

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



OBTENCIÓN DE HARINA PRECOCIDA FORMULADA A PARTIR DE GRANOS DE CEREAL DE QUINUA, CAÑAHUA, MAÍZ, TRIGO Y CEBADA; Y LEGUMINOSAS, COMO COMPLEMENTO NUTRICIONAL APLICADOS A PROGRAMAS DE DESAYUNO ESCOLAR.

Por:

RAFAEL GUSTAVO ALFARO ALEMAN

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.

TARIJA – BOLIVIA

JULIO – 2021

VºBº

M.Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalves
DECANO

M.Sc. Ing. Elizabeth Castro Figueroa
VIDECANA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Myrian Alicia Barrero Ortega

Ing. Claudia Salazar Bellido

Ing. Miguel Ángel Vargas Coro

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:

El presente Proyecto de grado está dedicado para mis padres Margarita Aleman Delgado, Roberto Gustavo Alfaro Mamani y mis hermanos Dayana Alfaro Aleman, Rodrigo Alfaro Aleman, que me dieron la oportunidad de recibir una educación, para así ayudar mejor a la familia y la comunidad que nos rodea.

Agradecimientos:

Agradecido con Dios por la vida, por su amor hacia todos nosotros. Agradecido con todos mis familiares que apoyan en esta etapa de la universidad. A mis compañeros de clase, mi grupo de estudio, mis amigos.

Mis cordiales y honestos agradecimientos para todos los docentes de la carrera de Ingeniería Química que nos ayudaron en nuestra formación académica. A la Ing. Myrian Barrero por la guía y orientación en este proyecto. Al Ing. Ignacio Velásquez por su colaboración en el diseño factorial y análisis estadístico.

Pensamiento:

Doctrina y Convenios 93:36 La gloria de Dios es la inteligencia, o, en otras palabras, luz y verdad

ÍNDICE

Advertencia:	i
Dedicatoria:	ii
Agradecimientos:	iii
Pensamiento:	iv

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. Justificación	5
1.3.1. Impacto tecnológico	5
1.3.2. Impacto social	5
1.3.3. Impacto económico	6
1.3.4. Impacto ambiental	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Situación socioeconómica, educativa y nutricional en Bolivia	7
2.1.1. Pobreza en Bolivia	7
2.1.2. Nutrición en Bolivia	8

2.1.3	Programas públicos de alimentación infantil.....	9
2.2.	Consideraciones de la materia prima	12
2.2.1.	Maíz (<i>Zea Mays Amylacea</i>) en la alimentación	12
2.2.2.	Trigo (<i>Triticum Spp</i>) en la alimentación.....	14
2.2.3.	Cebada (<i>Hordeum Vulgare</i>) en la alimentación	16
2.2.4.	Quinoa (<i>Chenopodium Quinoa</i>) en la alimentación.....	17
2.2.5.	Cañahua (<i>Chenopodium pallidicaule</i>) en la alimentación.....	19
2.2.6.	Habas (<i>Vicia Faba</i>) en la alimentación	21
2.2.7.	Arvejas (<i>Pisum Sativum</i>) en la alimentación	24
2.3.	Procesos fundamentales para obtener harinas pre cocidas	26
2.4.	Procesos tecnológicos empleados para obtener harinas compuestas pre cocidas.....	40
2.5.	Pruebas de aceptación o pruebas hedónicas	43
2.6.	Harinas compuestas en el mercado y sus usos	45

CAPÍTULO III

PARTE EXPERIMENTAL

3.	PARTE EXPERIMENTAL.....	48
3.1.	Metodología de investigación.....	48
3.2.	Diseño factorial	51
3.3.	Lugar de ejecución	58
3.4.	Materia prima.....	58
3.5.	Materiales y equipos.....	59
3.6.	Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina pre cocida formulada a partir de granos de cereal y leguminosas	59
3.7.	Descripción del diagrama de bloques del proceso de obtención de harina pre cocida formulada a partir de granos de cereal y leguminosas	60

3.8. Análisis del producto obtenido	78
3.9. Pruebas de aceptación o pruebas hedónicas	78
3.10. Diagrama de flujo y balance de materia y energía del proceso.....	80

