

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA INGENIERÍA DE ALIMENTOS



ELABORACIÓN DE CERVEZA TIPO AMERICAN PALE ALE

POR: ADRIANA ANDREA MELEAN SENSANO

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

Diciembre, 2022

TARIJA- BOLIVIA

**M. Sc. Ing. Marcelo Segovia
Cortez
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

**M. Sc. Lic. Gustavo Succi
Aguirre
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

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

**Ing. Valentín Adolfo Trigo
Dimitrov
DOCENTE GUIA**

**Ing. Beatriz Margot Sossa Marquez
TRIBUNAL CALIFICADOR**

**Ing. Luis Fernando Zenteno Benítez
TRIBUNAL CALIFICADOR**

**Ing. Weimar Torrejón Aguirre
TRIBUNAL CALIFICADOR**

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

Dedicatoria:

A Dios que guía e ilumina mi camino para seguir adelante y nunca decaer.

A mis queridos padres por su sacrificio y apoyo incondicional durante todos mis años de estudio.

Agradecimientos:

Agradezco a Dios por haberme dado paciencia, sabiduría; y haberme permitido seguir adelante para poder culminar esta meta.

A mis padres; Fellman Melean Krayasich y Edith Sensano Torres por todo el sacrificio, apoyo, amor y comprensión que me brindaron todos estos años.

A mi familia; en especial a mi hermano Marcelo, mi cuñada Isabel y mi sobrino Sebastián, por ser fuentes de motivación.

A mi novio; Wilson Ramos por su apoyo incondicional; que con su amor, paciencia y palabras de aliento en cada momento me ayuda a alcanzar mis objetivos.

A mi docente guía; Ing. Valentín Trigo por el asesoramiento y conocimiento impartido en mí durante la realización de este trabajo.

A mis docentes; que, durante los años de formación, impartieron en mis sus conocimientos, en especial a mis docentes tribunales Ing. Luis Zenteno, Ing. Weimar Torrejón, Ing. Beatriz Sossa.

Pensamiento:

He aprendido que el triunfo ha de medirse no solo por la posición que uno ha alcanzado en la vida sino por los obstáculos que ha tenido que superar al tratar de tener éxito.

Booker T. Washington

INDICE

CAPÍTULO 1: 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	Objeto de estudio.....	3
1.4.1	Campo de acción.....	3
1.4.2	Espacial:.....	3
1.4.3	Temporal:.....	3
1.4.4	Institución:.....	4
1.5	Situación problema.....	4
1.6	Formulación del problema.....	4
1.7	Hipótesis.....	4

CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO

2.1	Origen.....	6
2.2	Definición de Cerveza.....	6
2.3	Clasificación.....	7
2.3.1	Tipos de cerveza.....	7
2.4	Composición fisicoquímica del producto.....	8
2.4.1	Características físicas del producto.....	9
2.5	Características microbiológicas de la cerveza artesanal.....	11
2.6	Caracterización de la materia prima utilizadas para la elaboración de cerveza artesanal.....	11
2.6.1	Agua.....	11

2.6.2	Cebada.....	12
2.6.3	Lúpulo	12
2.6.4	Levadura.....	13
2.7	Caracterización de los insumos utilizados en la elaboración de cerveza artesanal	13
2.7.1	Irish Moss.....	13
2.8	Proceso tecnológico a ser utilizado en la elaboración de cerveza artesanal.	13
2.8.1	Molienda y maceración	13
2.8.2	Cocción	14
2.8.3	Fermentación.....	16
2.8.4	Maduración y acondicionamiento	17

CAPÍTULO 3: METODOLOGIA EXPERIMENTAL

3.1	Desarrollo de la parte experimental.....	21
3.2	Tipo de intervención de la parte experimental	21
3.3	Paradigma de la investigación	21
3.4	Enfoque de la investigación.....	22
3.5	Métodos, técnicas e instrumentos.....	22
3.5.1	Métodos y técnicas de los análisis fisicoquímicos de las maltas	23
3.5.2	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de agua de grifo	23
3.5.3	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la cerveza tipo American Pale Ale	24
3.6	Descripción de equipos, instrumentos, material de laboratorio y utensilios	25
3.6.1	Equipos de proceso para la elaboración de Cerveza tipo American Pale Ale	25
3.6.2	Instrumentos de laboratorio.....	26
3.6.3	Material de laboratorio.....	27
3.6.4	Utensilios.....	27

