

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE
CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis* (L.) Osb.) CULTIVADA
EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA APLICANDO
HIDRODESTILACIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS**

Por:

GLADYS VANESA SUBIA LOPEZ

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

Julio de 2024

TARIJA-BOLIVIA

Dedicatoria

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo.

Abreviaturas y simbología

kg	Kilogramo
g	Gramos
cm	Centímetro
°C	Grados centígrados
L	Litro
ml	Mililitros
cm ³	Centímetros cúbicos
ft ³	Pies cúbicos
min	Minutos
h	Hora
s	Segundos
rpm	Revoluciones por minuto
°	Grados
Bs	Bolivianos
T	Temperatura
V	Volumen
m	Masa
ρ	Densidad
R	Rendimiento
% H	Porcentaje de humedad
MHz	Megahercio

GHz	Gigahercio
kW-h	Kilowatt hora
W	Watt
eV	Electrovoltio
J	Joule
kJ	Kilojoule
Q	Caudal de agua
λ vaporización	Calor latente de vaporización
Cp	Calor específico
CEANID	Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo, perteneciente a la Facultad de “Ciencias y Tecnología” dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” Tarija-Bolivia

ÍNDICE

Advertencia	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Resumen.....	iv

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES.....	1
OBJETIVOS	4
Objetivo general.....	4
Objetivos Específicos.....	4
JUSTIFICACIÓN	5
Justificación Económica	5
Justificación Tecnológica.....	5
Justificación Social	5
Justificación Ambiental.....	5

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1	Origen de la Naranja	6
1.2	Descripción Botánica de la Planta	6
1.2.1	Hojas y Flores	7
1.3	Descripción del Fruto.....	9
1.3.1	Taxonomía	15
1.3.2	Variedades de Naranja	16

1.3.3	Valor Nutricional de la Naranja.....	25
1.4	Características Fisicoquímicas de la Naranja	27
1.5	Producción de la Naranja.....	28
1.5.1	Producción Mundial de Naranja	28
1.5.2	Producción de naranjas en Bolivia.....	29
1.5.3	Producción de naranja en el departamento de Tarija.....	31
1.6	Aceites Esenciales.....	32
1.6.1	Características de los Aceites Esenciales.....	34
1.6.1.1	Características físicas.....	34
1.6.1.2	Características químicas	34
1.6.2	Clasificación de los Aceites Esenciales	35
1.6.3	Síntesis de Aceites Esenciales Terpenoides y Arilpropanoides.....	38
1.6.3.1	Terpenoides.....	38
1.6.3.2	Arilpropanoides	39
1.7	Aceite Esencial de Naranja	40
1.7.1	Composición del aceite esencial de naranja	44
1.7.2	Terpenos.....	48
1.7.3	Alcoholes	51
1.7.4	Aldehídos y Cetonas	51
1.7.5	Ésteres.....	52
1.8	Métodos de Extracción de Aceite Esencial.....	53
1.8.1	Destilación	53
1.8.1.1	Hidrodestilación o Destilación con Agua	53

1.8.1.2	Hidrodestilación asistida por radiación con microondas	54
1.8.1.3	Extracción con agua y vapor.....	55
1.8.1.4	Extracción por arrastre de vapor.....	56
1.8.2	Expresión mecánica	57
1.8.3	Extracción con disolventes	57
1.8.3.1	Extracción por fluidos supercríticos	58
1.9	Obtención de Aceite Esencial Hidrodestilación Asistida por Microondas (HDAM)	58
1.9.1	Horno de microondas.....	61
1.9.2	Mecanismos del Hidrodestilación asistida por microondas.....	63
1.9.2.1	Mecanismo de calentamiento en la Hidrodestilación asistida por microondas.....	63
1.9.2.2	Mecanismo de extracción en Hidrodestilación asistida por microondas..	64
1.9.3	Variables que afectan el mecanismo del Hidrodestilación asistida por microondas.....	65
1.9.3.1	Efecto del solvente en la Hidrodestilación asistida por microondas	65
1.9.3.2	Efecto del tiempo en la Hidrodestilación asistida por microondas.....	67
1.9.3.3	Efecto de la potencia y temperatura de extracción en la Hidrodestilación asistida por microondas.....	68
1.9.3.4	Efecto de la superficie de contacto con el agua.....	69
1.10	Datos experimentales y de aplicación práctica obtenidos por otros autores	70

