

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**



**ELABORACIÓN DE MAGDALENAS ENRIQUECIDAS CON  
HIERRO Y ZINC**

**POR:**

**ELVA ROSA ARISCURINAGA CORDERO**

Trabajo final de Grado presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar al grado Académico de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

**Diciembre, 2013**  
**TARIJA – BOLIVIA**

**Vo. Bo.**

.....  
**Ing. Erick Ramírez**  
**DOCENTE GUÍA**

.....  
**Ing. Ernesto Álvarez**  
**DECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y**  
**TECNOLOGÍA**

.....  
**Ing. Silvana Paz**  
**VICEDECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y**  
**TECNOLOGÍA**

.....  
**Ing. Jesús Zamora**  
**DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO**  
**DE BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIA DE LOS ALIMENTOS**

### **DEDICATORIA:**

El presente trabajo va dedicado con mucho cariño a mi familia y en forma especial a mis padres, por su apoyo incondicional y quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante.

### **AGRADECIMIENTO:**

Agradezco principalmente a Dios por estar conmigo en cada paso que doy y por fortalecer mi corazón.

De igual forma, a mis Padres, a quienes le debo toda mi vida, a mis hermanos por motivarme y darme la mano en el transcurso de mi carrera.

Como también al docente guía por su tiempo, paciencia y dedicación prestada, que sin su ayuda no sería posible la realización de este trabajo.

**PENSAMIENTO:**

Tu trabajo va llenar gran parte de tu vida, y la única forma de estar realmente satisfecho con él es hacer lo que creas que es un gran trabajo. Y la única manera de hacer un trabajo genial es amar lo que haces. Si no lo has encontrado, sigue buscando. No te detengas.

Steve Jobs

## ÍNDICE

CAPÍTULO I		Páginas
INTRODUCCIÓN		
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	Objetivo General.....	2
1.3.2	Objetivos Específicos.....	3
1.4	Planteamiento del problema.....	3
1.5	Formulación del problema.....	4
1.6	Planteamiento de la hipótesis.....	5
CAPÍTULO II		
MARCO TEÓRICO		
2.1	Origen de las magdalenas.....	6
2.1.1	Tipos de magdalenas.....	6
*	Magdalenas de aceite de oliva.....	7
*	Magdalenas caseras.....	7
*	Magdalenas integrales.....	8
*	Magdalenas rellenas.....	8
*	Magdalenas de chocolate.....	9
*	Magdalenas de nata.....	9
2.1.2	Clasificación de las magdalenas según su elaboración.....	10
2.1.2.1	Magdalenas en la bollería industrial.....	10
2.1.2.2	Magdalenas en la repostería.....	10
2.2	Informe nutricional de las magdalenas.....	11
2.3	Ingredientes necesarios para la elaboración de magdalenas.....	12
2.3.1	Harina de trigo 0000.....	12
2.3.2	Azúcar.....	14
2.3.3	Mantequilla vegetal.....	15
2.3.4	Huevo.....	15
2.3.5	Leche.....	17
2.3.6	Sal.....	18
2.3.7	Polvo de hornear.....	18
2.3.8	Esencia de vainilla.....	19
2.3.8	Esencia de limón.....	19
2.4	Alimentos funcionales.....	19
2.4.1	Clasificación de los alimentos funcionales.....	20
a)	Alimentos adicionados.....	20
b)	Alimentos fortificados.....	21
c)	Alimentos enriquecidos.....	21
2.5	Micronutrientes esenciales.....	21
2.5.1	Micronutriente esencial hierro.....	22
2.5.1.1	Consecuencias en la salud por la falta de hierro.....	22

