

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE HOJAS DE ALBAHACA

Por:

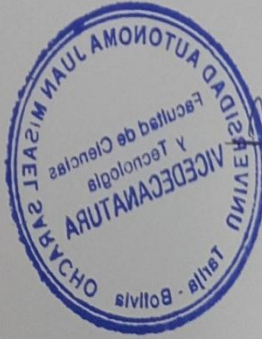
SARA PAOLA CASTILLO AVILA

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.

Agosto de 2016

TARIJA-BOLIVIA

VºBº



Ing. Silvana Paz
VIDECANO



Ing. Ernesto Alvarez
DECANO

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Jorge Tejedor O.

Ing. Gustavo Moreno L.

Ing. Juan Pablo Herbas B.

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.

Este trabajo lo dedico en primer lugar a mi madre (+) y padre quienes me apoyaron incondicionalmente a lo largo de mi vida, me inculcaron valores, educación y fueron mi motor para concluir este trabajo. También se lo dedico a mi esposo y mis tres hermanos, por brindarme su apoyo permanente.

Agradezco primeramente a Dios, al tribunal calificador por guiarme en la elaboración del presente trabajo, al Ing. Ismael Acosta e Ing. Gilberto Varas por brindarme ayuda con la taxonomía de la planta de albahaca, al Ing. Ernesto Auad por su apoyo como docente de la materia Proyecto de Grado.

En especial agradezco a mi mamita, por ser mi mayor motivadora en la realización de este trabajo.

A mi padre, esposo, hermanos, cuñadas y sobrinos por confiar en mí y ofrecerme su apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

A mis amigos y compañeros por acompañarme a lo largo de mi carrera universitaria.

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”

Albert Einstein.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES.....	1
OBJETIVOS	3
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
JUSTIFICACIÓN	4
IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE ACEITES ESENCIALES EN EL MUNDO	5
ACEITES ESENCIALES EN EL MERCOSUR	7
ACEITES ESENCIALES EN BOLIVIA	8

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ALBAHACA	11
1.2 TIPOS DE ALBAHACA MAS COMUNES	12
ALBAHACA DULCE O GENOVESA (<i>OCIMUM BASILICUM</i>)	12
ALBAHACA TAILANDESA (<i>O. BASILICUM</i> VAR. <i>THYRSIFLORA</i>)	13
ALBAHACA LIMÓN (<i>OCIMUM</i> × <i>CITRIODORUM</i>)	14
ALBAHACA SAGRADA O TULSI (<i>OCIMUM TENUIFLORUM</i>)	15
ALBAHACA AZUL AFRICANA (<i>OCIMUM BASILICUM</i> <i>KILIMANDSCHARICUM</i> × <i>DARK OPAL</i>)	16
1.3 TIPOS DE ALBAHACA EN LA CIUDADA DE TARIJA	17
1.4 TAXONOMÍA DE LA ALBAHACA <i>Ocimum basilicum</i> L.	19
1.5 USOS DE LA ALBAHACA.....	20
1.6 ACEITE ESENCIAL	20
1.7 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ACEITES ESENCIALES	21

1.8 PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS ACEITES ESENCIALES	21
1.9 CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES	23
CONSISTENCIA	23
ORIGEN	23
NATURALEZA QUÍMICA	24
1.10 CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	25
1.11 COMPONENTES PRINCIPALES DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	25
1.12 USOS DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA.....	27
1.13 PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES.....	27
1.11.1PRENSADO	28
1.11.2EXTRACCIÓN CON SOLVENTES VOLÁTILES	29
1.11.3ENFLORADO	29
1.11.4EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS	30
1.11.5DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR	31
1.11.6HIDRODESTILACIÓN	33
1.11.7DESTILACIÓN AGUA- VAPOR	34
1.11.8DESTILACIÓN PREVIA MACERACIÓN	36
1.11.9DESTILACIÓN AL VACÍO	36
1.11.10DESTILACIÓN MOLECULAR	37
1.14 SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO	37
1.15 ESTUDIO PREVIO	40
1.16 RENDIMIENTO	44
1.17 ALMACENAMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	45
1.18 CONTROL DE CALIDAD DE LOS ACEITES ESENCIALES	45
CAPÍTULO II	

