

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**ELABORACIÓN DE UN SUCEDÁNEO DE CAFÉ A PARTIR DE
HABA (*Vicia Faba L.*) Y ACHICORIA (*Cichorium Intybus*)
PRODUCIDOS EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA**

Por:

KATERIN NATALIA LOAYZA TEJERINA

**Modalidad de Graduación (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 2021

TARIJA-BOLIVIA

V°B°

M. Sc. Aurelio José Navia Ojeda
DECANO
Facultad de ciencias y Tecnología

Ing. Deysi Beatriz Arancibia Márquez
VICEDECANO
Facultad de ciencias y Tecnología

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Gustavo Moreno López

Ing. Claudia Salazar Bellido

Ing. Miguel Ángel Vargas Coro

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

El presente trabajo, lleno de mucho esfuerzo, trabajo y dedicación, respeto, comprensión y apoyo, va dedicado a mis padres Matías Loayza y Lola Tejerina que, durante todo este proceso de aprendizaje, me alentaron con sus palabras para continuar y culminar con mis estudios. Que con su esfuerzo del día a día lograron brindarme los estudios y supieron inculcar en mí, valores de ética y moral que perdurarán a lo largo de mi vida, tanto personal como profesional y gracias a ellos he llegado a ser la persona que soy ahora.

En la misma forma para mis hermanas: Romina Loayza y Briana Loayza, y al Divino Niño por ser la fuente permanente de motivación e inspiración para superarme cada día más y así poder luchar por mejores días para nuestra familia.

AGRADECIMIENTOS

A la universidad Autónoma Juan Misael Saracho, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios académicos y profesionales, que han podido sembrar en mi persona los motivos para superarme y esforzarme en mis metas académicas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por haberme dado la vida y permitirme hacer realidad mis objetivos profesionales, siempre me ha acompañado en los triunfos de mi vida.

Un agradecimiento muy especial a mis padres y hermanas, gracias por estar siempre a mi lado, por saber aconsejarme y apoyarme en todos mis proyectos, y sobre todo por brindarme día a día el amor de una familia y darme la fuerza para luchar por hacer realidad mis sueños y cumplir mis objetivos.

PENSAMIENTO

*Nuestra recompensa se encuentra en el
esfuerzo y no en el resultado. Un
esfuerzo total es una victoria completa.*

Mahatma Gandhi

ÍNDICE

	Pág.
ADVERTENCIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
PENSAMIENTO	v
RESUMEN	vi

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES	1
OBJETIVOS:	2
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
JUSTIFICACION	3
Justificación Técnica	3
Justificación Económica	3
Justificación Social	3
Justificación Ambiental	3

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Definición del café	5
1.2 Generalidades del café	5
1.2.1 Cafeína	6
1.2.3 Composición química del café.	7

1.3 Proceso de torrefacción del café	8
1.3.1 Operaciones preliminares a la torrefacción del café.	8
1.3.2 Torrefacción del café.....	9
1.4 Sucedáneos de café	12
1.4.1 Variedades de sucedáneos del café	12
1.4.2 Sustancias utilizadas en la elaboración de sucedáneos del café	13
1.5.2 Metodología de la obtención del producto.....	14
1.6 Operaciones unitarias efectuadas en el proceso	19
1.6.1 Tostado.....	19
1.6.2 Molienda	21
1.6.3 Tamizado.....	24
1.3 Haba (<i>Vicia Faba L.</i>).....	26
1.3.1 Caracterización del haba. (<i>Vicia Faba L.</i>)	26
1.3.2 Origen del haba (<i>Vicia Faba L.</i>).....	28
1.3.3 Taxonomía del haba (<i>Vicia Faba L.</i>).....	28
1.3.4 Composición nutricional del haba (<i>Vicia Faba L.</i>).....	29
1.3.5 Variedades de haba (<i>Vicia Faba L.</i>)	29
1.4 Achicoria (<i>Cichorium Intybus</i>).....	30
1.4.1 Caracterización de la Achicoria (<i>Cichorium Intybus</i>).....	31
1.4.2 Origen de la Achicoria (<i>Cichorium Intybus</i>).....	32
1.4.3 Taxonomía de la achicoria (<i>Cichorium Intybus</i>).....	33
1.4.4 Composición nutricional de la Achicoria (<i>Cichorium Intybus</i>)	33
1.4.5 Variedades de Achicoria (<i>Cichorium Intybus</i>).....	34
1.5 Café de habas	35
1.6 Café de achicoria (<i>Cichorium Intybus</i>).....	36

