

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**OBTENCIÓN EXPERIMENTAL DE AISLADO DE PROTEÍNA DE
HARINA DE SOYA DESENGRASADA POR “MÉTODO ESTÁNDAR”**

Por:

YANET SUBIA PORTAL

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

AGOSTO de 2016

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

A mis padres Alberto y Lindaura, que estuvieron siempre a mi lado brindándome su mano amiga, dándome a cada instante una palabra de apoyo para llegar a culminar mi profesión. Gracias por las enseñanzas y por guiarme siempre por el camino del bien.

A mis hermanos por su permanente incentivo.

ÍNDICE

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA.....	1
--------------------------------	---

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES.....	6
OBJETIVOS.....	7
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	8
JUSTIFICACIÓN.....	8

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1.-PROTEÍNAS.....	10
1.1.1 AMINOÁCIDOS.....	10
1.1.1.1.-ENLACE PEPTÍDICO DE LOS AMINOÁCIDOS.....	12
1.1.2.-ESTRUCTURA DE LAS PROTEÍNAS.....	13
1.1. 2.1.-ESTRUCTURA PRIMARIA DE LAS PROTEÍNAS	14
1.1.2.2.- ESTRUCTURA SECUNDARIA DE LAS PROTEÍNAS.....	15
1.1.2.3.-ESTRUCTURA TERCIARIA DE LAS PROTEÍNAS.....	15
1.1.2.4.-ESTRUCTURA CUATERNARIA DE LAS PROTEÍNAS.....	17
1.1.3.-PROPIEDADES DE LAS PROTEÍNAS.....	18
1.1.4.- COMPORTAMIENTO ÁCIDO-BASE DE LOS AMINOÁCIDOS DE LAS PROTEÍNAS.....	20
1.1.5.-CLASIFICACIÓN DE LAS PROTEÍNAS.....	21
1.1.5.1.-HOLOPROTEÍNAS O PROTEÍNAS SIMPLES.....	22
1.1.5.2. HETEROPROTEÍNAS O PROTEÍNAS CONJUGADAS.....	23
1.1.6.-GENERALIDADES DE LA PROTEÍNA DE SOYA.....	24

1.1.7.-CLASIFICACIÓN Y NOMENCLATURA.....	24
1.1.8.-CALIDAD NUTRICIONAL DE LA PROTEÍNA DE SOYA.....	25
1.2.- LA SOYA.....	25
1.2.1.- HARINA DE SOYA.....	27
1.2.1.1.-VARIEDADES DE HARINA DE SOYA.....	27
1.2.1.1.1.- PRODUCTOS DERIVADOS DE LA HARINA DE SOYA Y SU FORMA DE CONSUMO.....	28
1.3.- AISLADO DE PROTEÍNA DE SOYA.....	29
1.3.1.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS AISLADOS DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	30
1.3.2.-IMPORTANCIA Y APLICACIONES DEL AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	30
1.4.- TEORÍA DE EXTRACCIÓN.....	31
1.5.-MÉTODOS PARA LA ELABORACIÓN DE AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	32
1.5.1.- OBTENCIÓN DE AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA POR EL MÉTODO ESTÁNDAR.....	32
1.5.2.- OBTENCIÓN DE AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA POR EXTRACCIÓN CON CLORURO DE SODIO Y PRECIPITACIÓN POR MICELIZACIÓN.....	37
1.6.-MÉTODOS DE SECADO.....	39
1.7.-SELECCIÓN DEL MÉTODO DE OBTENCIÓN DE AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	40
1.8.- CONCEPTOS BÁSICOS DE SECADO DE ALIMENTOS.....	41
1.8.1.-SECADO.....	41
1.8.1.1.-TIPOS DE SECADO SEGÚN LA TRANSFERENCIA DE CALOR.....	41
1.8.1.2.-GENERALIDADES DE LAS CURVAS DE SECADO.....	42
1.8.1.3.-FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE SECADO.....	45

1.8.1.4.-TIPOS DE HUMEDAD DE LOS ALIMENTOS.....	46
1.8.1.5.-CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN PRODUCTO.....	47
1.9.- EVALUACIÓN SENSORIAL.....	48

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2.1.-INTRODUCCIÓN.....	50
2.2. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA.....	50
2.3.-REACTIVOS QUÍMICOS.....	51
2.4 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y MATERIAL DE LABORATORIO UTILIZADOS EN LA OBTENCIÓN DE AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	52
2.4.1 EQUIPOS DE LABORATORIO.....	53
2.4.2 INSTRUMENTOS DE LABORATORIO.....	57
2.4.3. MATERIAL DE LABORATORIO.....	57
2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	59
2.5.1 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS.....	59
2.5.2 FACTORES DE ESTUDIO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL 3 ² PARA LA OBTENCIÓN DE AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	61
2.6.-DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL DE OBTENCIÓN DE AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	62
2.6.1.- DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE EXTRACCIONES.....	62
2.6.2 HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	67
2.6.3 EXTRACCIÓN BÁSICA.....	67
2.6.4 PRECIPITACIÓN ÁCIDA.....	70

