

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



Obtención de harina a partir de dos variedades de coime para la Planta Artesanal de Procesamiento de Coime de la “Asociación de Productores de Agroecológicos Tarija (APAT)”

Por:

Bernardina Betty Farfan Tintilay

Trabajo final de grado presentado a consideración de la universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, como requisito para optar el grado académico de licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

ABRIL, 2024

TARIJA, BOLIVIA

M. Sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez
**DECANO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS TECNOLÓGICAS**

M. Sc. Lic. Clovis Gustavo Succi Aguirre
**VICEDECANO DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

Ing. Jesús Zamora Gutiérrez
**DIRECTOR DPTO. BIOTECNOLOGÍA Y
CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS**

Ing. Luis Fernando Zenteno Benítez
TRIBUNAL

Ing. Weimar Torrejon Aguirre
TRIBUNAL

M. Sc. Ing. Erick Ramírez Ruiz
TRIBUNAL

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

Dedicatoria:

A mi madre y mis hijas por su amor y apoyo incondicional, por siempre fortalecer mi corazón e iluminar mente.

Agradecimientos:

A nuestro creador por darnos la oportunidad de vivir esta experiencia.

Mis docentes, sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, a ustedes mis profesores queridos, les debo mis conocimientos.

El propósito de la educación es mostrar a la gente como aprender por sí mismos. El otro concepto de educación es adoctrinamiento.

Chomsky

ÍNDICE
CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

1.1.-	Antecedentes	1
1.2.-	Justificación	2
1.3.-	Objetivos.....	2
1.3.1.-	Objetivo general	3
1.3.2.-	Objetivos específicos.....	3
1.4.-	Objeto de estudio	3
1.5.-	Campo de acción.....	3
1.6.-	Planteamiento del problema	4
1.7.-	Formulación del problema.....	4
1.8.-	Hipótesis	4

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

2.1.-	Origen del coime.....	5
2.2.-	Definición de harina de coime	5
2.3.-	Clasificación de las harinas	5
2.4.-	Los granos de coime.....	6
2.4.1.-	Características generales del grano de coime (<i>Amaranthus Caudatus</i>)	7
2.4.1.1.-	Clasificación botánica (<i>Amaranthus Caudatus</i>)	7
2.4.1.2.-	Propiedades morfológicas (<i>Amaranthus Caudatus</i>).....	8
2.4.1.3.-	Propiedades nutricionales del grano de coime	8
2.4.2.-	Potencial uso del grano de coime	10
2.4.2.1.-	En la alimentación humana.....	10
2.4.2.2.-	En la alimentación animal	11
2.4.2.3.-	En las industrias alimentarias	11

2.4.2.4.-	Aplicaciones medicinales del coime.....	11
2.5.-	Control de calidad a las harinas	12
2.5.1.-	Análisis bromatológico de las harinas	12
2.5.2.-	Evaluación sensorial de los alimentos	12
2.6.-	Etapas para la obtención de harina de coime.....	13
2.6.1.-	Clasificación granulométrica del grano y harina de coime.....	13
2.6.2.-	Molienda del grano de coime	13
2.6.3.-	Tipos de molinos.....	13
2.6.3.1.-	Molino de martillos.....	14
2.6.3.2.-	Molino de cilindros.....	14
2.6.3.3.-	Molino de bolas	14

CAPITULO III

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1.-	Desarrollo de la parte experimental	15
3.2.-	Tipos de intervención para la parte experimental	15
3.3.-	Paradigma investigativo	15
3.4.-	Enfoque de la investigación.....	16
3.5.-	Métodos – técnicas e instrumentos	16
3.5.1.-	Análisis físicos del grano de coime.....	17
3.5.2.-	Análisis fisicoquímicos, minerales y microbiológicos del grano de coime	17
3.5.3.-	Análisis proteína total, calcio y magnesio en las pruebas preliminares para la obtención de harina de coime	18
3.5.4.-	Análisis fisicoquímicos y magnesio en la harina de coime.....	18
3.6.-	Equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios de cocina	19
3.6.1.-	Equipos	19
3.6.2.-	Instrumentos de laboratorio	20
3.6.3.-	Materiales de laboratorio	20
3.6.4.-	Utensilios de cocina	20

