

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**ELABORACIÓN DE BARRAS ENERGÉTICAS DE AMARANTO
CON COBERTURA DE CHOCOLATE**

POR:

ADRIANA ALEJANDRA JEREZ VILTE

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.

Agosto, 2016

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

.....
Ing. Luis Fernando Zenteno Benítez

DOCENTE GUÍA

.....
Msc.Ing. Ernesto Alvarez G.

DECANO

**FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

.....
Msc. Ing.Silvana Paz R.

VICEDECANO

**FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

.....
Ing. Jesús Zamora

**DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE
BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIAS
DE LOS ALIMENTOS**

El Tribunal Calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el presente trabajo, siendo los mismos únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIAS:

Este trabajo está dedicado de forma muy especial a mis padres y a mis hermanos, por darme las fuerzas para seguir adelante y por ser el apoyo en mi vida.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi familia, por su amor infinito y haberme forjado a ser la persona que soy en la actualidad y por todo el apoyo durante mi formación profesional.

A mis docentes guías: Ing. Luis F. Zenteno e Ing. Johnny Mercado R. por su tiempo y dedicación prestada, así como también al ing. Erick Ramírez por ayudarme a culminar el presente trabajo

A todos los docentes de la carrera a quienes debo gran parte de mi conocimiento, gracias por todas las enseñanzas

PENSAMIENTO:

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

Albert Einstein.

ÍNDICE

DEDICATORIAS

AGRADECIMIENTOS

PENSAMIENTO

RESUMEN

Página

CAPÍTULO I

1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación.....	3
1.3	Objetivos	4
1.3.1	Objetivo general	4
1.3.2	Objetivos específicos	5
1.4	Planteamiento del problema	5
1.5	Planteamiento de la hipótesis	5

CAPÍTULO II

2.1	Origen del amaranto.....	6
2.2	Descripción botánica del amaranto	7
2.3	Descripción taxonómica del amaranto	8
2.4	Cosecha, postcosecha y transporte.....	8
2.4.1	Cosecha y trilla.....	9
2.4.2	Postcosecha	9
2.4.3	Almacenamiento y transporte	10
2.5	Grano de amaranto	10
2.5.1	Características físicas del amaranto	11
2.5.2	Composición química y valor nutritivo del grano de amaranto.....	11
2.5.3	Cualidades del grano de amaranto	12
2.5.3.1	Proteína	12

2.5.3.2	Minerales	13
2.5.3.3	Grasas	14
2.5.3.4	Vitaminas	15
2.5.3.5	Fibra	15
2.5.3.6	Carbohidratos	15
2.6	Beneficios alimentarios del amaranto	16
2.7	El amaranto en la alimentación humana	16
2.8	El amaranto como grano reventado	17
2.9	Origen del arroz	18
2.10	Descripción taxonómica del arroz	19
2.11	Cultivos y disponibilidad	19
2.12	Grano de arroz	20
2.13	Composición química y valor nutricional del arroz.....	21
2.14	El arroz en la alimentación humana	22
2.15	Arroz insuflado	23
2.15.1	Valor nutricional del arroz insuflado.....	23
2.16	Insumos	23
2.16.1	Miel de abeja.....	24
2.16.1.1	Composición de la miel de abeja	24
2.16.2	Jarabe de glucosa.....	25
2.16.3	La almendra	26
2.16.3.1	Valoración nutricional de la almendra	26
2.16.4	El maní.....	27
2.16.5	La mantequilla.....	28
2.16.6	Esencia de vainilla.....	28
2.16.7	Chocolate	28
2.16.7.1	Chocolate de cobertura	29
2.16.7.2	Beneficios de consumir chocolate.....	29
2.17	Requerimiento energético de las personas	30
2.17.1	Equilibrio energético	31

2.17.2	Gasto energético.....	31
2.18	Barra energética.....	32
2.18.1	Elaboración de barras energéticas.....	32

CAPÍTULO III

3.1	Desarrollo de la parte experimental.....	34
3.2	Descripción de equipos y materiales de laboratorio.....	34
3.2.1	Equipos.....	34
3.2.1.1	Balanza analítica.....	34
3.2.1.2	Cocina industrial.....	35
3.2.1.3	Horno semi-industrial.....	36
3.2.2	Materiales de laboratorio.....	37
3.3	Materia prima.....	38
3.3.1	Amaranto insuflado.....	38
3.3.2	Arroz insuflado.....	39
3.3.3	Maní.....	40
3.3.4	Almendras.....	40
3.4	Insumos.....	41
3.4.1	Glucosa líquida.....	41
3.4.2	Miel de abeja.....	42
3.4.3	Mantequilla con sal.....	43
3.4.4	Esencia de vainilla.....	43
3.4.5	Chocolate para fundir.....	44
3.5	Diagrama del proceso de elaboración de barras energéticas de amaranto con cobertura de chocolate.....	44
3.5.1	Descripción del diagrama del proceso de elaboración de las barras energéticas de amaranto con cobertura de chocolate.....	46
3.5.1.1	Recepción y control de la materia prima.....	46
3.5.1.2	Acondicionamiento.....	46

