

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**ELABORACIÓN DE BARRAS ENERGÉTICAS
INCORPORANDO BAGAZO CERVECERO E INSUFLADO DE
QUINUA Y AMARANTO**

POR:

ELIZABETH ROMERO CORTEZ

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.

DICIEMBRE, 2022

TARIJA-BOLIVIA

Dedicatoria:

A mi abuela que ahora me guía desde el cielo Olga Ordoñez Tolaba y a mi hijo Marcelo E. Galian Romero por todo su amor.

Agradecimientos:

A Dios, por haberme brindado la fortaleza y sabiduría necesaria para culminar mi carrera.

A mi madre; Jacqueline Cortez Ordoñez por todo el apoyo brindado a lo largo de estos años de estudio y por haberme sostenido sin derrumbarse toda la vida.

A mi padre; Waldo Romero Martinez.

A mi abuela; Olga Ordoñez Tolaba por haber creído en mí desde el inicio de mi carrera y por haberme apoyado en la misma hasta el final de sus días.

A mi hijo; Marcelo E. Galean Romero por haberme sostenido con su amor todos estos años.

A mi docente guía; Ing. Erick Ramírez por toda la orientación y predisposición brindada para la realización de este trabajo.

A todo el plantel docente de la carrera de Ingeniería de Alimentos por todo el conocimiento transmitido en mi formación académica.

A mis amigos; Giliana, Romina, Rodrigo, Kevin y Lucas por su amistad y ayuda durante toda la carrera.

Pensamiento:

“La disciplina es una palabra maravillosa, porque implica mantener en el tiempo un ritmo de vida que nos ayuda a crecer, avanzar y cambiar”.

Manuel De La Rosa

ÍNDICE

Pág.

RESUMEN

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1.	Antecedentes	1
1.2.	Justificación	2
1.3.	Objetivos.....	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.	Situación problemática.....	5
1.7.	Formulación del problema.....	5
1.8.	Hipótesis	5

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1.	Origen de las barras energéticas	6
2.2.	Definición de barras energéticas.....	6
2.3.	Clasificación de las barras de cereales	6
2.4.	Composición química de las barras de cereales	7
2.4.1.	Hidratos de carbono.....	7
2.4.2.	Lípidos o grasas.....	8
2.4.3.	Proteínas	9
2.4.4.	Calorías	9
2.5.	Características microbiológicas de las barras energéticas	10
2.6.	Composición nutricional de las barras de cereales	10
2.7.	Aplicación de las barras energéticas	13
2.7.1.	Aplicaciones de las barras energéticas en la salud	13
2.8.	Materia prima para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero con insuflado de quinua y amaranto	14

2.8.1.	Bagazo de cerveza.....	14
2.8.1.1.	Composición química del bagazo de cerveza.....	15
2.8.1.2.	Aplicaciones del bagazo de cerveza.....	16
2.8.2.	Miel de abeja.....	17
2.8.2.1.	Características fisicoquímicas de la miel de abeja.....	18
2.8.2.2.	Características microbiológicas de la miel de abeja	18
2.8.2.3.	Aplicaciones de la miel de abeja en la salud	19
2.8.3.	Leche entera en polvo instantánea.....	20
2.8.3.1.	Características fisicoquímicas de la leche entera en polvo instantánea.....	20
2.8.3.2.	Características microbiológicas de la leche entera en polvo instantánea.....	20
2.8.3.3.	Aplicaciones de la leche entera en la salud	21
2.8.4.	Hojuela de avena	22
2.8.4.1.	Características fisicoquímicas de la hojuela de avena.....	22
2.8.4.2.	Características microbiológicas de la hojuela de avena.....	22
2.8.4.2.	Características microbiológicas de la hojuela de avena.....	22
2.8.4.3.	Aplicaciones de la hojuela de avena en la salud.....	23
2.9.	Caracterización de los insumos utilizados para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	24
2.9.1.	Jarabe de glucosa.....	24
2.9.2.	Aceite mezcla de soya y girasol.....	25
2.9.3.	Lecitina de soya	25
2.9.4.	Aroma líquido a leche condensada.....	26
2.9.5.	Chocolate de cobertura amargo	26
2.9.6.	Insuflados de quinua y amaranto.....	27
2.9.7.	Frutos secos.....	27
2.10.	Emulsión	28
2.10.1.	Emulsión seca	29
2.11.	Horneado de alimentos	29