2.5.2 Micronutriente esencial zinc.....	23
2.5.2.1 Problema de salud por falta de zinc.....	24

### CAPÍTULO III METODOLOGIA EXPERIMENTAL

3.1 Introducción.....	26
3.2 Requerimiento de equipos, instrumentos y material de laboratorio.....	26
3.2.1 Equipos.....	26
* Batidora eléctrica manual.....	26
* Horno industrial.....	27
* Balanza analítica.....	28
* Selladora eléctrica horizontal.....	28
3.2.2 Utensilios y materiales de laboratorio.....	29
3.3 Materia prima e insumos.....	30
3.4 Descripción del proceso de elaboración de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc.....	30
3.4.1 Harina.....	32
3.4.2 Pesado.....	32
3.4.3 Mezclado en seco.....	32
3.4.4 Dosificación.....	33
3.4.5 Crema de huevo.....	33
3.4.6 Batido de la crema.....	34
3.4.7 Mezclado en húmedo.....	34
3.4.8 Moldeado de la masa.....	34
3.4.9 Horneado de la masa.....	35
3.4.10 Enfriado y desmoldado.....	36
3.4.11 Envasado.....	37
3.4.12 Almacenamiento.....	37
3.5 Metodología para la obtención de resultados.....	37
3.5.1 Propiedades químicas de la harina trigo 0000.....	38
3.5.2 Propiedades fisicoquímicas en la mezcla húmeda.....	38
3.5.3 Propiedades fisicoquímicas del producto terminado.....	39
3.5.4 Propiedades microbiológicas del producto terminado.....	39
3.6 Evaluación sensorial de alimentos.....	40
3.6.1 Evaluación sensorial para la selección del prototipo de magdalena.....	40
3.6.2 Evaluación sensorial para la selección final del prototipo de magdalenas.....	40
3.6.3 Evaluación sensorial en el proceso de dosificación.....	41
3.6.4 Evaluación sensorial en el proceso de horneado.....	41
3.7. Diseño experimental.....	41
3.7.1 Diseño factorial.....	41
3.7.3 Diseño factorial en el proceso de dosificación de magdalenas.....	43
3.7.4 Diseño factorial en el proceso de horneado.....	44

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Características de la materia prima.....	46
4.1.1 Análisis fisicoquímico de la harina de trigo 0000.....	46
4.1.2 Análisis fisicoquímico de la mezcla húmeda.....	46
4.2 Caracterización de un prototipo para la elaboración de magdalenas.....	47
4.2.1 Evaluación sensorial del atributo color para la selección de un prototipo de magdalena.....	48
4.2.1.1 Prueba de Duncan del atributo color para la selección del prototipo de magdalena.....	50
4.2.2 Evaluación sensorial del atributo aroma para la selección de un prototipo de magdalena.....	51
4.2.2.1 Prueba de duncan del atributo aroma para selección del prototipo de magdalena.....	53
4.2.3 Evaluación sensorial del atributo sabor para la selección de un prototipo de magdalena.....	54
4.2.3.1 Prueba de Duncan del atributo sabor para la selección del prototipo de magdalena.....	56
4.2.4 Evaluación sensorial del atributo textura para la selección de un prototipo de magdalena.....	57
4.2.4.1 Prueba estadística del atributo textura para la selección del prototipo de magdalena.....	59
4.2.5 Evaluación sensorial del atributo apariencia para la selección del prototipo de magdalena.....	60
4.2.5.1 Prueba estadística del atributo apariencia para la selección del prototipo de magdalena.....	62
4.3 Caracterización para la selección final del prototipo de magdalena.....	63
4.3.1 Evaluación sensorial del atributo sabor para la selección final del prototipo de magdalena.....	64
4.3.1.1 Prueba estadística del atributo sabor para la selección final del prototipo de magdalena.....	66
4.3.2 Evaluación sensorial del atributo aroma para la selección final del prototipo de magdalena.....	67
4.3.2.1 Prueba estadística del atributo aroma para la selección final del prototipo de magdalena.....	69
4.4 Caracterización de las variables del diseño experimental en el proceso de dosificación de magdalenas.....	70
4.4.1 Evaluación sensorial del atributo color en el proceso de dosificación de magdalenas.....	71
4.4.1.1 Prueba estadística del atributo color en el proceso de dosificación de magdalenas.....	73
4.4.2 Evaluación sensorial del atributo aroma en el proceso de dosificación de magdalenas.....	74
4.4.2.1 Prueba estadística del atributo aroma en el proceso de dosificación de magdalenas.....	76



