

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA



OBTENCIÓN DE HARINA DE ALGARROBO.

(Prosopis alba griseb)

Por:

SANDRA EVELYN ESCALANTE SINGURI

Investigación Aplicada presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.

Marzo de 2018

TARIJA - BOLIVIA

DEDICATORIA

Le agradezco profundamente a Dios y a la Virgen el haberme dado la oportunidad de estudiar y el ser siempre tan buenos conmigo.

Este proyecto es una parte de mi vida y un nuevo comienzo de otras etapas por esto y más, lo dedico con mucho cariño a mis padres Crispín y María por su confianza, comprensión y por su apoyo, pero especialmente por brindarme sus palabras de aliento para llegar a culminar mi profesión.

A mis hermanos con quien tengo un honor de compartir parte de mi vida, Karen, Lyng y Howard con gratitud y amor por su apoyo incondicional, a quienes les deseo éxitos en su vida.

A mis sobrinos, cuñados y a Roberto Carlos por el apoyo, ánimo y comprensión que me supieron dar durante el trabajo realizado.

A mis amigos por compartir conmigo sus experiencias y enseñarme el valor verdadero de la amistad.

ÍNDICE

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

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES.....	1
OBJETIVOS.....	3
OBJETIVO	
GENERAL.....	3
OBJETIVO	
ESPECÍFICO.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	4

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA Y DEL PRODUCTO.....	5
1.1 EL ALGARROBO.....	5
1.2 ESPECIES PROSOPIS EN EL VALLE Y CHACO TARIJEÑO.....	7
1.3 SELECCION DE LA ESPECIE EN ESTUDIO.....	8
1.4 PRODUCCIÓN Y COSECHA DEL ALGARROBO.....	8
1.5DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL DEL ALGARROBO EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA.....	9
1.6 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	10
1.7 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA PLANTA DE ALGARROBO.....	11

1.7.1 PROSOPIS ALBA GRISEB.....	11
1.7.1.1 ÁRBOL.....	11
1.7.1.2 HOJAS.....	11
1.7.1.3 FRUTO.....	12
1.8 MATERIA PRIMA	14
1.9 APORTES Y COMPOSICION NUTRICIONAL DEL ALGARROBO.....	16
1.9.1 IMPORTANCIA Y CONSUMO DE LA MATERIA PRIMA.....	16
1.9.2 EL ALGARROBO COMO ALIMENTO.....	16
1.9.3 USOS TRADICIONALES COMO ALIMENTO.....	16
1.9.4 PRODUCTOS TRADICIONALES DERIVADOS DE LA ALGARROBA.....	17
1.10 PROPIEDADES DEL ALGARROBO.....	20
1.11 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALORACIÓN NUTRICIONAL.....	21
1.12 DESCOMPOSICIÓN DEL FRUTO (VAINA) ALGARROBO PROSOPIS ALBA GRISEB.....	22
1.13 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS Y UTILIDADES DE LA PULPA..	23
1.14 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS Y UTILIDADES DE LA SEMILLA.....	23
1.15 PRINCIPIOS ACTIVOS Y FACTORES ANTI NUTRICIONALES.....	24
1.16 HARINA.....	25
1.16.1 CLASIFICACIÓN DE LAS HARINAS.....	25
1.16.2 DESCRIPCIÓN DE LA HARINA DE ALGARROBO.....	26
1.16.3 USOS Y APLICACIONES DE LA HARINA DE ALGARROBO.....	27
1.16.4 PROPIEDADES DE LA HARINA DE ALGARROBO.....	27
1.16.5 COMPOSICIÓN Y VALOR ALIMENTICIO DE LA HARINA DE ALGARROBO.....	28
1.16.5.1 COMPOSICIÓN.....	28
1.16.5.2 VALOR ALIMENTICIO.....	28
1.17 PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DE HARINA DE ALGARROBO..	29
1.18 PARDEAMIENTO.....	31
1.18.1 PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO.....	31
1.18.2 PARDEAMIENTO NO ENZIMÁTICO.....	32