CAPÍTULO III METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1.	Desarrollo del trabajo experimental	31
3.2.	Tipos de intervención para la parte experimental	31
3.3.	Tipo de investigación.....	32
3.4.	Paradigma de la investigación	32
3.4.1.	Paradigma positivista	33
3.5.	Enfoque de la investigación.....	33
3.6.	Métodos, técnicas e instrumentos	33
3.6.1.	Análisis fisicoquímicos, microbiológicos y micronutrientes del bagazo de cerveza	34
3.6.2.	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la miel de abeja	34
3.6.3.	Análisis microbiológico de la leche entera en polvo instantánea	35
3.6.4.	Análisis microbiológico de la hojuela de avena instantánea.....	36
3.6.5.	Análisis fisicoquímicos, microbiológicos y micronutrientes de las barras energéticas incorporando bagazo de cerveza	36
3.6.6.	Análisis físico de las barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto	37
3.7.	Equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios de cocina para la elaboración de barras energéticas.....	38
3.7.1.	Equipos	38
3.7.2.	Instrumentos de laboratorio	38
3.7.3.	Materiales de laboratorio	39
3.7.4.	Utensilios de cocina.....	39
3.7.5.	Insumos y aditivos alimentarios	40
3.8.	Diagrama de flujo para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo de cerveza e insuflado de quinua y amaranto	40
3.8.1.	Descripción del diagrama de flujo del proceso de elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	41
3.9.	Análisis sensorial.....	44
3.9.1.	Aplicación de la evaluación sensorial para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	45

3.10.	Diseño experimental.....	46
3.10.1.	Diseño factorial mixto de tres variables	47
3.10.1.1.	Diseño factorial mixto de tres variables en la etapa de dosificación para la elaboración de barras energéticas con bagazo cervecero.....	45
3.10.2.	Diseño factorial 2 ^k	49
3.10.2.1.	Diseño factorial en la etapa de horneado para la elaboración de barras energéticas.....	50
3.11.	Operacionalización de variables para la elaboración de barras energéticas con bagazo de cerveza	51

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Caracterización del bagazo cervecero.....	53
4.1.1.	Análisis fisicoquímico del bagazo de cerveza.....	53
4.1.2.	Análisis de micronutrientes del bagazo cervecero	53
4.1.3.	Análisis microbiológicos del bagazo cervecero.....	54
4.2.	Caracterización de la miel de abeja.....	54
4.2.1.	Análisis fisicoquímico de la miel de abeja.....	55
4.2.2.	Análisis microbiológico de la miel de abeja.....	55
4.3.	Caracterización de la leche entera en polvo instantánea.....	56
4.3.1.	Análisis microbiológico de la leche entera en polvo instantánea	56
4.4.	Caracterización de la hojuela de avena instantánea.....	56
4.4.1.	Análisis microbiológico de la hojuela de avena instantánea.....	56
4.5.	Caracterización de las variables del proceso para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	57
4.5.1.	Pruebas experimentales para la obtención de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto	57
4.5.1.1.	Elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto para las pruebas iniciales	58
4.5.1.2.	Elaboración de pruebas preliminares de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto	60

4.5.1.2.1. Estadístico de caja y bigote de pruebas preliminares de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	61
4.5.1.2.2. Estadístico de Tukey del atributo sabor de pruebas preliminares de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	62
4.5.2. Selección de la muestra ideal de barras energéticas incorporando bagazo de cerveza e insuflado de quinua y amaranto	63
4.5.2.1. Estadístico de caja y bigote en la variación de la dosificación para la selección de la muestra ideal.....	64
4.5.2.2. Estadístico de Tukey del atributo sabor para selección de muestra ideal de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto	65
4.5.2.3. Estadístico de Tukey del atributo textura para selección de muestra ideal de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto	65
4.5.2.4. Estadístico de Tukey del atributo presentación para selección de muestra ideal de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto	66
4.6. Diseño factorial AxByC en el proceso de dosificación de barras energéticas incorporando bagazo de cerveza e insuflado de quinua y amaranto.....	66
4.6.1. Diseño factorial de la variable respuesta (azúcares reductores) en la etapa de dosificación	67
4.6.2. Diseño factorial de la variable respuesta (fósforo) en la etapa de dosificación	70
4.7. Evaluación sensorial en el diseño experimental AxByC en la etapa de dosificación de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	74
4.7.1. Dosificación del nivel inferior para la elaboración de barras energéticas.....	75
4.7.1.1. Estadístico de caja y bigote para el nivel inferior de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	75
4.7.2. Dosificación del nivel intermedio para la elaboración de barras energéticas.....	76

