

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

**DEPARTAMENTO DE BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIA DE LOS
ALIMENTOS**



Trabajo final de grado

**ELABORACIÓN DE SUCEDÁNEO DE CAFÉ A
PARTIR DE ALGARROBA**

Por:

GIOVANA RENGIFO VASQUEZ

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

**Abril - 2017
TARIJA-BOLIVIA**

DEDICATORIA

A Dios quien supo guiarme por el buen camino, por darme fuerzas para seguir adelante.

A mis padres Virgilio y Benigna, pilares fundamentales en mi vida, en reconocimiento a todo el sacrificio puesto en mi formación.

A mis hermanas, hermano y primas por ser mi apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a aquellas personas que compartieron sus conocimientos conmigo.

Agradezco al Ing. Johnny Mercado por su tiempo conocimiento impartido y su apoyo incondicional.

Al Ing. Erick Ramírez por su dedicado e incondicional apoyo durante la realización del trabajo.

Al Ing. Weimar Torrejón, Ing. Beatriz Sossa Luis F. Zenteno y Jesús Zamora por todos los consejos y apoyo brindado en todo momento.

Las personas no son recordadas por el número de veces que fracasan, sino por el número de veces que tienen éxito.

Thomas Alva Edison

ÍNDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes	2
1.2. Justificación.....	3
1.3. Planteamiento del problema	4
1.4. Formulación del problema	4
1.5. Objetivo general	5
1.6. Objetivos específicos	5
1.7. Hipótesis	5

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Características de la materia prima	7
2.1.1. Descripción general del algarrobo.....	7
2.1.2. Especies Prosopis	9
2.1.3. Ubicación taxonómica	14
2.1.4. Morfología de Prosopis Pallida.....	15
2.1.5. Hábitat	19
2.2. La algarroba	19
2.2.1. Producción y cosecha	20
2.2.2. Composición de algarroba	21
2.2.2.1. Endocarpio.....	24
2.2.2.2. Semillas	25
2.2.3. Tipos de algarroba	26

2.2.4. Propiedades de la algarroba	27
2.2.5. Beneficios de la algarroba	28
2.3. Café clásico	28
2.3.1. Generalidades	28
2.3.1.1. Cafeína	30
2.3.2. El fruto del café	32
2.3.3. Proceso de obtención de café torrefactado	32
2.3.3.1. Operaciones preliminares a la torrefacción del café	32
2.3.3.2. Torrefacción del café	33
2.3.4. Medición del color de café	35
2.3.4.1. Importancia de la medición del color del café	36
2.4. Sucedáneo de café de algarroba	36
2.4.1. Antecedentes	36
2.4.2. Sabor	37
2.4.3. Valor nutricional y beneficios	38
2.5. Metodología de la obtención del producto	38
2.5.1. Alternativa del proceso de producción	38
2.5.1.1. Recolección	39
2.5.1.2. Selección	40
2.5.1.3. Limpieza y oreo.....	40
2.5.1.4. Tostado.....	40
2.5.1.5. Molienda	40
2.5.1.6. Tamizado	40
2.5.1.7. Envasado.....	41
2.6. Operaciones unitarias efectuadas en el proceso	41
2.6.1. Tostación	41
2.6.1.1. Control de la tostación	43
2.6.1.2. Tipos de tostadores	43
2.6.1.2.1. Tostadores a fuego directo	43
2.6.1.6.2. Tostadores a fuego calorífico	43

2.6.1.3. Reacciones químicas durante el tueste	44
2.6.1.3.1. Reacciones de Maillard	44
2.6.2. Molienda	45
2.6.2.1. Maquinaria utilizada en la reducción de tamaño	46
2.6.2.1.1. Molino de martillo	47
2.6.2.1.2. Molino de bolas	47
2.6.2.1.3. Molino de discos de frotamiento	47
2.6.2.1.3.1. Molino de doble disco	48
2.6.3. Tamizado	49
2.6.3.1. Tipos de tamices	49
2.6.3.1.1. Tamices vibratorios	50
2.6.3.1.2. Tamices de tambor	50
2.6.3.1.3. Tamices de barras	50
2.6.3.2. Serie de tamices Tyler	50
2.7. Principios de diseño experimental	51
2.7.1. Antecedentes	51
2.7.2. Principios básicos	51
2.7.2.1. Tipos de diseño	51
2.7.2.1.1. Diseño del tratamiento	52
2.7.2.1.2. Diseño de análisis	52
2.7.2.1.3. Diseño experimental	52

