

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**FORTIFICADO PROTEICO DEL CHOCOLATE EN POLVO CON
HARINA DE QUINUA (*CHENOPODIUM QUINOA*) VARIEDAD
REAL ECOTIPO BLANCA.**

Por:

LUIS MAURICIO SCHMIDT VELÁSQUEZ

**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 2025

TARIJA-BOLIVIA

ÍNDICE

ADVERTENCIA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PENSAMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v

INTRODUCCIÓN	11
---------------------------	-----------

1.1	Antecedentes	1
1.2	Objetivos	7
1.2.1	Objetivo general	7
1.2.2	Objetivos Específicos	8
1.3	Justificación	8
1.3.1	Justificación tecnológica	8
1.3.2	Justificación Económica	9
1.3.3	Justificación ambiental	9
1.3.4	Justificación Social	9
1.3.5	Justificación Personal	9

MARCO TEÓRICO	11
----------------------------	-----------

1.4	Descripción histórica del Chocolate	10
1.5	El Cacao	11
1.5.1	Origen	11
1.5.2	Descripción Botánica de la planta	12
1.6	Fortificación de alimentos	13
1.6.1	Métodos de fortificación	14
1.7	Pre y Post Mezclas	15
1.7.1	Pre Mezclado	15
1.7.2	Post Mezclado	16
1.8	Proteína en los alimentos	16

1.9	Descripción del Cacao	16
1.10	Descripción de la Quinoa	19
1.11	Descripción del Producto	21
1.12	Metodología de obtención del Producto	22
1.12.1	Obtención de Chocolate en Polvo	22
1.12.2	Obtención de la harina de quinoa	23
1.13	Tipos de Homogeneizado	24
1.13.1	Homogeneizado por Tambor Rotatorio	24
1.13.2	Homogeneizador Convectivo	25
1.13.3	Homogeneizador de lecho Fluidizado	25
1.13.4	Homogeneizado de alto corte	26
1.14	Diagramas de flujo de la elaboración de chocolate	27
1.15	Descripción del Proceso	28
1.15.1	Elaboración de Chocolate en Polvo	28
PARTE EXPERIMENTAL		31
1.16	Metodología de estudio	29
1.17	Metodología del proceso a emplear	29
1.17.1	Selección del tipo de homogeneización	30
1.18	Descripción de la Materia prima	33
1.18.1	Cacao en Polvo	33
1.18.2	Azúcar Granulada	33
1.18.3	Quinoa	33
1.19	Variables del proceso de fortificación del chocolate	34
1.19.1	Variables Independientes	34
1.19.2	Variable Dependiente	35
1.20	Diseño Experimental	35
1.20.1	Hipótesis	35
1.20.2	Niveles	36
1.21	Descripción del proceso experimental para el fortificado proteico del chocolate en polvo con harina de quinoa	40
1.21.1	Recepción y control de materias primas	40

1.21.2	Pulverizado del azúcar	40
1.21.3	Pulverización de la quinua real	41
1.21.4	Tamizado y control del cacao en polvo	43
1.21.5	Tamizado y control granulométrico por insumo	44
1.21.6	Mezcla y homogeneización inicial	47
1.21.7	Fortificación con harina de quinua	48
1.21.8	Envasado	49
1.21.9	Almacenamiento	50
1.22	Balance de materia y energía	51
1.22.1	Balance de materia	51
1.22.2	Balance de energía	55
	RESULTADOS Y DISCUSIONES	58
1.23	Análisis de la materia prima	55
1.23.1	Cacao en Polvo	55
1.23.2	Hojuela de Quinua	56
1.24	Análisis del producto	57
1.25	Pruebas organolépticas	59
1.26	Análisis estadístico	61
1.26.1	Análisis de Varianza Anova	62
1.26.2	Análisis de Coeficientes	63
1.27	Resultados generales del balance	66
1.27.1	Cálculo de rendimiento	67
1.28	Análisis estimado costo	67
1.28.1	Costos del estudio	67
1.28.2	Costo de Producción	69
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
1.29	Conclusiones	71
1.30	Recomendaciones	73
	BIBLIOGRAFÍA	74
	ANEXOS.....	77

Anexo I.....	78
Anexo II.....	80
Anexo III.....	85
Anexo IV.....	87
Anexo V.....	88
Anexo VI.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I- 1 Producción mundial de chocolate de mesa gestión 2024	1
Tabla I- 2:Producción de chocolate de mesa en América Latina gestión 2024	1
Tabla I- 3: Producción de Chocolate de mesa en Bolivia en la gestión 2024	1
Tabla II- 1 Algunos alimentos utilizados como vehículos en programas de fortificación	1
Tabla II- 2 Valor nutricional del cacao (100 g)	1
Tabla II- 3: Valor nutricional de la quinua (100 g de muestra)	1
Tabla III- 1:Ventajas y desventajas de mezclado según el tipo de homogeneizado	1
Tabla III- 2: Factores de ponderación del tipo de Homogenizado	1
Tabla III- 3:Factores y niveles en la Investigación	1
Tabla III- 4:Plan de experimentación	1
Tabla III- 5: Rendimiento de tamizado de Azúcar	1
Tabla III- 6:Rendimiento de tamizado de Cacao	1
Tabla III- 7: Rendimiento del tamizado de la Quinua	1
Tabla III- 8: Nomenclatura del balance de materia	1
Tabla IV- 1: Descripción fisicoquímica del cacao	1
Tabla IV - 2: Descripción fisicoquímica de la quinua	1
Tabla IV - 3: Descripción fisicoquímica producto final (Chocolate en polvo fortificado)	1
Tabla IV - 4: Análisis microbiológicos en el producto final	1

Tabla IV - 5: Análisis de Tendencia en pruebas organolépticas	1
Tabla IV - 6: Resultado en análisis sensorial	1
Tabla IV - 7: Análisis de factores	1
Tabla IV - 8: Interacción de variables	1
Tabla IV - 9: Resultado del Análisis anova	1
Tabla IV - 10: Resumen del modelo matemático	1
Tabla IV - 11: Resumen de Coeficientes	1
Tabla IV - 12: Resumen del balance de masas	1
Tabla IV - 13: Detalle de Servicios y Materiales Directos e Indirectos	1
Tabla IV - 14:Detalle de costos de materias primas y reactivos	1
Tabla IV - 15:Detalle de Gastos para Análisis de Laboratorio	1
Tabla IV - 16:Detalle de costos totales	1
Tabla IV - 17: Costo de producción del producto final	1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II- 1:Planta de quinua	1
Figura II- 2: Mezcladores de Tambor	1
Figura II- 3: Homogeneizador convectivo de tornillo	1
Figura II- 4:Homogeneizado por lecho fluidizado	i
Figura II- 5: Homogeneizador de alto corte	1
Figura II- 6: Diagrama de flujo de la elaboración de chocolate en polvo fortificado ...	1
Figura III- 1: Recepción de materia prima	i
Figura III- 2:Pulverizado del azúcar	Error! Bookmark not defined.
Figura III- 3:Pulverización de la quinua real	1
Figura III- 4:Tamizado y control del cacao en polvo	1
Figura III- 5: Control granulométrico	1
Figura III- 6: Homogenización inicial	1
Figura III- 7: Homogenización final	1
Figura III- 8: Envasado	i

Figura III- 9: Almacenamiento	i
Figura IV- 1: Diagrama de dispersión	1