

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EXTRACCIÓN DE ACEITE VIRGEN DE SEMILLAS DE
ZAPALLO CRIOLLO (*Cucúrbita máxima L.*) MEDIANTE
PRENSADO EN FRÍO**

GABRIELA ROSMERY VALDEZ GUERRERO

**Modalidad de Graduación: Proyecto de Grado Investigación Aplicada
presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN
MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de
Licenciatura en Ingeniería Química.**

Octubre de 2023

TARIJA-BOLIVIA

V°B°

M.Sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez

DECANO

Facultad de Ciencias y Tecnología

M.Sc. Lic. Clovis Gustavo Succi Aguirre

VICEDECANO

Facultad de Ciencias y Tecnología

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

Ing. Adalid Aceituno Cáceres

Ing. Juan Pablo Herbas

Ing. Natalia Ortega Barriga

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

Dedicatoria

Dedicado con mucho cariño a mis padres y hermanas, por motivarme, por el apoyo incondicional y el gran amor brindado en toda esta etapa.

Agradecimiento

A Dios por acompañarme en cada paso, a mis padres, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me apoyaron en esta etapa, gracias por los valores y principios inculcados.

A mis hermanas por su apoyo, cariño y consejos brindados.

Agradezco a los docentes de la carrera de Ing. Química, por brindarme sus conocimientos durante toda la carrera universitaria.

“Seguir cuando crees que no puedes más es lo que te hace diferente a los demás”

Sylvester Stallone

ÍNDICE

	Página
Antecedentes.....	1
Objetivos.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
Justificación.....	4
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	
1.1 Zapallo.....	7
1.1.1 Origen del zapallo.....	7
1.1.2 Variedades del zapallo.....	7
1.1.3 Descripción de la taxonomía del zapallo.....	8
1.1.4 Descripción botánica del zapallo.....	9
1.2 Lípidos.....	13
1.2.1 Ácidos grasos.....	14
1.2.2 Aceite vegetal.....	14
1.3 Aceite de semilla de zapallo.....	17
1.4 Aplicaciones del aceite de semillas de zapallo.....	18
1.5 Producción de aceite de semillas de zapallo.....	19
1.6 Normas.....	20
1.7 Métodos tradicionales de extracción de aceite de semillas de zapallo.....	20
1.7.1 Proceso de extracción mediante prensado.....	20
1.7.2 Proceso de extracción mediante solvente.....	24

CAPÍTULO II PARTE EXPERIMENTAL

2.1	El desarrollo de la parte experimental.....	27
2.2	Descripción y análisis de la materia prima.....	27
2.2.1	Ubicación geográfica de la materia prima.....	27
2.2.2	Características de la materia prima.....	28
2.3	Selección del método de extracción.....	31
2.4	Diseño experimental.....	36
2.4.1	Selección de las variables del diseño factorial.....	37
2.5	Equipos y materiales requeridos para el desarrollo del proyecto.....	40
2.6	Etapas del proceso de extracción experimental de aceite virgen de semillas de zapallo criollo (Cucúrbita máxima L.).....	41
2.7	Descripción del diagrama de proceso de extracción de aceite virgen de semillas de zapallo.....	43
2.7.1	Recepción y selección de semillas del zapallo.....	43
2.7.2	Lavado.....	43
2.7.3	Secado.....	44
2.7.4	Humedad de la semilla de zapallo.....	46
2.7.5	Descascarillado.....	47
2.7.6	Humedad de semilla de zapallo descascarrillada.....	47
2.7.7	Pesado de almendra de zapallo.....	48
2.7.8	Prensado hidráulico.....	49
2.7.9	Filtrado.....	50
2.7.10	Producto final y almacenamiento.....	51
2.7.11	Control de Calidad.....	52

