

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL
DE ESPINACA (*Spinacia Oleracea L.*) POR ARRASTRE DE VAPOR**

TESIS

PRESENTADA POR:

ALEXANDRA ROSA CCAMAN RAMOS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE
ESPINACA (*Spinacia Oleracea L.*) POR ARRASTRE DE VAPOR

TESIS PRESENTADA POR:

ALEXANDRA ROSA CCAMAN RAMOS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE :
Dr. ROGER HUANQUI PEREZ

PRIMER MIEMBRO :
M.Sc. JANETTE ROSARIO RAMOS PINEDA

SEGUNDO MIEMBRO :
Ing. PERCY ELOY MAMANI LUQUE

DIRECTOR / ASESOR :
M.Sc. GERMAN QUILLE CALIZAYA

LÍNEA: Tecnología Ambiental y Recursos Naturales

TEMA : Extracción y caracterización del aceite esencial de espinaca

ÁREA : Investigación

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 19 DE SEPTIEMBRE DEL 2019

DEDICATORIA

A DIOS Por haberme dejado llegar hasta este momento y darme salud para poder llegar a cumplir mis sueños y objetivos. Por haber puesto en mi camino a todas las personas que están y estarán en el trayecto de mi vida. Por darme a entender que la vida es un regalo largo de comprender.

A mis padres Vicente Raúl Ccama Mendoza y Ilda Ramos Condori por ser las personas que me ayudan a perseguir mis sueños y están en cada logro personal alentándome por la confianza depositada a mi persona. A mi madre que me guía en cada momento por su comprensión y consejos que me ayudan a ser mejor persona cada día.

A mis hermanos, Gilmar, Edson, Cristhofer, Nilda y Lorena Por ser las personas que me apoyan emocionalmente para ser una mejor persona y brindarme ese cariño; más que mis hermanos mis cómplices las personas que están hay en cada momento especial para mi persona.

A mis amigos

Cristian por el apoyo que me dio durante el proceso de elaboración de mi proyecto, por ser una persona muy alegre y entusiasta porque estas en cada momento de felicidad. Mi Grettel la chica más linda pero sobre todo por ser como una hermana y estar hay para mí cuando más lo necesite por los consejos y momentos vividos juntas. Ray la persona que me saca de mi zona de confort pero por dentro el mejor ser humano por el apoyo emocional que me distes en los mejores y peores momentos de mi vida estudiantil. Rider por que ser un gran amigo y pasar grandes momentos dentro y fuera de los salones. Mercy gracias porque siempre tuviste una actitud positiva en cada momento. Ruby las locuras más hermosas de mi vida la pase contigo en las prácticas y el apoyo brindado durante todo este tiempo mil gracias. Por terminar esta etapa con alegría y felicidad que pase con cada uno de ustedes siempre estarán presentes en mi vida se les quiere y aprecia con todo el corazón.

AGRADECIMIENTOS

- La mejor herencia que puede dejar la humanidad es el conocimiento, lo cual mi familia siempre me enseñó en cada momento de la vida es importante pero hacerlo con pasión y humildad es mucho mejor. La familia es el círculo más cercano que podemos tener nos ayudan, apoyan y nos guían para llegar a nuestros objetivos mis padres las personas que me guiaron durante tantos años y aún lo siguen haciendo por que desean nuestro bienestar día con día.
- Mi familia que me apoyo con este proyecto sobre todo durante todos estos años durante mi vida universitaria alentando a que de lo mejor de mí, cada objetivo se volvió una meta realizada con mucho esfuerzo y alegría.
- La vida me regalo a muchas personas las cuales siguen conmigo a mis amigos con los que compartí momentos gratos de mucha alegría a los cuales se les aprecia mucho. Pocas personas en la vida llegan a marcar tanto a uno como ustedes lo hicieron conmigo Cristian, Ray, Grettel, Rider, Ruby, Mercy y Marlui. Gracias por el apoyo.
- A mi asesor de tesis M.Sc. German Quille Calizaya por el apoyo durante la realización de esta, por los consejos y orientación para la elaboración de este proyecto.
- A los ingenieros Dr. Gregorio Palomino Cuela, M. Sc. Salomon Ttito Leon, M. Sc. Jorge Aruhuanca Cartagena por el apoyo brindado durante todo este tiempo por cada consejo y por los conocimientos adquiridos por todos estos años.
- A la Universidad Nacional del Altiplano mi alma mater a la Facultad de Ingeniería Química en la que culmine mis estudios con éxito.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	15
1.1.1. Planteamiento del problema general	16
1.1.2. Planteamiento de problemas específicos	16
1.2. HIPÓTESIS GENERAL	17
1.2.1. Hipótesis específicas	17
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	17
1.3.1. Justificación científica y tecnológica	17
1.3.2. Justificación social	18
1.3.3. Justificación ambiental	18
1.4. OBJETIVO GENERAL	19
1.4.1. Objetivos específicos.....	19
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	20
2.1 Antecedentes	20
2.1.1 Antecedentes internacionales	20
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	20
2.1.3. Antecedentes locales	21
2.2. MARCO TEÓRICO.....	22

