

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS



ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL TIPO IMPERIAL STOUT

POR:

GABRIELA RIVERA MARTINEZ

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.

Tarija - Bolivia

2025

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

Dedicatoria:

El presente trabajo de tesis esta dedicado a Dios y mis abuelos, gracias a ellos logre concluir mi carrera, a mis padres por estar a mi lado brindándome apoyo y sus consejos para hacer de mi una mejor persona, a mis amigos y compañeros quienes me ayudaron a llegar donde he llegado.

Agradecimientos:

En primer lugar, agradezco a Dios y a mis abuelos Lucia Morales y Marcelino Rivera por acompañarme y brindarme desde el cielo su protección siempre en todo momento, y la oportunidad de lograr mis objetivos y ser luz quia en el camino de mi vida.

A mis padres y hermanas, por ser parte de mi historia, por los valores que me han inculcado y por las experiencias que, de una u otra forma, me impulsaron a superarme y culminar esta etapa.

A mi tutor por su paciencia y dedicación constante para orientarme en cada etapa de esta investigación. Su experiencia y consejos fueron de gran ayuda para mejorar este trabajo y para mi formación personal y profesional.

A mis docentes que han sido parte del proceso de mi formación académica, a ellos por su paciencia y compartir sus conocimientos que hoy poseo; así también agradecer a mis tribunales: Ing. Luis Fernando Zenteno Benítez, Ing. Solange Vanesa Marín Lujan e Ing. Gustavo López Calle que gracias a sus consejos fueron parte en la culminación de mi trabajo final.

A la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, a la Facultad de Ciencias y Tecnología y particularmente a la Carrea de Ingeniería de Alimentos que me permitió formarme en sus aulas y gracias a su plantel Administrativo y Docente ya sea de manera directa o indirecta fueron partícipes de este proceso.

Agradecer a los compañeros de estudio y de carrera por la amistad y el apoyo moral durante este periodo.

A mi pareja, por su paciencia, amor y constante apoyo en los momentos de mayor esfuerzo. Gracias por creer en mí y acompañarme con cariño en cada paso de este camino.

ÍNDICE

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes de la cerveza	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos	2
1.3.1	Objetivo general	3
1.3.2	Objetivos específicos	3
1.4	Objeto de estudio.....	3
1.5	Campo de acción	3
1.6	Planteamiento del problema.....	4
1.7	Formulación del problema	4
1.8	Hipótesis.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Origen de la cerveza artesanal.....	6
2.2	Definición de la cerveza en general	6
2.3	Clasificación de las cervezas según su tipo de fermentación.....	7
2.4	Clasificación de las cervezas según sus características.....	7
2.4.1	Cerveza artesanal Imperial Stout	8
2.5	Propiedades fisicoquímicas de la cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	8
2.5.1	Propiedades físicas de la cerveza tipo Imperial Stout	9
2.5.2	Parámetros microbiológicos de la cerveza tipo Imperial Stout.....	9
2.6	Beneficios del consumo de la cerveza tipo Imperial Stout en el ser humano	10

2.7	Caracterización de materias primas para la elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout	11
2.7.1	Agua purificada (<i>Agua Premium</i>)	11
2.7.2	Malta (<i>Pale Ale</i>)	11
2.7.2.1	Características botánicas de la cebada cervecera	12
2.7.2.2	Taxonomía de la cebada cervecera	12
2.7.2.3	Composición fisicoquímica de la malta Pale Ale	13
2.7.2.4	Propiedades nutricionales de la malta	13
2.7.2.5	Aplicaciones de la malta para el ser humano	14
2.8	Caracterización de los insumos para la elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	14
2.8.1	Lúpulo (<i>Cascade</i>).....	14
2.8.2	Levadura tipo S-04 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	15
2.8.3	Azúcar	16
2.9	Proceso biotecnológico para la elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	16
2.9.1	Control de Calidad	16
2.9.2	Dosificado	16
2.9.3	Molturación	17
2.9.4	Maceración.....	17
2.9.5	Lavado del grano.....	17
2.9.6	Filtración del mosto	18
2.9.7	Cocción del mosto.....	18
2.9.8	Enfriamiento.....	18
2.9.9	Inoculación.....	18
2.9.10	Fermentación alcohólica	19
2.9.11	Control de fermentación.....	19
2.9.12	Filtración	20
2.9.13	Carbonatación natural	20