1.7 Influencia de las variables en la elaboración del sucedáneo de café	36
1.7.1 Temperatura:	36
1.7.2 Proporción de mezcla	38
1.7.3 Humedad	38
1.8 Normas de calidad para café y sucedáneos de café	38
1.9 Evaluación Sensorial	39
1.9.1 Tipos de evaluación sensorial en alimentos	40
1.10 Escala Hedónica	41
1.10.1 Escala hedónica de 9 puntos	41

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Desarrollo del diseño experimental	42
2.2 Equipos y Materiales de Laboratorio	42
2.2.1 Equipos e Instrumentos de Proceso	42
2.2.2 Material de Laboratorio	45
2.2.3 Instrumentos de laboratorio	46
2.3 Materia Prima (haba y achicoria)	46
2.4 Diagrama de proceso de elaboración de café de haba y achicoria	47
2.4.1 Descripción del proceso	48
2.5 Caracterización de la materia prima	54
2.5.1 Análisis fisicoquímicos de la materia prima	54
2.5.2 Análisis organolépticos	55
2.6 Caracterización de las variables del proceso	56
2.6.1 Diseño experimental	56
2.6.2 Diseño experimental en la etapa de tostado	56

2.8 Caracterización del producto final.....	59
2.8.1 Análisis fisicoquímico del producto final	59

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Características de la materia prima.....	60
3.1.1 Haba	60
3.1.2 Achicoria.....	62
3.2 Variables de mayor relevancia que influyen en el proceso de obtención de sucedáneo de café de haba y achicoria	63
3.2.1 Diseño experimental en las operaciones de tostado y mezclado del haba y de la raíz de achicoria	64
3.3 Caracterización del café de haba y achicoria.....	66
3.3.1 Evaluación sensorial del café de haba y achicoria	66
3.4 Análisis fisicoquímico del producto final.....	69
3.4.1 Análisis fisicoquímico del café de haba y achicoria	69

CAPITULO IV

BALANCE DE MATERÍA Y ENERGÍA

4.1 Balance de materia y energía para el proceso de obtención de café de haba y achicoria	70
4.1.1 Balance de materia en el café de haba	70
4.1.2 Balance de materia y energía en el café de achicoria.....	75
4.1.2 Balance de materia de la mezcla.....	80
4.1.3 Cálculo de rendimiento de producto final.....	81
4.1.2 Balance de energía en el café de haba y achicoria	83

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones	91
5.2 Recomendaciones	92

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía	94
--------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I- 1 Principales productores de café en el mundo	6
Tabla I- 2 Composición química porcentual (%) del café verde y tostado, en base seca.	8
Tabla I- 3 Tipos de fuerzas aplicadas a la molienda	23
Tabla I- 4 Taxonomía de la haba (Vicia Faba L)	28
Tabla I- 5 Composición nutricional por cada 100 g. de haba (Vicia Faba L.).....	29
Tabla I- 6 Taxonomía de la achicoria	33
Tabla I- 7 Composición de la raíz de achicoria (Cichorium Intybus).....	34
Tabla I- 8 Requisitos fisicoquímicos para el café tostado y molido	39
Tabla I- 9 Requisitos fisicoquímicos para el café tostado y molido	39
Tabla II- 1 Factores independientes en la operación de tostado	57
Tabla II- 2 Niveles de variación de la temperatura en la operación de tostado	57
Tabla II- 3 Matriz de diseño de experimentos	58
Tabla II- 4 Niveles de Variación de Proporción de mezcla de haba y achicoria	58
Tabla III- 1 Propiedades físicas de la vaina de haba	60
Tabla III- 2 Análisis fisicoquímicos del grano del haba comparados con datos bibliográficos.....	61
Tabla III- 3 Propiedades físicas de la raíz de achicoria	62
Tabla III- 4 Análisis fisicoquímicos de la raíz de achicoria comparados con datos bibliográficos.....	63
Tabla III- 5 Diseño experimental de las operaciones de tostado y mezclado	65
Tabla III- 6 Escala hedónica para la evaluación sensorial de los atributos de sabor, olor y color de la bebida del café de haba y achicoria.....	67
Tabla III- 7 Análisis fisicoquímico del café de haba y achicoria.....	69