3.7	Descripción de insumos alimentarios y reactivos químicos.....	28
3.7.1	Insumos alimentarios	28
3.7.2	Reactivos químicos de laboratorio	28
3.8	Diagrama del proceso de elaboración de cerveza tipo American Pale Ale	29
3.8.1	Descripción del diagrama de flujo para la Elaboración de Cerveza American Pale Ale	31
3.9	Análisis sensorial de los alimentos.....	40
3.10	Diseño experimental.....	41
3.11.1	Diseño factorial 2 ³ para la elaboración de cerveza tipo American Pale Ale	42
3.12	Operacionalización de variables para la elaboración de cerveza tipo American Pale Ale	44

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION

4.1	Caracterización de las maltas y agua de grifo	48
4.1.1	Análisis fisicoquímico de la malta base pale ale.....	48
4.1.2	Análisis microbiológico de la malta base Pale Ale	48
4.1.3	Análisis fisicoquímico de la malta carahell	49
4.1.4	Análisis microbiológico de la malta Carahell	50
4.1.5	Análisis fisicoquímico del agua de grifo.....	50
4.1.6	Análisis microbiológico del agua de grifo	51
4.2	Caracterización de las variables de proceso de elaboración de cerveza tipo American Pale Ale	51
4.2.1	Ensayos de muestras para la elaboración de cerveza tipo American Pale Ale	51
4.2.2	Variación en la dosificación de materia prima e insumos para los cinco ensayos de la elaboración de cerveza tipo American Pale Ale	52
4.2.3	Estadístico caja y bigote de los atributos de las muestras de las pruebas	

	preliminares 1.....	53
4.2.2	Estadístico caja y bigote de los atributos de las muestras de las pruebas preliminares 2.....	57
4.3	Diseño experimental en el proceso de fermentación alcohólica de cerveza tipo American Pale Ale	58
4.3.1	Variable respuesta del porcentaje de alcohol de cerveza tipo American Pale Ale	58
4.3.2	Evaluación sensorial de muestras experimentales de cerveza tipo American Pale Ale	62
4.4	Caracterización de la cerveza tipo American Pale Ale	76
4.4.1	Análisis fisicoquímicos de cerveza tipo American Pale Ale	76
4.4.2	Análisis microbiológico de la cerveza tipo American Pale Ale.....	77
4.5	Balance de materia general para la elaboración de cerveza tipo American Pale Ale	77
4.5.1	Balance de materia en la etapa de molido.....	80
4.6	Rendimiento del proceso de elaboración de cerveza tipo American Ale.....	88
4.7	Balance de energía para el proceso de elaboración de cerveza tipo American Pale Ale	90
4.7.1	Cálculo de necesidades frigoríficas.....	90
4.7.2	Balance de energía en el proceso de maceración.....	91
4.7.3	Balance de energía en el proceso de cocción de mosto	92
4.7.4	Balance de energía en el proceso de maduración.....	93
4.7.5	Balance de energía del proceso de elaboración de cerveza tipo American Pale Ale	94
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
5.1	Conclusiones.....	91
5.2	Recomendaciones.....	94

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las maltas	23
Figura 3.2	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua de grifo	24
Figura 3.3	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de cerveza tipo American Pale Ale	25
Figura 3.4	Equipos de proceso para la elaboración de cerveza tipo American Pale Ale	26
Figura 3.5	Instrumentos de laboratorio para la elaboración de cerveza tipo American Pale Ale	27
Figura 3.6	Diagrama de proceso de elaboración de cerveza American Pale Ale .	29
Figura 3.7	Maceración	32
Figura 3.8	Medición temperatura.....	31
Figura 3.9	Lavado	31
Figura 3.10	Adición de lúpulo	32
Figura 3.11	Adjunto	33
Figura 3.12	Irish Moss	33
Figura 3.13	Whirpool.....	34
Figura 3.14	Enfriado	35
Figura 3.15	Inoculación	35
Figura 3.16	Fermentación	36
Figura 3.17	Maduración.....	38
Figura 3.18	Trasvase	37
Figura 3.19	Segundo trasvase	38
Figura 3.21	Esterilización de botellas	39
Figura 3.23	Envasado.....	39
Figura 3.25	Evaluaciones sensoriales de cerveza tipo American Pale Ale.....	41
Figura 4.1	Ensayos, diseño experimental y producto final de cerveza tipo American Pale Ale	52
Figura 4.2	Variación en la dosificación de materia prima e insumos para cinco	

