

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**



**ELABORACIÓN DE CEREAL SABORIZADO DE**  
**CHOCOLATE**

**Por:**

**DIMAR ARIEL MACHICADO COPA**

Trabajo final de grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos

**Agosto, 2011**  
**Tarija-Bolivia**

V°B°

.....  
Msc. Ing. Erick Ramírez Ruiz  
DOCENTE DE TRABAJO FINAL (INA102)

.....  
Lic. Gustavo Sucsí  
VICEDECANO DE LA FACULTAD  
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

.....  
Ing. Luis Fernando Yurquina  
DECANO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

.....  
Ing. Ignacio Velásquez Sossa  
DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO  
DE PROCESOS INDUSTRIALES  
BIOTECNOLÓGICOS Y AMBIENTALES

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, que en la tierra y desde el cielo me brindó todo su amor y apoyo durante el camino de mi enseñanza. Sin su ayuda no hubiera sido la persona que ahora soy.

## ÍNDICE

### CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	<b>PÁGINA</b>
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Justificación .....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.3.1. Objetivo general .....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Planteamiento de problema general .....	4
1.4.1. Planteamiento de los problemas específicos .....	4
1.5. Planteamiento de la hipótesis general.....	5

### CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Origen del maíz en Latinoamérica y Bolivia.....	6
2.1.1. Definición de maíz .....	7
2.2. Razas o variedades de maíz .....	8
2.2.1. Características generales del maíz amarillo cubano “maíz duro” .....	8
2.2.2. Usos del maíz .....	9
2.2.3. Composición nutricional del maíz amarillo cubano “maíz duro” .....	11
2.3. Semolina de maíz. ....	13
2.4. Definición de la torta de soya .....	14
2.4.2. Composición nutricional de la torta de soya .....	14
2.4.2. Aplicaciones de la torta de soya .....	15

2.5.	Extrusión y sus efectos sobre la mezcla de harinas .....	15
2.5.1.	Efecto de la extrusión sobre los almidones .....	15
2.5.2.	Efecto de la extrusión sobre las grasas .....	16
2.5.3.	Efecto de la extrusión sobre la proteína .....	17
2.5.4.	Efecto de la extrusión sobre la fibra .....	17
2.5.5.	Efecto de la extrusión sobre las vitaminas .....	18
2.6.	Características de los insumos y aditivos .....	18
2.6.1.	Cacao en polvo .....	18
2.6.2.	Azúcar .....	18
2.6.2.	Edulcorante artificial (Edultier) .....	19

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Introducción.....	21
3.2.	Requerimiento de equipos y material de laboratorio .....	21
3.2.1.	Equipos.....	21
3.2.1.1.	Extrusor de simple tornillo .....	21
3.2.1.2.	Balanza analítica digital 1 .....	22
3.2.1.3.	Balanza analítica digital 2 .....	22
3.2.1.4.	Envasadora al vacío.....	23
3.2.1.5.	Selladora eléctrica .....	23
3.2.1.6.	Secador rotatorio manual.....	24
3.2.1.7.	Refractómetro portable.....	24
3.2.1.8.	Termómetro digital infrarrojo.....	24
3.2.1.9.	Quemador de llama.....	25
3.2.1.10.	Material de laboratorio e instrumentos.....	25
3.3.	Insumos y aditivos alimentarios .....	26
3.4.	Descripción del proceso de elaboración de cereal saborizado .....	26

3.4.1.	Materia prima .....	28
3.4.2.	Mezclado 1 .....	28
3.4.3.	Mezclado 2 .....	28
3.4.4.	Extrusión .....	29
3.4.5.	Enfriado 1 .....	29
3.4.6.	Saborizado .....	29
3.4.7.	Secado .....	30
3.4.8.	Enfriado 2 .....	31
3.4.9.	Envasado .....	31
3.5.	Metodología para la obtención de resultados .....	31
3.5.1.	Propiedades fisicoquímicas de la mezcla de harinas .....	31
3.5.2.	Propiedades fisicoquímicas del cereal extruido .....	32
3.5.3.	Propiedades fisicoquímicas del cereal saborizado .....	33
3.5.4.	Propiedades microbiológicas del cereal saborizado .....	33
3.5.5.	Evaluación sensorial .....	33
3.5.5.1.	Evaluación sensorial para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura .....	34
3.5.5.2.	Evaluación sensorial para elegir la dosificación final del líquido de cobertura .....	34
3.6.	Diseño experimental .....	34

