

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**ELABORACIÓN DE MAGDALENAS A PARTIR DE HARINA DE
ALMENDRA Y QUINUA CON ALTO CONTENIDO DE MAGNESIO PARA
PERSONAS CELIACAS**

POR:

JOAN EVELYN AGUILAR CHOQUETARQUI

Trabajo final de grado presentando 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

VºBº

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

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

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

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

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

.....
Ing. María Andrea Vaca Castellanos
TRIBUNAL

.....
Ing. Adolfo Valentín Trigo Dimitrov
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 mis padres que están en el cielo Vicente Aguilar
Pérez y Nemia Choquetarqui Tarqui.

Agradecimientos:

A mis padres; Vicente Aguilar Pérez y Nemia Choquetarqui Tarqui porque a pesar de las dificultades que presenta la vida siempre han sabido enseñarme a salir adelante y a no rendirme. Sin su apoyo incondicional en todo momento no hubiera podido llegar donde estoy.

A mi docente guía; Ing. Erick Ramírez por haber sido mi guía durante la elaboración de mi tesis y a todo el plantel docente de la Carrera de Ingeniería de Alimentos por haber sido los formadores de mi carrera universitaria, en especial a mis tribunales: Ing. Beatriz Sossa Márquez, Ing. María Andrea Vaca e Ing. Valentín Trigo Dimitrov por haberme brindado su conocimiento y ayuda para la culminación del presente trabajo de investigación.

De igual forma a mis amigos y compañeros en especial a Maribel Alemán, Daniel Cruz y Gustavo López.

Pensamiento:

“Triunfar en la vida no es ganar, triunfar en la vida es levantarse y volver a empezar cada vez que uno cae”.

Pepe Mujica

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	Objetivo de estudio.....	4
1.5	Campo de acción	4
1.6	Planteamiento del problema.....	4
1.7	Formulación del problema.....	4
1.8	Hipótesis.....	5

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	Origen de la magdalena	6
2.2	Definición de magdalena	6
2.3	Clasificación de las magdalenas en función de las masas batidas.....	6
2.3.1	Tipos de magdalenas.....	8
2.3.1.1	Magdalenas dulces.....	8
2.3.1.2	Magdalenas integrales.....	8
2.3.1.3	Magdalenas sin gluten.....	9
2.3.1.4	Magdalenas saladas.....	9
2.4	Composición nutricional de las magdalenas para celíacos.....	9
2.5	Propiedades nutricionales de las magdalenas.....	10
2.6	Aplicación de las magdalenas en el ser humano.....	10
2.7	Caracterización de las materias primas utilizadas en las magdalenas.....	10
2.7.1	Harina de almendra.....	11
2.7.1.1	Composición nutricional de harina de almendra.....	11
2.7.1.2	Propiedades nutricionales de la harina de almendras.....	12
2.7.1.3	Aplicación de la harina de almendra en la panificación.....	12
2.7.2	Harina de quinua.....	13
2.7.2.1	Composición nutricional de harina de quinua.....	13
2.7.2.2	Propiedades nutricionales de la harina de la quinua.....	14
2.7.2.3	Aplicación de la harina de quinua en la panificación.....	14

2.8	Caracterización de los insumos alimentarios que se utilizaron en la elaboración de magdalenas.....	15
2.8.1	Azúcar refinada.....	15
2.8.2	Aceite vegetal.....	15
2.8.3	Huevo de gallina.....	16
2.8.4	Leche pasteurizada.....	16
2.8.5	Cocoa en polvo de cacao.....	17
2.8.6	Polvo de hornear.....	17
2.9	Caracterización de los aditivos alimentarios que se utilizaron en la elaboración de magdalenas.....	18
2.9.1	Propionato de calcio.....	18
2.10	Factores importantes durante el proceso de elaboración de magdalenas.....	18
2.10.1	Textura.....	18
2.10.2	Humedad.....	19
2.10.3	pH y acidez.....	19
2.11	Descripción del método de proceso seleccionado para la elaboración de magdalenas	19
2.12	Descripción del proceso de horneado para la elaboración de magdalenas.....	20

CAPÍTULO III METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1	Localización del trabajo experimental.....	22
3.2	Tipo de intervención para la parte experimental.....	22
3.3	Paradigma investigativo.....	23
3.4	Enfoque de la investigación.....	23
3.5	Métodos, técnicas e instrumentos.....	23
3.5.1	Control de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de quinua y harina de almendra.....	24
3.5.2	Control de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de magdalenas con alto contenido de magnesio.....	24
3.6	Descripción de insumos, aditivos alimentarios, reactivos químicos, harina de almendra y quinua.....	25
3.6.1	Harina de almendra y quinua.....	25
3.6.2	Insumos y aditivos alimentarios.....	25
3.6.3	Reactivos químicos.....	26
3.7	Equipos, instrumentos, material de laboratorio y utensilios de cocina de relevamiento de información.....	26
3.7.1	Equipos.....	26

