

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



**ELABORACIÓN DE GALLETA CON HARINA DE MAÍZ
MORADO**

POR:

ROCIO TERESA ARAMAYO CHURQUINA

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.

AGOSTO, 2022
TARIJA – BOLIVIA

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

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

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

.....
M. Sc. Ing. Erick Ramírez Ruiz
DOCENTE GUIA

.....
Ing. Marcela Terán Veramendy
TRIBUNAL

.....
Ing. Lissie Carolina Díaz De La Quintana
TRIBUNAL

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

El tribunal de presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo estas responsabilidades del autor.

Dedicatoria

El presente trabajo de grado va dedicado principalmente:

A Dios

Por guiar mi camino y darme fortaleza para seguir adelante en este proceso de cumplir un sueño más.

A mis queridos padres

Miguel Aramayo y Marina Churquina por ser mis pilares más importantes en mi vida, por su incondicional amor, esfuerzo y apoyo que me brindaron a lo largo de mi formación académica.

A mis queridas hermanas

Maria y Eva, gracias por apoyarme en todo momento para que la realización de este trabajo allá sido realizado.

Agradecimiento

Agradecer a Dios por acompañarme en el trascurso de vida, por ser el apoyo y fortaleza en momentos de debilidad y dificultad.

A mis padres y hermanas quienes son mi mayor inspiración, gracias a su amor, paciencia, valores y principios inculcados en mí.

A mi docente guía Ing. Erick Ramírez quien, con su experiencia, comprensión y conocimientos impartidos me oriento durante el desarrollo del presente trabajo.

A la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, a la Facultad de Ciencias y Tecnología en especial a la Carrera de Ingeniería de Alimentos, por haberme formado académicamente.

A los docentes de la carrera de Ingeniería de alimentos, por su conocimientos y consejos impartidos.

A mis amigas de colegio Marisel y Paola por su amistad y palabras de aliento que me brindaron. De igual forma, a mis amigos y compañeros de la universidad en especial a Anahis, Gilda, Nilda, Katherin y Gustavo por brindarme su apoyo incondicional y comprensión en cada momento que lo necesitaba, gracias por ayudarme a culminar una etapa más de mi vida.

Pensamiento

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”

ÍNDICE

Resumen

CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN		Pág.
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	4
1.6	Situación problemática	4
1.7	Formulación de problema	5
1.8	Hipótesis	5
CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO		Pág.
2.1	Origen de la galleta	6
2.2	Definición de galleta	6
2.3	Clasificación de galleta	7
2.3.1	Descripción de galleta simple	7
2.3.2	Descripción de galleta dulce	7
2.4	Composición fisicoquímica de la galleta	7
2.5	Aplicación de la galleta en el ser humano	8
2.6	Caracterización de la materia primas utilizadas para la elaboración de galleta con harina de maíz morado	8
2.6.1	Harina de trigo	8
2.6.1.1	Composición fisicoquímica de la harina de trigo	8
2.6.1.2	Propiedades nutricionales de la harina de trigo	9
2.6.1.3	Aplicaciones harina de trigo	9
2.6.2	Harina de maíz morado	10
2.6.2.1	Composición fisicoquímica de la harina de maíz morado	10
2.6.2.2	Propiedades nutricionales de la harina de maíz morado	11
2.6.2.3	Aplicaciones harina de maíz morado	12
2.7	Caracterización de los insumos utilizados para la elaboración de galleta con harina de maíz morado	13
2.7.1	Huevo de gallina	13
2.7.2	Azúcar en polvo	13
2.7.3	Materia grasa	14
2.7.3.1	Mantequilla vegetal	14

2.7.3.2	Manteca vegetal	14
2.7.3.3	Aceite vegetal	14
2.7.4	Polvo de hornear	15
2.7.5	Leche	15
2.7.6	Almidón de maíz	15
2.8	Descripción del método de preparación utilizados para la elaboración de galletas con harina de maíz morado	16
2.8.1	Directo	16
2.8.2	Cremado	16
2.8.3	Arenado	16

