

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**



**EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE  
NARANJA**

**Por:**

**DANIEL GUALBERTO BENÍTEZ VEGA**

**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.**

**Agosto de 2016**

**TARIJA – BOLIVIA**

VºBº

---

M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez  
DECANO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
Y TECNOLOGÍA

---

M. Sc. Ing. Silvana Paz Ramírez  
VICEDECANA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
Y TECNOLOGÍA

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

---

Ing. René Emilio Michel Cortés

---

Ing. Jorge Luis Tejerina Oller

---

Ing. Jimena Durán Durán

#### Advertencia

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

Este trabajo va dedicado a Dios quien estuvo a mi lado siempre dándome fuerza y confianza para poder culminar con este trabajo para mi formación profesional. A mis padres y hermanos quienes me dieron su amor, consejos y apoyo incondicional. A mis docentes, por su tiempo, por su apoyo así como la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

### Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme salud, capacidad, para lograr mis objetivos en mi vida. A mis padres por enseñarme a no rendirme y darme la oportunidad de estudiar. Al Ing. José E. Auad y al ing. Jorge Tejerina por haberme guiado y asesorado con gusto y paciencia. A todas la personas que me ayudaron directa e indirectamente en la realización de este trabajo.

## ÍNDICE

	Página
Advertencia.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Resumen del trabajo .....	iv

## INTRODUCCIÓN

Antecedentes.....	1
Definición de aceite esencial .....	1
Historia de los aceites esenciales .....	1
Dinámica de los aceites esenciales .....	2
Bolivia exporta materia prima para los productos de belleza.....	3
Objetivos.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos Específicos .....	4
Justificación .....	5
Justificación económica.....	5
Justificación tecnológica.....	5
Justificación social.....	5
Justificación ambiental .....	5
Justificación personal.....	5

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

1.1. La naranja.....	6
1.2. Variedades de naranjas.....	6
1.2.1. Naranjos comunes .....	7
1.2.2. Naranjos ombligos .....	7
1.2.3. Naranjos pigmentados.....	8

1.2.4. Naranjos no ácidos .....	9
1.3. La planta.....	10
1.3.1. La floración.....	11
1.3.2. Fruto .....	11
1.3.2.1. Características fisicoquímicas de la naranja .....	12
1.3.2.2. Partes de la naranja.....	13
1.4. Productores de naranja en Bolivia - Tarija.....	15
1.5. Aceite esencial de naranja.....	16
1.5.1. Composición del aceite esencial de naranja.....	17
1.6. Métodos de extracción .....	19
1.6.1. Extracciones por prensado .....	19
1.6.2. Método de extracción con solventes volátiles.....	20
1.6.3. Método de enfleurage.....	20
1.6.4. Método de extracción con fluidos supercríticos.....	21
1.6.5. Destilación con agua o hidrodestilación .....	23
1.6.6. Destilación por arrastre con vapor de agua .....	24
1.6.6.1. Tanque extractor con caldera .....	25
1.6.6.2. Tanque extractor con cámara de agua.....	26
1.7. Cuidado del aceite esencial de naranja.....	26
1.8. Usos del aceite esencial de naranja .....	28
1.9. Selección del método para la extracción del aceite esencial de cáscara de naranja .....	29
1.9.1. Factores que influyen en la extracción por arrastre con vapor.....	30
1.10. Etapas de la extracción del aceite esencial de la cáscara de naranja por el método de arrastre por vapor.....	32

## **CAPÍTULO II**

### **PARTE EXPERIMENTAL**

2.1 Selección de la Materia prima para la extracción del aceite esencial .....	33
2.2. Morfología de la cáscara de naranja.....	34
2.3. Caracterización de la materia prima.....	34
2.4. Pruebas preliminares .....	35
2.4.1. Extracción con epicarpio.....	35