3.5.1.3	Pesado.....	46
3.5.1.4	Mezclado.....	47
3.5.1.5	Preparación de la masa	47
3.5.1.6	Moldeado	47
3.5.1.7	Horneado	48
3.5.1.8	Recubrimiento	48
3.5.1.9	Envasado y etiquetado	48
3.6	Metodología para la obtención de resultados	48
3.6.1	Determinación de propiedades fisicoquímicas de las materias primas y producto terminado	49
3.6.2	Determinación de las propiedades microbiológicas de las materias primas y del producto terminado	49
3.7	Análisis sensorial	50
3.7.1	Evaluación sensorial inicial para determinar las propiedades organolépticas de la barra energética.....	50
3.7.2	Evaluación sensorial intermedia para determinar el porcentaje de dosificación de las barras energéticas	51
3.7.3	Evaluación sensorial para determinar la presentación de las barras energéticas	51
3.7.4	Evaluación sensorial final para determinar las propiedades organolépticas del producto terminado.....	51
3.8	Diseño experimental	51
3.8.1	Diseño factorial 2^K	52
3.8.2	Diseño factorial 2^2 en la etapa de horneado en la elaboración de barras energéticas de amaranto con cobertura de chocolate	52

CAPÍTULO IV

4.1	Caracterización de las materias primas	54
4.1.1	Características fisicoquímicas del amaranto insuflado y arroz insuflado	54
4.1.2	Características microbiológicas del amaranto insuflado y arroz insuflado	55

4.2	Evaluación sensorial inicial para determinar las propiedades organolépticas de las barras energéticas	56
4.2.1	Evaluación sensorial inicial para determinar el atributo sabor de la barra energética	56
4.2.2	Prueba estadística de la evaluación sensorial inicial para determinar el atributo sabor de las barras energéticas	58
4.2.3	Prueba de Duncan de la evaluación sensorial inicial para el atributo sabor de las barras energéticas	58
4.2.4	Evaluación sensorial inicial para determinar el atributo textura de las barras energéticas	60
4.2.5	Prueba estadística de la evaluación sensorial inicial para determinar el atributo textura de las barras energéticas	61
4.2.6	Evaluación sensorial inicial para determinar el atributo color de las barras energéticas	62
4.2.7	Prueba estadística de la evaluación sensorial inicial para determinar el atributo color de la barra energética	63
4.2.8	Evaluación sensorial inicial para determinar el atributo olor de las barras energéticas	64
4.2.9	Prueba estadística de la evaluación sensorial inicial para determinar el atributo olor de las barras energéticas	65
4.3	Evaluación sensorial intermedia para determinar el porcentaje de dosificación de las barras energéticas	66
4.3.1	Evaluación sensorial intermedio del atributo sabor para la determinar del porcentaje de dosificación de las barras energéticas	66
4.3.2	Prueba estadística para determinar el atributo sabor para determinar la dosificación de las barras energéticas	68
4.3.3	Evaluación sensorial intermedio del atributo textura para determinar la dosificación	68
4.3.4	Prueba estadística del atributo textura para determinar la dosificación de las barras energéticas	70