1.19 CARACTERÍSTICAS DEL PRETRATAMIENTO.....	32
1.19.1 DG-6.....	32
1.20 CONCEPTOS BÁSICOS DE SECADO DE ALIMENTOS.....	32
1.20.1 SECADO.....	33
1.20.2 SECADO DE LOS PRODUCTOS DESHIDRATADOS.....	33
1.20.2.1 EL MECANISMO DE SECADO.....	33
1.20.2.2 CAMBIOS FÍSICO-QUÍMICOS EN LOS PRODUCTOS DESHIDRATADOS.....	34
1.20.2.3 CAMBIO DE PROPIEDADES FÍSICAS DEBIDO AL SECADO POR AIRE CALIENTE.....	34
1.21 CLASIFICACIÓN DE SECADORES.....	35
1.21.1 SECADOR DE BANDEJAS.....	35
1.21.2 SECADORES ROTATORIOS.....	35
1.21.3 SECADORES DE TAMBOR.....	36
1.21.4 SECADORES DE SPRAY.....	36
1.21.5 SECADORES NEUMÁTICOS.....	37
1.22 CURVAS DE SECADO.....	37
1.23 FACTORES QUE AFECTAN AL PROCESO DE SECADO.....	40
1.23.1 TEMPERATURA DEL AIRE.....	40
1.23.2 HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE.....	41
1.23.3 VELOCIDAD DEL AIRE.....	41
1.23.4 NATURALEZA DE LA MATERIA PRIMA.....	42
1.23.5 CARGA DE BANDEJAS.....	42
1.24 MOLIENDA.....	42
1.24.1 TIPOS DE MOLINOS.....	43
1.24.1.1 MOLINO DE MARTILLOS.....	43
1.24.1.2 MOLINO DE BOLAS.....	43
1.24.1.3 MOLINO DE DISCOS.....	43
1.24.1.4 MOLINO DE TAMBOR.....	43
1.25 TAMIZADO.....	44
1.25.1 TIPOS DE TAMICES INDUSTRIALES.....	44

1.26 ENVASADO.....	44
--------------------	----

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN.....	46
2.2 MATERIA PRIMA Y ADITIVOS E INSUMOS.....	46
2.3 REQUERIMIENTO, DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS, MATERIALES DE LABORATORIO Y UTENSILIOS DE COCINA UTILIZADOS PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE ALGARROBO VARIEDAD “ <i>PROSOPIS ALBAGRISEB</i> ”.....	46
2.3.1 EQUIPOS DE LABORATORIO.....	47
2.3.1.1 BALANZA ANALÍTICA DIGITAL.....	47
2.3.1.2 ESTUFA DE CONVECCIÓN FORZA.....	48
2.3.1.3 MOLINO DE BOLAS.....	49
2.3.1.4 TAMIZ VIBRATORIO.....	50
2.3.1.5 DESECADOR.....	51
2.3.1.6 MOLINO DE PIEDRA.....	52
2.3.1.7 BALANZA.....	52
2.3.2 MATERIALES DE LABORATORIO.....	53
2.3.3 UTENSILIOS DE COCINA.....	54
2.4 DISEÑO FACTORIAL.....	55
2.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL DE OBTENCIÓN DE HARINA DE ALGARROBO.....	57
2.5.1 RECEPCIÓN DEL ALGARROBO.....	59
2.5.2 SELECCIÓN DEL ALGARROBO.....	59
2.5.3 LAVADO 1.....	60
2.5.4 PRE CORTADO.....	60
2.5.5 LAVADO 2.....	61
2.5.6 CORTADO EN TROZOS.....	61
2.5.7 INMERSIÓN EN SOLUCIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO.....	62
2.5.8 SECADO.....	64

2.5.9 MOLIENDA.....	68
2.5.10 TAMIZADO.....	70
2.5.11 ENVASADO.....	72
2.5.12 ALMACENAMIENTO.....	72
2.6 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS.....	72
2.6.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MATERIA PRIMA “ALGARROBO”.....	72
2.6.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA “ALGARROBO”, Y DEL PRODUCTO.....	73
2.6.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA HARINA DE ALGARROBO..	74
2.6.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO FINAL.....	74

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	75
3.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MATERIA PRIMA.....	75
3.1.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA.....	76
3.1.3 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL PRODUCTO OBTENIDO....	77
3.1.4 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO FINAL.....	78
3.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DEFINIR LA HARINA DE ALGARROBO VARIEDAD “ <i>PROSOPIS ALBA GRISEB</i> ”.....	79
3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	93
3.4 SECADO.....	96
3.4.1 PÉRDIDA DE PESO DURANTE EL SECADO DE LOS TROZOS DE ALGARROBO.....	96
3.4.2 PORCENTAJE DE HUMEDAD EN BASE HÚMEDA DEL ALGARROBO.....	100
3.4.3 CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE SECA.....	103
3.4.4 DETERMINACIÓN DE LA CINÉTICA DE SECADO.....	108

3.5 MOLIENDA.....	113
3.6 TAMIZADO.....	113
3.7 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA.....	115

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES.....	127
4.2 RECOMENDACIONES.....	128