CAPÍTULO III

DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1. Desarrollo del diseño experimental	56
3.2. Equipos y material de laboratorio	56

3.2.1. Equipos e instrumentos de proceso	56
3.2.1.1. Balanza analítica	56
3.2.1.2. Olla de acero inoxidable	57
3.2.1.3. Molino de discos	57
3.2.1.4. Tamiz vibratorio	58
3.2.1.5. Selladora eléctrica	59
3.12.2. Material de laboratorio	60
3.2.3. Instrumentos de laboratorio	61
3.3. Materia prima	62
3.4. Diagrama de proceso de elaboración de café de algarroba	62
3.4.1. Descripción del proceso	64
3.4.1.1. Recepción de la materia prima	64
3.4.1.2. Selección	64
3.4.1.3. Pesado	64
3.4.1.4. Limpieza seca	64
3.4.1.5. Troceado	64
3.4.1.6. Tostado	65
3.4.1.7. Molienda	65
3.4.1.8. Tamizado	65
3.4.1.9. Envasado y etiquetado	66
3.5. Caracterización de la materia prima	66
3.5.1. Análisis fisicoquímico de la materia prima	66
3.5.2. Análisis microbiológico de la materia prima	67
3.5.3. Análisis organoléptico	67
3.5.3.1. Evaluación sensorial para el atributo color	67
3.5.3.2. Evaluación sensorial para el atributo aroma	67
3.6. Caracterización de las variables del proceso	67
3.6.1. Diseño experimental	68
3.6.2. Diseño experimental en la etapa de tostado	68
3.7. Caracterización del producto final	70

3.7.1. Análisis fisicoquímico del producto final	70
3.7.2. Análisis microbiológico del producto final	71

CAPITULO IV

DISEÑO EXPERIMENTAL

4.1. Características de la materia prima	73
4.1.1. Propiedades de la algarroba	73
4.1.2. Análisis fisicoquímico de la algarroba	74
4.1.3. Análisis microbiológico de la algarroba	75
4.2. Análisis estadístico del diseño experimental	75
4.2.1. Diseño experimental en la operación de tostado	76
4.3. Caracterización del producto	78
4.3.1. Evaluación sensorial para el atributo color	78
4.3.1.1. Análisis estadístico del café de algarroba para el atributo color	80
4.3.1.2. Prueba de Duncan para el atributo color en los tratamientos de sucedáneo de café de algarroba	81
4.3.2. Evaluación sensorial para el atributo olor	83
4.3.2.1. Análisis estadístico para el atributo olor	84
4.4. Análisis fisicoquímico y microbiológico del producto final	85
4.4.1. Análisis fisicoquímico del café de algarroba	85
4.4.2. Análisis microbiológico del café de algarroba	86
4.5. Balance de materia y energía	87
4.5.1. Balance de materia	87
4.5.1.1. Balance de materia para la limpieza de la vaina de algarrobo	89

4.5.1.2. Balance de materia para el troceado de la vaina de algarrobo	90
4.5.1.3. Balance de materia para el tostado de los trozos de algarroba.....	91
4.5.1.4. Balance de materia para la molienda de los trozos tostados de algarroba	92
4.5.1.5. Balance de materia para el tamizado	92
4.5.1.6. Balance de materia para la molienda 1	94
4.5.1.7. Balance de materia para el tamizado 1	94
4.5.1.8. Balance de materia para el envasado del café de algarroba.....	95
4.5.2. Resumen general del balance de materia	96
4.5.3. Rendimiento en el proceso de elaboración de sucedáneo de café a partir de algarroba	98
4.5.4. Balance de energía del proceso de elaboración de café de algarroba	98