4.3.5	Prueba de Duncan para el atributo textura para determinar la dosificación de la barra energética.....	70
4.4	Evaluación sensorial para la determinar la presentación de las barras energéticas	71
4.4.1	Evaluación sensorial del atributo sabor para la determinar la presentación de las barras energéticas	72
4.4.2	Prueba estadística del atributo sabor para determinar la presentación de las barras energéticas	73
4.4.3	Evaluación sensorial del atributo aspecto para determinar la presentación de las barras energéticas	74
4.4.4	Prueba estadística del atributo aspecto para determinar la presentación de las barras energéticas	75
4.5	Evaluación sensorial final para determinar las propiedades organolépticas del producto terminado	76
4.5.1	Prueba estadística de la evaluación sensorial final para determinar las propiedades organolépticas del producto terminado	77
4.6	Diseño factorial para el proceso de horneado.....	78
4.7	Caracterización producto terminado de las barras energéticas de amaranto con cobertura de chocolate.....	80
4.7.1	Características fisicoquímicas del producto terminado.....	80
4.7.2	Características microbiológicas del producto terminado	81
4.8	Balance de materia y energía en el proceso de la elaboración de la barras energéticas de amaranto con cobertura de chocolate	81
4.8.1	Balance de materia en el proceso de obtención de la mezcla líquida	83
4.8.2	Balance de materia en el proceso de obtención de la mezcla sólida.....	84
4.8.3	Balance de materia en el proceso de preparación de la masa	85
4.8.4	Balance de materia en la etapa de horneado	86
4.8.5	Balance de materia en la etapa de recubrimiento.....	87
4.8.6	Resumen del balance de materia de las barra energéticas de amaranto con cobertura de chocolate.....	88

4.8.7	Balance de energía en la elaboración de barras energéticas de amaranto con cobertura de chocolate	90
4.8.8	Balance de energía en la etapa de mezclado de ingredientes líquidos	90
4.8.9	Balance de energía en la etapa de horneado	94
4.8.10	Balance de energía en la etapa de recubrimiento	98
4.8.11	Balance de energía total utilizada en el proceso	100

CAPÍTULO V

5.1	Conclusiones.....	101
5.2	Recomendaciones	103
	Bibliografía.....	104

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla 2.1	Descripción taxonómica del amaranto..... 8
Tabla 2.2	Composición química de la semilla de Amaranto por 100g de parte comestible y en base seca..... 12
Tabla 2.3	Contenido de proteína del Amaranto comparado con otros cereales en (g/100 g pasta comestible) 13
Tabla 2.4	Efectos del procesamiento en la calidad de la proteína del grano de amaranto..... 18
Tabla 2.5	Descripción taxonómica del amaranto..... 19
Tabla 2.6	Composición química del grano de arroz por 100 g de porción comestible 22
Tabla 2.7	Composición nutricional del arroz insuflado por cada 100 g 23
Tabla 3.1	Especificaciones técnicas de la balanza analítica..... 35
Tabla 3.2	Especificaciones técnicas de la cocina industrial 36
Tabla 3.3	Especificaciones técnicas del horno semi-industrial 37
Tabla 3.4	Materiales de laboratorio y utensilios de cocina 38
Tabla 3.5	Método de análisis en materias primas y producto terminado 49
Tabla 3.6	Características microbiológicas en materias primas..... 49
Tabla 3.7	Características microbiológicas en producto terminado 50
Tabla 3.8	Diseño factorial de la matriz de las variables para la etapa horneado en la elaboración de la barra energética de amaranto con cobertura de chocolate 53
Tabla 3.9	Niveles de variación de los factores en la etapa de horneado en la elaboración de la barra energética de amaranto con cobertura de chocolate 53
Tabla 4.1	Composición fisicoquímica del amaranto insuflado 54
Tabla 4.2	Composición fisicoquímica del arroz insuflado..... 55
Tabla 4.3	Características microbiológicas del amaranto insuflado 55
Tabla 4.4	Características microbiológicas del arroz insuflado..... 56

Tabla 4.5	Evaluación sensorial inicial para determinar el atributo sabor de la barra energética	57
Tabla 4.6	Análisis de varianza de la evaluación sensorial inicial para determinar el atributo sabor de la barra energética	58
Tabla 4.7	Análisis estadístico de Duncan de la evaluación sensorial inicial para el atributo sabor de la barra energética	59
Tabla 4.8	Evaluación sensorial inicial para determinar el atributo textura de la barra energética	60
Tabla 4.9	Análisis de varianza de la evaluación sensorial inicial para determinar el atributo textura de la barra energética	61
Tabla 4.10	Evaluación sensorial inicial para determinar el atributo color de la barra energética	62
Tabla 4.11	Análisis de varianza de la evaluación sensorial inicial para determinar el atributo color de la barra energética	63
Tabla 4.12	Evaluación sensorial inicial para determinar el atributo olor de la barra energética	64
Tabla 4.13	Análisis de varianza de la evaluación sensorial inicial para determinar el atributo olor de la barra energética	66
Tabla 4.14	Evaluación sensorial intermedia del atributo sabor para determinar la dosificación de la barra energética	67
Tabla 4.15	Análisis de varianza del atributo sabor para determinar la dosificación de la barra energética	68
Tabla 4.16	Evaluación sensorial intermedia del atributo textura para determinar la dosificación de la barra energética	69
Tabla 4.17	Análisis de varianza del atributo textura para determinar la dosificación de la barra energética	70
Tabla 4.18	Análisis estadístico de Duncan del atributo textura para determinar la dosificación de la barra energética	71
Tabla 4.19	Evaluación sensorial del atributo sabor para determinar la presentación de la barra energética	72