4.4.3	Evaluación sensorial del atributo sabor en el proceso de dosificación de magdalenas.....	77
4.4.3.1	Prueba estadística del atributo sabor en el proceso de dosificación de magdalenas.....	79
4.4.4	Evaluación sensorial del atributo textura en el proceso de dosificación de magdalenas.....	80
4.4.4.1	Prueba estadística del atributo textura en el proceso de dosificación de magdalenas.....	82
4.4.5	Evaluación sensorial del atributo apariencia en el proceso de dosificación de magdalenas.....	83
4.4.5.1	Prueba estadística del atributo apariencia en el proceso de dosificación de magdalenas.....	85
4.4.6	Diseño experimental en el proceso de dosificación de magdalenas.....	86
4.4.6.1	Análisis estadístico del diseño factorial en el proceso de dosificación de magdalenas.....	87
4.5	Caracterización de las variables del diseño experimental para el proceso de horneado de magdalenas.....	88
4.5.1	Evaluación sensorial del atributo color en el proceso de horneado de magdalenas.....	89
4.5.1.1	Prueba estadística del atributo color en el proceso de horneado de magdalenas.....	91
4.5.2	Evaluación sensorial del atributo textura en el proceso de horneado de magdalenas.....	92
4.5.2.1	prueba estadística del atributo textura en el proceso de horneado de magdalenas.....	94
4.5.3	Evaluación sensorial del atributo apariencia en el proceso de horneado de magdalenas.....	95
4.5.3.1	Prueba estadística del atributo apariencia en el proceso de horneado de magdalenas.....	97
4.5.4	Diseño experimental en el proceso de horneado de magdalenas...	98
4.5.4.1	Análisis estadístico del diseño factorial en el proceso de horneado de magdalenas.....	99
4.6	Caracterización del producto terminado.....	100
4.6.1	Análisis fisicoquímico del producto terminado.....	100
4.6.2	Análisis microbiológico del producto terminado.....	101
4.7	Balance de materia en la elaboración de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc.....	101
4.7.1	Balance de materia para el proceso de mezclado de la materia prima e insumos.....	103
4.7.2	Balance de materia para el proceso de moldeado de la masa.....	104
4.7.3	Balance de materia para el proceso de horneado de la masa.....	105
4.7.4	Balance de materia para el proceso de enfriado de magdalenas....	106
4.7.5	Número de unidades obtenidas de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc.....	108

4.8 Resumen del balance de materia para la elaboración de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc.....	108
4.9 Balance de energía en la elaboración de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc.....	
4.9.1 Cantidad de calor necesario para calentar el horno.....	109
4.9.2 Cantidad de calor necesario para calentar la bandeja y moldes.....	110
4.9.3 Cantidad de calor necesario para la cocción de la masa.....	111
4.9.4 Cantidad de calor de vaporización en el proceso de horneado de la masa.....	112
4.9.5 Cantidad total de calor en el proceso de horneado de la masa.....	113
	114

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	115
5.2 Recomendaciones.....	117
BIBLIOGRAFIA.....	118
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla 2.1 Composición nutricional de las magdalenas.....	11
Tabla 2.2 Composición nutricional de la harina de trigo tipo 0000.....	13
Tabla 2.3 Composición nutricional del huevo crudo.....	17
Tabla 4.1 Análisis fisicoquímico de la harina 0000.....	46
Tabla 4.2 Análisis fisicoquímico de la mezcla húmeda.....	47
Tabla 4.3 Resultados del atributo color para la selección del prototipo de magdalena.....	49
Tabla 4.4 Prueba de Duncan del atributo color para la selección del prototipo de magdalena.....	50
Tabla 4.5 Resultados del atributo aroma para la selección del prototipo de magdalena.....	52
Tabla 4.6 Prueba de Duncan del atributo aroma para la selección del prototipo de magdalena.....	53
Tabla 4.7 Resultados del atributo sabor para la selección del prototipo de magdalena.....	55
Tabla 4.8 Prueba de Duncan del atributo sabor para la selección del prototipo de magdalena.....	56
Tabla 4.9 Resultados del atributo textura para la selección del prototipo de magdalena.....	58
Tabla 4.10 Análisis de varianza del tributo textura para la selección del prototipo de magdalena.....	59
Tabla 4.11 Resultados del atributo apariencia para la selección del prototipo de magdalena.....	61
Tabla 4.12 Análisis de varianza del tributo apariencia para la selección del prototipo de magdalena.....	63
Tabla 4.13 Resultados del atributo sabor para la selección final del prototipo de magdalena.....	65
Tabla 4.14 Análisis de varianza del tributo sabor para la selección final del prototipo de magdalena.....	66
Tabla 4.15 Resultados del atributo aroma para la selección final del prototipo de magdalena.....	68
Tabla 4.16 Análisis de varianza del tributo aroma para la selección final del prototipo de magdalena.....	69
Tabla 4.17 Resultados del atributo color en el proceso de dosificación de magdalena.....	72
Tabla 4.18 Análisis de varianza del atributo color en el proceso de dosificación de magdalena.....	73
Tabla 4.19 Resultados del atributo aroma en el proceso de dosificación de magdalena.....	75
Tabla 4.20 Análisis de varianza del tributo aroma en el proceso de dosificación de magdalena.....	76
Tabla 4.21 Resultados del atributo sabor en el proceso de dosificación de magdalena.....	78