3.7.-	Diagrama de flujo para la obtención de harina de coime	21
3.8.-	Desarrollo del diagrama de flujo para la obtención de harina de coime	22
3.8.1.-	Granos de coime	22
3.8.2.-	Acondicionamiento	22
3.8.3.-	Clasificación granulométrica del grano de coime.....	23
3.8.4.-	Molienda.....	23
3.8.5.-	Clasificación granulométrica de la harina de coime	24
3.8.6.-	Harina de coime.....	24
3.9.-	Diseño experimental.....	24
3.9.1.-	Diseño factorial 2^k	25
3.9.2.-	Diseño factorial 2^2 en el proceso de molienda del grano de coime.....	25

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1.-	Características generales del grano de coime	27
4.1.1.-	Propiedades físicas del grano de coime variedad <i>Pucara</i> y <i>Oscar Rosado</i>	27
4.1.1.1.-	Clasificación granulométrica de los grano de coime variedad <i>Pucara</i>	28
4.1.1.2.-	Clasificación granulométrica de los grano de coime variedad <i>Oscar Rosado</i> ...	29
4.1.2.-	Análisis fisicoquímicos del grano de coime variedad <i>Oscar Rosado</i> y <i>Pucara</i> ...	31
4.1.3.-	Análisis de minerales de los granos de coime variedad <i>Oscar Rosado</i> y <i>Pucara</i> ..	33
4.1.4.-	Análisis de microbiológicos de los granos de coime variedad <i>Oscar Rosado</i> y <i>Pucara</i>	34
4.2.-	Caracterización de las variables del proceso de obtención de harina de coime....	35
4.2.1.-	Pruebas preliminares para la obtención de harina de coime	35
4.2.2.-	Análisis de proteína total de los granos de coime variedad <i>Pucara</i> y <i>Oscar Rosado</i>	36
4.2.3.-	Análisis de minerales de los granos de coime variedad <i>Oscar Rosado</i> y <i>Pucara</i> ..	38
4.2.4.-	Análisis fisicoquímicos de la harina de coime variedad <i>Oscar Rosado</i> y <i>Pucara</i> .	40
4.2.5.-	Análisis de minerales de la harina de granos de coime variedad <i>Pucara</i> y <i>Oscar Rosado</i>	43

4.3.-	Diseño experimental para la obtención de harina de coime	45
4.3.1.-	Diseño factorial 2 ² para la elaboración de harina de coime	46
4.3.2.-	Análisis de varianza para la variable respuesta contenido de proteína total	47
4.3.3.-	Análisis de varianza para la variable respuesta contenido de magnesio	51
4.4.-	Harina de coime variedad <i>Pucara</i>	54
4.4.1.-	Clasificación granulométrica de la harina de coime variedad <i>Pucara</i>	54
4.4.2.-	Análisis fisicoquímico de la harina de coime variedad <i>Pucara</i>	56
4.4.3.-	Análisis de minerales de la harina de coime variedad <i>Pucara</i>	56
4.5.-	Balance de materia en el proceso de obtención de harina de coime	57
4.5.1.-	Balance de materia en la etapa de acondicionamiento del grano de coime	60
4.5.2.-	Balance de materia en la etapa de clasificación granulométrica del grano de coime.....	61
4.5.3.-	Balance de materia en la etapa de molienda de los granos grandes de coime ...	63
4.5.4.-	Balance de materia en la etapa de molienda de los granos pequeños de coime ...	64
4.5.5.-	Balance de materia en la etapa clasificación granulométrica de la harina de granos grandes de coime.....	66
4.6.-	Balance de energía para la obtención de harina de coime	69
4.6.1.-	Cantidad de energía eléctrica en la etapa de clasificación granulométrica	69
4.6.2.-	Cantidad de energía eléctrica en la etapa de molienda con molino industrial....	70
4.6.3.-	Cantidad de energía eléctrica en la etapa de molienda con molino artesanal	70
4.7.-	Aplicación de la harina de coime variedad <i>Pucara</i>	71
4.7.1.-	Pan con harina de coime variedad <i>Pucara</i>	71
4.7.1.1.-	Análisis fisicoquímicos del pan con harina de coime variedad <i>Pucara</i>	72
4.7.1.2.-	Análisis de minerales del pan con harina de coime variedad <i>Pucara</i>	73
4.7.1.3.-	Análisis microbiológicos del pan con harina de coime variedad <i>Pucara</i>	73
4.7.2.-	Galletas con harina de coime variedad <i>Pucara</i>	73
4.7.2.1.-	Análisis fisicoquímicos de la galleta con harina de coime variedad <i>Pucara</i>	74
4.7.2.2.-	Análisis de minerales de la galleta con harina de coime variedad <i>Pucara</i>	75
4.7.2.3.-	Análisis microbiológicos de la galleta con harina de coime variedad <i>Pucara</i>	75

