

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



ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL TIPO BELGIAN GOLDEN
STRONG ALE

POR: JHENY GABRIELA QUISPE MOLINA

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

Abril, 2021
TARIJA- BOLIVIA

**Msc. Ing. Ernesto Alvarez
Gozálvez
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

**Msc. Lic. Elizabeth Castro
Figueroa
VICEDECANA
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

**Ing. Jesús Zamora Gutiérrez
DIRECTOR
DPTO. BIOTECNOLOGIA Y
CIENCIAS DE LOS
ALIMENTOS**

**Ing. Erick Ramírez Ruiz
DOCENTE GUIA**

**Ing. Jesús Zamora Gutiérrez
TRIBUNAL**

**Ing. Luis Fernando Zenteno Benítez
TRIBUNAL**

**Ing. Weimar Torrejón Aguirre
TRIBUNAL**

AGRADECIMIENTOS:

Agradecer a Dios por ponerme en el camino a personas muy buenas que me ayudaron, apoyaron en mis proyectos y alegraron mis días de universitaria, el camino fue increíble.

A mi madre Elsa Molina Valdez por su sacrificio, carácter y fortaleza que me formaron y enseñaron a luchar por mis convicciones y sueños frente a la adversidad.

A mis docentes por su amor, dedicación y paciencia, gracias a cada uno de ellos he descubierto mi pasión por esta hermosa carrera.

DEDICATORIAS:

A mis abuelos Eloy Molina y Olga Valdez que me brindaron la infancia más hermosa y enseñaron el valor de la educación y el trabajo desde mis 4 años.

A mis padres Vicente Quispe y Elsa Molina, cada uno me han inculcado excelentes valores que me han servido para salir adelante por mis propios méritos y por haberme heredado su alegría.

A mis amigas Fabiana Arellano Duran y Jhanet Lozada Gil que me brindaron su apoyo incondicional siempre.

INDICE
CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	Objetivo general.....	2
1.3.2	Objetivos específicos.....	2
1.4	Variable dependiente e independiente.....	3
1.5	Planteamiento del problema.....	3
1.6	Formulación del problema.....	4
1.7	Planteamiento de hipótesis.....	4

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1	Origen de la cerveza.....	5
2.2	Definición de la cerveza.....	6
2.3	Clasificación de la cerveza artesanal.....	6
2.4	Tipos de cerveza.....	7
2.4.1	Cerveza tipo Ale.....	7
2.4.2	Cerveza tipo Lager.....	7
2.5	Cerveza Belgian Golden Strong Ale.....	7
2.6	Características fisicoquímicas de la cerveza artesanal.....	8
2.6.1	Grado alcohólico.....	8
2.6.2	pH.....	9
2.6.3	Densidad.....	9
2.6.4	Extracto real y extracto seco primitivo.....	9
2.6.5	Color.....	9

2.6.7	Anhídrido carbónico.....	10
2.7	Características microbiológicas de la cerveza artesanal.....	11
2.8	Aplicaciones de la cerveza en la salud.....	11
2.9	Caracterización de la materia prima para elaborar cerveza artesanal.....	12
2.9.1	Valoración nutricional de la cebada.....	12
2.9.2	Cebada malteada para la elaboración de cerveza.....	13
2.9.3	Clasificación de la malta.....	13
2.10	Caracterización de los insumos alimentarios para la elaboración de cerveza artesanal.....	14
2.10.1	Agua.....	14
2.10.2	El lupulo.....	15
2.10.3	Adjunto cervecero utilizado en la elaboración de cervezas artesanales.....	16
2.10.4	La levadura.....	16
2.11	Descripción tecnológica del proceso de elaboración de la cerveza.....	18
2.11.1	Molienda del grano.....	18
2.11.2	Maceración y cocción.....	18
2.11.3	Filtrado del mosto.....	21
2.11.4	Ebullición del mosto.....	22
2.11.5	Enfriamiento del mosto.....	22
2.11.6	Fermentación alcohólica de la cerveza.....	23
2.11.8	Maduración.....	25
2.11.9	Carbonatación.....	26
2.11.10	Envasado.....	26