2.4.2. Extracción con epicarpio y rastros de mesocarpio .....	35
2.5. Diseño Factorial .....	35
2.5.1. Conceptos básicos del diseño factorial .....	36
2.5.2. Clasificación del diseño factorial por criterio .....	36
2.5.3. Diseño factorial para la extracción del aceite esencial de la cáscara de naranja por arrastre de vapor.....	37
2.5.3.1. Determinación Niveles del proceso de extracción del aceite esencial de la cáscara naranja .....	37
2.6. Extracción del aceite esencial de cáscara de naranja .....	42
2.6.1. Recolección de la materia prima .....	44
2.6.2. Acondicionamiento de la cáscara.....	45
2.6.3. Molido de la cáscara .....	45
2.6.4. Tamizado.....	46
2.6.5. Extracción del aceite esencial .....	47
2.6.5.1. Torre de extracción .....	48
2.6.5.2. Fuente generadora de energía.....	50
2.6.5.3. Condiciones de operación .....	50
2.6.6. Condensación .....	51
2.6.7. Decantación.....	52
2.6.8. Secado del aceite esencial .....	53
2.6.9. Envasado y almacenamiento .....	55
2.6.10. Procedimiento para la extracción .....	56
2.7. Caracterización del aceite esencial de cáscara de naranja .....	56
2.8. Balance de materia y energía .....	57
2.8.1. Balance de materia .....	59
2.8.2. Balance de energía .....	61
2.8.2.1. Balance de energía en la torre de extracción.....	61
2.8.2.2. Balance de energía en el sistema de refrigeración .....	62
2.8.2.3. Gas consumido .....	62



**CAPÍTULO III**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

3.1. Selección de la metería prima para la extracción del aceite esencial .....	63
3.2. Morfología de la cáscara de naranja .....	64
3.3. Caracterización de la materia prima .....	65
3.4. Determinación de los niveles para la variable tamaño de partícula.....	66
3.5. Rendimiento de la extracción del aceite esencial de cáscara de naranja. ....	67
3.5.1. Análisis estadísticos del diseño experimental.....	68
3.5.2. Variación del volumen de aceite esencial con el tamaño de partícula .....	72
3.5.3. Variación del volumen de aceite obtenido con la masa de materia prima.....	74
3.5.4. Intervalos de tiempo de extracción .....	75
3.5.4.1. Rendimientos de extracción para cada intervalo de tiempo .....	78
3.6. Análisis fisicoquímico del aceite esencial obtenido .....	81
3.6.1 Composición química del aceite esencial .....	82
3.7. Balance de materia y energía .....	83
3.7.1. Balance de materia.....	83
3.7.2. Balance de energía .....	88
3.8. Costos de proyecto.....	92

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1. Conclusiones.....	96
4.2. Recomendaciones .....	98
Bibliografía .....	99

**ÍNDICE DE CUADROS Y/O TABLAS**

Tabla i-1 Principales países Exportadores de aceites esenciales .....	3
Tabla i-2 Principales países Importadores de aceites esenciales .....	3
Tabla i-3 Lista de los mercados importadores de aceites esenciales de Bolivia.....	4
Tabla I-1 Características fisicoquímicas de la naranja valencia .....	12