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2.1	Descripción y Análisis de Materia Prima	75
2.2	Descripción del Método de Investigación	76
2.2.1	Método Utilizado para la Extracción de Aceite esencial de Cáscara de Naranja	76
2.3	Diseño Factorial.....	77
2.4	Conceptos básicos del diseño factorial	77
2.4.1	Clasificación del diseño factorial por criterio.....	77
2.4.2	Factores.....	78
2.4.3	Variables respuesta	79
2.4.4	Determinación niveles de la variable porcentaje de potencia del microondas	79
2.4.5	Determinación de los niveles para la relación cáscara y agua	80
2.4.6	Determinación del tiempo de extracción	80
2.4.7	Diseño Experimental.....	80
2.5	Extracción del aceite esencial de cascara de naranja	82
2.5.1	Recolección de la Naranja	83
2.5.2	Selección.....	85
2.5.3	Lavado	86
2.5.4	Pelado.....	87
2.5.5	Extracción de Aceite Esencial	88
2.5.6	Condensación.....	90
2.5.7	Decantación	92

2.5.8	Envasado y almacenamiento.....	93
2.6	Análisis del Aceite Esencial de Cáscara de Naranja Obtenido.....	93
2.6.1	Características Organolépticas.....	93
2.6.2	Características Fisicoquímicas.....	94
2.6.3	Composición química del aceite esencial	94

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1	Selección De La Materia Prima Para La Extracción Del Aceite Esencial	95
3.1.1	Variedades de la Naranja	96
3.2	Morfología de la Cascara de Naranja	98
3.3	Extracción del aceite esencial de cada una de las variedades para su posterior selección.....	102
3.4	Características De La Materia Prima	103
3.5	Determinación del Tiempo de Extracción	104
3.6	Rendimiento de la Extracción del Aceite Esencial de Cáscara de Naranja	105
3.7	Análisis Estadístico del Diseño Experimental	107
3.8	Resultados de los análisis realizados al Aceite Esencial de Cáscara de Naranja	114
3.8.1	Características Organolépticas.....	114
3.8.2	Análisis fisicoquímico	116
3.8.3	Composición química del Aceite Esencial de Cascara de Naranja	117
3.9	Balance de Materia y Energía.....	118
3.9.2	Balance De Materia	121

3.9.3	Balance de energía	128
3.10	Consumo de Energía.....	134
3.11	Análisis de Costos del Proyecto.....	135
3.11.1	Costos Directos	135
3.11.2	Costos Indirectos.....	140
3.11.3	Costo Total.....	141

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	Conclusiones.....	142
4.2	Recomendaciones	143

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Índice de tablas

Tabla I-1	16
Tabla I-2	26
Tabla I-3	27
Tabla I-4	28
Tabla I-5	29
Tabla I-6	30
Tabla I-7	31
Tabla I-8	32
Tabla I-9	42
Tabla I-10	43
Tabla I-11	44
Tabla I-12	47
Tabla I-13	48
Tabla II-1	81
Tabla II-2	81
Tabla II-3	90
Tabla III-1	95
Tabla III-2	97
Tabla III-3	103
Tabla III-4	106
Tabla III-5	108
Tabla III-6	109

Tabla III-7	110
Tabla III-8	111
Tabla III-9	112
Tabla III-10	113
Tabla III-11	115
Tabla III-12	116
Tabla III-13	117
Tabla III-14	119
Tabla III-15	121
Tabla III-16	127
Tabla III-17	133
Tabla III-18	135
Tabla III-19	136
Tabla III-20	137
Tabla III-21	137
Tabla III-22	138
Tabla III-23	138
Tabla III-24	139
Tabla III-25	140
Tabla III-26	141

Índice de figuras

Figura I-1.....	7
Figura I-2.....	8
Figura I-3.....	9
Figura I-4.....	10
Figura I-5.....	12
Figura I-6.....	13
Figura I-7.....	14
Figura I-8.....	20
Figura I-9.....	22
Figura I-10.....	24
Figura I-11.....	39
Figura I-12.....	46
Figura I-13.....	49
Figura I-14.....	50
Figura I-15.....	54
Figura I-16.....	55
Figura I-17.....	56
Figura I-18.....	57
Figura I-19.....	58
Figura I-20.....	59
Figura I-21.....	60
Figura I-22.....	62

Figura II-1	82
Figura II-2	83
Figura II-3	84
Figura II-4	85
Figura II-5	86
Figura II-6	87
Figura II-7	88
Figura II-8	89
Figura II-9	91
Figura II-10	92
Figura II-11	92
Figura III-1	96
Figura III-2	98
Figura III-3	99
Figura III-4	100
Figura III-5	101
Figura III-6	102
Figura III-7	104
Figura III-8	114
Figura III-9	120
Figura III-10	122
Figura III-11	123
Figura III-12	124

Figura III-13 125

Índice de anexo

Anexo 1. Informe análisis de taxonomía de la naranja

Anexo 2. Informe del análisis fisicoquímico de la cáscara de naranja

Anexo 3. Informe del análisis fisicoquímico del aceite esencial de cáscara de naranja

Anexo 4. Informe del análisis composición química del aceite esencial de cáscara de naranja

Anexo 5. Fotografías de la investigación