

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



“Elaboración De Cerveza Artesanal Tipo Lager”

Por:

Ricardo Alvarez Barriga

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.

Abril de 2018

Tarija – Bolivia

DEDICATORIA

A mi padre por ser mi ejemplo de vida y mi motivación.

A mi amigo Jhon Block por compartir conmigo esta meta.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ADVERTENCIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES	1
1.1.OBJETIVOS	3
1.2.JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	4

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. MATERIA PRIMA	6
<i>2.1.1. La cebada</i>	<i>6</i>
<i>2.1.2. Lúpulo</i>	<i>7</i>
<i>2.1.3. El agua</i>	<i>8</i>
<i>2.1.4. La levadura</i>	<i>9</i>
2.2. LA CERVEZA	10
<i>2.2.1. Características de la cerveza</i>	<i>11</i>
<i>2.2.2. Propiedades de la cerveza</i>	<i>13</i>
2.3. TIPOS DE CERVEZA	14
<i>2.3.1. De fermentación alta</i>	<i>14</i>
<i>2.3.2. De fermentación baja</i>	<i>14</i>
2.4. CERVEZA LAGER	15
2.5. CARACTERÍSTICAS DE LA CERVEZA ALE VS LAGER	15
2.6. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA CERVEZA	16
<i>2.6.1. Malteado</i>	<i>16</i>
<i>2.6.2. Macerado</i>	<i>17</i>

2.6.3. Filtración.....	23
2.6.4. Cocción	23
2.6.5. Enfriado	24
2.6.6. Fermentación.....	25
2.6.7. Maduración	25
2.6.8. Carbonatación	27
2.7. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA	28
2.8. PRODUCCIÓN Y CONSUMO MUNDIAL DE CERVEZA	29

CAPÍTULO III

PARTE EXPERIMENTAL

3.1.- DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE MATERIAS PRIMA	39
3.2.- DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.-	47
3.3.- DISEÑO FACTORIAL	48
3.3.1. <i>Diseño factorial en cocimiento</i>	48
3.3.2. <i>Diseño factorial en fermentación.-</i>	52
3.4.-PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS	56
3.5.-ANÁLISIS DEL PRODUCTO OBTENIDO.-	85

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1.-ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	89
4.1.1. PRODUCCIÓN DE AZÚCARES FERMENTABLES.....	89
4.1.2. PRODUCCIÓN DE CERVEZA	93
4.2.- BALANCE DE MATERIA.-.....	111
4.3.- BALANCE DE ENERGÍA.-	119
4.4.- EVALUACIÓN SENSORIAL.-.....	127

4.5.-COSTOS DE ELABORACIÓN DEL PROYECTO.- 130

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 89

CONCLUSIONES..... 134

RECOMENDACIONES..... 136

BIBLIOGRAFÍA..... 137

ANEXOS 134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II-1 LÍMITES DEL AGUA.....	9
Tabla II-2 INFORMACIÓN NUTRICIONAL	13
Tabla II-3 CONDICIONES ÓPTIMAS PARA LAS ENZIMAS	19
Tabla III-1 ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE LA MALTA	40
Tabla III-2 CARACTERÍSTICAS LÚPULO CASCADE (pellets)	42
Tabla III-4 CARACTERÍSTICAS LÚPULO SAAZ (pellets).....	44
Tabla III-5 CARACTERÍSTICAS LEVADURA SAFLAGER S-23.....	46
Tabla III-6 PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DEL LÚPULO.....	61
Tabla III-7 CARACTERÍSTICAS BALANZA ANALÍTICA.....	72
Tabla III-8 CARACTERÍSTICAS OLLA DE MACERADO	73
Tabla III-9 CARACTERÍSTICAS TERMÓMETRO.....	74
Tabla III-10 CARACTERÍSTICAS FUENTE DE CALOR.....	75
Tabla III-11 CARACTERÍSTICAS MANGUERA.....	76
Tabla III-12 CARACTERÍSTICAS RECIPIENTES DE ACTIVACIÓN.....	77
Tabla III-13 CARACTERÍSTICAS TANQUE DE FERMENTACIÓN.....	78
Tabla III-14 CARACTERÍSTICAS EQUIPO DE REFRIGERACIÓN.....	80
Tabla III-15 REFRACTÓMETRO DE CAMPO	81
Tabla III-16 REFRIGERADOR.....	82
Tabla III-17 CARACTERÍSTICAS BOTELLA DE VIDRIO	83
Tabla III-18 CARACTERÍSTICAS TAPAS CORONA Y CORONADOR.....	84
Tabla III-19 ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL	85
Tabla IV-1 RESULTADOS PRODUCCIÓN DE AZUCARES FERMENTABLES	89
Tabla IV-2 ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LOS DATOS EXPERIMENTALES DE °BRIX.....	91
Tabla IV-3 ANOVA ^B PARA °BRIX	91