CAPÍTULO III DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1	Desarrollo de la parte experimental.....	27
3.2	Equipos utilizados en el proceso de elaboración de la cerveza artesanal.....	27
3.2.1	Balanza digital.....	27
3.2.2	Molinillo manual de granos.....	28
3.2.3	Cocina industrial.....	28
3.2.4	Freezer.....	29
3.2.5	Balanza analítica de precisión	29
3.2.6	pH-metro.....	30
3.2.7	Cooler.....	30
3.2.8	Refractómetro.....	31
3.2.9	Chapadora doble palanca.....	31
3.2.10	Turbidímetro Lovibond TB 210 IR.....	32
3.3	Materiales de laboratorio para la elaboración de cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	32
3.4	Insumos alimentarios.....	34
3.5	Proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	34
3.6	Descripción del proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	35
3.6.1	Materia prima.....	35
3.6.2	Molienda.....	35
3.6.3	Maceración.....	35
3.6.4	Lavado.....	35
3.6.5	Cocción.....	35
3.6.6	Whirlpool.....	36

3.6.7	Enfriamiento.....	36
3.6.8	Inoculación.....	36
3.6.9	Fermentación.....	37
3.6.10	Maduración.....	37
3.6.11	Clarificación.....	37
3.6.12	Envasado.....	37
3.6.13	Generación de dióxido de carbono.....	38
3.7	Caracterización de las materias primas de la elaboración de Cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	38
3.7.1	Propiedades físico-químicas de la malta.....	38
3.7.2	Propiedades microbiológicas de la malta.....	39
3.7.3	Propiedades físico-químicas del agua.....	39
3.7.4	Análisis fisicoquímico del producto terminado.....	39
3.7.5	Análisis microbiológicos del producto terminado.....	40
3.8	Análisis organoléptico de los alimentos.....	40
3.9	Diseño experimental.....	41
3.9.1	Diseño factorial para la elaboración de cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	42

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Propiedades fisicoquímicas de la materia prima.....	44
	Caracterización de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de	
4.2	Análisis fisicoquímico de la Cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	45

4.2.1	Análisis fisicoquímicos de la Cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	45
4.6.2	Análisis microbiológicos de la cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	47
4.2	Caracterización de las variables del proceso para cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	47
4.2.1	Elección de pruebas preliminares para la obtención de la muestra arquetipo de cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	47
4.2.2	Dosificación de materia prima e insumos para los ensayos en la elaboración de cerveza artesanal tipo Blonde Ale.....	49
4.2.3	Variación en la dosificación porcentual de lúpulo Styriam Golding y lúpulo Cascade.....	50
4.2.4	Variación en la dosificación de adjunto azucarero y tiempo de concentración del mosto.....	51
4.2.5.	Prueba Tukey para el atributo espuma en la variación de adjunto azucarero y tiempo de concentración del mosto.....	53
4.2.6	Análisis sensorial de la cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale variando la dosificación de malta Caramunich II.....	58
4.3	Diseño experimental para el proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	60
4.4	Comportamiento del pH en función del tiempo en la etapa de fermentación de la elaboración de cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	61
4.5	Comportamiento de la concentración de solidos solubles (°Brix) en función del tiempo en la etapa de fermentación.....	62
4.7	Balance de materia en la elaboración de cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	63
4.7.1	Balance de materia en el proceso de maceración.....	64
4.7.2	Balance de materia en la etapa de cocción del mosto.....	66

4.7.3	Balance de materia en el proceso de Whirlpool.....	67
4.7.4	Balance en el proceso de clarificación.....	68
4.8	Rendimiento del proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	68
4.9	Balance de energía para el proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	69
4.9.1	Cálculo de necesidades frigoríficas	71
4.9.2	Balance de energía en el proceso de maceración.....	72
4.9.3	Balance de energía en el proceso de cocción de mosto.....	72
4.9.4	Balance de energía en el proceso de maduración.....	74
4.9.5	Balance de energía del proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	74

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	75
5.2	Recomendaciones.....	76

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Clasificación de la cerveza artesanal.....	6
Tabla 2.2	Requisitos fisicoquímicos de la cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	8
Tabla 2.3	Requisitos fisicoquímicos de la cerveza artesanal.....	8
Tabla 2.4	Escala de colores de la cerveza artesanal.....	10
Tabla 2.5	Requisitos microbiológicos de la cerveza artesanal.....	11
Tabla 2.6	Composición química de la cebada	13