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Conclusiones	102
5.2. Recomendaciones	104
Bibliografía	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Taxonomía del algarrobo	15
Tabla 2.2. Producción según tamaño de árbol	20
Tabla 2.3. Composición de la pulpa de Prosopis Pallida	22
Tabla 2.4. Composición del endocarpio de Prosopis Pallida	25
Tabla 2.5. Composición de aminoácidos en el cotiledón de P. Pallida.....	26
Tabla 2.6. Principales productores de café en el mundo	30
Tabla 3.1. Material de laboratorio utilizado en el proceso de elaboración de café de algarroba	61
Tabla 3.2. Materia prima utilizada en el proceso de elaboración de café de algarroba	62
Tabla 3.3. Análisis fisicoquímicos de la vaina de algarrobo	66
Tabla 3.4. Análisis microbiológicos de la vaina de algarrobo	67
Tabla 3.5. Factores independientes en la operación de tostado	69
Tabla 3.6. Niveles de variación de las variables en la operación del tostado	69
Tabla 3.7. Matriz experimental para elaboración de café de algarroba.....	69
Tabla 3.8. Análisis fisicoquímicos del café de algarroba (CEANID)	70
Tabla 3.9. Análisis fisicoquímicos del café de algarroba (IIQ)	71
Tabla 3.10. Análisis microbiológicos del café de algarroba	71
Tabla 4.1. Propiedades físicas de la vaina de algarroba.....	73
Tabla 4.2. Análisis fisicoquímicos de la vaina de algarrobo	74
Tabla 4.3. Análisis microbiológicos de la algarroba.....	75
Tabla 4.4. Diseño experimental de la operación de tostado	77
Tabla 4.5. Análisis de varianza para la operación de tostado	77

Tabla 4.6. Evaluación sensorial del atributo color del café de algarroba.....	79
Tabla 4.7. Análisis de varianza de las muestras de café de algarroba.....	80
Tabla 4.8. Análisis estadístico de la prueba de Duncan para el café de algarroba	82
Tabla 4.9. Evaluación sensorial del atributo aroma para el sucedáneo de café de algarroba	83
Tabla 4.10. Análisis de varianza de las muestras de café de algarroba	85
Tabla 4.11. Análisis fisicoquímicos del café de algarroba	85
Tabla 4.12. Análisis fisicoquímicos de la vaina de algarrobo	86
Tabla 4.13. Análisis microbiológicos del café de algarroba	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Mapa geográfico de Bolivia.....	8
Figura 2.2. Planta Prosopis Pallida	9
Figura 2.3. Panta Prosopis pugionata Burk	10
Figura 2.4. Arbustos con frutos de Prosopis reptans.....	11
Figura 2.5. Rama y fruto de P. reptans herborizado.....	11
Figura 2.6. Prosopis ruscifolia	14
Figura 2.7. Planta, Prosopis Pallida	16
Figura 2.8. Hojas de algarrobo P. Pallida.....	16
Figura 2.9. Inflorescencia de algarrobo P. Pallida.....	17
Figura 2.10. Flores de algarrobo p. Pallida	17
Figura 2.11. Fruto de algarrobo p. Pallida	18
Figura 2.12. Bosque de P. Pallida.....	19
Figura 2.13. Algarroba Prosopis Pallida.....	20
Figura 2.14. Algarroba madura de P. Pallida	24
Figura 2.15. Algarroba blanca (izq.) Algarroba negra (der)	27
Figura 2.16. Café clásico	28
Figura 2.17. Trópicos de cáncer y capricornio	29
Figura 2.18. Estructura química de la cafeína	31
Figura 2.19. Discos de color para la escala Agtron	35
Figura 2.20. Elaboración de café de algarroba	39
Figura 2.21. Tostación de café	42
Figura 2.22. Molino de discos	48
Figura 2.23. Tamiz Tyler	51
Figura 2.24. Modelo general de un proceso o sistema	53
Figura 3.1. Balanza analítica	56
Figura 3.2. Olla de acero inoxidable	57
Figura 3.3. Molino de discos	58

Figura 3.4. Tamiz vibratorio	59
Figura 3.5. Selladora eléctrica	60
Figura 3.6. Termómetro infrarrojo	61
Figura 3.7. Elaboración de café de algarroba	63
Figura 4.1. Balance de materia en el proceso de elaboración de café de algarroba	88
Figura 4.2. Limpieza seca de la vaina de algarrobo	90
Figura 4.3. Troceado de la vaina de algarrobo	90
Figura 4.4. Tostado de los trozos de algarroba	91
Figura 4.5. Molienda de los trozos tostados de algarroba	92
Figura 4.6. Tamizado de las partículas de algarroba	93
Figura 4.7. Molienda de las partículas gruesas de algarroba	94
Figura 4.8. Tamizado de las partículas de algarroba	95
Figura 4.9. Envasado del café de algarroba	95
Figura 4.10. Resumen del balance de materia y rendimiento	97
Figura 4.11. Balance de energía en la operación de tostado	98

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1. Resultado promedio de evaluación sensorial del atributo color	80
Gráfico 4.2. Resultado promedio de evaluación sensorial del atributo aroma	84

