortaleza diaria, mi compañero y la persona que me impulso incansablemente a lograr mis metas personales.

Y a todas las personas que se fueron de nuestro lado, víctimas de la terrible enfermedad del Cáncer y con gran respeto, a las mujeres y hombres que luchan día a día por su vida ante esta implacable enfermedad.

**Agradecimientos:**

A Dios, por darme la vida, sabiduría y fortaleza que necesite en muchos momentos.

A mi madre, por ser el ángel que me ilumina y me acompaña siempre.

A mi padre, quien con su apoyo, amor incondicional, disciplina e infinitos consejos aprendí a seguir adelante y luchar por mis metas.

A mi familia, agradecerles de corazón por estar a mi lado en las buenas y en las malas, por el apoyo incondicional que me han brindado, el cariño y sus consejos.

A todas mis amigas y amigos, que me dieron el aliento e impulso para concluir este trabajo.

Y a todas aquellas personas, que me apoyaron y que con sus palabras de aliento me incentivaron a seguir adelante.

### **Agradecimientos especiales:**

Al Ing. Adalid Aceituno por permitirme y facilitarme el uso de las instalaciones del Laboratorio de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) para desarrollar la parte experimental de mi investigación; y a todas las personas que trabajan en esta institución, por su apoyo y sus palabras de aliento, por su amistad, atención y colaboración prestada.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Química, por todos sus conocimientos impartidos y por formarnos como buenos profesionales.

A mi tutor Ing. Jorge Tejerina O., por toda su paciencia, conocimiento, orientación y dedicación para realizar este trabajo. A usted Ing. ¡Muchas Gracias!.

A los miembros del Tribunal Calificador, Ing. Wilma Gallardo, Ing. Juan Pablo Herbas e Ing. Franco Sánchez, por su atención, disponibilidad y apoyo brindado a mi persona, muchísimas gracias.

Al Ing. Ernesto Auad, por sus palabras de aliento, orientación y apoyo, al que le expreso mis respetos y aprecio.



## ÍNDICE

	Página
Advertencia .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Pensamiento .....	iv
Resumen.....	v

## INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES .....	1
VARIETADES CULTIVADAS DE BANANO EN BOLIVIA .....	2
ASPECTOS GENERALES DE LA PLANTA DE BANANO.....	3
a) TAXONOMÍA.....	3
b) MORFOLOGÍA.....	3
PRODUCCIÓN DE BANANO EN BOLIVIA .....	5
OBJETIVOS .....	6
OBJETIVO GENERAL.....	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
JUSTIFICACION .....	7

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

1.1. DESCRIPCIÓN DEL BANANO ORGÁNICO .....	9
1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL BANANO .....	9
1.3. USOS Y APLICACIONES DEL BANANO.....	11
1.3.1. PROPIEDADES TERAPÉUTICAS.....	11
1.4. PROCESOS DE ELABORACIÓN DE LA HARINA DE BANANO.....	11
1.4.1. CLASIFICACIÓN.....	12
1.4.2. LAVADO .....	12
1.4.3. PELADO Y REDUCCIÓN DE TAMAÑO.....	13
1.4.4. FIJACIÓN DE COLOR.....	13

1.4.5.	COLOCADO DEL BANANO EN BANDEJAS.....	13
1.4.6.	SECADO .....	13
1.4.7.	MOLIDO .....	13
1.4.8.	TAMIZADO .....	13
1.4.9.	ENVASADO .....	14
1.5.	PARDEAMIENTO.....	14
1.5.1.	PARDEAMIENTO NO ENZIMÁTICO .....	14
1.5.1.1.	PARDEAMIENTO NO ENZIMÁTICO EN EL BANANO .....	15
1.5.2.	PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO .....	16
1.5.2.1.	PREVENCIÓN DEL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO .....	16
1.5.2.2.	PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO EN EL BANANO.....	18
1.6.	CARACTERÍSTICAS DEL PRETRATAMIENTO .....	18
1.6.1.	DESCRIPCIÓN DE ESCALDADO.....	18
1.7.	SECADO Y DESHIDRATADO .....	19
1.8.	CLASIFICACIÓN DE SECADORES SEGÚN SU USO .....	20
1.8.1.	SECADOR DE BANDEJAS .....	20
1.9.	CURVAS DE SECADO.....	22
1.10.	FACTORES QUE AFECTAN AL PROCESO DE SECADO.....	24
1.10.1.	TEMPERATURA DEL AIRE.....	24
1.10.2.	HUMEDAD.....	25
1.10.3.	VELOCIDAD DEL AIRE .....	26
1.10.4.	NATURALEZA DE LA MATERIA PRIMA .....	26
1.10.5.	CARGA DE LAS BANDEJAS .....	27
1.11.	MOLIENDA .....	27
1.11.1.	TIPOS DE MOLINOS.....	27
1.12.	TAMIZADO .....	29
1.12.1.	TIPOS DE TAMICES INDUSTRIALES.....	29
1.13.	HARINA.....	30
1.13.1.	CLASIFICACIÓN DE LAS HARINAS .....	30
1.14.	DESCRIPCIÓN DE LA HARINA DE BANANO.....	31
1.15.	USOS DE LA HARINA DE BANANO.....	32
1.16.	PROPIEDADES DE LA HARINA DE BANANO.....	32
1.17.	COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRITIVO DE LA HARINA DE BANANO .....	33