2.10	Parámetros físicos en el proceso de fermentación alcohólica de la cerveza	20
2.10.1	Oxígeno	20
2.10.2	Densidad.....	21
2.10.3	pH.....	21
2.10.4	Temperatura	21

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.	Desarrollo de la parte experimental	22
3.2.	Tipo de intervención	22
3.3.	Paradigma investigativo	22
3.3.1	Paradigma positivista	22
3.4.	Enfoque investigativo.....	23
3.5.	Métodos, técnicas e instrumentos	23
3.5.1	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la malta Pale Ale.....	24
3.5.2	Análisis microbiológicos en el agua de mesa purificada	24
3.5.3	Análisis microbiológicos y fisicoquímicos de la cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	25
3.6	Equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios de cocina..	25
3.6.1	Equipos de laboratorio	26
3.6.2	Instrumentos de laboratorio.....	26
3.6.3	Materiales de laboratorio.....	27
3.6.4	Utensilios de cocina	28
3.7	Insumo alimentarios	28
3.8	Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	29
3.9	Descripción del diagrama de flujo del proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout	30

3.9.1	Malta tipo Pale Ale.....	30
3.9.2	Control de calidad	30
3.9.3	Dosificado	31
3.9.4	Molturación.....	31
3.9.5.	Maceración.....	32
3.9.6	Lavado.....	33
3.9.7	Filtración	33
3.9.8	Cocción	34
3.9.9	Enfriamiento.....	34
3.9.10	Inoculación.....	35
3.9.11	Fermentación alcohólica	35
3.9.12	Filtración	36
3.9.13	Carbonatación	36
3.9.14	Embotellado	36
3.9.15	Almacenamiento	37
3.10	Evaluación sensorial de los alimentos	37
3.11	Diseño experimental	38
3.12	Diseño factorial	39
3.12.1	Diseño experimental 2 ³ en el proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout	39
3.13	Operacionalización de variables para la elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	40

CAPÍTULO IV

DISEÑO EXPERIMENTAL

4.1	Caracterización de la malta Pale Ale	42
4.1.1	Propiedades fisicoquímicas de la malta Pale Ale.....	42
4.1.2	Análisis microbiológico de la malta Pale Ale	42

4.2	Caracterización de las variables del proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout	43
4.2.1	Pruebas preliminares para la elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	43
4.2.2	Variación en la dosificación de materia prima e insumos en las pruebas preliminares de la prueba 1	44
4.2.2.1	Estadístico de caja y bigote de las pruebas preliminares para la prueba 1	45
4.2.3	Variación en la dosificación de materia prima e insumos en las pruebas preliminares para la prueba 2	46
4.2.3.1	Estadístico de caja y bigote de las pruebas preliminares para la prueba 2	47
4.3	Diseño factorial 23 en el proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	48
4.3.1	Análisis de varianza para la variable pH en la elaboración de la cerveza artesanal tipo Imperial Stout	49
4.3.2	Análisis de varianza para variable °Brix en la elaboración de la cerveza artesanal tipo Imperial Stout	52
4.3.3	Evaluación sensorial del factor temperatura en la etapa de maceración...	54
4.3.3.1	Estadístico de caja y bigote para el factor temperatura en la etapa de maceración del diseño experimental en el nivel superior	55
4.3.3.2	Estadístico de caja y bigote para el factor temperatura en la etapa de maceración del diseño experimental en el nivel inferior	56
4.4	Evaluación sensorial para elegir la muestra final de cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	57
4.4.1	Estadístico de caja y bigote para elegir la muestra final de cerveza artesanal tipo Imperial Stout	57
4.5	Caracterización de la cerveza artesanal tipo Imperial Stout	58
4.5.1	Dosificación del producto terminado de la cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	59
4.5.2	Análisis fisicoquímico de la cerveza artesanal tipo Imperial Stout	59
4.5.3	Análisis microbiológico de la cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	60
4.6	Control de °Brix, pH y densidad de la cerveza artesanal durante la etapa de fermentación	60