3.7.2	Instrumentos de laboratorio.....	26
3.7.3	Materiales de laboratorio.....	27
3.7.4	Utensilios de cocina.....	28
3.8	Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de magdalenas con alto contenido de magnesio.....	29
3.8.1	Descripción del proceso de elaboración de magdalenas a partir de harina de almendra y quinua con alto contenido de magnesio.....	30
3.9	Análisis sensorial de los alimentos.....	32
3.10	Operacionalización de variables para obtención de magdalenas con alto contenido de magnesio.....	33
3.11	Diseño experimental.....	34
3.11.1	Diseño experimental en la etapa de dosificación de las magdalenas a partir de harina de almendra y quinua.....	35
3.11.2	Diseño experimental en la etapa de horneado de las magdalenas.....	36
3.12	Visión horizontal.....	37

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Caracterización de las harinas de almendra y quinua.....	39
4.1.1	Análisis fisicoquímico de la harina de almendra.....	39
4.1.2	Análisis microbiológico de la harina de almendra.....	39
4.1.3	Análisis fisicoquímico de la harina de quinua.....	40
4.1.4	Análisis microbiológico de la harina de quinua.....	40
4.2	Caracterización de las variables en el proceso de elaboración de magdalenas para personas celiacas.....	41
4.2.1	Pruebas preliminares para la elaboración de magdalenas de harina de trigo.....	41
4.2.2	Pruebas preliminares variando la dosificación de aceite vegetal para la elaboración de magdalenas con harina de trigo.....	43
4.2.2.1	Selección de muestra preliminar de magdalenas con harina de trigo.....	45
4.2.2.1.1	Estadístico de caja y bigote para selección de muestra preliminar de magdalenas a base de harina de trigo.....	46
4.2.3	Incorporación de harina de almendra y quinua en la muestra preliminar de magdalena.....	47
4.2.3.1	Selección de muestras preliminares de magdalenas dosificadas con harina de almendra y quinua.....	48
4.2.3.1.1	Estadístico de caja y bigote para pruebas preliminares de magdalenas dosificadas con harina de almendra y quinua.....	49

4.2.4	Pruebas preliminares incorporando cocoa en polvo de cacao en magdalenas sin harina de trigo.....	50
4.2.4.1	Estadístico de caja y bigote para pruebas preliminares de magdalenas sin harina de trigo.....	51
4.2.5	Selección de muestra final de magdalenas de chocolate sin harina de trigo.....	52
4.2.5.1	Estadístico de caja y bigote para muestra final de magdalenas de chocolate sin harina de trigo.....	53
4.2.5.1.1	Estadístico de Tukey para atributo sabor para muestra final de magdalena de chocolate sin harina de trigo.....	54
4.2.5.2	Control de humedad, acidez y pH en las pruebas finales de magdalena de chocolate sin harina de trigo.....	55
4.3	Diseño factorial 2^3 en la etapa de dosificación de harina de almendra y quinua para la elaboración de magdalena de chocolate.....	55
4.3.1	Variable respuesta del contenido de magnesio en la dosificación de magdalena de chocolate.....	56
4.3.2	Variable respuesta del porcentaje de proteína en la dosificación de magdalena de chocolate.....	59
4.4	Selección de muestra de magdalena de chocolate en función de la dosificación del diseño factorial.....	63
4.4.1	Selección de muestra de magdalena de chocolate del nivel inferior del diseño experimental.....	63
4.4.1.1	Estadístico de caja y bigote en magdalenas de chocolate del nivel inferior del diseño experimental.....	64
4.4.2	Selección de muestra de magdalena de chocolate del nivel superior del diseño experimental.....	64
4.4.2.1	Estadístico de caja y bigote en de magdalenas de chocolate del nivel superior del diseño experimental.....	65
4.5	Selección de producto final de magdalena de chocolate con alto contenido de magnesio.....	66
4.5.1	Estadístico de caja y bigote para comparar muestra experimental e ideal de magdalena con alto contenido de magnesio.....	67
4.6	Diseño factorial 2^2 en la etapa de horneado de magdalena de chocolate.....	68
4.7	Caracterización del producto terminado.....	71
4.7.1	Análisis fisicoquímico en la magdalena de chocolate.....	71
4.7.2	Análisis de minerales de la magdalena de chocolate.....	72
4.7.3	Análisis microbiológico en la magdalena de chocolate.....	72