2.6.5.- LAVADO	73
2.6.6.-SECADO.....	73
2.6.7 MOLIENDA.....	74
2.6.8 ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO FINAL.....	75

**CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

3.1 ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA Y PRODUCTO FINAL.....	76
3.1.1.-RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA.....	77
3.2 DETERMINACIÓN DEL pH DE EXTRACCIÓN Y pH DE PRECIPITACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOY DESENGRASADA.....	78
3.2.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ESTABLECER EL pH DE EXTRACCIÓN Y pH DE PRECIPITACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	78
3.2.1.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN PARA OBTENER AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	79
3.2.1.1.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO COLOR PARA DETERMINAR EL pH DE EXTRACCIÓN Y pH DE PRECIPITACIÓN EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN PARA OBTENER AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	81
3.2.1.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO OLOR EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN PARA OBTENER AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	83
3.2.1.2.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO OLOR PARA DETERMINAR	

EL pH DE EXTRACCIÓN Y pH DE PRECIPITACIÓN EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN PARA OBTENER AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	84
3.2.1.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN PARA OBTENER AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	86
3.2.1.3.1 PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO SABOR PARA DETERMINAR EL pH DE EXTRACCIÓN Y pH DE PRECIPITACIÓN EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN PARA OBTENER AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	87
3.3.- DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN PARA OBTENER AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	89
3.3.1.- PRUEBA ESTADÍSTICA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN PARA OBTENER AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	90
3.4.- RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL.....	91
3.4.1.- PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL PRODUCTO FINAL.....	91
3.4.2.-ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO FINAL.....	92
3.5.- BALANCE DE MATERIA PARA OBTENER AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	92
3.5.1.-BALANCE DE MATERIA EN LA MEZCLA.....	93
3.5.2.-BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN.....	93
3.5.3.-BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE PRECIPITACIÓN.....	97
3.5.4.-BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE LAVADO.....	99

3.5.5.-BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE SECADO.....	101
3.5.6.-BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE MOLIENDA.....	103
3.6.-BALANCE DE ENERGÍA EN LA CENTIFUGACION Y EN EL PROCESO DE SECADO.....	104
3.7.- DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE SECADO.....	106
3.8.- DETERMINACIÓN DE LA CINÉTICA DE SECADO.....	108
3.9.- INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS SOBRE EL RENDIMIENTO.....	112
3.9.1.- pH DE EXTRACCIÓN Y pH DE PRECIPITACIÓN.....	112
3.10.- CONDICIONES DE OPERACIÓN RECOMENDADAS PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE AISLADO DE PROTEÍNA DE HARINA DE SOYA DESENGRASADA.....	115

**CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1.-CONCLUSIONES.....	116
4.2.- RECOMENDACIONES.....	117

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118
--	------------

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Estructura primaria de las proteínas.....	14
Figura 1-2: Estructura secundaria “alfa-hélice y lámina beta”.....	15
Figura 1-3: Estructura terciaria de las proteínas.....	16
Figura 1-4: Estructura cuaternaria de las proteínas	17
Figura 1-5: Interrelación entre estructuras de las proteínas.....	18
Figura 1-6: Desnaturalización de las proteínas.....	19
Figura 1-7: Estructura de los aminoácidos según el pH.....	21
Figura 1-8: Suproducto de la harina de soya.....	29
Figura 1-9: Diagrama de flujo de obtención de aislado de proteína de harina de soya desengrasada por método estándar.....	33
Figura 1-10: Número de extracciones.....	36
Figura 1-11: Diagrama de flujo del proceso de obtención de aislados de proteína de harina de soya desengrasada por extracción con cloruro de sodio y precipitación por micelización.....	37
Figura 1-12: Contenido de humedad en función del tiempo.....	44
Figura 1-13: Velocidad de secado en función del contenido de humedad	44
Figura 2-1: Harina de soya desengrasada.....	50
Figura 2-2: Reactivos químicos.....	52
Figura 2-3: Balanza analítica.....	53
Figura 2-4: Agitador magnético.....	54
Figura 2-5: Centrifuga.....	55

Figura 2-6: Estufa eléctrica.....	56
Figura 2-7: pH-metro digital.....	57
Figura 2-8: Material de laboratorio.....	58
Figura 2-9: Algoritmo factorial en el proceso de extracción, para obtener aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	61
Figura 2-10: Número de extracciones para obtener aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	64
Figura 2-11: Diagrama de flujo del proceso de obtención experimental de aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	66
Figura 2-12: Harina de soya desengrasada de la Empresa Montecristo S.A.....	67
Figura 2-13: Solubilización de las proteínas.....	68
Figura 2-14: Agitación de la disolución.....	68
Figura 2-15: Muestra después de la centrifugación.....	69
Figura 2-16: Extractos acuosos de extracción a pH 8,0; pH 9,2 y pH 11,0.....	70
Figura 2-17: Precipitación de las proteínas extraídas.....	71
Figura 2-18 a: pH de extracción 8,0; pH 9,2 y pH 11,0 con pH de precipitación 5,0.....	72
Figura 2-18 b: pH de extracción 8,0; pH 9,2 y pH 11,0 con pH de precipitación 4,5.....	72
Figura 2-18 c: pH de extracción 8,0; pH 9,2 y pH 11,0 con pH de precipitación 3,0.....	72
Figura 2-19: Muestra después de la centrifugación.....	73
Figura 2-20: Secado de la proteína aislada de harina de soya desengrasada.....	74
Figura 2-21: Molienda de la proteína aislada.....	75
Figura 2-22: Producto final aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	75
Figura 3-1: Valores promedio de atributo color para definir la muestra	

