

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**OBTENCIÓN DE HARINA COMPUESTA A PARTIR DE  
ZAPALLO CUCÚRBITA MOSCHATA, ZANAHORIA CRIOLLA  
Y ACELGA CRIOLLA DISPONIBLES EN EL MERCADO DEL  
DEPARTAMENTO DE TARIJA**

**Por:**

**ALEJANDRO MIGUEL TOLABA MOGRO**

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.

**MARZO 2023**

**TARIJA-BOLIVIA**

### **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**

**D**edico con mucho amor la culminación de mis estudios y de todos mis esfuerzos a mis padres Cándido Tolaba y Felicidad Mogro, que atesoro con el alma por todos sus esfuerzos que hicieron para lograr mis estudios, demostrándome todo su amor y confianza en mí.

A mis hermanos Lourdes y Néstor que a lo largo de mi preparación me brindaron su apoyo incondicional en todo lo que necesité.

A mi pareja Fabiola Laura que desde un inicio de mi preparación estuvo a mi lado apoyándome, dando todo su amor y confianza a mi ser.

## **Agradecimientos**

**A** mis padres por todos sus esfuerzos, amor y confianza que me brindaron a lo largo de mi preparación. Todo esfuerzo fue gracias a su apoyo.

A mis hermanos que me brindaron su ayuda en todo lo que pudieron a mi preparación como profesional.

A la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho por acogerme en sus instalaciones. En esa misma línea, quiero agradecer a las autoridades universitarias y a mis docentes de las distintas asignaturas que he cursado.

A mis tribunales que me apoyaron en esta última etapa de mi carrera y dieron su voto de confianza a mi preparación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Objetivos .....	6
1.3 Justificación.....	7
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>8</b>
2.1 Descripción de la materia prima.....	8
2.1.1 Zanahoria criolla (Daucus carota var. Sativa.).....	8
2.1.1.1 Variedades de la zanahoria.....	8
2.1.1.2 Producción de zanahoria .....	9
2.1.1.3 Taxonomía de la zanahoria.....	14
2.1.1.4 Composición nutricional .....	15
2.1.1.5 Morfología.....	15
2.1.1.6 Utilidades.....	16
2.1.2 Zapallo (cucúrbita moschata dúchense).....	17
2.1.2.1 Variedades de zapallo.....	17
2.1.2.2 Producción de zapallo .....	18
2.1.2.3 Taxonomía del zapallo .....	22
2.1.2.4 Descripción botánica del género <i>Cucúrbita</i> .....	22
2.1.2.5 Composición nutritiva .....	25
2.1.3 Acelga criolla (Beta vulgaris var cicla).....	25
2.1.3.1 Variedades y tipos de la acelga .....	26
2.1.3.2 Producción de acelga.....	27
2.1.3.3 Taxonomía de la acelga.....	29
2.1.3.4 Clasificación botánica de la acelga. ....	29
2.1.3.5 Composición nutricional de la acelga .....	31
2.2 Descripción de la harina compuesta.....	32
2.3 Descripción de las alternativas de procesamiento .....	34
2.4 Selección de los equipos.....	44
<b>CAPITULO III: PARTE EXPERIMENTAL .....</b>	<b>48</b>
3.1 Metodología de trabajo en laboratorio .....	48

3.1.1	Selección de materia prima .....	48
3.1.2	Tratamientos previos de la materia prima .....	49
3.1.3	Método Seleccionado para el Deshidratado .....	49
3.1.4	Método Seleccionado para la Molienda .....	50
3.1.5	Materia Prima y Reactivos .....	50
3.1.6	Equipos y materiales de vidrio .....	50
3.1.7	Diseño Factorial .....	51
3.1.8	Análisis de varianza univariante .....	52
3.1.9	Procedimientos y técnicas empleados para la obtención de los resultados .....	55
3.1.10	Análisis de la harina compuesta .....	78
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</b>		<b>81</b>
4.1	Resultados obtenidos de la parte experimental .....	81
4.2	Porcentaje de pérdida en cáscara por muestra .....	81
4.3	Variación del peso con el tiempo .....	81
4.4	Variación de la humedad de la materia prima con el tiempo .....	83
4.5	Contenido de pérdida de humedad .....	85
4.6	Cálculo de la cinética de secado .....	87
4.7	Cálculo del tiempo de secado .....	92
4.8	Evaluación sensorial .....	93
4.8.1	Metodología .....	93
4.9	Determinación de los costos de producción .....	94
4.10	Determinación del valor energético.....	95
4.11	Determinación del tamaño de partícula .....	97
4.11.1	Molienda .....	97
4.11.2	Tamizado.....	98
4.12	Balance de materia .....	99
4.13	Balance de energía.....	103
4.13.1	Calor sensible .....	103
4.13.2	Cálculo de calor latente.....	104
4.13.3	Cálculo del calor total .....	105