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1	Caracterización de semillas de zapallo (<i>Cucúrbita máxima L.</i>).....	53
3.1.1	Propiedades físicas de las semillas de zapallo.....	53
3.1.2	Análisis fisicoquímico de semillas de zapallo.....	54
3.2	Secado de semillas de zapallo.....	55
3.2.1	Curvas de secado de semillas de zapallo.....	57
3.3	Descascarillado de semillas de zapallo.....	59
3.4	Determinación del rendimiento del aceite extraído.....	60
3.5	Balance de materia.....	66
3.5.1	Lavado.....	67
3.5.2	Secado.....	69
3.5.3	Descascarillado.....	71
3.5.4	Prensado.....	72
3.5.5	Filtrado.....	73
3.6	Balance de energía.....	76
3.7	Análisis estadístico del diseño experimental.....	83
3.7.1	Caracterización fisicoquímica del aceite de semillas de zapallo.....	88
3.8	Determinación de costos de producción.....	93
4.1	Conclusiones.....	96
4.2	Recomendaciones.....	97
	BIBLIOGRAFÍA.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Producción de zapallo en Bolivia por departamento	2
Tabla 2 Producción de zapallo en el departamento de Tarija, por municipios	3
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	
Tabla I- 1 Taxonomía del zapallo (Cucúrbita máxima L.)	8
Tabla I- 2 Composición de semillas de Cucúrbita máxima	12
Tabla I- 3 Principales ácidos grasos del aceite de semillas de zapallo	17
Tabla I- 4 Características fisicoquímicas del aceite de semillas de zapallo.....	18
Tabla I- 5 Aplicaciones del aceite de semillas zapallo	18
Tabla I- 6 Límites permisibles para aceite virgen.....	20
CAPÍTULO II PARTE EXPERIMENTAL	
Tabla II- 1 Peso de zapallo (Cucúrbita máxima L.).....	29
Tabla II- 2 Análisis fisicoquímico de la almendra de zapallo (Cucúrbita máxima L.)	31
Tabla II- 3 Selección del método en la extracción de aceite de semillas de zapallo...	33
Tabla II- 4 Escala de calificación.....	34
Tabla II- 5 Matriz de decisión del método de extracción de aceite de semillas de zapallo	34
Tabla II- 6 Selección de un prensado en frío o caliente.....	35
Tabla II- 7 Escala de calificación.....	36
Tabla II- 8 Matriz de selección de un prensado en frío o caliente	36
Tabla II- 9 Nivel y variables del diseño factorial del experimento.....	38
Tabla II- 10 Nivel y variables de estudio	40
Tabla II- 11 Diseño factorial del proceso de extracción	40

Tabla II- 12 Equipos y materiales requeridos para la extracción del aceite virgen de semillas de zapallo criollo	41
--	----

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla III- 1 Propiedades físicas de semillas de zapallo (Cucúrbita máxima L.).....	53
Tabla III- 2 Propiedades físicas de la almendra del zapallo (Cucúrbita máxima L.)..	54
Tabla III- 3 Comparación del análisis fisicoquímico de almendra de zapallo	55
Tabla III- 4 Determinación de humedad inicial y final de semillas de zapallo.....	56
Tabla III- 5 Variación de masa en función del tiempo.....	57
Tabla III- 6 Variación de masa en función del tiempo.....	58
Tabla III- 7 Determinación del % de almendra de semillas de zapallo	60
Tabla III- 8 Determinación del rendimiento de extracción de aceite	61
Tabla III- 9 Humedad y materia grasa de semillas de zapallo, para dos niveles de madurez	62
Tabla III- 10 Determinación del contenido de aceite total de semillas de zapallo	64
Tabla III- 11 Aceite total de almendra en base seca	65
Tabla III- 12 Rendimiento del total de aceite de almendra de zapallo.....	66
Tabla III- 13 Nomenclatura de los flujos másicos del balance de materia	67
Tabla III- 14 Composición fisicoquímica de semillas de zapallo	78
Tabla III- 15 Datos para el cálculo del análisis estadístico	83
Tabla III- 16 Análisis de varianza (ANOVA).....	84
Tabla III- 17 Variables entradas/eliminadas	85
Tabla III- 18 Resumen del modelo.....	85
Tabla III- 19 Análisis de Varianza	85
Tabla III- 20 Coeficientes de la ecuación del modelo matemático	86

