

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**ELABORACIÓN DE KOMBUCHA A PARTIR DE LA INFUSIÓN
ENDULZADA DE TÉ NEGRO COMO BEBIDA REFRESCANTE**

Por:

LUIS ALBERTO MERCADO CABA

**Modalidad de graduación (Proyecto de Grado: Investigación Aplicada) presentado
a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL
SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en
Ingeniería Química.**

diciembre de 2025

TARIJA-BOLIVIA

VºBº

M.Sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez

DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

M.Sc. Ing. Fernando Erick Cortez Michel

VICEDECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

M.Sc. Ing. Rene Emilio Michel Cortes

DIRECTOR DE CARRERA

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

ING. LUIS DAVID BLADES MEDRADO

ING. ABRAHAM ANAHUE FLORES

ING. RAMIRO ARAMAYO IRIARTE

ADVERTENCIA

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

DEDICATORIA

A Dios, en quién confiaré esperanza mía,
y castillo mío, el Alfa y la Omega,
principio y fin, el que es y que era y que
ha de venir, el Todopoderoso.

A mi familia cuyo apoyo incondicional,
paciencia y amor han sido el pilar
fundamental durante todo este camino.

A mis amigos y seres queridos, que me
brindaron ánimo cuando más lo
necesitaba.

Al presente lector que las líneas aquí
impresas puedan saciar las dudas que le
llevaron a tomar este documento.

AGRADECIMIENTO

A mi Dios por toda su obra y el haberme brindado de las personas y materiales que hicieron posible este trabajo.

A mis padres, Susana, Edgar (†), Magaly y Orlando, a mis hnos. y toda mi familia por su amor, comprensión y fortaleza; sin ustedes este camino no habría sido posible.

A mis amigos y compañeros que nombrarlos haría de este párrafo muy extenso, pero saben de la estima que les tengo.

A todas las personas que han formado parte de mi crecimiento académico y personal quienes, con sus palabras, consejos o incluso silencios me impulsaron a continuar. Gracias por ser luz en mis momentos de duda y compañía en mis momentos de avance.

PENSAMIENTO

Y si alguno se imagina que sabe algo, aún no sabe nada como debe saberlo. Pero si alguno ama a Dios, es conocido por él.

RV1960, 1 Corintios 8:2-3

ÍNDICE

ADVERTENCIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PENSAMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES.....	1
1. HISTORIA.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO.....	7
3. MERCADO DE LA KOMBUCHA	13
OBJETIVOS	21
1. OBJETIVO GENERAL	21
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
JUSTIFICACIÓN	22
1. ECONÓMICO-SOCIAL	22
2. INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS.....	22
3. AMBIENTAL.....	23
4. TECNOLÓGICO Y DE INNOVACIÓN	23
5. SALUD PÚBLICA Y NUTRICIÓN	23

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO	24
1.1. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24

1.1.1. EL AGUA POTABLE.....	24
1.1.2. LOS ENDULZANTES	25
1.1.3. EL TÉ	27
1.1.4. EL SCOBY	31
a. Los microorganismos y la microbiología de la Kombucha	32
b. Procesos bioquímicos	35
c. Factores físico-químicos que influyen a los procesos bioquímicos.....	37
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESAMIENTO Y SUS ALTERNATIVAS	40
1.2.1. Obtención de SCOBY madre	41
a. MÉTODO 1: Uso de Scoby para obtención de Scoby Madre	41
b. MÉTODO 2: Uso de productos terminados para obtención de Scoby Madre ..	42
c. MÉTODO 3: Fermentación “espontánea” por microorganismos salvajes para obtención de Scoby Madre.....	42
d. MÉTODO 4: Cultivo de microorganismos en laboratorio para obtención de Scoby Madre	43
1.2.2. Selección de láminas e infusión fermentada	43
1.2.3. Preparación de té endulzado.....	44
a. MÉTODO 1: preparación de té endulzado (azúcar después del hervor)	44
b. MÉTODO 2: preparación de té endulzado	44
1.2.4. Inoculación de microorganismos en la infusión endulzada de té.....	44
1.2.5. Procesos de Bioquímicos	44
1.2.6. Filtrado de sólidos y recuperación de infusión fermentada	45
1.2.7. Reciclo de producción (Fermentación continua)	45
1.2.8. Trasvase de infusión fermentada.....	45
1.2.9. Envasado de Kombucha.....	45

