

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



**“ELABORACION A NIVEL EXPERIMENTAL HARINA DE
POROTO (*Phaseolus Vulgaris*), PARA LA ELABORACION DE
PRODUCTOS ALIMENTICIOS EN EL DEPARTAMENTO DE
TARIJA”**

Por:

JORGE GIOVANNY GARAY MIRANDA

**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.**

Marzo - 2021

TARIJA – BOLIVIA

ADVERTENCIA

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

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico a los amores de mi vida, mi padre que está en el cielo desde donde me acompaña y bendice en todo momento y a mi madre que me brinda su amor, cariño y apoyo incondicional.

AGREDECIMIENTOS

A Dios, porque gracias a su amor, bendición y bondad me permitieron llegar hasta este punto solo queda agradecerte por una meta más cumplida.

A mi padre y madre, por haberme apoyado en cada momento, por sus consejos, por sus valores, por darme el ejemplo de humildad, sacrificio y superación, pero más que nada por su amor verdadero.

A mis hermanos y sobrino por estar conmigo, mis hermanos quienes son un apoyo constante en mi vida los estimo y aprecio mucho, este logro es también para ustedes.

A ti que me das tu apoyo y comprensión en momentos difíciles.

PENSAMIENTO

Una parte de ser un INGENIERO, radica en que cada momento en el que crees no poder mas y te las INGENIAS para triunfar.

ÍNDICE

| | Página |
|-------------------------------------------------------|---------------|
| Advertencia | i |
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimientos | iii |
| Pensamiento | vii |
| Abreviatura, Descripción y Simbología utilizada | viii |
| Resumen | ix |

Introducción

| | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| ANTECEDENTES..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| OBJETIVOS | 5 |
| Objetivo General | 5 |
| Objetivos Específicos..... | 5 |
| JUSTIFICACIÓN | 5 |

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1 El poroto..... | 7 |
| 1.1.1 origen del poroto | 8 |
| 1.2 Variedades de poroto en el departamento de Tarija..... | 9 |
| 1.2.1 Comparación de las Variedades de Poroto en el Departamento de Tarija..... | 9 |
| 1.3 Generalidades del poroto Blanco Thebo | 10 |
| 1.3.1 Taxonomía del poroto variedad blanco thebo..... | 10 |
| 1.3.2 Propiedades del poroto variedad blanco thebo..... | 11 |
| 1.3.3 Composición fisicoquímica del poroto variedad blanco thebo | 12 |
| 1.3.4 Contenido en nutrientes del poroto variedad blanco thebo | 12 |
| 1.4 Producción del poroto | 13 |
| 1.4.1 Producción de poroto en Bolivia..... | 15 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.4.2 Producción del poroto en el departamento de Tarija | 17 |
| 1.5 Generalidades de la Harina de Poroto Blanco..... | 18 |
| 1.5.1 Composición de la Harina de Poroto | 18 |
| 1.5.2 Producción de harina de poroto blanco en el departamento de Tarija | 19 |
| 1.6 Selección de Materia Prima | 19 |
| 1.7 Selección del Tipo de secado | 20 |
| 1.7.1 Métodos para el Secado de Poroto..... | 20 |
| 1.7.1.1 Secado Solar..... | 20 |
| 1.7.1.2 Secado Osmótico..... | 21 |
| 1.7.1.3 Secado en Microondas | 21 |
| 1.7.1.4 Secado por Liofilización | 22 |
| 1.7.1.5 Secado con Aire Caliente Forzado..... | 22 |
| 1.7.2 Comparación de los tipos de Secadores..... | 23 |
| 1.7.3 Cinética de secado..... | 25 |
| 1.7.3.1 Requerimiento de Temperatura..... | 26 |
| 1.7.3.2 Humedad y Ventilación..... | 26 |
| 1.7.3.3 Efecto del Secado en el Valor Nutritivo de los Alimentos | 26 |
| 1.7.3.4 Secado Exitoso | 27 |
| 1.7.4 Parámetros del Producto para el Secado | 27 |
| 1.7.4.1 Humedad Inicial..... | 27 |
| 1.7.4.2 Medida de Humedad en Base Seca y Base Húmeda..... | 27 |
| 1.7.4.3 Contenido de Humedad de Equilibrio..... | 27 |
| 1.7.4.4 Humedad Crítica | 28 |
| 1.7.5 Curvas de Velocidad de Secado..... | 28 |
| 1.7.5.1 Determinación experimental de la velocidad de secado | 28 |
| 1.7.5.2 Curvas de Velocidad de Secado para Condiciones de Secado Constante..... | 29 |
| 1.7.5.3 Gráfica de la Curva de Velocidad de Secado..... | 29 |
| 1.8 Selección de molienda..... | 32 |
| 1.8.1 Tipos de Fuerzas | 33 |
| 1.8.2 Tipos de Molinos..... | 33 |