Tabla IV-4 COEFICIENTES DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL.....	92
Tabla IV-5 DATOS FERMENTACIÓN EXPERIMENTO	
1 A 10°C Y 0,45gr/lit	93
Tabla IV-6 DATOS FERMENTACIÓN EXPERIMENTO	
2 A 10°C Y 0,55gr/lit	94
Tabla IV-7 DATOS FERMENTACIÓN EXPERIMENTO	
3 A 14°C Y 0,45gr/lit	95
Tabla IV-8 DATOS FERMENTACIÓN EXPERIMENTO	
4 A 14°C Y 0,55gr/lit	96
Tabla IV-9 DATOS FERMENTACIÓN EXPERIMENTO	
5 A 10°C Y 0,45gr/lit	97
Tabla IV-10 DATOS FERMENTACIÓN EXPERIMENTO	
6 A 10°C Y 0,55gr/lit	98
Tabla IV-11 DATOS FERMENTACIÓN EXPERIMENTO	
7 A 14°C Y 0,45gr/lit	99
Tabla IV-12 DATOS FERMENTACIÓN EXPERIMENTO	
8 A 14°C Y 0,55gr/lit	100
Tabla IV-13 DATOS FERMENTACIÓN EXPERIMENTO	
9 A 10°C Y 0,45gr/lit	101
Tabla IV-14 DATOS FERMENTACIÓN EXPERIMENTO	
10 A 10°C Y 0,55gr/lit	102
Tabla IV-15 DATOS FERMENTACIÓN EXPERIMENTO	
11 A 14°C Y 0,45gr/lit	103
Tabla IV-16 DATOS FERMENTACIÓN EXPERIMENTO	
12 A 14°C Y 0,55gr/lit	104
Tabla IV-17 DATOS FERMENTACIÓN EXPERIMENTO	
13 A 10°C Y 0,45gr/lit	105
Tabla IV-18 DATOS FERMENTACIÓN EXPERIMENTO	
14 A 10°C Y 0,55gr/lit	106

Tabla IV-19 DATOS FERMENTACIÓN EXPERIMENTO 15 A 14°C Y 0,45gr/lit	107
Tabla IV-20 DATOS FERMENTACIÓN EXPERIMENTO 16 A 14°C Y 0,55gr/lit	108
Tabla IV-21 ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LOS DATOS EXPERIMENTALES DE °BRIX	109
Tabla IV-22 ANOVA ^B PARA ADF.....	109
Tabla IV-23 COEFICIENTES DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL.....	110
Tabla IV-24 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR	127
Tabla IV-25 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR	128
Tabla IV-26 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO OLOR.....	129
Tabla IV-27 COSTOS DE MATERIA PRIMA	130
Tabla IV-28 COSTO DE EQUIPOS Y MATERIALES	130
Tabla IV-29 COSTOS EXTRAS	131
Tabla IV-30 COSTOS TOTALES DEL PROYECTO.....	131

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía III-1 GRANOS DE MALTA PILSEN	39
Fotografía III-2 MALTA TIPO PILSEN	40
Fotografía III-3 LÚPULO CASCADE (pellets)	43
Fotografía III-4 LÚPULO SAAZ (pellets)	45
Fotografía III- 5 LEVADURA SAFLAGER S-23.....	47
Fotografía III-6 PRUEBA DE YODO	59
Fotografía III-7 FILTRACIÓN	60
Fotografía III-8 COCCIÓN DEL MOSTO (EBULLICIÓN)	62
Fotografía III-9ADICIÓN DEL LÚPULO	63
Fotografía III-10 ACTIVACIÓN DE LA LEVADURA	65
Fotografía III-11 WHIRPOOL.....	66
Fotografía III-12 TRASVASE PARA ELIMINAR IMPUREZAS	67
Fotografía III-13 RESIDUOS DE LÚPULO EN EL TANQUE	67
Fotografía III-14 ENFRIADO DEL MOSTO.....	68
Fotografía III-15 TANQUES DE FERMENTACIÓN EN EL SISTEMA DE FRIO	68
Fotografía III-16 TOMA DE MUESTRA PARA CALCULAR LA REDUCCIÓN DE °BRIX	69
Fotografía III-18 TAPADO DE LA BOTELLA.....	71
Fotografía III-19 CERVEZA ENVASADA	71
Fotografía III-20 BALANZA ANALÍTICA.....	72
Fotografía III-21 OLLA DE MACERADO	73
Fotografía III-22 TERMÓMETRO.....	74
Fotografía III-23 FUENTE DE CALOR.....	75
Fotografía III-24 MANGUERAS	76
Fotografía III-25 RECIPIENTES PARA ACTIVACIÓN DE LEVADURAS.....	77
Fotografía III-26 TANQUE DE FERMENTACIÓN.....	78

Fotografía III-27 EQUIPO DE REFRIGERACIÓN.....	79
Fotografía III-28 REFRACTÓMETRO DE CAMPO	80
Fotografía III-29 REFRIGERADOR	81
Fotografía III-30 BOTELLA DE VIDRIO	82
Fotografía III-31 TAPAS CORONA Y CORONADOR MANUAL	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II-1 TRABAJO DE LAS ENZIMAS.....	18
Figura II-2 CURVA DE MACERADO	20
Figura II-3 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CERVEZA.....	29
Figura II-2 CONSUMO DE CERVEZA EN LITROS PER CÁPITA 2017	30
Figura III-1 DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO.....	56
Figura III-2 DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE MACERADO	58
Figura III-4 DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE COCIMIENTO.....	62
Figura III-5 DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE FERMENTACIÓN	65
Figura III-6 DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE CLARIFICACIÓN	69
Figura III-7 DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE ENVASADO Y MADURACION	70
Figura IV-1 VALORES EXPERIMENTALES Y MODELO CALCULADO	92
Figura IV-2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR	128
Figura IV-3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR	129
Figura IV-4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO OLOR.....	130

