

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

INGENIERÍA DE ALIMENTOS



“ELABORACIÓN DE KRUPUK”

Por:

LUCAS JEAN MARC MAES

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

NOVIEMBRE, 2023

TARIJA - BOLIVIA

V°B°

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

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

.....
Ing. Jesús Zamora Gutiérrez
**DIRECTOR DPTO. DE
BIOTECNOLOGIA Y CIENCIA DE
LOS ALIMENTOS**

.....
Ing. Adolfo Valentín Trigo Domitrov
DOCENTE GUÍA

.....
Ing. Luis Fernando Zenteno Benítez
TRIBUNAL CALIFICADOR

.....
Ing. Beatriz Margot Sossa Márquez
TRIBUNAL CALIFICADOR

.....
Ing. Never Gustavo Avendaño Vásquez
TRIBUNAL CALIFICADOR

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

Dedicatoria

Mi Proyecto de Grado lo dedico a mi
compañera de vida, Jennifer Mealla.

Agradecimientos

A todos los docentes que me han brindado sus conocimientos a lo largo de mi formación.

A mis padres, Pascal Maes y Sophie Mahieu por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida y los valores que me inculcaron.

Pensamiento

“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa”.

Ghandi

ÍNDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivo	3
1.3.1	Objetivo general.....	3
1.3.2	Objetivos específicos	3
1.4	Objeto de estudio	4
1.5	Campo de acción	4
1.6	Planteamiento del problema	4
1.7	Formulación del problema.....	5
1.8	Formulación de la hipótesis.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Origen del krupuk.....	6
2.2	Definición de krupuk.....	6
2.3	Clasificación de krupuk	7
2.4	Composición nutricional del krupuk	8
2.5	Características de las materias primas.....	8
2.5.1	La yuca.....	8
2.5.2	El almidón de yuca	9
2.5.3	Camarón.....	9
2.5.4	Composición fisicoquímica del almidón.....	10
2.5.5	Propiedades nutricionales de la yuca.....	12

2.5.6	Aplicaciones del almidón de yuca	13
2.6	Caracterización de los insumos utilizados en la elaboración de krupuk	13
2.6.1	Espicias	13
2.6.2	Hierbas aromática	13
2.6.3	Estabilizador.....	13
2.6.4	Potenciador de sabor	14
2.6.5	Levadura de panadería	14

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1	Desarrollo del trabajo de investigación.....	15
3.2	Paradigma investigativo.....	15
3.3	Enfoque de investigación.....	15
3.4	Diseño de la investigación.....	16
3.5	Tipo de investigación	16
3.6	Métodos de la investigación: técnicas e instrumentos.....	16
3.6.1	Equipos, instrumentos y materiales de laboratorio	17
3.6.2	Materia prima e insumos alimentarios	17
3.6.3	Proceso de elaboración de krupuk	18
3.6.3.1	Diagrama del proceso de elaboración de krupuk	19
3.6.3.2	Desarrollo del proceso de elaboración de krupuk	20
3.6.4	Metodología de la obtención de resultados para la elaboración de krupuk..	22
3.7	Diseño experimental.....	24
3.7.1	Diseño factorial 2 ^k para la elaboración de krupuk	24
3.8	Operacionalización de las variables para la obtención de krupuk.....	27

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1	Caracterización de la materia prima	28
4.1.1	Análisis fisicoquímicos del almidón de yuca	28
4.1.2	Análisis fisicoquímico del camarón	29
4.1.3	Análisis microbiológico del almidón de yuca	29
4.1.4	Análisis microbiológico del camarón	30
4.2	Ensayos experimentales para definir los procesos en la elaboración de krupuk	31
4.2.1	Ensayo 1: Relación almidón-agua para la gelatinización del almidón	31
4.2.2	Ensayo 2: Selección proceso de moldeado y proceso de gelatinización	33
4.3	Elaboración de pruebas preliminares de krupuk	36
4.3.1	Estadístico de caja y bigote en las muestras de la prueba preliminar 1	38
4.3.2	Evaluación sensorial de las muestras de la prueba preliminar 2	39
4.3.3	Evaluación sensorial de las muestras de la prueba preliminar 3	41
4.3.4	Evaluación sensorial de las muestras de la prueba preliminar 4	42
4.3.5	Elección de muestra ideal	43
4.4	Diseño experimental en el proceso de secado para obtener krupuk.....	44
4.4.1	Análisis de varianza del diseño experimental en el proceso de secado para obtener krupuk	45
4.4.2	Evaluación sensorial de las muestras del diseño experimental	50
4.5	Influencia del contenido de humedad en la etapa de secado de las muestras de krupuk	56
4.5.1	Variación del contenido de humedad en el nivel inferior del factor tipo de espesor para las muestras D01, D02, D03 y D04.....	57

4.5.2	Variación del contenido de humedad en el nivel superior del factor tipo de espesor para las muestras D05, D06, D07 y D08.....	58
4.5.3	Variación del contenido de humedad en el nivel inferior del factor tiempo para las muestras D01, D02, D05 y D06.....	59
4.5.4	Variación del contenido de humedad en el nivel superior del factor tiempo para las muestras D03, D04, D07 y D08.....	60
4.5.5	Variación del contenido de humedad en el nivel inferior del factor temperatura para las muestras D01, D03, D05 y D07	62
4.5.6	Variación del contenido de humedad en el nivel superior del factor temperatura para las muestras D02, D04, D05 y D06	63
4.6	Cinética de secado para la obtención de krupuk	64
4.7	Caracterización del producto final.....	67
4.7.1	Análisis fisicoquímico de las krupuk	67
4.7.2	Análisis microbiológico de las krupuk.....	68
4.8	Balance de materia en el proceso de obtención de krupuk	69
4.8.1	Balance de materia en el proceso de mezclado	71
4.8.2	Balance de materia en el proceso de gelatinización.....	72
4.8.3	Balance de materia en el proceso de secado.....	74
4.9	Balance de energía para la elaboración de krupuk.....	78