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Resultados y discusión.....	99
4.1. Resultados de análisis físico – químico de la materia prima.	99
4.2. Análisis estadístico de los resultados experimentales de la obtención de la harina precocida formulada	101
4.3. Resultado de la caracterización de la harina precocida formulada.....	125
4.4. Comparación de la harina precocida formulada con otros suplementos y harinas	125
4.5. Resultados del balance de materia y energía del proceso	127
4.6. Curvas de granulometría	128
4.7. Rendimiento del proceso de grano a harina.....	131
4.8. Resultados de las pruebas hedónicas realizadas.....	132

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....	135
5.2. Recomendaciones.....	137

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I-1 Tarija: producción por año agrícola, cultivos 2020.....	4
Tabla II-1 Productos para el programa Alimentación Complementaria Escolar	12
Tabla II-2 Composición química del grano de trigo en base seca.....	15
Tabla II-3 Composición de derivados de Cebada (100g)	17
Tabla II-4 Composición química del grano de quinua en base seca	19
Tabla II-5 Características y valor nutritivo del grano de Cañahua	21
Tabla II-6 Composición química de la Haba verde y de la Haba seca	23
Tabla II-7 Composición química de la arveja seca cruda en 100 gramos	25
Tabla II-8 Variables que influyen en el proceso de tostado y composición final.....	29
Tabla II-9 Abertura de la serie de tamices UNE y su equivalencia correspondiente de la serie ASTM.....	39
Tabla II-10 Escala hedónica de siete puntos de categorización	43
Tabla II-11 Tipos de harinas compuestas pre cocidas	46
Tabla III-1 Criterios y ponderaciones	48
Tabla III-2 Escala de puntuación del 1 al 10	49
Tabla III-3 Matriz de calificación el proceso para la elaboración de Harinas de Compuestas pre cocidas	50
Tabla III-4 Diseño factorial para la etapa de tostado de los granos	54
Tabla III-5 Tabla de diseño de experimentos para el tostado del Maíz	54
Tabla III-6 Tabla de diseño de experimentos para el tostado del Trigo	54

Tabla III-7	Tabla de diseño de experimentos para el tostado de la Cebada.....	55
Tabla III-8	Diseño de experimentos para la etapa de Mezclado de las harinas precocidas.....	55
Tabla III-9	Diseño de experimentos para la etapa de mezclado	56
Tabla III-10	Las formulaciones para % de cereal (60, 65 y 70%).....	56
Tabla III-11	Valor nutricional, precio de los granos de cereal y leguminosas	57
Tabla III-12	Requerimientos nutricionales.....	57
Tabla III-13	Resultado de la regresión lineal aplicada en Solver para satisfacer requerimientos nutricionales solicitados	58
Tabla III-14	Parámetros de análisis de Materia Prima	60
Tabla III-15	Experimentos realizados en el tostado del grano de Maíz.....	63
Tabla III-16	Experimentos realizados en el tostado del grano de Trigo	65
Tabla III-17	Experimentos realizados en el tostado del grano de Cebada.....	66
Tabla III-18	Diseño factorial para la etapa de mezclado con las variables independientes composición, tiempo y la variable respuesta % de proteína	73
Tabla III-19	Parámetros de análisis del producto final	78
Tabla IV-1	Caracterización de la materia prima “Harina precocida de maíz”	99
Tabla IV-2	Caracterización de la materia prima “Harina precocida de trigo”	99
Tabla IV-3	Caracterización de la materia prima “Harina precocida de cebada”	100
Tabla IV-4	Caracterización de la materia prima “Harina precocida de haba”	100
Tabla IV-5	Caracterización de la materia prima “Harina precocida de arveja”	101

Tabla IV-6 Factores inter-sujetos (Obtención de harina precocida de maíz)..... 102

En la Tabla IV – 6 se muestra el número de ensayos realizados, siendo 4 ensayos realizados con cada tiempo fijado y 4 ensayos con cada temperatura fijada. 102

Tabla IV-7 Pruebas de efectos inter-sujetos (Obtención de harina precocida de maíz) 103

Tabla IV-8 Variables entradas/eliminadas^a (Obtención de harina precocida de maíz) 104

Tabla IV-9 Resumen del modelo^b (Obtención de harina precocida de maíz) 104

Tabla IV-10 ANOVA^a (Obtención de harina precocida de maíz)..... 105

Tabla IV-11 Coeficientes^a (Obtención de harina precocida de maíz)..... 105

Tabla IV-12 Variables Respuestas 107

Tabla IV-13 Factores inter-sujetos (Obtención de harina precocida de trigo)..... 108