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2. PARTE EXPERIMENTAL	46
2.1. INTRODUCCIÓN.....	46
2.2. SELECCIÓN DE FACTORES Y DEL PROCESO	46
2.2.1.FACTORES FIJOS Y VARIABLES	46
a. Factores Fijos.....	46
b. Factores Variables	46
2.2.2.SELECCIÓN DE MÉTODO PARA “OBTENCIÓN DE SCOBY MADRE” .	48
2.2.3.Selección de preparación para “té endulzado”	49
2.2.4.Selección de tecnología para la fermentación:	50
a. Equipos considerados para los procesos.....	52
b. Criterios de Evaluación.....	55
2.3. CARACTERIZACIÓN DE INSUMOS	59
2.3.1.El agua potable	59
2.3.2.El Té para infusión	59
2.3.3.El endulzante	62
2.3.4.El SCOBY madre	63
2.4. ENSAYO PRELIMINAR.....	63
2.4.1.Prueba de hornalla eléctrica.....	63
2.4.2.Uso de Autoclave.....	64
2.4.3.Dosificación de azúcar y té.....	64
2.4.4.Dosificación de SCOBY (Kombucha madre)	65
2.4.5.Uso de incubadora	65

2.4.6. Fermentación	67
2.5. PROCESO PARA ELABORACIÓN DE KOMBUCHA	68
2.5.1. Diagrama de bloques	68
2.5.2. Descripción del bloque “A”	68
2.5.3. Descripción del bloque “B”	71
2.5.4. Descripción del bloque “C”	71
2.5.5. Descripción del bloque “D”	72
2.5.6. Descripción del bloque “E”	73
2.6. DISEÑO EXPERIMENTAL	73
2.7. BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA	77
2.7.1. Balances en la preparación de la infusión endulzada	77
a. Balance de Materia	77
b. Balance de Energía	85
2.7.2. Balances de la fermentación en estufa microbiológica.....	89
a. Balance de Materia	89
b. Balance de Energía	93

CAPÍTULO III

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	97
3.1. Resultados del proceso de fermentación.....	97
3.1.1. Resultados de la fermentación para el balance de materia	101
3.1.2. Resultados de la fermentación para el balance de energía	105
3.2. Análisis del proceso de fermentación.....	110
3.3. Análisis estadístico del diseño factorial.....	112

3.3.1. Análisis de varianza ANOVA del diseño factorial.....	112
3.4. Jurado organoléptico.....	116

CAPÍTULO IV

COSTOS DEL PROYECTO

4. COSTOS	120
-----------------	-----

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
5.1. Conclusiones.....	124
5.2. Recomendaciones	124

BIBLIOGRAFÍA

6. BIBLIOGRAFÍA	128
-----------------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Los factores que determinan la eficiencia y calidad del proceso	10
Tabla 2: Productos fermentados comparables a la Kombucha	12
Tabla 3: Clasificación de segmentos para el mercado de Kombucha (I).....	14
Tabla 4: Participantes clave en el mercado de Kombucha.....	15
Tabla 5: Clasificación de segmentos para el mercado de Kombucha (II).....	15
Tabla 6: Perfil Analítico KBI.....	18
Tabla 7: Tabla de criterios Hanna Bolivia	21
Tabla I-1: Composición de té.....	30
Tabla II-1: Ventajas y desventajas de los procesos para obtención de SCOBY madre 48	
Tabla II-2: Ventajas y desventajas en la preparación del té endulzado	49
Tabla II-3: Ventajas y desventajas en la tecnología para la fermentación.....	51
Tabla II-4. Matriz de selección del proceso	58
Tabla II-5: Recetas de Kombucha para 1 litro de agua.....	67
Tabla II-6: Niveles de las variables.....	74
Tabla II-7: Combinaciones de variables	75
Tabla II-8: combinación de variables con valores de tiempo y temperatura definidos 76	
Tabla II-9: Respuestas de grados Brix según el tiempo de fermentación y la temperatura de la estufa	92
Tabla II-10: Respuestas de masa de celulosa seca formada.....	92
Tabla II-11: Respuestas de consumo energético	94
Tabla II-12: Respuestas requerimiento energético de los recipientes con la infusión endulzada inoculada	96