2.2.1.	Estudio de la espinaca	22
2.2.2.	Descripción del proceso de extracción por arrastre de vapor.....	27
2.2.3.	Diseño experimental.....	29
2.3.	marco conceptual	30
2.3.1.	Aceite esencial.....	30
2.3.2.	Usos de los aceites esenciales	32
2.3.3.	Componentes químicos de los aceites esenciales.....	33
2.3.4.	Métodos de extracción.....	33
2.3.5.	Equipo cromatografía de gases.....	35
2.3.6.	Presión de vapor	37
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	39
3.1.1.	Materia prima	39
3.1.2.	Insumos	39
3.1.3.	Materiales	40
3.1.4.	Equipos.....	40
3.2.	LOCALIZACIÓN	41
3.3.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	41
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1.	RESULTADOS DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ESPINACA DE LAS HOJAS FRESCAS EVALUANDO EL RENDIMIENTO	52
4.2.	RESULTADOS DE LA VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA EXTRACCION DEL ACEITE ESENCIAL DE ESPINACA (<i>SPINACIA OLERACEA L.</i>).....	56

4.2.1. Resultados del comportamiento de la extracción de acuerdo al rendimiento en función al tiempo	56
4.2.2. Evaluación estadística del rendimiento del aceite esencial de espinaca (<i>Spinacea Oleracea L.</i>).....	59
4.2.3. Diseño experimental factorial 2^3	61
4.3. RESULTADOS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA POR CROMATOGRAFÍA DE GASES DEL ACEITE ESENCIAL DE ESPINACA (<i>SPINACIA OLERACEA L.</i>).....	66
4.4. RESULTADOS DE EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ESPINACA (<i>SPINACEA OLERACEA L.</i>) POR ARRASTRE DE VAPOR	70
V. CONCLUSIONES.....	76
VI. RECOMENDACIONES.....	77
VII. REFERENCIAS	78
ANEXOS	84

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Planta de espinaca de 13 semanas de edad.	24
Figura 2: Espinaca con 7 semanas de cultivo de la misma cosecha.	24
Figura 3: Diagrama de flujo del proceso de extracción.	45
Figura 4: Comparación del rendimiento del aceite esencial en la extracción.	57
Figura 5: Comportamiento de la extracción del aceite esencial de espinaca (g) obtenidos por arrastre de vapor en función del tiempo (min).	57
Figura 6: Superficie de respuesta estimada.	59
Figura 7: Diagrama de pareto estandarizada para rendimiento.	63
Figura 8: Efectos principales para rendimiento del aceite esencial de espinaca.	65
Figura 9: Cromatografía del aceite esencial de espinaca (<i>Spinacia Oleracea L.</i>).	68
Figura 10: Diagrama del generador.	70
Figura 11: Diagrama del recipiente destilador.	72
Figura 12: Diagrama del balance de masa general de la extracción de aceite esencial de espinaca.	75

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Cantidad de material recolectado.....	43
Tabla 2: Condiciones del material vegetal para su extracción.....	43
Tabla 3: Condiciones de operación del caldero.	44
Tabla 4: Matriz de diseño experimental para el desarrollo de experimentos.....	50
Tabla 5: Resultados de las variables obtenidas de la extracción.....	52
Tabla 6: Resultados de rendimiento (%) de aceite esencial de hojas cortadas a la mitad y hojas picadas de la especie <i>Spinacia Oleracea L.</i>	53
Tabla 7: Resultados del rendimiento promedio del aceite esencial de espinaca.....	56
Tabla 8: Valores óptimos de extracción de aceite esencial.....	58
Tabla 9: Datos para el diseño factorial en el proceso de extracción del aceite esencial.....	60
Tabla 10: Análisis de varianza para rendimiento – extracción de aceite esencial.	61
Tabla 11: Coeficiente de regresión para rendimiento - Extracción de aceite esencial de espinaca	64
Tabla 12: Resultados del análisis de varianza.....	65
Tabla 13: Resultados de los análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas del aceite esencial de espinaca (<i>Spinacia Oleracea L.</i>).	67
Tabla 14: Extracción óptima del aceite esencial de espinaca.	70