extraída para obtener aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	81
Figura 3-2: Valores promedio de atributo olor para definir la muestra	
extraída para obtener aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	84
Figura 3-3: Valores promedio de atributo sabor para definir la muestra	
extraída para obtener aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	87
Figura 3-4: Balance de materia en la mezcla realizada para la primera	
extracción.....	93
Figura 3-5: Balance de materia en la primera etapa de extracción.....	94
Figura 3-6: Balance de materia en la segunda etapa de extracción.....	95
Figura 3-7: Balance de materia en la tercera etapa de extracción.....	96
Figura 3-8: Balance de materia en el proceso de precipitación.....	97
Figura 3-9: Balance de materia en el proceso de lavado de la proteína aislada	
de harina de soya desengrasada.....	99
Figura 3-10: Balance de materia en el proceso de secado del aislado de	
proteína de harina de soya desengrasada.....	102
Figura 3-11: Balance de materia en el proceso de molienda.....	103
Figura 3-12: Curva de secado de proteína aislada de harina de soya	
desengrasada.....	108
Figura 3-13: Cinética en el proceso de secado para obtener aislado de	
proteína de harina de soya desengrasada.....	111
Figura 3-14: Efecto del pH de extracción sobre rendimiento del aislado de	
proteína de harina de soya desengrasada	113
Figura 3-15: Efecto del pH de precipitación sobre rendimiento del aislado de	
proteína de harina de soya desengrasada.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I-1: Aminoácidos esenciales y no esenciales.....	12
Tabla I-2: Composición química del grano de soya.....	26
Tabla I-3: Composición química de las partes atómicas de la soya	26
Tabla I-4: Composición de aminoácidos esenciales de la soya y sus productos.....	27
Tabla I-5: Composición química de los diversos tipos de harina de soya.....	28
Tabla I-6: Composición química del aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	30
Tabla I-7: Determinación del número de extracciones.....	35
Tabla I-8: Rendimiento y pureza de aislados de proteína de soya obtenidos por diferentes métodos de extracción.....	38
Tabla II-1: Porcentaje de proteína total de harina de soya desengrasada adquirida del mercado campesino y Empresa Montecristo S.A. y harina de soya desengrasada según bibliografía.....	51
Tabla II-2: Reactivos químicos para el proceso de obtención experimental de aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	52
Tabla II-3: Especificaciones de la balanza analítica digital.....	53
Tabla II-4: Especificaciones del agitador magnético.....	54
Tabla II-5: Especificaciones técnicas de la centrifuga.....	55
Tabla II-6: Especificaciones técnicas de la estufa eléctrica.....	56
Tabla II-7: Material de laboratorio.....	58
Tabla II-8: Matriz de diseño experimental 3² para la obtención de aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	60
Tabla II-9: Niveles de variación de los factores para la obtención experimental de aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	62
Tabla II-10: Porcentajes de proteína extraída de cada extracción.....	64
Tabla III-1: Composición de la harina de soya desengrasada.....	77
Tabla III-2: Evaluación sensorial de atributo color para definir la muestra extraída para obtener aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	80
Tabla III-3: Resultados de la prueba estadística de Fisher del atributo color.....	82
Tabla III-4: Prueba estadística de Duncan del atributo color.....	82

Tabla III-5: Evaluación sensorial de atributo olor para definir la muestra extraída para obtener aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	83
Tabla III-6: Resultados de la prueba estadística de Fisher del atributo olor.....	85
Tabla III-7: Prueba estadística de Duncan del atributo olor.....	85
Tabla III-8: Evaluación sensorial de atributo sabor para definir la muestra extraída para obtener aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	86
Tabla III-9: Resultados de la prueba estadística de Fisher del atributo sabor.....	88
Tabla III-10: Prueba estadística de Duncan del atributo sabor.....	88
Tabla III-11: Porcentaje de aislado de proteína de la variable respuesta del diseño experimental en el proceso de extracción para obtener aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	89
Tabla III-12: Análisis de varianza del diseño experimental 3² en el proceso de extracción para obtener aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	90
Tabla III-13: Propiedades fisicoquímicas del producto final.....	91
Tabla III-14: Análisis microbiológico del producto final.....	92
Tabla III-15: Potencia y tiempo de trabajo de la centrifuga y estufa en el proceso de obtención del aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	104
Tabla III-16: Variación de peso y contenido de humedad en base seca a temperatura constante de 32,5°C.....	107
Tabla III-17: Datos de velocidad de secado de aislado de proteína de harina de soya desengrasada.....	110
Tabla III-18: Datos experimentales del proceso de extracción del aislado de proteína de 20 gramos de harina de soya desengrasada.....	112