PARTE EXPERIMENTAL

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	47
2.2 DISEÑO FACTORIAL.....	48
2.2.1VARIABLES Y NIVELES DEL DISEÑO FACTORIAL	48
2.3 ACONDICIONAMIENTO DE MATERIA PRIMA PARA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL	50
2.4 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS HOJAS DE ALBAHACA	51
2.5 MOLIENDA DE HOJAS DE ALBAHACA	51
2.6 GRANULOMETRÍA DE HOJAS DE ALBAHACA PICADA	52
2.7 EQUIPOS PARA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	54
2.7.1COCINILLA	54
2.7.2EQUIPO DE DESTILACIÓN	55
2.7.3REFRIGERANTE	57
2.8 ETAPAS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	58
2.9 PRUEBAS PRELIMINARES.....	59
2.10 PROCEDIMIENTO PARA OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	60
2.11 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA OBTENCION DE RESULTADOS DEL PRODUCTO FINAL	65
2.11.1DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	65
2.11.2DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	66
2.11.3CROMATOGRAFÍA DE GASES	66

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA: HOJAS DE ALBAHACA	68
3.1.1 RESULTADOS DEL PROCESO DE DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS HOJAS DE ALBAHACA	68
3.1.2 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE LAS HOJAS DE ALBAHACA	70
3.1.3 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	71
3.2 GRADIENTE DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO DE DESTILACIÓN	72
3.3 RESULTADOS DE GRANULOMETRÍA DE HOJAS DE ALBAHACA ...	74
3.4 RESULTADOS DE PRUEBAS PRELIMINARES	75
3.5 ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA....	77
3.4.1 . RESULTADO DEL CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	77
3.4.2 CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	79
3.4.3 RESULTADO DE LA MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	81
3.4.4 RESULTADO DE CROMATOGRAFÍA DE GASES	82
3.6 COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON OTROS TRABAJOS PREVIOS.	84
3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO FACTORIAL	85
3.6.1 TIEMPO Vs. RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL OBTENIDO	88
3.6.2 TAMAÑO DE PARTÍCULA Vs. RENDIMIENTO	89
3.6.3 MASA EN EL LECHO Vs. RENDIMIENTO	92
3.8 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA	94

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	101
5.2 RECOMENDACIONES	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Composición nutritiva por cada 100 gr. de parte comestible de albahaca.	2
Tabla 2. Empresas productoras de aceite esencial de albahaca.	3
Tabla 3. Principales países exportadores de aceites esenciales.	5
Tabla 4. Principales países importadores de aceites esenciales.	6
Tabla 5. Exportaciones a nivel MERCOSUR de aceites esenciales.	7
Tabla 6. Precios de Aceites Esenciales en el Mercosur (US\$/Kilo).	7
Tabla 7. Exportaciones de aceites esenciales y resinoides de Bolivia.	8
Tabla I- 1. Usos de la albahaca.....	20
Tabla I- 2. Grupos funcionales y sus propiedades.	22
Tabla I- 3. Rendimientos según el tipo de planta y el estado de la planta.	25
Tabla I- 4. Propiedades del Linalol.....	26
Tabla I- 5. Propiedades del Eucaliptol.....	26
Tabla I- 6. Propiedades del Eugenol.....	26
Tabla I- 7. Usos del aceite esencial de albahaca.	27
Tabla I - 8. Selección de la metodología de trabajo.....	39
Tabla I- 9. Clasificación de los parámetros analíticos utilizados en el control de calidad de aceites esenciales	46
Tabla II- 1. Numero de combinaciones del diseño factorial.....	49
Tabla III- 1. Resultados del porcentaje de humedad de las hojas de albahaca.....	68
Tabla III- 2. Porcentaje de humedad de albahaca seca	69
Tabla III- 3. Análisis organoléptico de las hojas de albahaca	71
Tabla III- 4. Características organolépticas del aceite esencial de albahaca	71
Tabla III- 5. Resultados de granulometría de hoja de albahaca picada.	74