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

LOPU	: Laboratorio de operaciones y procesos unitarios
mg	: Miligramos
FAO	: Organización de las naciones unidas para la alimentación
kg	: Kilogramos
AE	: Aceite esencial
g	: Gramos
ISO	: Organización internacional de normas
°C	: Centígrados
min	: Minutos
OEC	: Observatorio de complejidad económica
h	: Horas
GC/MS	: Cromatografía de gases con espectrofotometría de masas
ANOVA	: Análisis de varianza
HPLC	: Cromatografía líquida de alta resolución
RT	: Tiempo de retención
CL	: Compuesto librería NIST 11
C	: Coincidencia
CR	: Contenido relativo

ton : Toneladas

p/p : Peso a peso

% : Porcentaje

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivos, obtener el rendimiento del aceite esencial de espinaca; determinar las variables de operación: tiempo, temperatura y peso; determinar la caracterización siendo su metodología por arrastre de vapor y sus resultados: En la obtención de aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*) de las hojas frescas por el método de arrastre de vapor. Se evaluaron los parámetros para la obtención de aceite esencial de espinaca de tiempo, temperatura y peso. Con la caracterización del aceite esencial de espinaca fue posible identificar los compuestos químicos encontrados en el aceite de espinaca por cromatografía de gases. En la extracción por arrastre de vapor de agua para obtener el aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*). Se usó el diseño experimental 2^3 completamente al azar, con análisis de varianza (ANOVA) con tres repeticiones; con tal análisis se llegó a los siguientes resultados: los rendimientos más altos fueron (0,032%) que alcanzaron con hojas cortadas a la mitad en 4 kg de muestra y un tiempo de 90 minutos, por el contrario, los rendimientos más bajos (0,0185%) se alcanzaron en la muestra de hojas cortadas a la mitad en 2 kg de muestra y un tiempo de 90 minutos; la temperatura óptima de extracción es de 87.3 °C, el tiempo como máximo de extracción es de 90 minutos. En la caracterización cromatografía de gases se ha determinado los componentes químicos; Ácido hexanodioico, bis (2-etilhexil) (64,62%), ácido n-hexadecanoico (5,90%), ácido hexadecanoico, éster etílico (3,18%), alcohol laurílico (2,60%), ftalato de dietilo (2,39%), ácido 2-propenoico, éster tridecil (2,08%), ácido hexadecanoico, éster metílico (1,18%) y ácido octadecanoico (1,10%).

Palabras clave: Espinaca, cromatografía, aceite esencial, extracción, arrastre de vapor.

ABSTRACT

The present research has as objectives, get the spinach essential oil yield; determine the operation variables: time, temperature and weight; determine the characterization being its methodology by steam drag and its results are: In obtaining spinach essential oil (*Spinacia Oleracea* L.) from the fresh leaves by the steam entrainment method. The parameters for obtaining spinach essential oil for time, temperature and weight were evaluated. With the spinach essential oil characterization was possible to identify the chemical compounds found in spinach oil by gas chromatography. In the extraction by water vapor drag to obtain the spinach essential oil (*Spinacia Oleracea* L.). The experimental design was used 2^3 completely randomly, with variance analysis (ANOVA) with three repetitions; With this analysis, the following results were reached: the highest yields were (0.032%) that they reached with half-cut leaves in 4 kg of sample and a time of 90 minutes, Otherwise, the lowest yield (0.0185%) was reached in the sample of leaves cut in half in 2 kg of sample and a time of 90 minutes; The optimum extraction temperature is 87.3°C , the maximum extraction time is 90 minutes. In the gas chromatography characterization the chemical components have been determined; Hexanedioic acid, bis (2-ethylhexyl) (64.62%), n-hexadecanoic acid (5.90%), hexadecanoic acid, ethyl ester (3.18%), lauryl alcohol (2.60%), phthalate diethyl (2.39%), 2-propenoic acid, tridecyl ester (2.08%), hexadecanoic acid, methyl ester (1.18%) and octadecanoic acid (1.10%).