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Características fisicoquímicas de la materia prima .....	36
4.2.	Obtención del “cereal extruido sabor chocolate” .....	37
4.2.1.	Características fisicoquímicas del “cereal extruido sabor chocolate” ....	38
4.3.	Caracterización de las variables del proceso de dosificación inicial	

del líquido de cobertura .....	38
4.3.1. Evaluación sensorial del atributo color para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura .....	39
4.3.2. Análisis de varianza del atributo color para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura .....	41
4.3.3. Evaluación sensorial del atributo olor para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura .....	42
4.3.4. Análisis de varianza del atributo olor para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura .....	44
4.3.5. Evaluación sensorial del atributo sabor para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura .....	45
4.3.6. Análisis de varianza del atributo sabor para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura .....	47
4.3.7. Evaluación sensorial del atributo textura para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura .....	48
4.3.8. Prueba de Duncan del atributo textura para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura .....	50
4.3.9. Caracterización de las variables del proceso de dosificación final del líquido de cobertura.....	52
4.3.9.1. Evaluación sensorial del atributo color para elegir la dosificación final del líquido de cobertura.....	52
4.3.9.2. Análisis de varianza del atributo color para elegir la dosificación final del líquido de cobertura.....	54
4.3.9.3. Evaluación sensorial del atributo olor para elegir la dosificación final del líquido de cobertura.....	55
4.3.9.4. Análisis de varianza del atributo olor para elegir la dosificación final del líquido de cobertura.....	57
4.3.9.5. Evaluación sensorial del atributo sabor para elegir la dosificación final del líquido de cobertura.....	58
4.3.9.6. Análisis de varianza del atributo sabor para elegir la dosificación	



final del líquido de cobertura.....	60
4.3.9.7. Evaluación sensorial del atributo textura para elegir la dosificación	
final del líquido de cobertura.....	61
4.3.9.8. Prueba de Duncan del atributo textura para elegir la dosificación	
final del líquido de cobertura.....	63
4.4. Análisis del diseño factorial para el proceso de dosificación	
del líquido de cobertura .....	64
4.5. Caracterización del producto (cereal saborizado) .....	66
4.5.1. Análisis fisicoquímico de cereal saborizado .....	66
4.5.2. Análisis microbiológico de cereal saborizado .....	67
4.6. Balance de materia en el proceso de elaboración de cereal saborizado ...	68
4.6.1. Balance de materia para el líquido de cobertura en la etapa	
de saborizado .....	69
4.6.2. Balance de materia en el proceso de secado del cereal saborizado .....	70
4.6.3. Resumen del balance de materia del proceso de elaboración de cereal	
saborizado .....	71
4.7. Balance de energía en el proceso de elaboración de cereal saborizado ....	72
4.7.1. Balance de energía en la elaboración del líquido de cobertura .....	73
4.7.2. Balance de energía para en el proceso de secado del cereal saborizado ...	75

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones .....	77
5.2. Recomendaciones .....	78
Bibliografía.....	79
Anexo	

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 Composición fisicoquímica del maíz amarillo.....	11
Tabla 2.2 Aminoácidos del maíz amarillo duro variedad “cubano”.....	12
Tabla 2.3 Vitaminas del maíz amarillo duro variedad “cubano”.....	12
Tabla 2.4 Minerales del maíz amarillo duro variedad “cubano”.....	13
Tabla 2.5 Composición fisicoquímica la torta de soya.....	14
Tabla 2.6 Cuadro de valor nutritivo de la torta de soya.....	14
Tabla 3.1 Especificaciones complementarias del extrusor de simple tornillo.....	22
Tabla 3.2 Especificaciones técnicas de la balanza analítica digital 1... ..	22
Tabla 3.3 Especificaciones técnicas de la balanza analítica digital 2.....	23
Tabla 3.4 Especificaciones técnicas de la envasadora a vacío.....	23
Tabla 3.5 Especificaciones técnicas de la selladora eléctrica.....	23
Tabla 3.6 Especificaciones técnicas del secador rotatorio manual.....	23
Tabla 3.7 Especificaciones técnicas de refractómetro portable.....	24
Tabla 3.8 Material de laboratorio.....	25
Tabla 3.9 Aditivos e insumos alimentarios.....	26
Tabla 3.10 Propiedades fisicoquímicas de la harina de maíz-soya.....	32
Tabla 3.11 Propiedades fisicoquímicas del cereal extruido.....	32