Tabla III- 6. Resultado de pruebas preliminares	75
Tabla III- 7. Rendimiento y propiedades físicas del aceite esencial de albahaca de diferentes épocas del año	77
Tabla III- 8. Comparación de resultados de rendimiento de aceite esencial de albahaca	80
Tabla III- 9. Resultado de la medición del Índice de refracción	82
Tabla III- 10. Resultados del análisis cromatográfico comparados con el trabajo de Ijaz, A.	83
Tabla III- 11. Comparación de resultados con trabajos previos	84
Tabla III- 12. Datos obtenidos de todos los experimentos	85
Tabla III- 13. Datos para análisis estadístico.	86
Tabla III- 14. Variables introducidas/ eliminadas	87
Tabla III- 15. Resumen del modelo.....	87
Tabla III- 16. ANOVA	87
Tabla III- 17. Coeficientes	88
Tabla III- 18. Datos de rendimiento vs. Tamaño de partícula	90
Tabla III- 19. Datos de masa de lecho Vs. Rendimiento	92
Tabla III- 20. Valor de las corrientes del diagrama de flujo	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1. Planta de albahaca	12
Figura 1. 2. Albahaca dulce.....	13
Figura 1. 3. Albahaca Tailandesa.....	14
Figura 1. 4. Albahaca limón.....	15
Figura 1. 5. Albahaca sagrada.....	16
Figura 1. 6. Albahaca azul Africana.....	17
Figura 1. 6. Prensa multiuso de aceite en frío.	28
Figura 1. 7. Proceso de extracción de aceite esencial con solventes supercríticos.	31

Figura 1. 8. Proceso de extracción de aceite esencial por arrastre de vapor de agua ..	32
Figura 1. 9. Alambique para extracción de aceite esencial	34
Figura 1. 10. Proceso de extracción de aceite esencial	35
Figura 1. 12. Equipo empleado por Rodríguez, A.....	43
Figura 1. 13. Aceite esencial de albahaca obtenido por Rodríguez, A.....	43
Figura 2. 1. Dimensiones del equipo de destilación.....	55
Figura 2. 2. Dimensiones de los canastillos del equipo de destilación	56

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1.1. Albahaca OcimumBasilicum L.....	18
Foto 1.2. Albahaca Ocimumkilimandscharicum.....	18
Foto 2. 1. Planta de albahaca	47
Foto 2. 2. Albahaca secando al ambiente	50
Foto 2. 3. Secador infrarrojo.	51
Foto 2. 4. Pica-todo.	52
Foto 2. 5. Tamizado	53
Foto 2. 6. Tamizador	53
Foto 2. 7. Cocinilla	55
Foto 2. 8. Equipo de destilación	56
Foto 2. 9. Refrigerante Liebig	57
Foto 2. 10. Balanza analítica	61
Foto 2. 11. Equipo de destilación agua-vapor	61
Foto 2. 12. Condensado de mezcla de agua y aceite esencial	63
Foto 2. 13. Separación de aceite esencial y agua	63
Foto 2. 14. Aceite esencial envasado	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS Gráfico 1. Exportadores de aceites esenciales.....	5
Gráfico 2. Importadores de aceites esenciales.....	6

Gráfico i. 1. Exportaciones de aceites esenciales y resinoides de Bolivia.	8
Gráfico i. 2. Importaciones y exportaciones de aceites esenciales y resinoides de Bolivia.	9
Grafico 3- 1. %Humedad de albahaca seca.....	70
Grafico 3- 2. Granulometría de la hoja de albahaca picada	74
Grafico 3- 3. Comparación de la densidad con el trabajo de Ijaz, A.	79
Grafico 3- 4. Comparación del porcentaje de rendimiento con el trabajo de Ijaz, A.	80
Grafico 3- 5. Comparación del índice de refracción con el trabajo de Ijaz, A.	82
Grafico 3- 6. % Relativo vs Compuesto del análisis cromatográfico	83
Grafico 3- 7. Tiempo vs. Rendimiento	89
Grafico 3- 8. Tamaño de partícula vs. Rendimiento	91
Grafico 3- 9. Masa en el lecho vs. Rendimiento	93

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama II- 1. Diagrama de bloques del proceso de extracción de aceite esencial de albahaca	58
Diagrama III- 1. Diagrama de flujo del equipo de extracción de aceite esencial.....	96

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1:ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA
ANEXO 2:ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA
ANEXO 3: TAXONOMÍA DE LA ALBAHACA <i>Ocimum basilicum</i> L.

ABREVIATURAS

μg	Microgramo
μL	Microlitro
μm	Micrómetro
Bs.	Bolivianos
CEANID	Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo
CG	cromatografía de gases
CIQ	Centro de Investigación Químicas
cm	Centímetro
etc.	Etcétera
FCA	Facultad de Ciencias Agropecuarias
g	Gramos
ha	hectárea
HP	Caballos fuerza
IMIDA	Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Alimentario
Kcal	Kilocaloría
Kg	Kilogramo
LOU	Laboratorio de Operaciones Unitarias
MERCOSUR	Mercado Común del Sur
mg	Miligramo
min	Minuto