Tabla I-2 Composición fisicoquímica aproximada de la cáscara de naranja .....	13
Tabla I-3 Propiedades fisicoquímicas de aceite esencial de la cáscara de naranja ...	17
Tabla I-4 Cantidad relativa (%) e identificación de los compuestos volátiles, aislados de las cáscaras de naranja por destilación con vapor .....	19
Tabla I-5 Selección del método de extracción de aceite esencial de la cáscara de naranja .....	29
TablaII-1 Niveles de las variables para la extracción del aceite esencial de naranja.....	39
Tabla II-2 Diseño factorial para el proceso de extracción de aceite esencial de naranja .....	40
Tabla II-3 Datos de la extracción de aceite esencial con mayor rendimiento.....	58
Tabla II- 4 Corrientes del proceso de extracción de aceite esencial de cáscara de naranja.....	60
Tabla II- 5 Corrientes a calcular.....	61
Tabla III –1 Resultados del estudio comparativo de las variedades de naranja.....	63
Tabla III-2 Composición fisicoquímica se la cáscara de naranja.....	65
Tabla III-3 Análisis granulométrico.....	66
Tabla III-4 Rendimiento de aceite esencial obtenido en los experimentos.....	67
Tabla III -5 Datos para el cálculo del análisis de varianza .....	69
Tabla III-6 Factores inter-sujetos .....	70
Tabla III-7 Análisis de varianza ANOVA .....	70
Tabla III-8 Coeficientes .....	71
Tabla III-9 Rendimiento de extracción por intervalo de tiempo.....	76
Tabla III-10 Propiedades fisicoquímicas del aceite esencial .....	81
Tabla III-11 Composición química del aceite esencial de cáscara de naranja .....	82
Tabla III-12 Resultados del balance de materia.....	87
Tabla III-13 Resultados del balance de energía .....	91
Tabla II-14 Costos de materia prima.....	92
Tabla III-15 Costos de materiales y equipos.....	92

Tabla III-16 Costos de análisis fisicoquímicos de la materia prima .....	93
Tabla III-17 Costos de análisis fisicoquímico del aceite esencial.....	93
Tabla III-18 Costo de insumos.....	94
Tabla III-19 Consumo eléctrico de los equipos utilizados.....	94
Tabla III-20 Costo energético de los equipos .....	94
Tabla III-21 Costos indirectos.....	95
Tabla III-22 Costo total del proyecto .....	95

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Planta de la naranja dulce .....	10
Figura 1-2 Flor del naranjo dulce.....	11
Figura 1-3 Fruto del naranjo dulce.....	12
Figura 1-4 Partes de la naranja.....	14
Figura 1-5 Estructuras moleculares de algunos monoterpenos.....	18
Figura 1-6 Estructuras moleculares de algunos sesquiterpenos .....	18
Figura 1-7 Método de enfleurage .....	21
Figura 1-8 Extracción por fluido supercrítico.....	22
Figura 1-9 Equipo para la extracción de aceite esencial por hidrodestilación .....	23
Figura 1-10 Tanque extractor con caldera .....	25
Figura 1-11 Tanque extractor con cámara de agua .....	26
Figura 1-12 Diagrama de flujo. Extracción de aceite esencial de naranja .....	32
Figura 2-1 Variedades de naranja.....	33
Figura 2-2 Tamiz vibratorio de norma española .....	38
Figura 2-3 Diagrama de flujo. Extracción Del aceite esencial de cáscara de naranja por el método de arrastre de vapor .....	43
Figura 2-4 Recolección de la cáscara de naranja .....	44
Figura 2-5 Licuadora para el molido de la cáscara.....	46
Figura 2-6 Cargado del tamiz vibratorio .....	47
Figura 2-7 Equipo de extracción por arrastre de vapor .....	48

Figura 2-8 Torre de extracción y fuentes de acero inoxidable .....	49
Figura 2-9 Cocina y garrafa de gas.....	50
Figura 2-10 Sistema de refrigeración .....	52
Figura 2-11 Recolección y decantación de la mezcla condensada .....	53
Figura 2-12 Sulfato de sodio anhidro .....	54
Figura 2-13 Secado del aceite esencial de cáscara de naranja .....	54
Figura 2-14 Filtrado del aceite esencial de cáscara de naranja .....	55
Figura 2-15 Envasado del aceite esencial de cáscara de naranja .....	55
Figura 2-16 Diagrama de bloques de proceso de extracción del aceite esencial de cáscara de naranja .....	59
Figura 3-1 Estructura de del epicarpio y mesocarpio de la naranja.....	64
Figura 3-2 Espacios lisígenos en el epicarpio .....	64
Figura 3-3 Variación del volumen de aceite obtenido con el tamaño de partícula para la primera repetición .....	72
Figura 3-4 Variación del volumen de aceite obtenido con el tamaño de partícula para la segunda repetición.....	73
Figura 3-5 Variación del volumen de aceite obtenido con la masa de materia utilizada en la primera repetición.....	74
Figura 3-6 Variación del volumen de aceite obtenido con la masa de materia utilizada en la segunda repetición .....	75
Figura 3-7 Influencia de la variable masa y tamaño de partícula sobre el tiempo de extracción .....	77
Figura 3-8 Rendimiento de los intervalos de tiempo - partículas de 2 mm .....	78
Figura 3-9 Rendimiento de los intervalos de tiempo - partículas de 4-3 mm .....	79
Figura 3-10 Rendimiento de los intervalos de tiempo – partículas de 5 mm.....	80
Figura 3- 11 Valores de las corrientes del Diagrama de bloques del proceso de extracción .....	87