4.14	Cálculo del rendimiento del proceso .....	105
4.15	Características del Secador de Bandejas utilizado en la parte experimental 106	
4.15.1	Selección del calentador de aire .....	107
4.15.2	Cálculo de la cantidad de aire necesario para el secado.....	108
4.16	Características del Molino de Martillos utilizado en la parte experimental	111
4.17	Estudio económico .....	112
4.17.1	Costo de la materia prima .....	112
4.17.2	Costo de producción.....	112
4.17.3	Costo total de producción de la harina compuesta.....	113
4.17.4	Calculo correctivo del rendimiento.....	113
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES .....</b>		<b>115</b>
5.1	Conclusiones.....	115
5.2	Recomendaciones .....	118
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>119</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>118</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II- 1 Producción mundial de zanahoria y nabo.....	9
Figura II- 2 Porcentaje de producción de zanahoria y nabos por continentes .....	11
Figura II- 3 Producción de zanahoria en Bolivia Periodo 2013-2021 .....	12
Figura II- 4 Producción de zanahoria en el departamento de Tarija .....	14
Figura II- 5 Países productores de zapallo .....	18
Figura II- 6 Porcentaje de producción de zapallo por continentes.....	20
Figura II- 7 Producción de zapallo departamento de Tarija periodo 2013-2021 .....	22
Figura II- 8 Países productores de acelga y espinaca.....	27
Figura II- 9 Porcentaje de producción por continentes .....	29
Figura II- 10 Diagrama de Flujo de Elaboración de Harinas .....	35
Figura III- 1 Diagrama de flujo .....	57
Figura III- 2 Diagrama de flujo del proceso.....	59
Figura III- 3 Escala de aceptabilidad de producto .....	79
Figura IV- 1 Curva de secado de las materias primas.....	83
Figura IV- 2 Pérdida de agua en función del tiempo .....	87
Figura IV- 3 Método de tres puntos para la acelga .....	89
Figura IV- 4 Método de tres puntos para el zapallo.....	90
Figura IV- 5 Método de tres puntos para la zanahoria.....	91
Figura IV- 6 Aceptación de las muestras por la población encuestada.....	97



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II- 1 Principales productores de zanahoria y nabos en el mundo.....	10
Tabla II- 2 Producción de zanahoria en Bolivia periodo 2013-2021 .....	11
Tabla II- 3 Producción de zanahoria por municipios de Tarija 2021 .....	13
Tabla II- 4 Taxonomía de la zanahoria .....	14
Tabla II- 5 Composición fisicoquímica de la zanahoria criolla .....	15
Tabla II- 6 Principales productores de zapallo en el mundo .....	19
Tabla II- 7 Producción de zapallo en Bolivia periodo 2013-2021 .....	20
Tabla II- 8 Cultivo de zapallo por municipios de Tarija 2021 .....	21
Tabla II- 9 Taxonomía del zapallo .....	22
Tabla II- 10 Composición físico-química del zapallo.....	25
Tabla II- 11 Variedades de acelga.....	26
Tabla II- 12 Principales productores de espinaca y acelga .....	28
Tabla II- 13 Taxonomía de la acelga.....	29
Tabla II- 14 Composición fisicoquímica de la acelga.....	31
Tabla II- 15 Parámetros Fisicoquímicos de varios tipos de harina .....	33
Tabla II- 16 Harina ecológica de tomate y zanahoria .....	33
Tabla II- 17 Análisis Fisicoquímicos de la Harina de Tomate.....	34
Tabla II- 18 Composición química de la harina de trigo porción de 50 g. ....	34
Tabla II- 19 Tipos de secador.....	45
Tabla II- 20 Ventajas y desventajas de los secadores .....	45
Tabla II- 21 Ventajas y desventajas de los secadores .....	46
Tabla II- 22 Ventajas y desventajas de los molinos .....	47
Tabla III- 1 Diseño factorial para la obtención de la harina compuesta .....	52
Tabla III- 2 Diseño factorial- pruebas de varianza.....	53
Tabla III- 3 Análisis Fisicoquímico de las materias primas.....	80
Tabla III- 4 Análisis Fisicoquímico de las harinas.....	80
Tabla IV- 1 Pérdidas por cáscara y residuos .....	81
Tabla IV- 2 Curva de secado masa en función del tiempo .....	82
Tabla IV- 3 Humedad en función del tiempo.....	85
Tabla IV- 4 Pérdida de agua en función del tiempo.....	86
Tabla IV- 5 Método de tres puntos para la acelga .....	89
Tabla IV- 6 Método de tres puntos para el zapallo .....	90
Tabla IV- 7 Método de tres puntos para la zanahoria .....	91
Tabla IV- 8 Análisis sensorial de las muestras de harina compuesta .....	94
Tabla IV- 9 Costos de producción de las muestras de harina compuesta .....	95
Tabla IV- 10 Valor energético de las muestras de harina compuesta .....	96
Tabla IV- 11 Resultados de las pruebas del diseño factorial .....	96
Tabla IV- 12 Pérdidas en el molino .....	98
Tabla IV- 13 Tamaño de partícula logrado para cada harina.....	98