Tabla II-13: Respuestas de las pérdidas estimadas	96
Tabla III-1: Datos iniciales de los fluidos	97
Figura III-3: papel indicado con pH 3 aprox.....	98
Tabla III-2: Combinación de variables con tiempo - temperatura con respuestas	102
Tabla III-3: respuestas de primera corrida con grados Brix rellena.....	103
Tabla III-4:respuestas de réplica con grados Brix rellena.....	103
Tabla III-5: datos leídos de pH para la primera corrida	103
Tabla III-6: datos leídos de pH para la réplica.....	104
Tabla III-7: datos de masa de celulosa en gramos para la primera corrida.....	104
Tabla III-8: datos de masa de celulosa en gramos para la réplica.....	104
Tabla III-9: Tiempo de funcionamiento registrado de la incubadora	106
Tabla III-10: potencia estimada suministrada durante 5 a 11 días por la estufa en KJ 107	
Tabla III-11: energía estimada requerida para mantener la temperatura a 34 °C en KJ 109	
Tabla III-12: pérdidas estimadas de energía	109
Tabla III-12: ANOVA de tres variables.....	113
Tabla III-13: ANOVA con dos variables	114
Tabla III-14: Asignación de letras.....	116
Tabla III-15: Cartilla de degustación	116
Tabla III-16: factor de evaluación.....	117
Tabla III-17: Datos tabulados correspondientes a la muestra A	118
Tabla III-18: Resumen de datos y suma de puntuaciones parciales.....	118
Tabla III-19: resumen de calificación	118
Tabla IV-1: costos básicos	120

Tabla IV-2: costos Kombucha madre	121
Tabla IV-3: costos indirectos	121
Tabla IV-4: Energía eléctrica estimada que se consumió	122
Tabla IV-5: costo de agua para refrigeración.....	123
Tabla IV-6: costos de análisis de laboratorio	124
Tabla IV-7: costos totales.....	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Kanji del té.....	3
Figura 2: Variedad de Kombuchas para la marca GoodvShare	17
Figura 3: Kombucha añejada ganadora de medalla de oro 2024 en International Wine & Spirits Competition	17
Figura 4: Variedad de Kombucha en supermercados	18
Figura 6: Portada de informe 2023.....	20
Figura 5: Detalle de parámetros básicos	20
Figura I-1: Botón gustativo	27
Figura I-2: Tipos de té.....	28
Figura I-3, representación de la concentración de Hidrógeno [H] y Oxidrilo	38
Figura II-2: Etiqueta de información del termostato para el equipo 1	52
Figura II-1: Equipo 1 de baño María.....	52
Figura II-3: Baño María con tapa.....	53
Figura II-4: Equipo 2 de baño María.....	53
Figura II-6: Incubadora Blue M, Model 100a.....	54
Figura II-5: Incubadora Heraeus REF-692	54
Figura II-7: Biorreactor minifors	55
Figura II-8: Botellón de agua 6 Litros.....	59
Figura II-9: Imágenes de distintas marcas de té con canela.....	60
Figura II-11: té en bolsas.....	60
Figura II-10: té a granel.....	60
Figura II-12: Pesaje de la bolsa.....	61
Figura II-13: Pesaje de la bolsa de té B.....	61