Tabla 4.20	Análisis de varianza del atributo sabor para determinar la presentación de la barra energética	73
Tabla 4.21	Evaluación sensorial del atributo aspecto para determinar la presentación de la barra energética.....	74
Tabla 4.22	Análisis de varianza del atributo aspecto para determinar la presentación de la barra energética.....	75
Tabla 4.23	Evaluación sensorial final de las propiedades organolépticas del producto terminado.....	76
Tabla 4.24	Análisis de varianza de la evaluación sensorial final para determinar las propiedades organolépticas del producto terminado	77
Tabla 4.25	Resultados del contenido de humedad en la etapa de horneado	78
Tabla 4.26	Variables del proceso de horneado de la “barras energética”	79
Tabla 4.27	Análisis de varianza en el proceso de horneado para el diseño 2 ²	79
Tabla 4.28	Composición fisicoquímica del producto final	80
Tabla 4.29	Características microbiológicas del producto final	81
Tabla 4.30	Composición nutricional de la esencia de vainilla	93

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 2.1	Amaranto (<i>Amaranthus</i> spp)..... 7
Figura 2.2	Cosecha, post-cosecha y transporte del cultivo de amaranto 9
Figura 2.3	Corte longitudinal del grano de amaranto 10
Figura 2.4	Semilla de Amaranto 11
Figura 2.5	Grano de arroz integral y pulido 20
Figura 2.6	Diagrama general de la elaboración de las barras energéticas..... 33
Figura 3.1	Balanza analítica 35
Figura 3.2	Cocina industrial 36
Figura 3.3	Horno semi-industrial 37
Figura 3.4	Amaranto insuflado 39
Figura 3.5	Arroz insuflado 39
Figura 3.6	Maní troceado 40
Figura 3.7	Almendra troceada 41
Figura 3.8	Glucosa líquida 42
Figura 3.9	Miel de abeja..... 42
Figura 3.10	Mantequilla con sal 43
Figura 3.11	Esencia de vainilla 43
Figura 3.12	Chocolate para fundir 44
Figura 3.13	Diagrama del proceso de elaboración de la barra energética de amaranto con cobertura de chocolate 45
Figura 4.1	Evaluación sensorial inicial para determinar el atributo sabor de las barras energéticas 57
Figura 4.2	Evaluación sensorial inicial para determinar el atributo textura de las barras energéticas 61
Figura 4.3	Evaluación sensorial inicial para determinar el atributo color de las barras energéticas 63

Figura 4.4	Evaluación sensorial inicial para determinar el atributo olor de las barras energéticas	65
Figura 4.5	Evaluación sensorial intermedia del atributo sabor para determinar la dosificación de la barra energética	68
Figura 4.6	Evaluación sensorial intermedia del atributo textura para determinar la dosificación de las barras energéticas	69
Figura 4.7	Evaluación sensorial del atributo sabor para determinar la presentación de las barras energéticas	73
Figura 4.8	Evaluación sensorial final del atributo aspecto para determinación del producto final	75
Figura 4.9	Promedio de las propiedades organolépticas del producto terminado	77
Figura 4.10	Contenido de humedad en la etapa de horneado	78
Figura 4.11	Balance de materia para el proceso de elaboración de barras energética de amaranto con cobertura de chocolate	82
Figura 4.12	Balance de materia en la etapa de mezclado de ingredientes líquidos.....	83
Figura 4.13	Balance de materia en la etapa de mezclado de ingredientes sólidos	84
Figura 4.14	Balance de materia en la etapa de preparación de la masa.....	85
Figura 4.15	Balance de materia en la etapa de horneado.....	86
Figura 4.16	Balance de materia en la etapa de recubrimiento.....	87
Figura 4.17	Resumen del balance de materia para el proceso de elaboración de barras energética de amaranto con cobertura de chocolate.....	89
Figura 4.18	Balance de energía tapa de mezclado de ingredientes líquidos	91
Figura 4.19	Balance de energía en la etapa de Horneado	94
Figura 4.20	Balance de energía en la etapa de recubrimiento.....	98