Tabla IV- 14	Tabla de calores totales de la experimentación .....	105
Tabla IV- 15	Características del secador usado en la parte experimental.....	106
Tabla IV- 16	Características del molino usado en la parte experimental .....	111
Tabla IV- 17	Costo de materia prima e insumos.....	112
Tabla IV- 18	Costos de producción de la harina compuesta.....	112
Tabla IV- 19	Costo energético para la elaboración de la harina compuesta .....	113
Tabla IV- 20	Costo total de producción .....	113
Tabla IV- 21	Costo corregido para la elaboración de la harina compuesta .....	114

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Análisis Fisicoquímico de la Materia Prima Acelga.....
Anexo 2	Análisis Fisicoquímico de la Materia Prima Zapallo.....
Anexo 3	Análisis Fisicoquímico de la Materia Prima Zanahoria.....
Anexo 4	Análisis Fisicoquímico de la Harina de Acelga.....
Anexo 5	Análisis Fisicoquímico de la Harina de Zapallo.....
Anexo 6	Análisis Fisicoquímico de la Harina de Zanahoria.....
Anexo 7	Resultados de la prueba sensorial de las muestras de harina compuesta.....
Anexo 8	Resultados de la prueba sensorial de las muestras de harina compuesta.....
Anexo 9	Resultados de la prueba sensorial de las muestras de harina compuesta.....
Anexo 10	Plantación de Acelga - Foto Referencial.....
Anexo 11	Plantación de Zapallo - Foto Referencial.....
Anexo 12	Plantación de Zanahoria - Foto Referencial.....
Anexo 13	Muestras de Harina Compuesta.....
Anexo 14	Secador de Bandejas usado en la parte experimental.....
Anexo 15	Molino de Martillos usado en la parte experimental.....
Anexo 16	Tamizador usado en la parte experimental.....
Anexo 17	Tamaño de partículas separados.....
Anexo 18	Encuesta de conocimiento general sobre la harina compuesta.....
Anexo 19	Tabla psicrométrica.....

## Índice de abreviaturas

AEMP = Autoridad de Fiscalización de Empresas.

B = Coeficiente de regresión.

CEANID = Centro de Análisis Investigación y Desarrollo.

cm = centímetro.

cm<sup>3</sup> = centímetro cúbico.

DAPRO = Dirección de Análisis Productivo.

F = Estadístico de Fisher

FAO = Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FAOSTAT = Base de datos estadísticos corporativos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación.

g = gramo (s).

gl = Grados de libertad

h = hora (s).

ha = hectárea (s).

hg = hectogramos.

IBCE = Instituto Boliviano de Comercio Exterior.

INE = Instituto Nacional de Estadísticas.

kcal = Kilocalorías.

kg = Kilogramos

ℓ = Litro (s)

LOU = Laboratorio de Operaciones Unitarias.

M = millones de toneladas métricas

m = metro (s).

mcg = microgramos.

MDR y T = Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.

min = minuto (s).

m.s.n.m. = metros sobre el nivel del mar.

NB = Norma Boliviana.

OMS = Organización Mundial de la Salud.

pH = potencial de Hidrógeno.

R = Medida estadística.

sig. = Nivel de significación.

Tm = toneladas métricas.

U.A.J.M.S. = Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

UV = Ultravioleta.