

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**



**“ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL”**

**POR:**

**LAURA CARDOZO GARZON**

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

**Marzo, 2014**

**TARIJA – BOLIVIA**

**Vo. Bo.**

.....  
**Ing. José Johnny Mercado Rojas**  
**DOCENTE GUÍA**

.....  
**Ing. Ernesto Álvarez**  
**DECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y**  
**TECNOLOGÍA**

.....  
**Ing. Silvana Paz**  
**VICEDECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y**  
**TECNOLOGÍA**

.....  
**Ing. Jesús Zamora**  
**DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO**  
**DE BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIA DE LOS ALIMENTOS**

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el presente trabajo, siendo los mismos únicamente responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a mis hijos Jhon y Samantha, que son mis mayores alegrías y me dan fuerzas para crecer con valores e intentar ser cada día una mejor persona.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por iluminarme siempre por el camino del bien.

A mis Padres quienes supieron inculcar en mi el sentimiento de amor, responsabilidad, trabajo y pueda lograr con éxito lo propuesto en mi vida.

A mi Esposo, Jhonny Burgos por brindarme el apoyo, cariño y amor que siempre me ha dado, por estar a mi lado en las buenas y en las malas y por ser fuente de inspiración para seguir adelante.

Al Ing. Johnny Mercado, quien compartió y brindó sus conocimientos para culminar exitosamente esta investigación.

A los Docentes de la carrera de Ingeniería de Alimentos por su contribución en mi formación profesional.

## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I

#### GENERALIDADES

	<b>Página</b>
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específico.....	5
1.4 Planteamiento del problema.....	5
1.5 Formulación del problema.....	6
1.6 Formulación del hipótesis.....	6

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

	<b>Página</b>
2.1 Historia de la cerveza.....	7
2.2 La cerveza.....	9
2.2.1 Composición nutricional de la cerveza.....	10
2.2.2 Tipos de cerveza.....	12
2.2.2.1 Cervezas de fermentación alta.....	12
2.2.2.2 Cervezas de fermentación baja.....	12
2.2.2.3 Cervezas de fermentación espontánea.....	13
2.3 Las características de la cerveza.....	13
2.3.1 El color.....	14
2.3.2 Brillo y transparencia.....	14
2.3.3 La espuma.....	14
2.3.4 Contenido alcohólico y densidad o extracto.....	16
2.4 Diferencias entre las cervezas artesanales e industriales.....	16

2.5	Composición de la cerveza.....	17
2.5.1	Cebada (HordeumVulgare).....	18
2.5.1.1	El Grano de cebada.....	19
2.5.1.2	Variedades de cebada.....	21
2.5.1.3	Valor nutricional.....	21
2.5.1.4	Almacenamiento de la cebada.....	23
2.5.1.5	Cebada malteada.....	23
2.5.1.6	Maltas base.....	26
2.5.1.7	Maltas especiales.....	28
2.5.1.8	Malta acida.....	29
2.5.1.9	Malta negra.....	29
2.5.1.10	Malta ambar.....	29
2.5.1.11	Black patentmalt.....	29
2.5.1.12	Malta chocolate.....	29
2.5.1.13	Malta caramelo o crystal malta.....	30
2.5.1.14	Malta de trigo.....	30
2.5.2	Lúpulo.....	30
2.5.2.1	Amargor.....	33
2.5.2.2	Sabor.....	33
2.5.2.3	Aromáticos.....	33
2.5.2.4	Conservación.....	33
2.5.3	Levadura de cervecera.....	33
2.5.3.1	Clasificación de las levaduras.....	36
2.5.4	Agua Cervecera.....	37
2.6	Fermentación alcohólica.....	39
2.6.1	Fermentación baja.....	41
2.6.1	Fermentación alta.....	41
2.7	Gelatinización.....	41
2.8	Proceso de elaboración de cerveza.....	43
2.8.1	Recepción de la materia prima.....	44

2.8.2	Producción de malta.....	44
2.8.1.2	Remojo.....	44
2.8.1.3	Germinación.....	44
2.8.1.4	Secado.....	45
2.8.3	Molido de la malta.....	45
2.8.4	Maceración.....	45
2.8.5	Cocción.....	46
2.8.6	Enfriado.....	47
2.8.7	Fermentación.....	47
2.8.8	Filtración.....	47
2.8.9	Embotellado y segunda fermentación.....	48
2.9	El deterioro de la cerveza.....	48
2.9.1	El deterioro microbiológico.....	48
2.9.2	El deterioro químico.....	48
2.9.3	El deterioro microbiológico.....	49
2.10	Diseño experimental.....	49

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

	<b>Página</b>	
3.1	Introducción.....	50
3.2	Requerimiento de equipos, instrumentos y material de laboratorio.....	50
3.2.1	Equipos.....	50
3.2.2	Materiales de laboratorio.....	53
3.3	Materia prima, insumos y aditivos.....	54
3.4	Descripción del proceso de elaboración de cerveza artesanal.....	55
3.4.1	Descripción de la elaboración de la cerveza artesanal.....	56
3.4.2	Recepción de materia prima.....	56
3.4.3	Molienda.....	56
3.4.4	Maceración.....	56