Tabla IV- 1 Composición del grano de haba	86
Tabla IV- 2 Composición de la raíz de achicoria.....	90
Tabla C - 1 Puntuación de Evaluación Sensorial en el atributo “Sabor”	107
Tabla C - 2 Puntuación de Evaluación Sensorial en el atributo “Aroma”	107
Tabla C - 3 Puntuación de Evaluación Sensorial en el atributo “Color”	107
Tabla C - 4 Resultado del análisis organoléptico de la muestra N°1 según la escala hedónica	108
Tabla C - 5 Resultado del análisis organoléptico de la muestra N°2 según la escala hedónica	109
Tabla C - 6 Resultado del análisis organoléptico de la muestra N°3 según la escala hedónica	110
Tabla C - 7 Resultado del análisis organoléptico de la muestra N°4 según la escala hedónica	111
Tabla C - 8 Resultado del análisis organoléptico de la muestra N°5 según la escala hedónica	112
Tabla C - 9 Resultado del análisis organoléptico de la muestra N°6 según la escala hedónica	113
Tabla C - 10 Resultado del análisis organoléptico de la muestra N°7 según la escala hedónica	114
Tabla C - 11 Resultado del análisis organoléptico de la muestra N°8 según la escala hedónica	115
Tabla C - 12 Resultado del análisis organoléptico de la muestra N°9 según la escala hedónica	116
Tabla D - 1 Factores inter-sujetos	117
Tabla D - 2 Prueba de los efectos Inter - sujetos.....	117
Tabla D - 3 Índice de los contrastes de hipótesis personalizadas	118

Tabla D - 4 Contraste de hipótesis personalizado #1	118
Tabla D - 5 Resultado de la prueba.....	119
Tabla D - 6 Contraste de hipótesis # 2	119
Tabla D - 7 Análisis de varianza univariante	120
Tabla D - 8 Prueba post hoc.....	120
Tabla D - 9 Subconjuntos homogéneos	121
Tabla D - 10 Muestra – Comparaciones Múltiples	122
Tabla D - 11 Subconjuntos homogéneos	123
Tabla F- 1 Costos de producción de la investigación	126

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I- 1 Caracterizacion de la haba (Vicia Faba L)	27
Cuadro II- 1 Material de laboratorio utilizado en el proceso de elaboraci3n de caf3 de haba y achicoria.....	46
Cuadro II- 2 Materia prima utilizada en el proceso de elaboraci3n de caf3 de haba y achicoria	47
Cuadro II- 3 An3lisis fisicoqu3mico del grano de haba.....	55
Cuadro II- 4 An3lisis fisicoqu3mico de la ra3z achicoria.....	55
Cuadro II- 5 An3lisis Fisicoqu3micos del caf3 de Haba y Achicoria	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- 1 Taza de café genuino.....	8
Figura 1- 2 Escala Agtron “Diferentes grados de tueste”	11
Figura 1- 3 Elaboración de café de haba y frejol	15
Figura 1- 4 Elaboración de café de achicoria.....	17
Figura 1- 5 Plantaciones de haba (Vicia Faba L.).....	26
Figura 1- 6 Variedades de haba (Vicia Faba L)	30
Figura 1- 7 Plantaciones de Achicoria	31
Figura 1- 8 Raíz de Achicoria	31
Figura 2- 1 Balanza Analítica	42
Figura 2- 2 Tostador Manual.....	43
Figura 2- 3 Molino de Discos.....	44
Figura 2- 4 Tamiz Vibratorio	44
Figura 2- 5 Secador de tiro forzado.....	45
Figura 2- 6 Termómetro	46
Figura 2- 7 Elaboración de café de haba y achicoria	47
Figura 2- 8 Limpieza del haba	49
Figura 2- 9 Limpieza de la raíz de achicoria.....	49
Figura 2- 10 Troceado de la raíz de achicoria.....	50
Figura 2- 11 Secado del haba	50
Figura 2- 12 Secado de la raíz de achicoria	51
Figura 2- 13 Muestras de haba tostada.....	52
Figura 2- 14 Muestras de raíz de achicoria tostada.....	52
Figura 2- 15 Muestras de haba molida.....	53