Keywords: Spinach, chromatography, essential oil, extraction, steam drag.

I. INTRODUCCIÓN

El cuidado del medio ambiente se convirtió en algo muy importante para los distintos sectores industriales. Lo cual es importante aprovechar al máximo los productos agroindustriales. Teniendo en cuenta que es necesario la realización de estudios para así potencializar el desarrollo de procesos tecnológicos, económicos y sobre todo rentables, que incentiven el estudio de plantas como una fuente de materia prima; generando un valor agregado.

La Spinacia la planta pertenece a la familia Chenopodiaceae suele llegar a alcanzar una altura de 30 cm a 25 cm de longitud en el que se sitúan las flores. Se reúnen en glomérulos axilares y están formadas por un periantio tetradentado, con ovarios uniovulares, estilo único y estigma (Jimenez *et al.*, 2010). Se cultivan cerca de 500 ha/año. Siendo la espinaca un cultivo típico en muchos países, existen cientos de variedades adaptadas y mejoradas a las condiciones ambientales y de mercados prevalentes en ellos. En Europa y particularmente en España, algunas de las variedades más utilizadas son: Polka, Valeta, Rico, Carambola, Rimbo, Bolero, Resc, Spinackor, Clermon, San Felix-Dolphin, Whale. Actualmente, al escoger de las variedades se busca principalmente la no aparición temprana de la flor y la resistencia al mildew veloso (INFOAGRO, 2006).

El origen de la espinaca se centra en el sudoeste asiático. Fue llevada por los árabes en España en el siglo XI y posteriormente a Europa. La información de la publicación FAO del año 2000 indican que la producción mundial es de 7 755 161 ton y está distribuida por continentes (FAOSTAT, 2000).

La finalidad de la extracción del aceite esencial de espinaca nos dará posteriormente que estos resultados pueden ser utilizados en las industrias. Tener un objetivo de que sea más difundidos sus distintas propiedades del aceite esencial de

espinaca. Como los componentes químicos encontrados como alcohol laurílico, ftalato de dietilo, ácido octadecanoico, ácido hexanodioico, ácido n-hexadecanoico y otros.

Los principales usos de los aceites esenciales son como aditivos farmacéuticos y alimenticios mejorando la calidad de producción de las plantas para maximizar el aprovechamiento.

Según Martínez (2001) en la destilación por arrastre con vapor de agua, la muestra vegetal generalmente fresca y cortada en trozos pequeños, es encerrada en una cámara inerte y sometida a una corriente de vapor de agua sobrecalentado, la esencia así arrastrada es posteriormente condensada, recolectada y separada de la fracción acuosa. Esta técnica es muy utilizada especialmente para esencias fluidas, especialmente las utilizadas para perfumería. Se utiliza a nivel industrial debido a su alto rendimiento, la pureza del aceite obtenido y porque no requiere tecnología sofisticada.

En el presente trabajo de investigación evaluamos e investigamos, la extracción óptima de aceite esencial de espinaca (*Spinacea Oleracea L.*) por arrastre de vapor por lo cual evaluar el rendimiento del aceite obtenido por ciertos parámetros que fueron temperatura, tiempo y peso.

Para poder determinar la composición química del aceite esencial de espinaca (*Spinacea Oleracea L.*) nos basamos a la técnica cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masa (GC/MS).

1.1 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

El estudio de la extracción de aceite esencial en este trabajo se enfocará, en estudiar el rendimiento, otros desde el punto de vista de extracción de aceite esencial por arrastre de vapor.

Sin embargo, no contamos con estudios y teorías que nos especificará la composición química, el estudio cromatográfico del aceite esencial de espinaca, este trabajo nos llevará a tener conocimientos de la composición química de tal aceite.

Podemos decir que la producción de aceites esenciales a nivel mundial está teniendo un aumento del mercado internacional de aceites esenciales. Por lo cual los primeros países productores son estados unidos, Francia, Brasil siendo estos países los principales exportadores e importadores de aceites esenciales en todo el mundo. Según el observatorio de complejidad económica OEC.

La región del país donde hay mayor producción de espinaca es la región del sur; siendo específicos en el departamento de Arequipa. Para poder así explotar otras áreas como la agronomía y la ciencia.