3.4.5	Cocción.....	56
3.4.6	Enfriado.....	56
3.4.7	Fermentación.....	57
3.4.8	Filtrado.....	57
3.4.9	Embotellado y segunda fermentación.....	57
3.5	Caracterización de la materia prima.....	57
3.5.1	Propiedades fisicoquímicas de la malta cebada.....	57
3.5	Caracterización de las variables del proceso.....	58
3.5.1	Diseño experimental.....	58
3.5.2	Diseño factorial.....	58
3.5.3	Diseño factorial en el proceso de fermentación.....	59
3.5.4	Evaluación sensorial.....	60
3.5.4.1	Evaluación sensorial en el proceso de dosificación.....	60
3.5.4	Diseño factorial en el proceso de fermentación.....	60
3.5.5	Evaluación sensorial en la operación de fermentación.....	62
3.6	Caracterización del producto terminado.....	63
3.6.1	Propiedades fisicoquímicas del producto terminado.....	63
3.6.2	Propiedades microbiológicas del producto terminado.....	63
3.7	Evaluación sensorial del producto terminado.....	63
3.8	Cronograma de actividades.....	64

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

	<b>Página</b>	
4.1	Características de la materia prima.....	65
4.1.1	Análisis fisicoquímico de la malta de cebada.....	65
4.2	Caracterización de las variables del diseño experimental En la elaboración de cerveza artesanal.....	67
4.2.1	Evaluación sensorial del atributo color para la selección De la muestra en el diseño experimental.....	69

4.2.2	Análisis de varianza del atributo color en la etapa de cocción en la Elaboración de cerveza artesanal.....	69
4.2.3	Evaluación sensorial del atributo aroma para la selección de la muestra En el diseño experimental.....	71
4.2.4	Evaluación sensorial del atributo olor para la selección de la muestra en el diseño experimental.....	72
4.2.5	Evaluación sensorial del atributo sabor para la selección de la muestra en el diseño experimental.....	73
4.2.5	Evaluación sensorial del atributo sabor para la selección de la muestra en el diseño experimental.....	74
4.3	Evaluación sensorial del atributo color, aroma y sabor para determinar El tiempo y temperatura de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.....	75
4.3.2	Prueba de Duncan del atributo color para la selección de la muestra en La etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.....	76
4.3.3	Evaluación sensorial del atributo aroma para la selección de la muestra en la etapa de elaboración de cerveza artesanal.....	76
4.3.4	Prueba de Duncan del atributo textura para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.....	79
4.3.4	Evaluación sensorial del atributo sabor para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.....	80
4.3.5	Prueba de Duncan del atributo aroma para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.....	82
4.4	Caracterización del producto terminado.....	83
4.4.1	Análisis fisicoquímico del producto terminado.....	84
4.4.2	Análisis microbiológico del producto terminado.....	84
4.5	Balance de materia.....	84

4.5.1 Balance de materia en la etapa de recepción de la materia prima.....	88
4.5.2 Balance de materia para en la etapa de malteado.....	89
4.5.3 Balance de materia en la etapa de molienda de la malta de cebada.....	89
4.5.3 Balance de materia en la etapa de macerado de la malta de Cebada.....	90
4.5.3 Balance de materia en la etapa de cocción del mosto.....	91
4.5.4 Balance de materia en la etapa de fermentación del mosto.....	91
4.5.5 Balance de materia en la etapa de filtración de la cerveza joven.....	92
4.5.6 Balance de materia en la etapa de embotellado y segunda fermentación.....	93
4.5.7 Resumen del balance de materia en el proceso de elaboración de cerveza artesanal.....	94
4.5.8 Balance de energía en la etapa de malteado.....	94
4.5.9 Calor necesario para cocción del mosto.....	96
4.5.10 Balance térmico de la fermentación.....	97

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusiones.....	100
Recomendaciones.....	101
Bibliografía.....	102
Anexos	