Tabla 2.7	Actividad enzimática en función de la temperatura de maceración ...	21
Tabla 3.1	Materiales de laboratorio para la elaboración de cerveza artesanal....	32
Tabla 3.2	Insumos alimentarios para la elaboración de cerveza artesanal.....	33
Tabla 3.3	Parámetros fisicoquímicos de la malta.....	38
Tabla 3.4	Parámetros microbiológicos de la malta.....	39
Tabla 3.5	Parámetros fisicoquímicos del agua.....	39
Tabla 3.6	Análisis fisicoquímicos del producto terminado.....	40
Tabla 3.7	Análisis microbiológicos del producto terminado.....	40
Tabla 3.8	Evaluación sensorial de las muestras preliminares.....	41
Tabla 3.9	Matriz de variables para el proceso de maceración y concentración del mosto.....	43
Tabla 3.10	Niveles de variación de los factores.....	43
Tabla 4.1	Parámetros fisicoquímicos de la malta.....	44
Tabla 4.2	Parámetros fisicoquímicos del agua	44
Tabla 4.3	Análisis microbiológicos del agua.....	45
Tabla 4.4	Análisis fisicoquímico del producto terminado.....	46
Tabla 4.5	Análisis de control microbiológico del producto terminado.....	47
Tabla 4.6	Dosificación de materia prima e insumos para los ensayos.....	49
Tabla 4.7	Variación de la dosificación de materia prima e insumos para cinco ensayos.....	50
Tabla 4.8	Variación de la dosificación de lúpulo para la elaboración de cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	50
Tabla 4.9	Variación de adjunto azucarero y tiempo de concentración del Mosto.....	52
Tabla 4.10	Prueba de tukey para el atributo espuma	54
Tabla 4.11	Prueba de tukey para el atributo carbonatación.....	54

Tabla 4.12	Prueba de tukey para el atributo color.....	55
Tabla 4.13	Prueba de tukey para el atributo sabor.....	55
Tabla 4.14	Prueba de tukey para el atributo aroma.....	56
Tabla 4.15	Prueba de tukey para el atributo amargo.....	57
Tabla 4.16	Prueba de tukey para el atributo cuerpo.....	57
Tabla 4.17	Dosificación porcentual de malta Caramunich II.....	58
Tabla 4.18	Prueba de tukey para el atributo apariencia.....	59
Tabla 4.19	Análisis de varianza para el diseño de cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	60

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Tablilla Mesopotamia especificando la elaboración de la cerveza.....	5
Figura 2.2	Clasificación de la cebada.....	14
Figura 2.3	Pellets de lúpulo Cascade y lúpulo Styriam Golding.....	16
Figura 2.4	Levadura para elaborar cerveza tipo Belgian Golden Strong Ale.....	17
Figura 2.5	Temperatura y tiempo de maceración	19
Figura 2.6	Esquema de las partes de un fermentador.....	24
Figura 2.7	Ejemplos de damajuana de vidrio.....	24
Figura 3.1	Especificaciones técnicas de la balanza digital.....	27
Figura 3.2	Especificaciones técnicas del molinillo manual de granos.....	28
Figura 3.3	Especificaciones técnicas de la cocina industrial.....	28
Figura 3.4	Especificaciones técnicas del freezer Artic King.....	29
Figura 3.5	Especificaciones técnicas de la balanza analítica de precisión.....	29
Figura 3.6	Especificaciones técnicas del pH metro.....	30
Figura 3.7	Especificaciones técnicas del cooler.....	30
Figura 3.8	Especificaciones técnicas del refractómetro.....	31
Figura 3.9	Especificaciones técnicas de la chapadora doble palanca.....	31

Figura 3.10	Especificaciones técnicas del turbidímetro Lobibond TB 210 IR.....	32
Figura 3.11	Procesos de elaboración de cerveza artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	34
Figura 4.1	Elección de muestras preliminares para la obtención de la muestra arquetipo.....	48
Figura 4.2	Caja y bigote del diseño experimental en la variación de adjunto azucarero y tiempo de concentración del mosto.....	53
Figura 4.3	Caja y bigote en la variación de malta Caramunich II para los atributos espuma, aroma y apariencia.....	59
Figura 4.4	Comportamiento del pH en función del tiempo en la etapa de Fermentación.....	61
Figura 4.5	Comportamiento de la concentración de sólidos solubles en función del tiempo en la etapa de fermentación.....	62
Figura 4.6	Balance de materia en el proceso de elaboración de cerveza Artesanal tipo Belgian Golden Strong Ale.....	63
Figura 4.7	Balance de materia en el proceso de maceración	65
Figura 4.8	Balance de materia en el proceso de cocción del mosto.....	66
Figura 4.9	Balance de materia en el proceso de Whirlpool.....	67
Figura 4.10	Balance de materia en el proceso de clarificación	68
Figura 4.11	Balance de energía en el proceso de maceración	72
Figura 4.12	Balance de energía en el proceso de cocción del mosto.....	73
Figura 4.13	Balance de energía en el proceso de maduración	74