Tabla 3.12	Determinación de las propiedades fisicoquímicas del cereal saborizado.....	33
Tabla 3.13	Propiedades microbiológicas del cereal saborizado.....	33
Tabla 3.14	Niveles de variación de variables en el saborizado.....	34
Tabla 3.15	Arreglo matricial del diseño 2 <sup>3</sup> en el proceso de dosificación del líquido de cobertura.....	35
Tabla 4.1	Características fisicoquímicas de la mezcla de harinas (maíz-soya).....	35
Tabla 4.2	Características fisicoquímicas de la mezcla de harinas (maíz-soya) .....	36
Tabla 4.3	Características fisicoquímicas del “cereal extruido sabor chocolate” .....	38
Tabla 4.4	Evaluación sensorial del atributo color para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura.....	40
Tabla 4.5	Análisis de varianza para del atributo color para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura.....	42
Tabla 4.6	Evaluación sensorial del atributo olor para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura.....	43
Tabla 4.7	Análisis de varianza del atributo olor para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura.....	45
Tabla 4.8	Evaluación sensorial del atributo sabor para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura.....	46
Tabla 4.9	Análisis de varianza del atributo sabor para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura.....	48
Tabla 4.10	Evaluación sensorial del atributo textura para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura.....	49

Tabla 4.11	Análisis estadístico de Duncan del atributo textura para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura.....	51
Tabla 4.12	Evaluación sensorial del atributo color para elegir la dosificación final del líquido de cobertura.....	53
Tabla 4.13	Análisis de varianza del atributo color para elegir la dosificación final del líquido de cobertura.....	55
Tabla 4.14	Evaluación sensorial del atributo olor para elegir la dosificación final del líquido de cobertura.....	56
Tabla 4.15	Análisis de varianza para del atributo olor para elegir la dosificación final del líquido de cobertura.....	58
Tabla 4.16	Evaluación sensorial del atributo sabor para elegir la dosificación final del líquido de cobertura.....	59
Tabla 4.17	Análisis de varianza para del atributo sabor para elegir la dosificación final del líquido de cobertura.....	61
Tabla 4.18	Evaluación sensorial del atributo textura para elegir la dosificación final del líquido de cobertura.....	62
Tabla 4.19	Análisis estadístico de Duncan del atributo textura para elegir la dosificación de líquido de cobertura.....	64
Tabla 4.20	Matriz de resultados de las variables de dosificación del líquido de cobertura para el cereal de saborizado.....	65
Tabla 4.21	Análisis de la varianza para dosificación del cereal saborizado	66
Tabla 4.22	Determinación de las propiedades fisicoquímicas de cereal saborizado.....	67
Tabla 4.23	Determinación de las propiedades microbiológicas del cereal saborizado.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Corte transversal de un grano de maíz.....	7
Figura 2.2 Variedades o razas de maíz.....	8
Figura 2.3 Maíz amarillo duro variedad “cubano”.....	9
Figura 2.4 Semolina de maíz.....	13
Figura 2.4 Estructura de la amilopectina.....	16
Figura 2.5 Rizado rotura del grano de almidón: (fotografía electro microscópico).....	16
Figura 3.1 Proceso de elaboración de cereal saborizado.....	27
Figura 4.1 Resultados promedio del atributo color para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura.....	41
Figura 4.2 Resultados promedio del atributo olor para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura.....	44
Figura 4.3 Resultados promedio del atributo sabor para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura.....	47
Figura 4.4 Resultados promedio del atributo textura para elegir la dosificación inicial del líquido de cobertura.....	50
Figura 4.5 Resultados promedio del atributo color para elegir la dosificación final del líquido de cobertura.....	54
Figura 4.6 Resultados promedio del atributo olor para elegir la dosificación final del líquido de cobertura.....	57
Figura 4.7 Resultados promedio del atributo sabor para elegir	

	la dosificación final del líquido de cobertura.....	60
Figura 4.8	Resultados promedio del atributo textura para elegir la dosificación final del líquido de cobertura.....	63
Figura 4.9	Diagrama de bloques para la elaboración de cereal saborizado.....	68
Figura 4.10	Diagrama del balance para la elaboración del líquido de cobertura.....	69
Figura 4.11	Diagrama de bloque del balance de materia en la etapa de secado.....	70
Figura 4.12	Resumen del balance de materia del proceso de elaboración de cereal saborizado.....	72
Figura 4.13	Diagrama de bloques del balance de energía en la elaboración de cereal extruido.....	73
Figura 4.14	Diagrama del balance de energía para la elaboración del líquido de cobertura.....	74
Figura 4.15	Diagrama de bloque del balance de energía del proceso de secado.....	75