En la Tabla IV – 12 se muestra el número de ensayos realizados, siendo 4 ensayos realizados con cada tiempo fijado y 4 ensayos con cada temperatura fijada. 108

Tabla IV-14 Pruebas de efectos inter-sujetos (Obtención de harina precocida de trigo) 108

Tabla IV-15 Variables entradas/eliminadas^a (Obtención de harina precocida de trigo) 109

Tabla IV-16 Resumen del modelo^b (Obtención de harina precocida de trigo) 109

Tabla IV-17 ANOVA^a (Obtención de harina precocida de trigo)..... 110

Tabla IV-18 Coeficientes^a (Obtención de harina precocida de trigo)..... 111

Tabla IV-19 Variable Respuesta 112

Tabla IV-20 Factores inter-sujetos (Obtención de harina precocida de cebada) 113

En la Tabla IV – 20 se muestra el número de ensayos realizados, siendo 4 ensayos realizados con cada tiempo fijado y 4 ensayos con cada temperatura fijada. 113

Tabla IV-21 Pruebas de efectos inter-sujetos (Obtención de harina precocida de cebada)..... 114

Tabla IV-22 Variables entradas/eliminadas^a (Obtención de harina precocida de cebada) 115

Tabla IV-23 Resumen del modelo^b (Obtención de harina precocida de cebada) 115

Tabla IV-24 ANOVA^a (Obtención de harina precocida de cebada) 116

Tabla IV-25 Coeficientes..... 116

Tabla IV-26 Datos de las variables respuesta 118

Tabla IV-27 Factores inter-sujetos (Etapa de formulación y mezclado de los granos) 119

En la Tabla IV – 27 se muestra el número de ensayos realizados, siendo 6 ensayos realizados con cada Porcentaje de cereales fijado y 6 ensayos con cada tiempo fijado. 119

Tabla IV-28 Pruebas de efectos inter-sujetos (Etapa de mezclado de los granos) 119

Tabla IV-29 Variables entradas/eliminadas^a (Etapa de formulación y mezclado de los granos) 120

Tabla IV-30 Resumen del modelo^b (Etapa de formulación y mezclado de los granos) 121

Tabla IV-31 ANOVA^a (Etapa de formulación y mezclado de los granos) 121

Tabla IV-32 Coeficientes^a (Etapa de formulación y mezclado de los granos) 122

Tabla IV-33 Resultados de las variables respuesta	123
Tabla IV-34 Caracterización del producto final “Harina precocida a partir de la mezcla cereales – leguminosas”	125
Tabla IV-35 Comparación con otros suplementos	126
Tabla IV-36 Requisitos del IBNORCA para harinas.....	126
Tabla IV-37 Resultado del balance de materia de cada proceso de obtención de las harinas precocidas de los diferentes granos	127
Tabla IV-38 Resultado de los balances de energía de cada proceso de obtención	127
Tabla IV-39 Granulometría del tamizado de la harina precocida de maíz	128
Tabla IV-41 Granulometría del tamizado de la harina precocida de Cebada	129
Tabla IV-42 Granulometría del tamizado de la harina precocida de Haba	129
Tabla IV-43 Granulometría del tamizado de la harina precocida de arveja.....	130
Tabla IV-44 Granulometría general de todas las harinas pre cocidas	130
Tabla IV-45 Rendimiento de grano a harina	132
Tabla IV-46 Resultados de las encuestas de la prueba hedónica	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2 – 1 Proyecciones de la CEPAL en la región pobreza moderada y pobreza extrema	8
Figura 2-2 Maíz garrapatita	13
Figura 2-3 Granos de trigo	14
Figura 2-4 Granos de Cebada	16
Figura 2-5 Granos de quinua.....	17
Figura 2-6 Granos de Cañahua	19
Figura 2-7 Planta de Haba.....	22
Figura 2-8 Granos de arveja tostada	24
Figura 2-9 Tostado de granos de cebada para la elaboración de machica.....	28
Figura 2-10 Pruebas preliminares de tostado de los granos.....	31
Figura 2-11 Horno rotativo FUTURO – Modelo 70 x 45/15 Full.....	32
Figura 2-12 Tostadora de granos de la marca Vulcanotec	33
Figura 2-13 Tostadora de granos de la marca jarcondelperu	33
Figura 2-14 Extrusora 2000 – CG	36
Figura 2-15 Proceso de elaboración de una harina compuesta pre cocida por el método de tostado de granos.	41
Figura 2-16 Elaboración de una harina compuesta pre cocida por el método de extrusión	42
Figura 2-17 Formulario de información – prueba de preferencia.....	44