4.8	Control de pH, acidez y contenido de humedad en magdalenas de chocolate durante el almacenamiento.....	73
4.8.1	Control de acidez en magdalena de chocolate durante el almacenamiento.....	73
4.8.2	Control de pH en magdalenas de chocolate durante el almacenamiento.....	75
4.8.3	Control del contenido de humedad en magdalena de chocolate durante el almacenamiento.....	76
4.8.4	Análisis microbiológico en magdalena de chocolate finalizado el tiempo de almacenamiento.....	78
4.9	Balance de materia en el proceso de elaboración de magdalena de chocolate con alto contenido de magnesio.....	79
4.9.1	Balance de materia para la obtención de clara y yema.....	81
4.9.2	Balance de materia para la obtención de batido.....	82
4.9.3	Balance de materia para el proceso de dosificación.....	83
4.9.4	Balance de materia para el proceso de moldeado.....	85
4.9.5	Balance de materia para el proceso de horneado.....	86
4.9.6	Balance de materia para la etapa de enfriado.....	88
4.10	Resumen general del balance de materia para el proceso de elaboración de magdalena de chocolate con alto contenido de magnesio.....	89
4.11	Balance de energía para el proceso de batido y horneado de las magdalenas.....	90
4.12	Balance de energía para el proceso de horneado en magdalenas.....	92
4.12.1	Balance de energía para calentar el horno.....	93
4.12.2	Balance de energía para calentar el molde de magdalenas.....	94
4.12.3	Balance de energía para calentar la bandeja del horno.....	95
4.12.4	Balance de energía para hornear la masa de magdalenas.....	96
4.12.5	Balance de energía para evaporar el agua de la masa de magdalena...	98
4.13	Balance de energía para determinar la cantidad de calor total necesario en la elaboración de magdalenas.....	100

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	102
5.2	Recomendaciones.....	104

Bibliografía

Anexo

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas 2.1	Composición nutricional de la magdalena de chocolate sin gluten.	9
Tablas 2.2	Composición nutricional de la harina de almendra.....	11
Tablas 2.3	Composición de minerales de la harina de almendra.....	11
Tablas 2.4	Composición nutricional de la harina de quinua.....	13
Tablas 2.5	Composición de minerales de la harina de quinua.....	14
Tablas 2.6	Composición nutricional de la cocoa en polvo de cacao.....	17
Tablas 3.1	Matriz de variables en el proceso de dosificación para la elaboración de magdalenas con alto a partir de harina de almendra y quinua.....	36
Tablas 3.2	Niveles de variación de los factores en el proceso de dosificación.	36
Tablas 3.3	Matriz de variables para la etapa de horneado en la elaboración de magdalenas a partir de harina de almendra y quinua.....	37
Tablas 3.4	Niveles de variación de los factores en la etapa de horneado.....	37
Tablas 4.1	Análisis fisicoquímico de la harina de almendra.....	39
Tablas 4.2	Análisis microbiológico de la harina de almendra.....	40
Tablas 4.3	Análisis fisicoquímico de la harina de quinua.....	40
Tablas 4.4	Análisis microbiológico de la harina de quinua.....	41
Tablas 4.5	Variación en la dosificación de harina de trigo y aceite vegetal....	41
Tablas 4.6	Variación en la dosificación de aceite vegetal.....	42
Tablas 4.7	Variación en la dosificación de harina de almendra y quinua en magdalenas.....	47
Tablas 4.8	Estadístico de Tukey para el atributo sabor de pruebas finales de magdalenas de chocolate sin harina de trigo.....	54
Tablas 4.9	Resultado del contenido de humedad, acidez y pH en magdalenas de chocolate sin harina de trigo.....	55
Tablas 4.10	Análisis de varianza en función de la variable respuesta contenido de magnesio.....	56
Tablas 4.11	Análisis de varianza en función de la variable respuesta porcentaje de proteína.....	60
Tablas 4.12	Formulación porcentual del producto final para diseño experimental.....	68
Tablas 4.13	Análisis de varianza en función de la variable respuesta contenido de humedad.....	68
Tablas 4.14	Análisis fisicoquímico de la magdalena de chocolate.....	72
Tablas 4.15	Análisis de minerales en magdalena de chocolate.....	72
Tablas 4.16	Análisis microbiológico en la magdalena de chocolate.....	73