CAPÍTULO III – DISEÑO METODOLOGICO

	Pág.	
3.1	Desarrollo de la parte experimental	17
3.2	Tipo de intervención para la parte experimental	17
3.3	Paradigma investigativo	17
3.4	Tipo de investigación	18
3.5	Enfoque de la investigación	18
3.6	Métodos – técnicas e instrumentos	18
3.6.1	Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de trigo	18
3.6.2	Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de maíz morado	19
3.6.3	Control a las variables respuestas de la galleta con harina de maíz morado	19
3.6.4	Equipos utilizados en el proceso de elaboración de la galleta con harina de maíz morado	20
3.6.5	Instrumentos utilizados en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado	21
3.6.6	Materia prima utilizada en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado	22
3.6.7	Insumos utilizados en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado	23
3.6.8	Material de laboratorio utilizados en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado	23
3.6.9	Utensilios de cocina utilizados en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado	23
3.6.10	Reactivos químicos de laboratorio	23
3.6.11	Software exclusivo utilizado para la resolución de datos en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado	24

3.7	Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado	24
3.7.1	Descripción del diagrama de flujo para el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado	25
3.7.1.1	Harina de maíz morado	25
3.7.1.2	Molienda y tamizado.....	25
3.7.1.3	Pre mezclado húmedo	26
3.7.1.4	Pre mezclado en seco	27
3.7.1.5	Mezclado	27
3.7.1.6	Amasado	28
3.7.1.7	Reposo	28
3.7.1.8	Laminado y moldeado	28
3.7.1.9	Horneado	29
3.7.1.10	Enfriado	30
3.7.1.11	Envasado	30
3.8	Análisis sensorial de los alimentos	30
3.9	Diseño experimental	31
3.10	Diseño factorial 2^k	32
3.10.1	Diseño factorial 2^3 para la etapa de dosificación del proceso de elaboración de la galleta con harina de maíz morado	32
3.10.2	Diseño factorial 2^2 para la etapa de horneado en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado	33
3.11	Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la galleta con harina de maíz morado	34
3.12	Operacionalización de las variables para la elaboración de galleta con harina de maíz morado	34

CAPÍTULO IV - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

		Pág.
4.1	Caracterización de la harina de trigo y maíz morado	36
4.1.1	Análisis fisicoquímicos de la harina de trigo	36
4.1.2	Análisis microbiológico de la harina de trigo	36
4.1.3	Análisis fisicoquímicos de la harina de maíz morado	37
4.1.4	Análisis microbiológico de la harina de maíz morado	37
4.2	Caracterización de las variables del proceso de elaboración de la galleta con harina de maíz morado	38
4.2.1	Ensayos preliminares para la elaboración de la galleta con harina de trigo	38
4.2.2	Pruebas iniciales incorporado la harina de maíz morado a la muestra preliminar de la galleta con harina de trigo	48

4.2.3	Dosificaciones realizadas al diseño factorial 2^3 en la etapa de dosificación para la elaboración de la galleta con harina de maíz morado	57
4.3	Diseño factorial 2^3 en la etapa de dosificación para la elaboración de la galleta con harina de maíz morado.....	59
4.3.1	Variable respuesta contenido de humedad en la etapa de dosificación de la galleta con harina de maíz morado	59
4.3.2	Variable respuesta de pH en la etapa de dosificación de la galleta con harina de maíz morado	62
4.3.3	Variable respuesta de acidez (ácido láctico) en la etapa de dosificación de la galleta con harina de maíz morado	65
4.3.4	Control pH, acidez y contenido de humedad en la etapa de dosificación del diseño factorial de la galleta con harina de maíz morado	68
4.3.5	Evaluación sensorial en el diseño experimental 2^3 en la etapa de dosificación en la galleta con harina de maíz morado	77
4.3.6	Evaluación sensorial del diseño y muestra ideal de la galleta con harina de maíz morado	79
4.4	Diseño factorial 2^2 en la etapa de horneado para la galleta con harina de maíz morado	80
4.4.1	Variable respuesta de contenido de humedad (base húmeda) en la etapa de horneado en la elaboración de la galleta con harina de maíz morado	80
4.5	Estadístico de caja y bigote para la muestra final de galleta con harina de maíz morado	83
4.6	Caracterización del producto terminado galleta con harina de maíz morado	84
4.6.1	Análisis fisicoquímico de la galleta con harina de maíz morado	84
4.6.2	Análisis microbiológico de la galleta con harina de maíz morado	85
4.7	Control de pH, acidez y contenido de humedad en la galleta con harina de maíz morado durante el almacenamiento	86
4.7.1	Control de contenido de humedad en la galleta durante el almacenamiento	86
4.7.2	Control de pH en la galleta durante el almacenamiento	87
4.7.3	Control de acidez (ácido láctico) en la galleta durante el almacenamiento	89
4.8	Balance de materia en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado	90
4.8.1	Balance de materia para la etapa de pre mezclado en seco	94
4.8.2	Balance de materia para la etapa de pre mezclado en húmedo	95
4.8.3	Balance de materia para la etapa de mezclado	96
4.8.4	Balance de materia para la etapa de amasado	97