| | |
|------------------------------------------------|----|
| 1.8.2.1 Molino de Bolas | 33 |
| 1.8.2.2 Molino de Martillos..... | 34 |
| 1.8.2.3 Molino de Discos | 34 |
| 1.8.2.4 Molino de Rodillos..... | 34 |
| 1.8.3 Comparación de los tipos de Molinos..... | 35 |
| 1.9 Tamizado | 36 |
| 1.10 Evaluación Sensorial | 37 |
| 1.11 Microbiología en Alimentos..... | 37 |

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Descripción y análisis de materia prima | 39 |
| 2.1.2 Análisis físicoquímico del poroto Blanco Thebo..... | 39 |
| 2.2 Descripción del método de investigación | 40 |
| 2.2.1 Método seleccionado para el Chancado o Premolienda del poroto blanco..... | 40 |
| 2.2.2 Método Seleccionado para el secado del Poroto variedad Blanco Thebo | 40 |
| 2.2.3 Método seleccionado para la Molienda de poroto deshidratado | 40 |
| 2.2.4 Método seleccionado para el tamizado de harina de poroto | 40 |
| 2.3 Equipos y materiales | 41 |
| 2.3.1 Molino de discos | 41 |
| 2.3.2 Secador de bandejas | 42 |
| 2.3.3 Molino de martillo | 43 |
| 2.3.4 Tamiz..... | 44 |
| 2.4 Diseño Factorial | 45 |
| 2.5 Procedimientos y técnicas empleados para la obtención de resultados | 46 |
| 2.5.1 Procedimiento para la Elaboración de Harina de Poroto | 47 |
| 2.5.1.1 Selección de porotos óptimos para procesar | 47 |
| 2.5.1.2 Pesado de poroto blanco thebo | 47 |
| 2.5.1.3 Trituración | 48 |

| | |
|----------------------------------------------|----|
| 2.5.1.4 Análisis de Humedad del Poroto | 48 |
| 2.5.1.5 Secado | 49 |
| 2.5.1.6 Molienda | 50 |
| 2.5.1.7 Tamizado | 51 |
| 2.5.1.8 Envasado | 51 |
| 2.6 Análisis del producto obtenido | 52 |
| 2.6.1 Análisis Fisicoquímico | 52 |
| 2.6.2 Análisis Microbiológico | 53 |
| 2.7 Evaluación Sensorial | 53 |

CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1 Resultado de la taxonomía del poroto de la variedad blanco thebo | 55 |
| 3.2 Resultado de los análisis de la materia prima | 56 |
| 3.3 Resultados de la Variable Respuesta propuesto en el Diseño Factorial..... | 56 |
| 3.4 Porcentaje de Pérdidas durante el proceso experimental de “Elaboración de Harina de Poroto” | 57 |
| 3.4.1 Porcentaje de Pérdidas por Selección | 57 |
| 3.4.2 Porcentaje de pérdida de Masa de poroto por triturado | 58 |
| 3.4.3 Porcentaje de pérdidas de agua del poroto en el secado | 59 |
| 3.4.4 Porcentaje de pérdida de poroto por recolección después del secado..... | 59 |
| 3.4.5 Porcentaje de pérdidas de masa de poroto en molienda..... | 60 |
| 3.4.6 Porcentaje de pérdidas de harina de poroto por tamizado..... | 60 |
| 3.5 Resultados de la parte Experimental de “Elaboración de Harina de Poroto” | 61 |
| 3.5.1 Variación de la masa en peso de poroto respecto del tiempo | 61 |
| 3.5.2 Variación de la Humedad del Poroto en función del Tiempo..... | 62 |
| 3.5.3 Contenido de Humedad en Base Seca..... | 65 |
| 3.6 Cálculo de la Cinética de Secado para el Proceso de Elaboración de Harina de Poroto | 68 |
| 3.6.1 Método de los Tres Puntos..... | 70 |