	ensayos	52
Figura 4.3	Caja y bigote de atributos de las muestras de las pruebas preliminares 1.....	53
Figura 4.4	Caja y bigote de atributos de las muestras de las pruebas preliminares 2.....	57
Figura 4.5	Efectos principales con relación al porcentaje de alcohol	59
Figura 4.6	Interacción de factores para porcentaje de alcohol.....	60
Figura 4.7	Diagrama de Pareto estandarizado para el porcentaje de alcohol.....	61
Figura 4.8	Caja y bigote para atributos en el diseño experimental nivel inferior	62
Figura 4.9	Caja y bigote para atributos en el diseño experimental nivel superior. ..	67
Figura 4.10	Caja y bigote de comparación de muestra optima con muestras del diseño experimental	71
Figura 4.11	Balance general para la elaboración de cerveza tipo American Pale Ale	78
Figura 4.12	Balance de materia en la etapa de molienda.....	80
Figura 4.13	Balance de materia en el proceso de maceración.	81
Figura 4.14	Balance de materia en el proceso de cocción del mosto.....	82
Figura 4.15	Balance de materia en el proceso de Whirlpool.	84
Figura 4.16	Balance de materia en el proceso de fermentación.....	85
Figura 4.17	Balance de materia en el proceso de clarificación.....	87
Figura 4.18	Resumen de balance de materia en el proceso de elaboración de cerveza tipo American Pale Ale	89
Figura 4.19	Balance de energía en el proceso de maceración.....	91
Figura 4.20	Balance de energía en el proceso de cocción del mosto	92
Figura 4.21	Balance de energía en el proceso de maduración	93

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Requisitos fisicoquímicos de la cerveza American Pale Ale	8
Tabla 2.2	Composición fisicoquímica de la cerveza tipo American Pale Ale	9
Tabla 2.3	Escala de colores de la cerveza artesanal	10
Tabla 2.4	Requisitos microbiológicos de la cerveza artesanal	11
Tabla 3.1	Material de laboratorio	27
Tabla 3.2	Utensilios de cocina.....	27
Tabla 3.3	Insumos alimentarios.....	28
Tabla 3.4	Reactivos químicos de laboratorio	28
Tabla 3.5	Matriz de diseño factorial aplicado el proceso de fermentación alcohólica	43
Tabla 3.6	Niveles de variación de factores de fermentación alcohólica	43
Tabla 4.1	Análisis fisicoquímico de la malta base Pale Ale.....	48
Tabla 4.2	Análisis microbiológico de la malta Pale Ale	49
Tabla 4.3	Análisis fisicoquímico de la malta Carahell	49
Tabla 4.4	Análisis microbiológico de la malta Carahell	50
Tabla 4.5	Análisis fisicoquímico del agua de grifo	50
Tabla 4.6	Análisis microbiológico del agua de grifo	51
Tabla 4.7	Estadístico de Tukey para el atributo color de las muestras preliminares 1.....	54
Tabla 4.8	Estadístico de Tukey para el atributo sabor de las pruebas preliminares	55
Tabla 4.9	Estadístico de Tukey para el atributo carbonatación de las pruebas preliminares 1.....	56
Tabla 4.10	Estadístico de Tukey para el atributo carbonatación de las pruebas preliminares 1.....	56
Tabla 4.11	Análisis de varianza de la variable respuesta porcentaje de alcohol	58
Tabla 4.12	Estadístico de Tukey para el atributo color	63

Tabla 4.13	Estadístico de Tukey para el atributo aroma.....	63
Tabla 4.14	Estadístico de Tukey para el atributo sabor	64
Tabla 4.15	Estadístico de Tukey para el atributo carbonatación	65
Tabla 4.16	Estadístico de Tukey para el atributo amargor	65
Tabla 4.17	Estadístico de Tukey para el atributo °GL	66
Tabla 4.18	Estadístico de Tukey para el atributo color	68
Tabla 4.19	Estadístico de Tukey para el atributo aroma.....	68
Tabla 4.20	Estadístico de Tukey para el atributo sabor	69
Tabla 4.21	Estadístico de Tukey para el atributo carbonatación	70
Tabla 4.22	Estadístico de Tukey para el atributo amargor	70
Tabla 4.23	Estadístico de Tukey para el atributo °GL	71
Tabla 4.24	Estadístico de Tukey para el atributo color	73
Tabla 4.25	Estadístico de Tukey para el atributo aroma.....	73
Tabla 4.26	Estadístico de Tukey para el atributo sabor	74
Tabla 4.27	Estadístico de Tukey para el atributo carbonatación	74
Tabla 4.28	Estadístico de Tukey para el atributo amargor	75
Tabla 4.29	Estadístico de Tukey para el atributo °GL	75
Tabla 4.30	Análisis fisicoquímico de la cerveza tipo American Pale Ale	76
Tabla 4.31	Análisis microbiológico de la cerveza tipo American Pale Ale	77