## **ANEXOS**

Anexo 1 INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA CÁSCARA DE NARANJA

Anexo 2 INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE NARANJA

Anexo 3 INFORME DEL ANÁLISIS DE GC-MS COMPOSICION QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE NARANJA

### Nomenclatura, abreviaturas y simbología utilizada

a.C.	Antes de Cristo
AEs	Aceites esenciales
Abs	Absolutos
TRADEMAP	Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas
pH	Unidad de medida para el nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia
P	Presión (atm)
T	Temperatura (°C)
DM	Materia seca
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
Rpm	Revoluciones por minuto
MPa	Mega Pascales
UV	Ultra-Violeta
CEANID	Centro de Análisis Investigación y Desarrollo
Y	Cantidad de aceite esencial obtenido (ml)
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sulfato de sodio anhidro
C.I.Q.	Centro de Investigaciones Químicas
GC/MS	Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masa
To	Temperatura inicial del agua en la torre (°C)
Tv	Temperatura del vapor en la torre (°C)
f <sub>l</sub>	Flujo másico de agua de refrigeración (g/s)
T <sub>Con</sub>	Temperatura del condensado (°C)

$T_{\text{entrada}}$	Temperatura de entrada del agua de refrigeración (°C)
$T_{\text{salida}}$	Temperatura de salida del agua de refrigeración (°C)
$\eta_t$	Rendimiento del rechazo para partículas de 2mm (%)
$t_c$	Tiempo de acondicionamiento (min)
$t_e$	Tiempo de extracción (min)
A	Masa de cáscara de naranja molida (g)
B	Rechazos de cáscara no requeridos (g)
C	Cáscara cargada a la torre (g)
D	Mezcla de vapores (g)
E	Residuos de cáscara (g)
F	Mezcla de condensados (g)
G	Masa de aceite esencial obtenido (g)
H	Agua condensada (g)
I	Agua cargada a la torre (g)
J	Agua no evaporada (g)
K	Agua de refrigeración que entra (g)
L	Agua de refrigeración que sale (g)
$M_{\text{agua residuos}}$	Masa de Agua que queda en los residuos (g)
$M_{\text{total en la torre}}$	Masa de agua que queda en la torre (g)
$M_{\text{vapor generado}}$	Masa de vapor generado en la torre (g)
F vapor	Flujo másico de vapor (g/s)
$Q_{\text{total}}$	Calor total requerido para la extracción (kcal)
$Q_{\text{Sensible}}$	Calor requerido para llegar al punto de ebullición (kcal)
$Q_{\text{Latente}}$	Calor requerido para evaporar el agua (kcal)

N°	Número de experimentos
SPSS	Paquete estadístico para ciencias sociales (Statistical Package for the Social Sciences)
N/I.	No identificado
$c_p$	Coefficiente de calor específico a presión constante (kcal/kg°C)
$\Delta T$	Variación de la temperatura que se haya sufrido (°C)
$\lambda_{\text{vaporización}}$	Calor de vaporización del agua (kcal/kg)