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 2.1 Principales países productores de cerveza en el mundo.....	9
Tabla 2.2 Principales países de consumo de cerveza en el mundo.....	10
Tabla 2.3 Composición media de la Cerveza.....	11
Tabla 2.4 Diferentes nombres utilizado para distintos tipos de cerveza en el mundo y sus característica.....	13
Tabla 2.6 Composición Nutricional de la Cebada.....	12
Tabla 2.7 Composición Nutricional de la Malta.....	24
Tabla 2.8 Composición Química del Lúpulo seco.....	31
Tabla 2.7 Composición del agua para fabricar cerveza.....	38
Tabla 3.1 Especificaciones técnicas del molino manual.....	50
Tabla 3.2 Especificaciones técnicas de la cocina industrial.....	51
Tabla 3.3 Especificaciones técnicas de la balanza analítica.....	52
Tabla 3.4 Especificaciones técnicas del freezer horizontal.....	52
Tabla 3.5 Materiales de laboratorio.....	53
Tabla 3.6 Insumos y aditivos.....	54
Tabla 3.7 Determinación de las propiedades Fisicoquímicas de la malta de Cebada.....	58
Tabla 3.8 Diseño experimental para la operación de cocción.....	60
Tabla 3.9 Niveles de variación en la operación fermentación.....	60
Tabla 3.10 Diseño factorial de la matriz de variables para la operación de la primera fermentación.....	62
Tabla 3.11 Niveles de variación en la operación fermentación.....	62
Tabla 3.12 Determinación de las propiedades fisicoquímicas del producto Terminado.....	63
Tabla 3.13 Determinación de las propiedades microbiológicas del producto Terminado.....	63
Tabla 3.14 Cronograma de actividades.....	64
Tabla 4.1 Análisis químico de la malta de cebada.....	65

Tabla 4.2	Evaluación sensorial del atributo color en la etapa de cocimiento.....	67
Tabla 4.3	Análisis de varianza del atributo color en la etapa de cocción.....	69
Tabla 4.4	Evaluación sensorial del atributo aroma en la etapa de cocción.....	70
Tabla 4.5	Análisis de varianza del atributo olor en la etapa de cocción del Mosto.....	71
Tabla 4.6	Evaluación sensorial para el atributo sabor en la etapa de cocción.....	72
Tabla 4.7	Análisis de varianza del atributo sabor en la etapa de cocción.....	73
Tabla 4.8	Resultados del atributo color para la selección de la muestra en etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.....	75
Tabla 4.9	Análisis de varianza para la selección de la muestra en la etapa De fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.....	75
Tabla 4.10	Resultados del atributo aroma para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.....	78
Tabla 4.11	Análisis de varianza para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.....	81
Tabla 4.12	Resultados del atributo sabor para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.....	81
Tabla 4.13	Análisis de varianza para la selección de la muestra en el proceso de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.....	83
Tabla 4.14	Determinación de las propiedades fisicoquímicas del producto Terminado.....	84
Tabla 4.15	Determinación de las propiedades microbiológicas del producto Terminado.....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Fig. 2.1 Sirviente egipcio elaborando y cerveza Bebedor de cerveza.....	6
Fig. 2.2 Estatuilla de una mejer fabricando cerveza.....	7
Fig. 2.2 Planta de cebada (hordeumvulgare).....	18
Fig. 2.3 Grano de cebada.....	20
Fig. 2.4 Cebada germinada y Cebada malteada.....	25
Fig. 2.5 Tipos de malteados.....	28
Fig. 2.6 Planta de lúpulo y Lúpulo en pellets.....	29
Fig. 2.7 Levadura cerveza.....	36
Fig. 2.8 Agua Cervecera.....	37
Fig. 2.9 Granos de almidón en células de cebada visto con un microscopio.....	42
Fig. 2.10 Diagrama de flujo de la elaboración de cerveza artesanal.....	43
Fig. 3.1 Molino manual.....	50
Fig. 3.2 Cocina industrial.....	51
Fig. 3.3 Balanza analítica.....	52
Fig. 3.4 Freezer horizontal.....	53
Fig. 3.5 Proceso de elaboración cerveza artesanal.....	55
Fig. 4.1 Valores promedio para el atributo color en la etapa de cocción .....	68
Fig. 4.2 Valores promedio para el atributo aroma en la dosificación de materias primas.....	71
Fig. 4.3 Valores promedio para el atributo sabor en etapa de cocción.....	73
Fig. 4.4 Datos promedios del atributo color para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.....	76
Fig. 4.5 Datos promedios del atributo aroma para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.....	79
Fig. 4.6 Datos promedios del atributo apariencia para la selección de la muestra en la etapa de fermentación en la elaboración de cerveza artesanal.....	82

Fig. 4.7 Diagrama de flujo de la elaboración de cerveza artesanal.....	81
Fig. 4.8 Diagrama de bloques en la etapa de recepción.....	87
Fig. 4.9 Diagrama de bloques en la etapa del malteado.....	88
Fig. 4.10 Etapa de molienda de la malta de cebada.....	89
Fig. 4.11 Etapa de macerado de la malta de cebada.....	89
Fig. 4.12 Etapa de cocción del mosto.....	90
Fig. 4.13 Etapa de fermentación del mosto.....	91
Fig. 4.14 Etapa de filtración de la cerveza joven.....	91
Fig. 4.15 Etapa de embotellado y segunda fermentación.....	92
Fig. 4.16 Balance de materia para el proceso de elaboración de elaboración de cerveza artesanal.....	93
Fig. 4.17 Diagrama de bloques para el balance de energía en la etapa del Malteado.....	94