4.8.5	Balance de materia para la etapa de reposo	97
4.8.6	Balance de materia para la etapa de laminado	99
4.8.7	Balance de materia para la etapa de moldeado	99
4.8.8	Balance de materia para la etapa de horneado	100
4.8.9	Balance de materia para la etapa de enfriado	101
4.8.10	Balance de materia para la etapa de envasado	102
4.9	Resumen general del balance de materia en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado	104
4.10	Balance de energía en la etapa de pre mezclado en húmedo	105
4.11	Balance de energía para la etapa de horneado de la galleta	106
4.12	Balance de energía para calentar el horno	107
4.13	Balance de energía para calentar la bandeja de las galletas	108
4.14	Balance de energía para la cocción de la masa de galletas	108
4.15	Balance de energía para evaporar el agua de la masa de galleta	110
4.16	Balance de energía para determinar la cantidad de calor total necesario para evaporación de galleta con harina de maíz morado	111

CAPÍTULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES Pág.

5.1	Conclusiones	112
5.2	Recomendaciones	114

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.	
Tabla 1.1	Producción de maíz morado en Tarija	1
Tabla 2.1	Composición fisicoquímica de la galleta	8
Tabla 2.2	Composición fisicoquímica de la harina de trigo	9
Tabla 2.3	Taxonomía del maíz morado	10
Tabla 2.4	Composición fisicoquímica de harina de maíz morado	11
Tabla 3.1	Nivel de variación de los factores para la dosificación	32
Tabla 3.2	Matriz experimental de las variables de dosificación del proceso	33
Tabla 3.3	Nivel de variación de los factores de la etapa de horneado	33
Tabla 3.4	Disposición matricial de variables en la etapa de horneado.....	33
Tabla 4.1	Análisis fisicoquímicos de harina de trigo	36
Tabla 4.2	Análisis microbiológico de harina de trigo	36
Tabla 4.3	Análisis fisicoquímicos de harina de maíz morado.....	37
Tabla 4.4	Análisis microbiológico de harina de maíz morado	37
Tabla 4.5	Variación de formulación de la galleta con harina de trigo	39

Tabla 4.6	Variación de formulación para la elaboración de galleta con harina de trigo	43
Tabla 4.7	Estadístico de tukey para atributo olor de pruebas preliminares en la galleta	45
Tabla 4.8	Estadístico de tukey para atributo sabor de pruebas preliminares en la galleta	45
Tabla 4.9	Estadístico de tukey para atributo dureza de pruebas preliminares en la galleta	46
Tabla 4.10	Estadístico de tukey para atributo olor 2 de pruebas preliminares en la galleta	46
Tabla 4.11	Estadístico de tukey para atributo cohesividad 2 de pruebas preliminares en la galleta	47
Tabla 4.12	Formulación de galletas con harina de trigo	48
Tabla 4.13	Parámetros a controlar de las galletas con harina de trigo	48
Tabla 4.14	Variación de formulación galleta incorporando harina de maíz morado	49
Tabla 4.15	Estadístico de tukey para atributo color de pruebas iniciales de galleta	51
Tabla 4.16	Estadístico de tukey para atributo color 2 de pruebas iniciales de galleta	53
Tabla 4.17	Estadístico de tukey para atributo sabor 2 residual de pruebas iniciales de galleta	53
Tabla 4.18	Estadístico de tukey para atributo textura 2 de pruebas iniciales de galleta	54
Tabla 4.19	Formulación de las galletas incorporando harina de maíz morado ...	55
Tabla 4.20	Control de proceso de elaboración de galleta	55
Tabla 4.21	Estadístico de tukey para atributo sabor para la elección de la muestra de galleta incorporando harina de maíz morado	56
Tabla 4.22	Dosificación y parámetros de proceso de la muestra ideal de galleta	57
Tabla 4.23	Variación en la dosificación de la harina de maíz morado en la galleta	57
Tabla 4.24	Análisis de varianza en función a la variable respuesta contenido de humedad	59
Tabla 4.25	Análisis de varianza en función a la variable respuesta pH	63
Tabla 4.26	Análisis de varianza en función a la variable respuesta acidez (ácido láctico)	66
Tabla 4.27	Variación de contenido de humedad en muestras de galleta nivel inferior	69

