

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

	PÁGINA
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 ³ 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