1.17.1.	COMPOSICIÓN.....	33
1.17.2.	VALOR NUTRITIVO.....	33

## CAPÍTULO II

### PARTE EXPERIMENTAL

2.1.	INTRODUCCION.....	35
2.2.	REQUERIMIENTO DE EQUIPOS .....	35
2.2.1.	ESTUFA DE CONVECCIÓN FORZADA .....	35
2.2.2.	BALANZA ELECTRÓNICA.....	36
2.2.3.	MOLINO DE MARTILLOS .....	37
2.2.4.	TAMIZ VIBRATORIO .....	37
2.3.	MATERIALES .....	38
2.4.	MATERIA PRIMA .....	39
2.5.	ADITIVOS E INSUMOS .....	39
2.6.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL.....	39
2.6.1.	RECEPCIÓN DEL BANANO .....	40
2.6.2.	SELECCIÓN DEL BANANO.....	41
2.6.3.	LAVADO .....	41
2.6.4.	ESCALDADO .....	42
2.6.5.	PELADO .....	42
2.6.6.	CORTADO EN RODAJAS.....	43
2.6.7.	PRETRATAMIENTO .....	43
2.6.8.	SECADO .....	44
2.6.9.	MOLIENDA .....	45
2.6.10.	TAMIZADO .....	45
2.6.11.	ENVASADO .....	46
2.7.	METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS ..	47
2.7.1.	PROPIEDADES FÍSICAS .....	47
2.7.2.	PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS .....	47
2.7.3.	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS .....	48
2.7.4.	ANÁLISIS SENSORIAL .....	48

2.7.4.1.	ANÁLISIS SENSORIAL EN EL PRETRATAMIENTO.....	50
2.8.	DISEÑO FACTORIAL .....	51

### **CAPÍTULO III**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

3.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA .....	53
3.1.1.	PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MATERIA PRIMA .....	53
3.1.2.	PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA .....	55
3.2.	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE ÁCIDO CÍTRICO Y EL TIEMPO DE INMERSIÓN .....	55
3.2.1.	EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ESTABLACER LA CONCENTRACIÓN Y TIEMPO .....	56
3.3.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO FACTORIAL.....	65
3.4.	SECADO .....	68
3.5.	BALANCE DE MATERIA.....	75
3.5.1.	RESUMEN GENERAL DEL BALANCE DE MATERIA.....	87
3.6.	BALANCE DE ENERGÍA.....	88
3.7.	EVALUACIÓN DEL PRODUCTO.....	91
3.7.	EVALUACIÓN DEL PRODUCTO.....	91
3.8.	EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO FINAL .....	93

### **CAPÍTULO IV**

#### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1.	CONCLUSIONES.....	97
4.2.	RECOMENDACIONES.....	99
	BIBLIOGRAFÍA .....	100
	ANEXOS .....	103