| | | |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.6.2 | Calculo del Tiempo de secado | 75 |
| 3.7 | Resultados de la Molienda | 76 |
| 3.8 | Resultados de Tamizado | 76 |
| 3.9 | Diseño final del proceso de “Elaboración de Harina de Poroto” | 77 |
| 3.9.1 | Recepción y selección de poroto blanco thebo | 78 |
| 3.9.2 | Almacenamiento de poroto blanco..... | 79 |
| 3.9.3 | Triturado del poroto blanco | 79 |
| 3.9.4 | Secado del poroto blanco en secador de bandejas | 79 |
| 3.9.5 | Recolección del poroto seco | 79 |
| 3.9.6 | Molienda del poroto seco | 80 |
| 3.9.7 | Tamizado de la harina de poroto..... | 80 |
| 3.9.8 | Envasado de la harina de poroto | 80 |
| 3.9.9 | Análisis fisicoquímico de la Harina de Poroto | 80 |
| 3.10 | Recomendación del Proceso Tecnológico | 80 |
| 3.11 | Balance de Materia en el “Proceso de Elaboración de Harina de Poroto”..... | 81 |
| 3.11.1 | Balance de Materia en la Recepción y Selección de Materia Prima..... | 81 |
| 3.11.2 | Balance de Materia en el Triturado del Poroto | 82 |
| 3.11.3 | Balance de Materia en el Secado del Poroto..... | 82 |
| 3.11.4 | Balance de Materia en la recolección manual del Poroto seco | 83 |
| 3.11.5 | Balance de Materia en la molienda del Poroto seco | 83 |
| 3.11.6 | Balance de Materia en el tamizado de harina de poroto | 84 |
| 3.11.7 | Balance de materia general | 85 |
| 3.11.8 | Rendimiento del Proceso de Elaboración de Harina de Poroto | 86 |
| 3.11.9 | Balance de Materia Global en el “Proceso de Elaboración de Harina de Poroto” | 86 |
| 3.11.10 | Balance de Energía en el Secado de Poroto..... | 86 |
| 3.11.10.1 | Cálculo del calor sensible | 86 |
| 3.11.10.2 | Cálculo del calor latente | 87 |
| 3.12 | Resultado del análisis fisicoquímico de la harina de poroto..... | 88 |
| 3.13 | Resultados del Análisis Microbiológico | 89 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.14 Resultados de las Pruebas Sensoriales | 90 |
| 3.14.1 Puntajes del Análisis Sensorial harina de Poroto y dos Aplicaciones | 91 |
| 3.14.2 Aceptación de la Harina de Poroto y sus Aplicaciones | 92 |

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|---------------------------|----|
| 4.1 Conclusiones | 93 |
| 4.2 Recomendaciones | 94 |

BIBLIOGRAFÍA

| | |
|----------------------------------|-----|
| Referencias bibliográficas | 96 |
| Anexos | 102 |