Tabla 4.28	Variación de contenido de humedad en muestras de galleta nivel superior	71
Tabla 4.29	Variación de pH en muestras de galleta para nivel inferior	72
Tabla 4.30	Variación de pH en muestras de galleta para nivel superior	73
Tabla 4.31	Variación de acidez en muestras de galleta para nivel inferior	74
Tabla 4.32	Variación de acidez en muestras de galleta para nivel superior	76
Tabla 4.33	Análisis de varianza en función a la variable respuesta contenido de humedad	80
Tabla 4.34	Factores óptimos para el contenido de humedad en base húmeda en el proceso de horneado de galleta con harina de maíz morado	83
Tabla 4.35	Análisis fisicoquímicos de la galleta con harina de maíz morado	85
Tabla 4.36	Análisis microbiológico de la galleta con harina de maíz morado.....	85
Tabla 4.37	Variación de contenido de humedad en la galleta durante el almacenamiento	86
Tabla 4.38	Variación de pH en la galleta durante el almacenamiento	88
Tabla 4.39	Variación de acidez en la galleta durante el almacenamiento	89
Tabla 4.40	Calores específicos de componentes alimentarios	109

INDICE DE FIGURAS

	Pág.	
Figura 2.1	Galleta con harina de trigo	6
Figura 2.2	Clasificación de las galletas	7
Figura 2.3	Beneficios de maíz morado en el organismo	11
Figura 2.4	Estructura química antocianina	12
Figura 3.1	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de trigo	19
Figura 3.2	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de maíz morado	19
Figura 3.3	Control de las variables respuestas del proceso de la galleta con harina de maíz morado	20
Figura 3.4	Equipos utilizados en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado	20
Figura 3.5	Instrumentos laboratorio utilizados en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado	21
Figura 3.6	Materias primas utilizadas en el proceso	22
Figura 3.7	Insumos utilizados en el proceso	22
Figura 3.8	Diagrama de flujo de elaboración de galleta con harina de maíz morado	24
Figura 3.9	Maíz morado	25

Figura 3.10	Granos de maíz morado	25
Figura 3.11	Molienda y tamizado de harina de maíz morado	26
Figura 3.12	Etapas de cremado	26
Figura 3.13	Pre mezclado en seco	27
Figura 3.14	Mezclado general en masa	27
Figura 3.15	Amasado de la masa galletas	28
Figura 3.16	Masa en Freezer	28
Figura 3.17	Laminado de la masa	29
Figura 3.18	Moldeado de la masa	29
Figura 3.19	Horneado de galletas	30
Figura 3.20	Enfriado de galletas	30
Figura 3.21	Envasado de galletas	30
Figura 3.22	Evaluación sensorial de galleta con harina de maíz morado	31
Figura 3.23	Análisis físicoquímicos y microbiológicos de la galleta con harina de maíz morado	34
Figura 4.1	Métodos de preparación de galletas con harina de trigo	38
Figura 4.2	Formulación para ensayos preliminares para la galleta con harina de trigo	39
Figura 4.3	Valoración subjetiva para ensayos preliminares de la galleta con harina de trigo	40
Figura 4.4	Formulaciones de las pruebas preliminares para la elaboración de la galleta con harina de trigo	41
Figura 4.5	Valoración subjetiva para las pruebas preliminares de galleta con harina de trigo	42
Figura 4.6	Pruebas preliminares de galleta con harina de trigo	43
Figura 4.7	Caja y bigote para muestras de las pruebas preliminares de galleta con harina de trigo	44
Figura 4.8	Formulación de galletas incorporando harina de maíz	49
Figura 4.9	Selección de pruebas iniciales incorporando harina de maíz morado en la galleta de trigo	50
Figura 4.10	Caja y bigote para pruebas iniciales de la galleta incorporando harina de maíz morado	51
Figura 4.11	Caja y bigote para pruebas iniciales de la galleta incorporando harina de maíz morado	52
Figura 4.12	Caja y bigote para la elección de la galleta incorporando harina de maíz	56
Figura 4.13	Dosificaciones para el diseño experimental 2 ³	58
Figura 4.14	Efectos principales para contenido de humedad	60