4.7.2.1. Estadístico de caja y bigote para el nivel intermedio de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	77
4.7.2.2. Estadístico de Tukey del atributo sabor en el nivel intermedio del diseño factorial	78
4.7.2.3. Estadístico de Tukey del atributo textura en el nivel intermedio del diseño factorial.....	78
4.7.3. Dosificación del nivel superior para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	79
4.7.3.1. Estadístico de caja y bigote para el nivel superior de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	80
4.8. Selección de producto final de paletas de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto	80
4.8.1. Estadístico de caja y bigote para selección de muestras finales	81
4.8.2. Estadístico de caja y bigote para producto final.....	82
4.9. Diseño factorial 2 ² en la etapa de horneado de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto	82
4.10. Caracterización del producto final.....	86
4.10.1. Análisis fisicoquímico de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	86
4.10.2. Análisis de micronutrientes de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	86
4.10.3. Análisis microbiológico de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	87
4.11. Control de contenido de humedad en la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto durante el almacenamiento	87
4.11.1. Control de humedad en barras energéticas con incorporación de bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	88
4.12. Balance de materia en el proceso de elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	89
4.12.1. Balance de materia en la etapa de molienda	91

4.12.2.	Balance de materia en la etapa de dosificación.....	92
4.12.3.	Balance de materia en la etapa de concentración de jarabe de cobertura	94
4.12.4.	Balance de materia en la etapa de mezclado	96
4.12.5.	Balance de materia en la etapa de moldeado.....	97
4.12.6.	Balance de materia en la etapa de horneado	99
4.12.7.	Balance de materia en la etapa de enfriamiento y cortado	100
4.12.8.	Balance de materia en la etapa de cobertura de chocolate	101
4.12.9.	Resumen general del balance de materia para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	102
4.12.10.	Rendimiento del proceso de elaboración de barras energéticas	103
4.13.	Balance de energía para el proceso de elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	104
4.13.1.	Balance de energía para el proceso de horneado de barras energéticas.....	105
4.13.1.1.	Balance de energía para calentar el horno.....	105
4.13.1.2.	Balance de energía para calentar el molde de barras energéticas	107
4.13.1.3.	Balance de energía para calentar la bandeja del horno	107
4.13.1.4.	Balance de energía para hornear la mezcla de barras energética	108
4.13.1.5.	Balance de energía para evaporar el agua de la mezcla.....	109
4.13.2.	Balance de energía para determinar la cantidad de calor necesaria para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto	111

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones.....	112
5.2.	Recomendaciones.....	114
	Bibliografía.....	116

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Requisitos fisicoquímicos para barras energéticas	10
Tabla 2.2 Requisitos microbiológicos para barras energéticas de amaranto	10
Tabla 2.3 Composición nutricional de barras de cereales disponibles en el mercado de la Ciudad de Tarija	12
Tabla 2.4 Características fisicoquímicas de la miel de abeja.....	18
Tabla 2.5 Requisitos microbiológicos de la miel de abeja.....	19
Tabla 2.6 Requisitos fisicoquímicos de la leche entera en polvo instantánea	20
Tabla 2.7 Requisitos microbiológicos de la leche entera en polvo instantánea	21
Tabla 2.8 Requisitos fisicoquímicos de la hojuela de avena	22
Tabla 2.9 Requisitos microbiológicos de la hojuela de avena.....	23
Tabla 2.10 Ejemplos de fase dispersa y continua en alimentos.....	29
Tabla 3.1 Niveles de variación de los factores en la etapa de dosificación..	48
Tabla 3.2 Matriz de diseño mixto en la etapa de dosificación	48
Tabla 3.3 Matriz de variables para el diseño factorial 2k en el proceso de horneado	50
Tabla 3.4 Niveles de variación de factores en la etapa de horneado.....	51
Tabla 4.1 Parámetros fisicoquímicos del bagazo de cerveza	53
Tabla 4.2 Análisis de micronutrientes del bagazo cervecero	54
Tabla 4.3 Parámetros microbiológicos del bagazo cervecero.....	54
Tabla 4.4 Parámetros fisicoquímicos de la miel de abeja	55
Tabla 4.5 Parámetros fisicoquímicos de la miel de abeja	55
Tabla 4.6 Parámetros microbiológicos de la leche entera en polvo instantánea	56
Tabla 4.7 Parámetros microbiológicos de la hojuela de avena instantánea .	57
Tabla 4.8 Estadístico de Tukey del atributo sabor para la selección de pruebas preliminares	63
Tabla 4.9 Estadístico de Tukey del atributo sabor para la selección de muestra ideal	65
Tabla 4.10 Estadístico de Tukey del atributo textura para la selección de muestra ideal	66
Tabla 4.11 Estadístico de Tukey del atributo presentación para la selección de muestra ideal.....	66