Figura 2- 16 Muestras de raíz de achicoria molida.....	53
Figura 2- 17 Muestras de café de haba y achicoria.....	54
Figura 3- 1 Resultados del análisis sensorial del café de haba y achicoria	68
Figura 3- 2 Resultado final del análisis sensorial del café de haba y achicoria	68
Figura 4- 1 Balance de materia en el proceso de pelado	70
Figura 4- 2 Balance de materia en la selección del grano de haba	71
Figura 4- 3 Balance de materia en el secado del grano de haba	72
Figura 4- 4 Balance de materia en el tostado del grano de haba.....	73
Figura 4- 5 Balance de materia en el secado del grano de haba	74
Figura 4- 6 Balance de materia en el tamizado del grano de haba.....	75
Figura 4- 7 Balance de materia en la selección de la raíz de achicoria.....	76
Figura 4- 8 Balance de materia en el secado de la raíz de achicoria.....	77
Figura 4- 9 Balance de materia en el secado de raíz de achicoria.....	78
Figura 4- 10 Balance de materia en el secado de raíz de achicoria.....	79
Figura 4- 11 Balance de materia en el tamizado de raíz de achicoria.....	79
Figura 4- 12 Balance de materia en el envasado de café de haba y achicoria	80
Figura 4- 13 Resumen general del balance de materia en el proceso de elaboración de café de haba y achicoria	82
Figura E - 1 Degustación del café de haba y achicoria	124
Figura E - 2 Muestras de café de haba y achicoria para el análisis organoléptico...	125

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A.....	101
ANEXO B.....	104
ANEXO C.....	107
ANEXO D.....	117
ANEXO E.....	124
ANEXO F.....	126

SIMBOLOGÍA

PVH=	Peso de la vaina de haba
PR=	Peso residuo de haba(cáscara)
PG=	Peso grano (grano pelado)
X_{PVH}^{CC} =	Composición comestible del haba
X_{PVH}^{CNC} =	Composición no comestible del haba
PGM=	Peso de grano de haba en mal estado
PGS=	Peso grano de haba seleccionada
PA=	Pérdida de agua del grano de haba en el secado
X^{PGS} =	Humedad en base seca de haba a la entrada (kg. agua/ kg. sólido seco)
X^{PGSE} =	Humedad en base seca de haba a la salida (kg. agua/ kg. sólido seco)
PGSE=	Peso de grano de haba seca
PGT=	Peso de grano de haba tostada
WS=	Pérdida de agua del grano de haba
X^{PSEC} =	Humedad en base seca de haba a la entrada (kg. agua/kg. sólido seco)
X^{PGT} =	Humedad en base seca de haba a la salida (kg. agua/ kg. sólido seco)
PPM=	Pérdida de peso del grano de haba molida
PCM=	Peso de haba molida
PPTA=	Pérdida de peso del grano de haba tamizado
PGTA=	Peso de grano de haba tamizado
PRA=	Peso de raíz de achicoria
PRM=	Peso de raíz de raíz de achicoria en mal estado
PRS=	Peso de raíz de achicoria seleccionada

$PA_1=$	Pérdida de agua de la raíz de achicoria en el secado
$X^{PGS}=$	Humedad en base seca de la raíz de achicoria a la entrada (kg. agua/ kg. sólido seco)
$X^{PGSE}=$	Humedad en base seca de la raíz de achicoria a la salida (kg. agua/ kg. sólido seco)
$PRSE=$	Peso de raíz de achicoria seca
$PRT=$	Peso de raíz de achicoria tostada
$PA_2=$	Pérdida de agua de la raíz de achicoria
$X^{PRSE}=$	Humedad en base seca de la raíz de achicoria a la entrada (kg. agua/kg. sólido seco)
$X^{PRT}=$	Humedad en base seca de la raíz de achicoria la salida (kg. agua/ kg. sólido seco)
$PPRM=$	Pérdida de peso de la raíz de achicoria molida
$PRM=$	Peso de raíz de achicoria molida
$PPTA=$	Pérdida de peso de la raíz de achicoria tamizada
$PRTA=$	Peso de la raíz de achicoria tamizada
$PRTA=$	Peso de raíz de achicoria tamizado
$PGTA=$	Peso de haba tamizada
$X_{PRTA}=$	Proporción de raíz de achicoria tamizada en la mezcla
$X_{PGTA}=$	Proporción de haba tamizada en la mezcla
$PF=$	Producto final
$t=$	Tiempo necesario para el calentamiento
$m=$	Consumo de gas
$Q=$	Calor requerido para el tostado
$K=$	Conductividad térmica del aluminio

$L=$	Longitud del tambor
T_1 y $T_2=$	Temperaturas superficiales del tostador
r_0 y $r_1=$	Radios del tambor
$m=$	Flujo másico del producto
$T_2=$	Temperatura de tostado (150°C)
$T_1=$	Temperatura inicial (5°C)
$C_p=$	Calor específico
$a=$	Humedad
$p=$	Proteína
$g=$	Grasa
$c=$	Carbohidratos
$m=$	Cenizas
$Q=$	Flujo de calor
$Q_{\text{TOTAL}}=$	Calor requerido