Tabla III- 21 Errores entre valores observados y ajustados del modelo	87
Tabla III- 22 Comparación del análisis fisicoquímico del aceite virgen de semillas de zapallo	89
Tabla III- 23 Comparación del análisis fisicoquímico del aceite obtenido con datos bibliográficos.....	90
Tabla III- 24 Comparación de análisis fisicoquímico del aceite obtenido con datos de aceite virgen	91
Tabla III- 25 Análisis cromatográfico del perfil de ácidos grasos del aceite virgen de semillas de zapallo	92
Tabla III- 26 Costos de materia prima	93
Tabla III- 27 Costos del análisis fisicoquímico de la materia prima, semillas de zapallo	93
Tabla III- 28 Costos del análisis fisicoquímico y perfil de ácidos grasos del producto, aceite virgen de semillas de zapallo	94
Tabla III- 29 Costos de energía eléctrica	94
Tabla III- 30 Costos de material de trabajo.....	95
Tabla III- 31 Detalle de costos totales.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I MARCO TEÓRICO

Figura I- 1 Variabilidad de la especie de zapallo (Cucúrbita máxima).....	8
Figura I- 2 Hojas y tallos de la planta del zapallo.....	9
Figura I- 3 Flor femenina de la planta del zapallo	10
Figura I- 4 Flor masculina, de la planta del zapallo	10
Figura I- 5 Partes de un zapallo.....	11
Figura I- 6 Estructura de la semilla de zapallo.....	12

Figura I- 7 Estructura de la composición de un triglicérido.....	13
Figura I- 8 Estructura de ácidos grasos	14
Figura I- 9 Esquema del proceso de extracción de aceite por prensado	22
Figura I- 10 Prensa hidráulica	23
Figura I- 11 Prensa expeller	24
Figura I- 12 Extractor Soxhlet.....	26
CAPÍTULO II PARTE EXPERIMENTAL	
Figura II- 1 Ubicación del cultivo de zapallo, en la Provincia Méndez-Tarija.....	27
Figura II- 2 Ubicación más precisa del cultivo de zapallo, Comunidad Santa Bárbara- Provincia Méndez.....	28
Figura II- 3 Zapallo producido en la comunidad de Santa Bárbara	29
Figura II- 4 Semilla de zapallo (Cucúrbita máxima L.)	30
Figura II- 5 Almendra de zapallo (Cucúrbita máxima L.)	30
Figura II- 6 Diagrama para el proceso de extracción de aceite virgen de semillas de zapallo	42
Figura II- 7 Extracción de semillas de zapallo criollo	43
Figura II- 8 Remoción de la placenta adherida a la semilla de zapallo.....	44
Figura II- 9 Secado de semillas de zapallo.....	45
Figura II- 10 Semilla seca de zapallo.....	45
Figura II- 11 Control de humedad de semillas de zapallo, aprox. 4 %	46
Figura II- 12 Control de humedad de semillas de zapallo, aprox. 8 %	46
Figura II- 13 Descascarillado de la semilla de zapallo	47
Figura II- 14 Control de humedad de la almendra, humedad aprox. del 6%	48
Figura II- 15 Control de humedad de la almendra, humedad aprox. de 3%	48

Figura II- 16 Pesaje de la almendra de zapallo	49
Figura II- 17 Prensado de la almendra de zapallo para la obtención de aceite	50
Figura II- 18 Filtración al vacío del aceite extraído.....	51
Figura II- 19 Envasado del aceite extraído	51
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
Figura III- 1 Curva de variación de masa en función al tiempo.....	58
Figura III- 2 Curva de variación de masa en función del tiempo.....	59
Figura III- 3 Contenido de humedad en relación al contenido de aceite, en semillas de zapallo	63
Figura III- 4 Balance de materia en la etapa de lavado.....	68
Figura III- 5 Balance de materia en la etapa de secado.....	69
Figura III- 6 Balance de materia en la etapa de descascarillado	71
Figura III- 7 Balance de materia en la etapa de prensado	72
Figura III- 8 Balance de materia en la etapa de filtrado.....	73
Figura III-9 Diagrama de balance de materia del proceso de extracción de aceite virgen de semillas de zapallo.....	75
Figura III- 10 Comparación de rendimiento experimental vs modelo matemático	88