Tabla 4.12 Análisis de varianza de la variable respuesta azúcares reductores en la etapa de dosificación para la elaboración de barras energéticas	67
Tabla 4.13 Análisis de varianza de la variable respuesta contenido de fósforo en la etapa de dosificación para la elaboración de barras energéticas	71
Tabla 4.14 Estadístico de Tukey del atributo sabor en el nivel intermedio	78
Tabla 4.15 Estadístico de Tukey del atributo textura en el nivel intermedio .	79
Tabla 4.16 Análisis de varianza para la variable respuesta contenido de humedad.....	83
Tabla 4.17 Análisis fisicoquímicos de barras energéticas.....	86
Tabla 4.18 Análisis de micronutrientes de barras energéticas	86
Tabla 4.19 Análisis microbiológicos de barras energética	87
Tabla 4.20 Control de humedad en almacenamiento	88
Tabla 4.21 Calores específicos de componentes alimentarios	108

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Operacionalización de la variable dependiente e independiente para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo de cerveza e insuflado de quinua y amaranto.....	52
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Clasificación de barras de cereales en función del macronutriente principal que las integre.....	7
Figura 2.2 Bagazo cervecero.....	14
Figura 2.3 Composición química del BSG	16
Figura 2.4 Aplicaciones del bagazo de cerveza.....	17
Figura 2.5 Jarabe de glucosa	24
Figura 2.6 Aceite de soya y girasol.....	25
Figura 2.7 Lecitina de soya	26
Figura 3.1 Análisis fisicoquímicos, micronutrientes y microbiológicos del bagazo de cerveza.....	34
Figura 3.2 Análisis fisicoquímico y microbiológico de la miel de abeja	35
Figura 3.3 Análisis microbiológico de la leche entera en polvo instantánea	35

Figura 3.4 Análisis microbiológico de la hojuela de avena instantánea.....	36
Figura 3.5 Análisis fisicoquímicos, micronutrientes y microbiológicos de la barra energética.....	37
Figura 3.6 Análisis físico de la barra energética con bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto	37
Figura 3.7 Equipos empleados en el trabajo de investigación	38
Figura 3.8 Instrumentos de laboratorio empleados en el trabajo de investigación	39
Figura 3.9 Insumos y aditivos para la elaboración de barras energéticas ...	40
Figura 3.10 Diagrama de flujo para la elaboración de barras energéticas ...	41
Figura 3.11 Molienda	41
Figura 3.12 Dosificación.....	42
Figura 3.13 Jarabe de cobertura.....	42
Figura 3.14 Mezclado.....	42
Figura 3.15 Moldeado	43
Figura 3.16 Horneado	43
Figura 3.17 Cortado	43
Figura 3.18 Cobertura	44
Figura 3.19 Envasado	44
Figura 3.20 Evaluaciones sensoriales para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto	46
Figura 3.21 Algoritmo para el diseño factorial de tres variables en la etapa de dosificación	49
Figura 4.1 Desarrollo de las pruebas experimentales para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto	58
Figura 4.2 Formulación para pruebas iniciales de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	59
Figura 4.3 Valoración subjetiva para barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto	60
Figura 4.4 Formulación para pruebas preliminares de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto.....	61

Figura 4.5 Caja y bigote de las pruebas preliminares para la elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto	62
Figura 4.6 Dosificación para selección de muestra ideal de barras energéticas	64
Figura 4.7 Caja y bigote en la variación de la dosificación de muestra ideal	64
Figura 4.11 Efectos principales para variable contenido de fósforo	72
Figura 4.12 Interacción para variable contenido de fósforo	73
Figura 4.13 Dosificación para selección de muestra ideal de barras energéticas	74
Figura 4.14 Dosificación para el nivel inferior	75
Figura 4.15 Caja y bigote para el nivel inferior	76
Figura 4.16 Dosificación para el nivel intermedio	77
Figura 4.17 Caja y bigote para el nivel intermedio	77
Figura 4.18 Dosificación para el nivel superior	79
Figura 4.19 Caja y bigote para el nivel superior	80
Figura 4.20 Caja y bigote para selección de muestras finales	81
Figura 4.21 Caja y bigote para producto final	82
Figura 4.22 Efectos principales para el contenido de humedad en el horneado	84
Figura 4.23 Interacción para variable contenido de humedad	84
Figura 4.24 Diagrama de Pareto estandarizado para variable contenido de humedad	85
Figura 4.25 Control de contenido de humedad en barras energéticas	89
Figura 4.26 Balance de materia en el proceso de elaboración de barras energéticas incorporando bagazo cervecero e insuflado de quinua y amaranto	90
Figura 4.27 Etapa de molienda	92
Figura 4.28 Etapa de dosificación	93
Figura 4.29 Etapa de concentración de jarabe	94
Figura 4.30 Etapa de mezclado	96
Figura 4.31 Etapa de mezclado	98
Figura 4.32 Etapa de horneado	99
Figura 4.33 Etapa de enfriamiento y cortado	101

Figura 4.34 Etapa de cobertura 102

Figura 4.35 Resumen general de balance 103