Tabla 4.22 Análisis de varianza del atributo sabor en el proceso de dosificación de magdalena.....	79
Tabla 4.23 Resultados del atributo textura en el proceso de dosificación de magdalena.....	81
Tabla 4.24 Análisis de varianza del atributo textura en el proceso de dosificación de magdalena.....	82
Tabla 4.25 Resultados del atributo apariencia en el proceso de dosificación de magdalena.....	84
Tabla 4.26 Análisis de varianza del atributo apariencia en el proceso de dosificación de magdalena.....	85
Tabla 4.27 Diseño factorial en el proceso de dosificación de magdalenas....	87
Tabla 4.28 Analisis de varianza del diseño $2^3$ en el proceso de dosificación de magdalenas.....	88
Tabla 4.29 Resultados del atributo color en el proceso de horneado de magdalena.....	90
Tabla 4.30 Análisis de varianza del atributo color en el proceso de horneado de magdalena.....	91
Tabla 4.31 Resultados del atributo textura en el proceso de horneado de magdalena.....	93
Tabla 4.32 Análisis de varianza del atributo textura en el proceso de horneado de magdalena.....	94
Tabla 4.33 Resultados del atributo apariencia en el proceso de horneado de magdalena.....	96
Tabla 4.32 Análisis de varianza del atributo apariencia en el proceso de horneado de magdalena.....	97
Tabla 4.33 Diseño factorial en el proceso de horneado de magdalenas.....	98
Tabla 4.34 Analisis de varianza del diseño $2^2$ en el proceso de horneado de magdalenas.....	99
Tabla 4.35 Análisis fisicoquímico del producto terminado.....	100
Tabla 4.36 Análisis microbiológicos del producto terminado.....	101

**INDICE DE CUADROS**

	Páginas
Cuadro 3.1 Especificaciones técnicas de la batidora eléctrica.....	26
Cuadro 3.2 Especificaciones técnicas del horno industrial.....	27
Cuadro 3.3 Especificaciones técnicas de la balanza analítica.....	28
Cuadro 3.4 Especificaciones técnicas de la selladora horizontal eléctrica...	28
Cuadro 3.5 Utensilios y materiales de laboratorio.....	29
Cuadro 3.6 Materia prima e insumos.....	30
Cuadro 3.7 Análisis fisicoquímico de la harina de trigo 0000.....	38
Cuadro 3.8 Análisis fisicoquímico de la masa en la mezcla húmeda.....	38
Cuadro 3.9 Análisis fisicoquímico del producto terminado.....	39
Cuadro 3.10 Análisis microbiológicos del producto terminado.....	39
Cuadro 3.11 Diseño factorial de las variables para el proceso de dosificación de magdalenas.....	43
Cuadro 3.12 Niveles de variación en el proceso de dosificación.....	44
Cuadro 3.13 Diseño factorial de la matriz de variables para el proceso de horneado.....	44
Cuadro 3.14 Niveles de variación en el proceso de horneado.....	45

## INDICE DE FIGURA

	Páginas
Figura 2.1 Magdalena de aceite de oliva.....	7
Figura 2.2 Magdalena casera.....	7
Figura 2.3 Magdalena integral.....	8
Figura 2.4 Magdalenas rellenas.....	8
Figura 2.5 Magdalena de chocolate.....	9
Figura 2.6 Magdalena de nata.....	9
Figura 3.1 Batidora eléctrica manual.....	27
Figura 3.2 Horno industrial.....	27
figura3.3 Balanza analítica.....	28
Figura 3.4 Selladora eléctrica horizontal.....	29
Figura 3.5 Proceso de elaboración magdalenas enriquecidas con hierro y zinc.....	31
Figura 3.6 Pesado de la materia prima.....	32
Figura 3.7 Mezclado en seco.....	32
Figura 3.8 Crema de huevo.....	33
Figura 3.9 Batido de la crema.....	34
Figura 3.10 Mezclado en húmedo.....	34
Figura 3.11 Moldeado de la masa.....	35
Figura 3.12 Horneado de la masa.....	35
Figura 3.13 Enfriado de las magdalenas.....	36
Figura 3.14 Desmoldado de las magdalenas.....	36
Figura 3.15 Envasado de las magdalenas.....	37
Figura 4.1 Diagrama de bloques del balance de materia para la elaboración de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc.....	102
Figura 4.2 Balance de materia en el proceso de mezclado de materia prima e insumos.....	103
Figura 4.3 Balance de materia en el proceso de moldeado de la masa.....	104
Figura 4.4 Balance de materia en el proceso de horneado de la masa.....	105
Figura 4.5 Balance de materia en el proceso de enfriado de magdalenas.....	106
Figura 4.6 Resumen del balance de materia para la elaboración de magdalenas enriquecidas con hierro y zinc.....	109
Figura 4.7 Balance de energía en el proceso de horneado de la masa.....	110