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	88
5.2	Recomendaciones	89

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Requisitos para las galletas de pescado secas de peces marinos y de agua dulce, crustáceos y moluscos	8
Tabla 2.2	Composición fisicoquímica de la raíz de yuca	11
Tabla 2.3	Composición fisicoquímica del almidón de yuca.....	11
Tabla 2.4	Composición química de las principales fuentes de almidón.....	12
Tabla 2.5	Valor nutricional de la yuca	12
Tabla 2.6	Usos del almidón de yuca como sustituyente.....	13
Tabla 3.1	Características de la yuca	18
Tabla 3.2	Matriz de variables para el proceso de secado	25
Tabla 3.3	Niveles de variación de los factores	26
Tabla 4.1	Análisis fisicoquímico del almidón de yuca.....	28
Tabla 4.2	Análisis fisicoquímico del almidón de yuca.....	29
Tabla 4.3	Análisis microbiológico del almidón de yuca	30
Tabla 4.4	Análisis microbiológico del camarón.....	30
Tabla 4.5	Contenido de humedad en base seca del proceso de secado de las muestras.....	45
Tabla 4.6	Análisis de varianza del diseño experimental en el proceso de secado	45
Tabla 4.7	Valores óptimos para minimizar el contenido de humedad en base seca	49
Tabla 4.8	Valores óptimos para maximizar el contenido de humedad en base seca	50

Tabla 4.9	Estadístico Tukey para el atributo textura del nivel superior	55
Tabla 4.10	Variables para el análisis de contenido de humedad en base seca ...	57
Tabla 4.11	Variación de humedad y velocidad de secado para la obtención de krupuk	64
Tabla 4.12	Análisis fisicoquímico de las krupuk	67
Tabla 4.13	Análisis microbiológico de las krupuk	68
Tabla 4.14	Propiedades psicométricas del aire.....	76
Tabla 4.15	Análisis fisicoquímico de la lámina gelatinizada	82
Tabla 4.16	Análisis fisicoquímico de la mezcla	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1	Equipos, materiales e instrumentos de laboratorio para la elaboración de krupuk	17
Figura 3.2	Insumos alimentarios para la elaboración de krupuk	18
Figura 3.3	Diagrama del proceso de elaboración de krupuk	19
Figura 3.4	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la materia prima	22
Figura 3.5	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del producto final	23
Figura 3.6	Operacionalización de las variables para la obtención de krupuk....	27
Figura 4.1	Almidón de yuca y camarón.....	28
Figura 4.2	Relación almidón-agua para una gelatinización óptima.....	31
Figura 4.3	Selección del proceso de moldeado y del proceso de gelatinización.....	33
Figura 4.4	Modificación en el proceso de moldeado.....	34
Figura 4.5	Modificaciones en las técnicas de calentado	36
Figura 4.6	Elaboración de pruebas preliminares de krupuk	37
Figura 4.7	Estadístico de caja y bigote en la prueba preliminar 1	38
Figura 4.8	Estadístico de caja y bigote en la prueba preliminar 2	40
Figura 4.9	Estadístico de caja y bigote en la prueba preliminar 3	41
Figura 4.10	Estadístico de caja y bigote en la prueba preliminar 4	42
Figura 4.11	Elección de muestra ideal.....	44
Figura 4.12	Efectos principales de los factores con relación al contenido de humedad	46

Figura 4.13	Interacciones de los factores con relación al contenido de humedad.....	47
Figura 4.14	Pareto estandarizado para el diseño experimental.....	48
Figura 4.15	Evaluación sensorial en las muestras experimentales	51
Figura 4.16	Estadístico de caja y bigotes para el nivel inferior del factor tipo de espesor	52
Figura 4.17	Estadístico de caja y bigotes para el nivel superior del factor tipo de espesor	54
Figura 4.18	Elección de muestra ideal.....	56
Figura 4.19	Variación del contenido de humedad en el nivel inferior del factor tipo de espesor para las muestras D01, D02, D03 y D04	58
Figura 4.20	Variación del contenido de humedad en el nivel superior del factor tipo de espesor para las muestras D05, D06, D07 y D08.....	59
Figura 4.21	Variación del contenido de humedad en el nivel inferior del factor tiempo para las muestras D01, D02, D05 y D06.....	60
Figura 4.22	Variación del contenido de humedad en el nivel superior del factor tiempo para las muestras D03, D04, D07 y D08.....	61
Figura 4.23	Variación del contenido de humedad en el nivel inferior del factor temperatura para las muestras D01, D03, D05 y D07	62
Figura 4.24	Variación del contenido de humedad en el nivel superior del factor temperatura para las muestras D02, D04, D05 y D06.....	63
Figura 4.25	Curva de velocidad de secado en función al contenido de humedad en base seca de las krupuk	65
Figura 4.26	Curva ajustada de velocidad de secado en función del contenido de humedad promedio de las krupuk.....	66

Figura 4.27	Diagrama de flujo del balance de materia para obtener krupuk.....	69
Figura 4.28	Proceso de mezclado	71
Figura 4.29	Proceso de gelatinización	72
Figura 4.30	Proceso de secado.....	74
Figura 4.31	Balance de energía en el proceso de secado	78
Figura 4.32	Balance de energía en el proceso de gelatinización	85