Tablas 4.17	Control de acidez en magdalena de chocolate en el almacenamiento.....	74
Tablas 4.18	Variación de pH en magdalena de chocolate durante el almacenamiento.....	75
Tablas 4.19	Control del contenido de humedad en magdalena de chocolate durante el almacenamiento.....	77
Tablas 4.20	Análisis microbiológico de magdalenas de chocolate después del almacenamiento.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Clasificación de las masas batidas.....	7
Figura 2.2	Tipos de magdalenas.....	8
Figura 2.3	Propiedades nutricionales de la harina de almendra.....	12
Figura 2.4	Tipos de harina de quinua.....	13
Figura 2.5	Propiedades nutricionales de la harina de quinua.....	14
Figura 2.6	Procesos importantes durante el horneado.....	21
Figura 3.1	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de almendra y harina de quinua.....	24
Figura 3.2	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de magdalenas con alto contenido de magnesio.....	25
Figura 3.3	Equipos.....	26
Figura 3.4	Instrumentos de laboratorio.....	27
Figura 3.5	Materiales de laboratorio.....	28
Figura 3.6	Utensilios de cocina.....	28
Figura 3.7	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de magdalenas a partir de harina de almendra y quinua con alto contenido de con magnesio.....	29
Figura 3.8	Clara y yema.....	30
Figura 3.9	Batido.....	30
Figura 3.10	Dosificación	30
Figura 3.11	Moldeado.....	31
Figura 3.12	Horneado.....	31
Figura 3.13	Enfriado y desmoldado.....	31
Figura 3.14	Envasado.....	31
Figura 3.15	Evaluaciones sensoriales de magdalenas de chocolate a partir de harina de almendra y quinua con alto contenido de magnesio.....	33
Figura 4.1	Variación en la dosificación de pruebas preliminares de magdalena a base de harina de trigo.....	42
Figura 4.2	Dosificación y valoración de pruebas preliminares de magdalenas de harina de trigo.....	44

Figura 4.3	Formulación de magdalenas a base de harina de trigo.....	45
Figura 4.4	Caja y bigote para pruebas preliminares de magdalenas a base de harina de trigo.....	46
Figura 4.5	Dosificación y valoración de harina de almendra y quinua en magdalenas.....	48
Figura 4.6	Formulación de pruebas preliminares de magdalena dosificadas con harina de almendra y quinua.....	49
Figura 4.7	Caja y bigote de prueba preliminar de magdalena dosificada con harina de almendra y quinua.....	50
Figura 4.8	Variación en la dosificación de cocoa en polvo, harina de almendra y quinua en magdalenas.....	51
Figura 4.9	Caja y bigote para la elección de muestra preliminar de magdalena sin harina de trigo.....	52
Figura 4.10	Formulación de magdalenas de chocolate sin harina de trigo.....	53
Figura 4.11	Caja y bigote para la selección de muestra final de magdalena de chocolate sin harina de trigo.....	54
Figura 4.12	Efectos principales para el contenido de magnesio.....	57
Figura 4.13	Interacción de factores para el contenido de magnesio.....	58
Figura 4.14	Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de magnesio.....	59
Figura 4.15	Efectos principales para el porcentaje de proteína.....	60
Figura 4.16	Interacción de factores para el porcentaje de proteína.....	61
Figura 4.17	Diagrama de Pareto estandarizado para el porcentaje de proteína.....	62
Figura 4.18	Dosificación de magdalenas de chocolate del nivel inferior.....	63
Figura 4.19	Caja y bigote para la selección de muestra de magdalena de chocolate del nivel inferior.....	64
Figura 4.20	Dosificación de magdalenas de chocolate del nivel superior.....	65
Figura 4.21	Caja y bigote para la selección de muestra de magdalena de chocolate del nivel superior.....	66
Figura 4.22	Caja y bigote para elegir muestra de magdalena del diseño experimental.....	67
Figura 4.23	Efectos principales para el contenido de humedad en el horneado.....	69
Figura 4.24	Interacción de factores para el contenido de humedad en el horneado.....	70
Figura 4.25	Diagrama de Pareto estandarizado para el contenido de humedad en el horneado.....	71
Figura 4.26	Control de acidez en magdalenas de chocolate durante el tiempo de almacenamiento.....	74
Figura 4.27	Control de pH en magdalenas de chocolate durante el tiempo de almacenamiento.....	76

Figura 4.28	Control del contenido de humedad en magdalenas de chocolate durante el tiempo de almacenamiento.....	77
Figura 4.29	Balance de materia general para magdalenas de chocolate con alto contenido de magnesio.....	79
Figura 4.30	Clara y yema.....	81
Figura 4.31	Batido.....	82
Figura 4.32	Dosificación.....	83
Figura 4.33	Moldeado.....	85
Figura 4.34	Horneado.....	86
Figura 4.35	Enfriado.....	88
Figura 4.36	Resumen de resultados del balance de materia general para magdalenas de chocolate con alto contenido de magnesio.....	90
Figura 4.37	Batido y dosificación.....	91
Figura 4.38	Horneado.....	92

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1	Operacionalización de variables para la elaboración de magdalenas con alto contenido de magnesio.....	34
Cuadro 3.2	Visión horizontal sobre magdalenas a partir de harina de almendra y quinua con alto contenido de magnesio.....	38