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ANEXO A

FOTOGRAFÍAS

ANEXO B

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL ALGARROBO Y HARINA DE ALGARROBO VARIEDAD “*PROSOPIS ALBA GRISEB*”

ANEXO C

TEST DE ACEPTABILIDAD PARA DEFINIR LA HARINA DE ALGARROBO VARIEDAD “*PROSOPIS ALBA GRISEB*”

ANEXO D

DATOS PARA LA CINÉTICA DE SECADO MÉTODO DE TRES PUNTOS

ANEXO E

DIAGRAMA PSICOMÉTRICO PARA EL BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I-1 Composición química y valoración nutricional.....	21
Tabla I-2 Valores en frutos de P. alba, molidos y tostados.....	22
Tabla I-3 Elementos estructurales.....	23
Tabla I-4 Equipos para la producción de harina de algarrobo.....	31
Tabla II-1 Especificaciones de balanza analítica digital.....	48
Tabla II-2 Especificaciones técnicas de la estufa de convección forzada.....	49
Tabla II-3 Especificaciones técnicas del molino de bolas.....	50
Tabla II-4 Especificaciones técnicas de tamiz vibratorio.....	51
Tabla II-5 Especificaciones de la balanza.....	53
Tabla II-6 Material de laboratorio.....	54
Tabla II-7 Utensilios de cocina.....	55
Tabla II-8 Niveles de las variables de secado del algarrobo.....	56
Tabla II-9 Matriz de diseño.....	57
Tabla II-10 Pérdida de peso en el secado del algarrobo entero.....	64
Tabla II-11 Propiedades físicas de la materia prima.....	73
Tabla II-12 Determinación de las propiedades fisicoquímicas.....	73
Tabla II-13 Técnicas para la determinación de los análisis microbiológicos.....	74
Tabla III-1 Características físicas del algarrobo variedad “ <i>Prosopis Alba Griseb</i> ”.....	76
Tabla III-2 Composición fisicoquímica del algarrobo variedad “ <i>Prosopis Alba Griseb</i> ”.....	77
Tabla III-3 Composición fisicoquímica del producto final del algarrobo variedad “ <i>Prosopis Alba Griseb</i> ”.....	78
Tabla III-4 Análisis microbiológico del producto final.....	79
Tabla III-5 Escala hedónica para la evaluación sensorial de los atributos de color, olor, sabor y textura.....	80
Tabla III-6 Resultados obtenidos del análisis organoléptico de la muestra N° 1 según la escala hedónica.....	81

Tabla III- 7 Resultados obtenidos del análisis organoléptico de la muestra N° 2 según la escala hedónica.....	82
Tabla III- 8 Resultados obtenidos del análisis organoléptico de la muestra N° 3 según la escala hedónica.....	83
Tabla III- 9 Resultados obtenidos del análisis organoléptico de la muestra N° 4 según la escala hedónica.....	84
Tabla III-10 Resultados obtenidos del análisis organoléptico de la muestra N° 5 según la escala hedónica.....	85
Tabla III- 11 Resultados obtenidos del análisis organoléptico de la muestra N° 6 según la escala hedónica.....	86
Tabla III- 12 Resultados obtenidos del análisis organoléptico de la muestra N° 7 según la escala hedónica.....	87
Tabla III- 13 Resultados obtenidos del análisis organoléptico de la muestra N° 8 según la escala hedónica.....	88
Tabla III-14 Resultados obtenidos de la variable respuesta del diseño.....	93
Tabla III-15 Prueba de efectos inter-sujetos.....	94
Tabla III-16 Anova.....	94
Tabla III-17 Coeficientes Análisis de varianza de la variable aceptabilidad del producto.....	95
Tabla III-18 Valores para la aceptabilidad.....	95
Tabla III-19 Pérdida de peso en el secado de los trozos de algarrobo a temperaturas de 60 y 70 °C, a un tipo de corte de 1S.....	97
Tabla III-20 Pérdida de peso en el secado de los trozos de algarrobo a temperaturas de 60 y 70 °C, a un tipo de corte de 2S.....	99
Tabla III-21 Porcentaje de la humedad del algarrobo.....	102
Tabla III-22 Promedio de pérdida de peso en el secado del algarrobo.....	105
Tabla III-23 Contenido de humedad en base seca.....	107
Tabla III-24 Datos para la velocidad de secado.....	111
Tabla III-25 Resultados de tamizado de la harina de algarrobo.....	114
Tabla III-26 Propiedades psicométricas del aire.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I-1 Algarrobo “ <i>Prosopis Alba Griseb</i> ”	5
Figura I-2 Algarrobos en formación, racimo floral y hojas de <i>Prosopis Alba</i>	6
Figura I-3 Especies del genero <i>Prosopis Alba Griseb</i> (vaina en fructificacion)...7	
Figura I-4 Árbol del algarrobo “ <i>Prosopis Alba Griseb</i> ”	11
Figura I-5 Hojas, inflorescencia y legumbres de <i>Prosopis Alba Griseb</i>	11
Figura I-6 Fruto <i>Prosopis Alba Griseb</i>	13
Figura I-7 Componentes separables mecánicamente de una algarroba (algarroba madura de <i>Prosopis Alba</i> aspecto interno).....	14
Figura I-8 Estructura de la vaina de algarrobo.....	15
Figura I-9 Preparaciones de la vaina.....	17
Figura I-10 Patay de <i>Prosopis Alba</i>	18
Figura I-11 Descomposición del fruto (vaina) algarrobo <i>Prosopis Alba Griseb</i> ..22	
Figura I-12 Harina de algarrobo.....	26
Figura I-13 Diagrama de bloques proceso de elaboración de harina de algarrobo.....	29
Figura I-14 Tipos de atomizadores.....	37
Figura I-15 Contenido de humedad en función del tiempo.....	38
Figura I-16 Velocidad de secado en función del contenido de humedad.....	39
Figura II-1 Balanza analítica.....	47
Figura II-2 Estufa de convección forzada.....	48
Figura II-3 Molino de bolas.....	49
Figura II-4 Tamiz vibratorio.....	50
Figura II-5 Desecador.....	51
Figura II-6 Batan de piedra.....	52
Figura II-7 Balanza.....	53
Figura II-8 Materiales de laboratorio.....	54
Figura II-9 Utensilios de cocina.....	55
Figura II-10 Recepción del algarrobo variedad “ <i>Prosopis Alba Griseb</i> ”	59
Figura II-11 Selección de la materia prima (descarte).....	59
Figura II-12 Proceso de lavado de la materia prima algarrobo <i>Prosopis Alba</i>	60