4.6.1	Control del pH en la cerveza artesanal durante la etapa de fermentación	62
4.6.2	Control de la densidad en la cerveza artesanal durante la etapa de fermentación.....	63
4.7	Balance de materia en el proceso de elaboración de la cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	64
4.7.1	Balance de materia en el proceso de maceración.....	68
4.7.1	Balance de materia en el proceso de maceración.....	69
4.7.1.1	Balance general de cereales agotados en la etapa de maceración	69
4.7.1.2	Balance parcial de humedad de cereales agotados etapa de maceración ..	69
4.7.1.3	Balance parcial de sólidos solubles de cereales agotados en la etapa de maceración	69
4.7.2	Balance de materia en la etapa de cocción del mosto	69
4.7.2.1	Balance parcial de la evaporación de agua en la etapa de cocción del mosto	70
4.7.3	Balance de materia en el proceso de enfriamiento.....	70
4.7.3.1	Balance general de borra que se desecha en la etapa de enfriamiento.....	70
4.7.3.2	Balance parcial de humedad de borra que se desecha en la etapa de enfriamiento	70
4.7.3.3	Balance parcial de sólidos solubles de borra que se desecha en la etapa de enfriamiento	71
4.7.4	Balance de materia en el proceso de fermentación	71
4.7.4.1	Balance general de materia en la etapa de fermentación	71
4.7.5	Balance de materia en el proceso de filtración.....	72
4.7.5.1	Balance general de materia para determinar la levadura agotada en la etapa de filtración.....	72
4.7.6	Rendimiento del proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout	72
4.8	Resumen general del balance de materia para el proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout	73
4.9	Balance de energía para el proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	75
4.9.1	Cálculo de necesidades frigoríficas.....	76

4.9.2	Balance de energía en el proceso de maceración	77
4.9.3	Balance de energía en el proceso de cocción de mosto	77
4.9.4	Balance de energía en el proceso de fermentación	78
4.9.5	Energía generada durante la elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	79

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	80
5.2	Recomendaciones.....	81

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía	82
--------------------	----

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Propiedades fisicoquímicas de la cerveza tipo Imperial Stout.....	9
Tabla 2.2	Propiedades físicas de la cerveza tipo Imperial Stout.....	9
Tabla 2.3	Parámetros microbiológicos de la cerveza tipo Imperial Stout.....	9
Tabla 2.4	Limites de minerales en el agua en relación a la salud	11
Tabla 2.5	Clasificación taxonómica de la cebada cervecera	12
Tabla 2.6	Composición fisicoquímica de la malta Pale Ale	13
Tabla 2.7	Ficha técnica del lúpulo tipo cascade.....	15
Tabla 2.8	Ficha técnica de la levadura s-04	16
Tabla 3.1	Materiales de laboratorio.....	27
Tabla 3.2	Utensilios de cocina	28
Tabla 3.3	Insumos alimentarios	28
Tabla 3.4	Factores en la etapa de maceración de la cerveza artesanal tipo Imperial Stout	40
Tabla 3.5	Matriz experimental de factores para elaboración de cerveza tipo Imperial Stout	40
Tabla 3.7	Operacionalización de variables de la elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	41
Tabla 4.1	Análisis fisicoquímico de malta Pale Ale	42
Tabla 4.2	Análisis microbiológico de la malta Pale Ale	43
Tabla 4.3	Variación porcentual de materia prima e insumos para la prueba 2	47
Tabla 4.4	Análisis de varianza en función de la variable pH.....	49
Tabla 4.5	Análisis de varianza en función de la variable °Brix	52
Tabla 4.6	Factor temperatura en la etapa de maceración	55
Tabla 4.7	Dosificación de muestra final de cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	59
Tabla 4.8	Análisis fisicoquímico de la cerveza artesanal tipo Imperial Stout	59
Tabla 4.9	Análisis microbiológico de la cerveza artesanal	60