Figura 2-18 Formulario – prueba hedónica.....	45
Figura 3-1 Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina pre cocida formulada a partir de granos de cereal y leguminosas	59
Figura 3-2 Limpieza y selección de los granos de cebada	61
Figura 3-3 Pesado de los granos	61
Figura 3-4 Lavado de los granos de cebada	62
Figura 3-5 Tostador de granos acondicionado	63
Figura 3-6 Maíz tostado	64
Figura 3-7 Trigo tostado	65
Figura 3-8 Cebada tostada.....	66
Figura 3-9 Molienda de los granos.....	68
Figura 3-10 Tamizado del maíz molido precocido	69
Figura 3-11 Tamizado del trigo molido precocido	69
Figura 3-12 Tamizado del trigo molido precocido	70
Figura 3-13 Tamizado de la cebada molida precocida.....	70
Figura 3-14 Tamizado de la cebada molida precocida.....	71
Figura 3-15 Tamizado del haba molida precocida	71
Figura 3-16 Tamizado de la arveja molida precocida.....	72
Figura 3-17 Harinas pre cocidas obtenidas en el LOU (Laboratorio de Operaciones Unitarias) de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.	75
Figura 3-18 Al lado izquierdo pito de quínoa y al lado derecho pito de cañahua	

comerciales.....	76
Figura 3-19 Formulación y pesado de las 7 harinas pre cocidas según formulación...	76
Figura 3-20 Etapa de mezclado de las siete harinas pre cocidas.....	77
Figura 3-21 Envasado en bolsas de polipropileno con zipper	77
Figura 3-22 Panelistas realizando la prueba hedónica	78
Figura 3-23 Diagrama del proceso general	80
Figura 3-24 Diagrama de bloques – flujo general del proceso de obtención de harina pre cocida de maíz	82
Figura 3-25 Diagrama de bloques – flujo general del proceso de obtención de harina pre cocida de trigo	84
Figura 3-26 Diagrama de bloques – flujo general del proceso de obtención de harina pre cocida de cebada	86
Figura 3-27 Diagrama de bloques – flujo general del proceso de obtención de harina pre cocida de haba	88
Figura 3-28 Diagrama de bloques – flujo general del proceso de obtención de harina pre cocida de arveja.....	90
Figura 3-29 Etapa de formulación y mezclado de las siete harinas precocidas.....	91
Figura 4-1 Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado Variable dependiente: Prueba Sensorial.....	106
Figura 4-2 Gráficas de comportamiento ideal, comportamiento del modelo y el error	107
Figura 4-3 Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado Variable dependiente: Prueba Sensorial.....	112

Figura 4-4 Gráficas de comportamiento ideal, regresión lineal y el error	113
Figura 4-5 Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado Variable dependiente: Prueba Sensorial	117
Figura 4-6 Gráficas de comportamiento ideal, regresión lineal y el error	118
Figura 4-7 Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado Variable dependiente: Prueba Sensorial	123
Figura 4-8 Gráficas de comportamiento ideal, regresión lineal y el error	124
Tabla 4-40 Granulometría del tamizado de la harina precocida de trigo	128
Figura 4-9 Curva de granulometría general de todos los granos procesados	131
Figura 4-15 Resultados de las encuestas de la prueba hedónica	133

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Fotografías de la materia prima

ANEXO 2: Análisis físico – químico de los granos de maíz, trigo, cebada, quínoa, cañahua, haba, y arveja

ANEXO 3: Ficha técnica del producto: siete semillas

ANEXO 4: Materiales y equipos usados

ANEXO 5: Proceso de obtención de la harina pre cocida formulada a partir de granos de cereal y leguminosas

ANEXO 6: Resultados del análisis proximal al producto final

ANEXO 7: Resultados de las pruebas organolépticas

ANEXO N°8: Llenado de encuestas