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- Conclusiones.....	76
5.2.- Recomendaciones.....	78

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Clasificación de las harinas	6
Figura 2.2	Potencial usos del coime.....	10
Figura 3.1	Análisis físicos de los granos de coime variedad <i>Oscar Rosado</i> y <i>Pucara</i>	17
Figura 3.2	Análisis fisicoquímicos, minerales y microbiológicos de los granos de coime.....	18
Figura 3.3	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos en las pruebas preliminares	18
Figura 3.4	Análisis fisicoquímicos y minerales de la harina de coime	19
Figura 3.5	Equipos para la obtención de harina de coime.....	19
Figura 3.6	Instrumentos para la obtención de harina de coime	20
Figura 3.7	Diagrama de flujo para la obtención de harina de coime	21
Figura 3.8	Granos de coime.....	22
Figura 3.9	Acondicionamiento	22
Figura 3.10	Tamizado del grano.....	23
Figura 3.11	Molienda.....	23
Figura 3.12	Clasificación granulométrica.....	24
Figura 3.13	Harina de coime	24
Figura 4.1	Granos de coime variedad <i>Pucara</i> y <i>Oscar Rosado</i>	27
Figura 4.2	Clasificación granulométrica del coime variedad <i>Pucara</i>	29
Figura 4.3	Clasificación granulométrica de coime variedad <i>Oscar Rosado</i>	31
Figura 4.4	Pruebas preliminares para la obtención de harina de coime.....	35
Figura 4.5	Contenido de proteínas en el grano de coime variedad <i>Oscar Rosado</i>	36
Figura 4.6	Contenido de proteína en el grano de coime variedad <i>Pucara</i>	37
Figura 4.7	Contenido de minerales en el grano de coime variedad <i>Oscar Rosado</i>	39
Figura 4.8	Contenido de minerales en granos de coime variedad <i>Pucara</i>	40
Figura 4.9	Contenido físico-químico en harina de coime variedad <i>Pucara</i>	41
Figura 4.10	Contenido físico-químico en harina de coime variedad <i>Oscar Rosado</i>	42
Figura 4.11	Contenido de minerales en harina de coime variedad <i>Pucara</i>	44