Figura II-14: Prueba de infusión	61
Figura II-15: Marca de té seleccionada.....	62
Figura II-16: Azúcar Blanca.....	62
Figura II-18: Kombucha de producción local marca Probiotic.....	63
Figura II-17: Kombucha de producción local	63
Figura II-19: Hornalla	64
Figura II-20 Kombucha madre.....	65
Figura II-22, Estufa microbiológica Blue M.....	66
Figura II-21, Estufa microbiológica Heraeus.....	66
Figura II-23: Kombuchas de los ensayos preliminares	67
Figura II-24: Lavado de recipientes	69
Figura II-25: Material de limpieza	69
Figura II-26: Utensilios para uso general.....	70
Figura II-27: Canastilla introducida a la autoclave	70
Figura II-28: canastilla llena de frascos para su esterilización	70
Figura II-29: Recipiente con agua a punto de ebullición	71
Figura II-30: Azúcar pesado en balanza analítica	71
Figura II-31: Kombucha madre.....	72
Figura II-32: Solución de la infusión endulzada enfriada	72
Figura II-33: Frascos cubiertos dentro la estufa microbiológica	72
Figura II-35: Producto finalizado.....	73
Figura II-34: Kombucha a trasluz	73
Figura III-1: papel indicador con pH 7 aprox.	97
Figura III-2: papel indicador con pH 5 aprox.	98

Figura III-3: papel indicado con pH 3 aprox.....	98
Figura III-4: refractómetro digital ABBE	98
Figura III-5: Potenciómetro de bolsillo.....	98
Figura III-7: línea de demarcación ocular del refractómetro	99
Figura III-6: termómetro digital.....	99
Figura III-8: esquema demostrativo del material para titulación Ácido-Base	101
Figura III-9: celulosas secadas sobre paño.....	105
Figura III-10: gráfico de barras Brix.....	110
Figura III-11: gráfico de barras pH	111
Figura III-12: gráfico de barras masa de celulosa.....	111
Figura III-13: Brix medidos versus ajustados	115
Figura III-14: masa de celulosa medida versus ajustada.....	115
Figura IV-1: formulario para cálculo de factura	122
Figura IV-2: Monto calculado en el portal web	123

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1: Elaboración de Kombucha	40
Esquema 2. Método 1 para Obtención de SCOBY madre	42
Esquema 3. Método 2 para Obtención de SCOBY madre	42
Esquema 4. Método 3 para Obtención de SCOBY madre	43
Esquema 5: Diagrama de bloques para elaboración de Kombucha	68
Esquema 6: Diagrama de flujo para la preparación de la infusión endulzada	78
Esquema 7: Diagrama de flujo con incógnita de la masa y volumen de la solución endulzada.....	83
Esquema 8: Diagrama de flujo para balance de masa.....	85
Esquema 9: diagrama de flujo para fermentación en estufa microbiológica	89

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Mecanismo hidrólisis de la sacarosa	26
Ecuación 2: fermentación alcohólica	36
Ecuación 3: Oxidación del etanol	37
Ecuación 4: Volumen total.....	77
Ecuación 5: Balance global en masa para la preparación de la infusión endulzada ...	78
Ecuación 6 Ecuación: Balance global en masa por Flujos de corriente.....	78
Ecuación 7: Volumen de la infusión endulzada requerido para la fermentación.....	79
Ecuación 8: Grados Brix	79
Ecuación 9: Cantidad de azúcar	80
Ecuación 10: fórmula para densidad de soluciones líquidas.....	80
Ecuación 11: masa bolsas de té.....	81
Ecuación 12: masa de bolsas escurridas.....	82
Ecuación 13: planteamiento general de la Primera ley de la termodinámica	86
Ecuación 14: balance de energía para sistema cerrado	86
Ecuación 15: Energía suministrada al sistema en función de la masa	86
Ecuación 16: Calor latente para Evaporación	87
Ecuación 17: balance global para recipientes de fermentación	90
Ecuación 18: cálculo de masa para cada recipiente	90
Ecuación 19: densidad del flujo A	91
Ecuación 20: fermentación de Sacarosa por acción enzimática de levaduras	93
Ecuación 21: hidrólisis de Sacarosa por enzimas microbianas	93
Ecuación 22: fermentación de Glucosa por acción microbiana	93
Ecuación 23: oxidación de etanol	93

Ecuación 24: oxidación de etanal en ácido acético	94
Ecuación 25: ecuación para Energía eléctrica.....	94
Ecuación 26: balance general de energía en la estufa	95
Ecuación 27: energía cedida a la solución endulzada inoculada y a los recipientes ...	95
Ecuación 28: Energía cedida a las paredes y al exterior	96
Ecuación 29: cálculo de acidez total	99