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica del banano .....	3
Tabla I-1 Composición del valor nutricional de la pulpa de banano .....	10
Tabla I-2 Composición química de la pulpa de banano .....	10
Tabla I-3 Tipo de Secadores .....	20
Tabla I-4 Valores Nutricionales de la Harina de Banano por 100g de porción comestible. ...	34
Tabla II-1 Materiales de laboratorio .....	38
Tabla II-2 Propiedades físicas de la materia prima.....	47
Tabla II-3 Técnicas para la determinación de las propiedades fisicoquímicas .....	47
Tabla II-4 Técnicas para la determinación de los análisis microbiológicos .....	48
Tabla II-5 Factores de estudio.....	51
Tabla II-6 Esquema matricial para la obtención de harina de banano .....	52
Tabla III-1 Propiedades físicas del banano verde .....	54
Tabla III-2 Composición fisicoquímica del banano verde.....	55
Tabla III-3 Promedios de la evaluación sensorial del atributo sabor .....	58
Tabla III-4 Promedios de la evaluación sensorial del atributo color.....	60
Tabla III-5 Promedios de la evaluación sensorial del atributo olor .....	61
Tabla III-6 Promedios de la evaluación sensorial del atributo textura.....	63
Tabla III-7 Promedios de la Evaluación Sensorial General .....	64
Tabla III-8 Valores experimentales de concentración y tiempo .....	66
Tabla III-9 Análisis de Varianza de la variable del contenido de Acidez.....	66
Tabla III-10 ANOVA.....	67
Tabla III-11 Coeficientes .....	67
Tabla III-12 Pérdida de peso en el secado del banano .....	68
Tabla III-13 Variación del contenido de humedad en base seca.....	70
Tabla III-14 Datos de la velocidad de secado .....	74
Tabla III-15 Propiedades psicométricas del aire.....	81
Tabla III-16 Análisis fisicoquímicos de la “Harina de Banano”.....	91
Tabla III-17 Análisis microbiológicos de “Harina de Banano” .....	92
Tabla III-18 Comparación de los análisis fisicoquímicos de la “Harina de banano” .....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Morfología de una planta de banano <i>Cavendish</i> .....	4
Figura 2 Ubicación geográfica de zonas productoras de banana en Bolivia.....	5
Figura 1-1 Banano verde (variedad Cavendish).....	9
Figura 1-2 Diagrama de flujo para la elaboración de “Harina de Banano” .....	12
Figura 1-3 Secador de Bandejas.....	21
Figura 1-4 Curva de Régimen de Secado.....	22
Figura 1-5 Curva de Velocidad de Secado.....	22
Figura 1-6 Harina de banano.....	32
Figura 2-1 Depósitos de banano (variedad Cavendish) .....	39
Figura 2-2 Diagrama de flujo para la elaboración de “Harina de Banano” .....	40
Figura 2-3 Banano verde y fresco .....	41
Figura 2-4 Dedos de banano seleccionado.....	41
Figura 2-5 Proceso de lavado.....	42
Figura 2-6 Proceso de escaldado.....	42
Figura 2-7 Proceso de pelado.....	43
Figura 2-8 Proceso de cortado .....	43
Figura 2-9 Proceso de inmersión en solución .....	44
Figura 2-10 Proceso de secado.....	44
Figura 2-11 Proceso de molienda.....	45
Figura 2-12 Proceso de tamizado.....	46
Figura 2-13 Proceso de envasado.....	46
Figura 3-1 Promedios de la evaluación sensorial del atributo sabor.....	59
Figura 3-2 Promedios de la evaluación sensorial del atributo color .....	60
Figura 3-3 Promedios de la evaluación sensorial del atributo olor .....	62
Figura 3-4 Promedios de la evaluación sensorial del atributo textura .....	63
Figura 3-5 Promedios de la evaluación sensorial general.....	65
Figura 3-6 Pérdida de peso del banano .....	69
Figura 3-6 Variación del contenido de humedad en base seca .....	71
Figura 3-7 Cinética de secado para la obtención de harina de banano .....	74
Figura 3-8 Diagrama de bloques del balance de materia para la obtención de Harina de Banano .....	76

Figura 3-9 Resumen general del balance de materia para la obtención de harina de banano .	87
Figura 3-10 Productos de harina de banano.....	94
Figura 3-11 Resultados del análisis sensorial de la harina de banano .....	95
Figura 3-12 Resultados del análisis sensorial de la harina de banano .....	96

## ÍNDICE DE CUADROS Y GRÁFICAS

Gráfico 1 Bolivia comportamiento de la producción de banana .....	6
Cuadro II-1 Características técnicas de la estufa de convección forzada.....	36
Cuadro II-2 Características técnicas de la balanza electrónica .....	36
Cuadro II-3 Características técnicas del molino de martillos.....	37
Cuadro II-4 Características técnicas del tamiz vibratorio .....	38
Cuadro III-1 Escala hedónica para la evaluación sensorial de los atributos sabor, color, olor y textura.....	57