INDICE DE TABLAS

Página

| | | |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla I-1 | Tabla de Composición Química del poroto Blanco thebo por cada 100 g.. | 12 |
| Tabla I-2 | Tabla de aminoácidos del poroto por cada 100 g..... | 13 |
| Tabla I-3 | Producción de Poroto por Departamento en Bolivia (toneladas por año)... | 17 |
| Tabla I-4 | Producción de poroto en Tarija en toneladas por año | 17 |
| Tabla I-5 | Composición Química de la Harina de Poroto..... | 19 |
| Tabla I-6 | Ventajas y desventajas de Secadores utilizados para Alimentos | 25 |
| Tabla II-1 | Diámetro de abertura de malla de tamiz | 41 |
| Tabla II-2 | Variables del Diseño Experimental..... | 45 |
| Tabla II-3 | Diseño Factorial..... | 46 |
| Tabla III-1 | Análisis fisicoquímico del poroto blanco thebo | 56 |
| Tabla III-2 | Resultado de la variable respuesta del diseño factorial | 56 |
| Tabla III-3 | Porcentaje de Pérdidas por Selección..... | 58 |
| Tabla III-4 | Porcentaje de Pérdidas por Triturado | 58 |
| Tabla III-5 | Porcentaje de pérdidas de agua del poroto | 59 |
| Tabla III-6 | Pérdidas por recolección..... | 59 |
| Tabla III-7 | Pérdidas por molienda | 60 |
| Tabla III-8 | Pérdidas por tamizado..... | 60 |
| Tabla III-9 | Variación de la Masa de Poroto vs Tiempo..... | 61 |
| Tabla III-10 | Variación de la Humedad del poroto con el Tiempo | 64 |
| Tabla III-11 | Variación del contenido de Humedad en base seca respecto al Tiempo | 67 |
| Tabla III-12 | Aplicación de las Ecuaciones Fundamentales de los Tres Puntos..... | 72 |
| Tabla III-13 | Resultados Obtenidos con el uso de las Ecuaciones Fundamentales de los Tres Puntos..... | 72 |
| Tabla III-14 | Resultados del proceso de molienda..... | 76 |
| Tabla III-15 | Clasificación Granulométrica de la Harina de Poroto..... | 77 |
| Tabla III-16 | Propiedades fisicoquímicas de la “Harina de Poroto” | 88 |
| Tabla III-17 | Resultados Microbiológicos de la “Harina de Poroto” | 89 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro I-1 Comparación entre Poroto Cumanda y Blanco | 10 |
| Cuadro I-2 Ventajas y desventajas de Secadores utilizados para Alimentos..... | 24 |
| Cuadro IA-3 Ventajas y Desventajas de Molinos | 35 |
| Cuadro IB-3 Ventajas y Desventajas de Molinos | 36 |
| Cuadro III-1 Taxonomía del poroto | 55 |

INDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Figura 1 Harina de poroto blanco | 2 |
| Figura 1.1 Poroto de la variedad blanco..... | 8 |
| Figura 1.2 Poroto variedad carioca perla, Poroto variedad blanco thebo | 9 |
| Figura 1.3 Planta de poroto blanco thebo | 11 |
| Figura 1.4 Rendimiento del poroto en los Principales países productores (Toneladas por año) | 15 |
| Figura 1.5 Contenido de Humedad en funcion del Tiempo | 31 |
| Figura 1.6 Velocidad de Secado en funcion del Contenido de Humeda | 31 |
| Figura 1.7 Harina de poroto blanco | 32 |
| Figura 2.1 Molino de Discos | 42 |
| Figura 2.2 Secador de Bandejas | 43 |
| Figura 2.3 Molino de martillo | 44 |
| Figura 2.4 Tamiz..... | 45 |
| Figura 2.5 Poroto blanco thebo con la madurez seleccionada..... | 47 |
| Figura 2.6 Trituración de poroto..... | 48 |
| Figura 2.7 Secado en secador de bandejas..... | 49 |
| Figura 2.8 Molino de martillo para pulverizado de poroto seco | 50 |
| Figura 2.9 Tamiz vibratorio marca PERTEN | 51 |
| Figura 2.10 Harina de poroto envasada en bolsa con cierre hermético..... | 52 |
| Figura 2.11 Harina de poroto y sus aplicaciones..... | 53 |
| Figura 2.12 Jueces en evaluación de la harina de poroto y sus aplicaciones..... | 54 |
| Figura 3.1 Variación de Masa vs Tiempo | 62 |
| Figura 3.2 Variación de % Humedad vs. Tiempo | 65 |
| Figura 3.3 Variación del contenido de Humedad en base seca vs. Tiempo | 68 |
| Figura 3.4 Velocidad de secado en función del contenido de humedad | 73 |
| Figura 3.5 Velocidad de secado en función del tiempo..... | 74 |
| Figura 3.6 Flujoograma de la Elaboración de Harina de Poroto..... | 78 |

| | |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Figura 3.7 Puntaje obtenido de la evaluación sensorial..... | 91 |
| Figura 3.8 Aceptación de muestras..... | 92 |