Figura 4.15	Interacción de factores para el contenido de humedad	61
Figura 4.16	Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de humedad	62
Figura 4.17	Efectos principales para el pH.....	64
Figura 4.18	Interacción de factores para el pH	64
Figura 4.19	Diagrama de Pareto estandarizado para el pH	65
Figura 4.20	Efectos principales para contenido de acidez	67
Figura 4.21	Interacción de factores para el contenido de acidez	67
Figura 4.22	Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de acidez .	68
Figura 4.23	Control de contenido de humedad en la galleta del nivel inferior en el diseño experimental	70
Figura 4.24	Control de contenido de humedad en la galleta del nivel superior en el diseño experimental	71
Figura 4.25	Control de pH en la galleta del nivel inferior en el diseño experimental	72
Figura 4.26	Control de pH en la galleta del nivel superior en el diseño experimental	73
Figura 4.27	Control de contenido de acidez en la galleta del nivel inferior en el diseño experimental	75
Figura 4.28	Control de acidez en la galleta del nivel superior en el diseño experimental	76
Figura 4.29	Caja y bigote del diseño factorial para el nivel inferior	77
Figura 4.30	Caja y bigote de diseño factorial nivel superior	78
Figura 4.31	Caja y bigote de diseño experimental y muestra ideal.....	79
Figura 4.32	Efectos principales para el contenido de humedad	81
Figura 4.33	Interacción de factores para el contenido de humedad	82
Figura 4.34	Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de humedad	82
Figura 4.35	Caja y bigote de diseño muestra final de galleta con harina de maíz morado	84
Figura 4.36	Control de contenido de humedad en la galleta durante el almacenamiento	87
Figura 4.37	Control de pH en la galleta durante el almacenamiento	88
Figura 4.38	Control de contenido acidez (ácido láctico) en la galleta durante el almacenamiento	90
Figura 4.39	Balance de materia general en el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado	91
Figura 4.40	Etapa de pre mezclado en seco	94
Figura 4.41	Etapa de pre mezclado en húmedo	95

Figura 4.42	Etapa de mezclado	96
Figura 4.43	Etapa de amasado	97
Figura 4.44	Etapa de reposo	98
Figura 4.45	Etapa de laminado	99
Figura 4.46	Etapa de moldeado	100
Figura 4.47	Etapa de horneado	100
Figura 4.48	Etapa de enfriado	102
Figura 4.49	Etapa de envasado	102
Figura 4.50	Balance general de materia para el proceso de elaboración de galleta con harina de maíz morado	104
Figura 4.51	Pre mezclado en húmedo	105
Figura 4.52	Dimensiones del horno	106

ÍNDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 3.1	Operacionalización de las variables para la elaboración de galleta con harina maíz morado	35

ÍNDICE DE ABREVIATURA

Abreviatura	Significado
T	Temperatura
t	tiempo
Kcal	Kilocalorías
°C	Celsius
min	minutos
α	Letra de alfabeto griego “alfa” 0,05
Σ	Suma
Θ	Letra de alfabeto griego “zeta” tiempo
g	Gramos
UFC/g	Unidad formadora de colonias por gramos
Kcal/100 g	Kilocalorías por cien gramos
mg	Miligramo
mm	milímetro
%	Porcentaje