Figura II-13 Proceso de pre cortado (puntas) de la materia prima algarrobo <i>Prosopis Alba</i>	60
Figura II-14 Lavado con Dg-6.....	61
Figura II-15 Cortado de las vainas de algarrobo.....	62
Figura II-16 Ácido cítrico inhibidor enzimático.....	62
Figura II-17 Trozos de algarrobo sumergidas en solución de ácido cítrico.....	63
Figura II-18 Trozos de algarrobo escurriendo luego del tratamiento con ácido cítrico.....	63
Figura II-19 Muestras de trozos de algarrobo en las bandejas.....	66
Figura II-20 Muestras de trozos de algarrobo en las bandejas dentro del secador.....	67
Figura II-21 Acondicionamiento de la muestra seca.....	67
Figura II-22 Enfriamiento de la muestra seca de algarrobo en un desecador.....	68
Figura II-23 Materia prima dentro del molino.....	69
Figura II-24 Molienda de los trozos de algarrobo.....	69
Figura II-25 Tamiz.....	70
Figura II-26 Proceso de tamizado.....	70
Figura II-27 Tamizado de la harina de algarrobo.....	71
Figura II-28 Clasificación granulométrica de la harina de algarrobo.....	71
Figura II-29 Producto envasado.....	72
Figura III-1 Promedios de la evaluación sensorial de la muestra N°1.....	89
Figura III-2 Promedios de la evaluación sensorial de la muestra N°2.....	89
Figura III-3 Promedios de la evaluación sensorial de la muestra N°3.....	90
Figura III-4 Promedios de la evaluación sensorial de la muestra N°4.....	90
Figura III-5 Promedios de la evaluación sensorial de la muestra N°5.....	91
Figura III-6 Promedios de la evaluación sensorial de la muestra N°6.....	91
Figura III-7 Promedios de la evaluación sensorial de la muestra N°7.....	92
Figura III-8 Promedios de la evaluación sensorial de la muestra N°8.....	92
Figura III-9 Pérdida de peso del algarrobo a 60 y 70°C a un tipo de corte de 1S.....	98

Figura III-10 Pérdida de peso del algarrobo a 60 y 70°C a un tipo de corte de 2S.....	100
Figura III-11 Porcentaje de humedad durante el secado del algarrobo.....	103
Figura III-12 Curva de humedad en base seca.....	108
Figura III-13 Velocidad de secado en función de la humedad en base seca.....	112

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama II-1 Diagrama de flujo para la elaboración de “Harina de Algarrobo”.....	58
Diagrama III-1 Diagrama de bloques del balance de materia para la obtención de Harina de Algarrobo.....	115