Tabla 4.10	Contenido de °Brix de la cerveza artesanal en la etapa de fermentación	61
Tabla 4.11	Control del pH en la cerveza artesanal en la etapa de fermentación	62
Tabla 4.12	Control de la densidad en la cerveza artesanal en la etapa de fermentación	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Clasificación de la cerveza según su tipo de fermentación	7
Figura 2.2	Clasificación de la cerveza según sus características	8
Figura 2.3	Beneficios del consumo de cerveza tipo Imperial Stout	10
Figura 3.1	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la malta Pale Ale ..	24
Figura 3.2	Análisis microbiológicos en el agua de mesa.....	25
Figura 3.3	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la cerveza artesanal	25
Figura 3.4	Equipos de laboratorio.....	26
Figura 3.5	Instrumentos de laboratorio	27
Figura 3.6	Diagrama de flujo para elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout	29
Figura 3.7	Malta tipo Pale Ale	30
Figura 3.8	Control de calidad.....	30
Figura 3.9	Dosificado.....	31
Figura 3.10	Molturación de las maltas con el molino manual	32
Figura 3.11	Maceración de las maltas.....	32
Figura 3.12	Lavado	33
Figura 3.13	Filtración.....	33
Figura 3.14	Cocción del mosto y adición del lúpulo cascade	34
Figura 3.15	Enfriamiento del mosto	34
Figura 3.16	Levadura activa	35
Figura 3.17	Fermentación alcohólica del mosto	35
Figura 3.18	Carbonatación.....	36
Figura 3.19	Embotellado.....	36
Figura 3.20	Almacenamiento.....	37
Figura 3.21	Evaluaciones sensoriales de cerveza artesanal tipo Imperial Stout	38

Figura 4.1	Pruebas preliminares para la elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout	44
Figura 4.2	Variación en la dosificación de materia prima e insumos para la prueba 1	45
Figura 4.3	Caja y bigote de las pruebas preliminares para la prueba 1	46
Figura 4.4	Caja y bigote de las pruebas preliminares para la prueba 2	48
Figura 4.5	Efectos principales para el pH.....	50
Figura 4.6	Interacciones de factores para el pH.....	50
Figura 4.7	Diagrama de Pareto estandarizada para el pH.....	51
Figura 4.8	Efectos principales de la variable respuesta °Brix	53
Figura 4.9	Interacciones de factores para °Brix.....	53
Figura 4.10	Diagrama de Pareto estandarizada para °Brix.....	54
Figura 4.11	Estadístico caja y bigote de muestras de nivel superior para el factor temperatura de maceración.....	55
Figura 4.12	Estadístico caja y bigote de muestras de nivel inferior para el factor temperatura de maceración.....	56
Figura 4.13	Estadístico caja y bigote para muestra final de cerveza artesanal tipo Imperial Stout	58
Figura 4.14	Control de variación de °Brix en la cerveza artesanal en la etapa de fermentación	61
Figura 4.15	Variación de pH en la cerveza artesanal en la etapa de fermentación	63
Figura 4.16	Variación de la densidad en la cerveza artesanal en la etapa de fermentación	64
Figura 4.17	Balance de materia para el proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout.....	65
Figura 4.18	Balance de materia en el proceso de maceración	68
Figura 4.19	Balance de materia en la etapa de cocción del mosto	69
Figura 4.20	Balance de materia en el proceso de enfriamiento	70

Figura 4.21	Balance de materia en el proceso de fermentación	71
Figura 4.22	Balance de materia en el proceso de filtración	72
Figura 4.23	Resumen del balance general de materia para el proceso de elaboración de cerveza artesanal tipo Imperial Stout	74
Figura 4.24	Balance de energía en el proceso de maceración	77
Figura 4.25	Balance de energía en el proceso de cocción del mosto.....	78
Figura 4.26	Balance de energía en el proceso de fermentación.....	79