Figura 4.12	Contenido de minerales en harina de coime variedad <i>Oscar Rosado</i>	45
Figura 4.13	Esquema experimental para la obtención de harina de coime	46
Figura 4.14	Efectos principales para el contenido de proteína.....	48
Figura 4.15	Interacciones de los factores para el contenido de proteína	49
Figura 4.16	Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de proteína	50
Figura 4.17	Efectos principales para el contenido de magnesio.....	52
Figura 4.18	Interacciones de los factores para el contenido de magnesio	52
Figura 4.19	Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de magnesio ...	53
Figura 4.20	Clasificación granulométrica de harina de coime variedad <i>Pucara</i> ...	55
Figura 4.21	Diagrama de flujo del balance de materia en el proceso de obtención de harina de coime	58
Figura 4.22	Etapa de acondicionamiento del grano de coime.....	60
Figura 4.23	Etapa de clasificación granulométrica de los granos de coime.....	61
Figura 4.24	Etapa de molienda de los granos grandes de coime.....	63
Figura 4.25	Etapa de molienda de los granos pequeños de coime	64
Figura 4.26	Clasificación granulométrica de harina de granos grandes de coime ..	66
Figura 4.27	Resumen del balance de materia en el proceso de obtención de harina de coime	68
Figura 4.28	Equipo en la etapa de clasificación granulométrica.....	69
Figura 4.29	Equipo en la etapa de molienda con molino industrial	70
Figura 4.30	Equipo en la etapa de molienda con molino artesanal	71
Figura 4.31	Pan con harina de coime variedad <i>Pucara</i>	72
Figura 4.32	Galletas con harina de coime variedad <i>Pucara</i>	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Clasificación taxonómica del coime <i>Amaranthus caudatus</i>	7
Tabla 2.2	Composición química del grano del coime o amaranto	9
Tabla 2.3	Composición de minerales en el grano de coime (<i>Amaranthus caudatus</i>)....	9
Tabla 2.4	Contenido de vitaminas en el grano de coime (<i>Amaranthus caudatus</i>)	10
Tabla 3.1	Nivel de variación de los factores para obtener harina de coime.....	25
Tabla 3.2	Disposición matricial de variables para la obtención de harina de coime ...	25
Tabla 4.1	Clasificación granulométrica de los granos de coime variedad <i>Pucara</i> .	28
Tabla 4.2	Clasificación granulométrica de los granos de coime variedad <i>Oscar Rosado</i>	30
Tabla 4.3	Análisis fisicoquímico del coime variedad <i>Pucara</i>	32
Tabla 4.4	Análisis fisicoquímico del coime variedad <i>Oscar Rosado</i>	32
Tabla 4.5	Análisis de minerales del coime variedad <i>Pucara</i>	33
Tabla 4.6	Análisis de minerales del coime variedad <i>Oscar Rosado</i>	33
Tabla 4.7	Análisis microbiológico del coime variedad <i>Pucara</i>	34
Tabla 4.8	Análisis microbiológico del coime variedad <i>Oscar Rosado</i>	34
Tabla 4.9	Contenido de proteína total del coime variedad <i>Oscar Rosado</i>	36
Tabla 4.10	Contenido de proteína total del coime variedad <i>Pucara</i>	37
Tabla 4.11	Contenido de minerales del coime variedad <i>Oscar Rosado</i>	38
Tabla 4.12	Contenido de minerales del coime variedad <i>Pucara</i>	39
Tabla 4.13	Contenido físico-químico de la harina de coime variedad <i>Pucara</i>	41
Tabla 4.14	Contenido físico-químico de la harina de coime variedad <i>Oscar Rosado</i> ...	42
Tabla 4.15	Contenido de minerales en harina de coime variedad <i>Pucara</i>	43
Tabla 4.16	Contenido de minerales harina de coime variedad <i>Oscar Rosado</i>	44
Tabla 4.17	Contenido proteína total en el proceso de molienda del grano de coime	47
Tabla 4.18	Contenido magnesio en el proceso de molienda del grano de coime.....	47
Tabla 4.19	Análisis de varianza de la variable respuesta contenido de proteína total ...	48
Tabla 4.20	Factores óptimos para proteína total	50

Tabla 4.21	Análisis de varianza de la variable respuesta contenido de magnesio ...	51
Tabla 4.22	Factores óptimos para el contenido de magnesio.....	54
Tabla 4.23	Clasificación granulométrica de harina de coime variedad <i>Pucara</i> ...	55
Tabla 4.24	Análisis fisicoquímico de la harina de coime variedad <i>Pucara</i>	56
Tabla 4.25	Análisis de minerales de la harina de coime variedad <i>Pucara</i>	57
Tabla 4.26	Análisis fisicoquímicos del pan con harina de coime variedad <i>Pucara</i>	72
Tabla 4.27	Análisis de minerales del pan con harina de coime variedad <i>Pucara</i>	73
Tabla 4.28	Análisis microbiológico del pan con harina de coime variedad <i>Pucara</i>	73
Tabla 4.29	Análisis fisicoquímicos de la galleta con harina de coime variedad <i>Pucara</i>	74
Tabla 4.30	Análisis de minerales de la galleta con harina de coime variedad <i>Pucara</i>	75
Tabla 4.31	Análisis microbiológico de la galleta con harina de coime variedad <i>Pucara</i>	75