1.1.1. Planteamiento del problema general

¿Cómo extraer y caracterizar de forma óptima el aceite esencial de las hojas de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*) por arrastre de vapor?

1.1.2. Planteamiento de problemas específicos

- ¿Cómo optimizar el rendimiento del aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*) mediante el método de arrastre de vapor?
- ¿Cuáles serán las variables óptimas de temperatura, tiempo y peso por arrastre de vapor para la extracción y caracterización del aceite esencial de espinaca?
- ¿Cómo determinar la caracterización cromatográfica de los componentes químicos del aceite esencial de espinaca?

1.2. HIPÓTESIS GENERAL

La extracción y caracterización de aceite esencial de espinaca es favorable por arrastre de vapor.

1.2.1. Hipótesis específicas

- Se obtiene buen rendimiento de aceite esencial de (*Spinacia Oleracea L.*) mediante el método de arrastre de vapor siendo uno de los métodos más empleados y más rentables para la obtención de aceites esenciales.
- Los parámetros óptimos para las variables de temperatura, tiempo y peso del aceite de espinaca son adecuados para la predicción del rendimiento de aceite esencial con un alto grado de certeza se determinará el rendimiento de la toma de datos.
- Se obtiene la composición química por el método de cromatografía de gases con espectrofotometría de masas.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

1.3.1. Justificación científica y tecnológica

El propósito de la extracción del aceite esencial de espinaca con los resultados obtenidos posteriormente puede ser utilizado para futuras investigaciones. Tiene como objetivo de que sea más difundidos sus distintas propiedades y su composición química del aceite esencial de espinaca.

Los distintos estudios de aceites esenciales podrán contribuir a nuevos estudios científicos en áreas donde se pueden trabajar de la mano con la agroindustria y la agro explotación regional.

La determinación de los parámetros de extracción el aceite esencial nos permite diseñar la tecnología de extracción del aceite lo cual posteriormente puede ser utilizado como datos con fines industriales, dándole a nuestra materia prima en este caso la espinaca un valor agregado; especialmente al sector de la industria farmacéutica y alimentaria.

El estudio cromatografía de gases nos identificará los distintos componentes de la espinaca y así poder identificar lo cual es más conveniente para futuras investigaciones que se pueden realizar en el país.

1.3.2. Justificación social

Por los diferentes usos de los aceites esenciales en las industrias tanto como pesticidas o por sus componentes químicos presentes. Podemos darles un valor agregado para poder potencializar así la producción generando así nuevos empleos y nuevos usos del aceite esencial de espinaca.

La espinaca es una de las plantas con mayor producción mundial, teniendo como primer productor China y el Perú está en el puesto veintiunavo de producción de la espinaca con un total de 28 535 toneladas de producción de espinaca.

1.3.3. Justificación ambiental

Gracias a sus características de su composición química la espinaca tiene propiedades las cuales podemos aprovechar utilizando como pesticidas para los cultivos para que sean utilizados de forma natural ya que se consideran más seguros para el medio ambiente y más beneficiosos en la agricultura de nuestro país y más en nuestra región. Con la finalidad de poder aumentar la producción de la espinaca.

1.4. OBJETIVO GENERAL

Extraer y caracterizar de forma óptima aceite esencial de espinaca por arrastre de vapor.

1.4.1. Objetivos específicos

- Optimizar el rendimiento del aceite esencial de la espinaca de las hojas frescas mediante arrastre de vapor.
- Determinar las variables óptimas de trabajo con los datos obtenidos del aceite esencial de espinaca utilizando temperatura, tiempo y peso por arrastre de vapor.
- Determinar la caracterización cromatográfica de los componentes químicos del aceite esencial de espinaca.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Antecedentes internacionales

La extracción del aceite esencial de espinaca tiene como resultados un rendimiento del 0,15% en un tiempo de extracción de 90 minutos, lo cual, teniendo en cuenta que la espinaca tiene poca concentración de aceite esencial además se puede atribuir a las características de la planta, como su grado de maduración (Acan y Pilataxi, 2014).

El aceite esencial de orégano fue utilizado como un potencial aditivo alimentario y uno de los compuestos químicos que encontró en este aceite esencial de orégano fue el aceite láurico; el cual tiene propiedades de conservar alimentos. El análisis cromatográfico de capa fina (HPTLC) (Amadio, 2011).

La agencia de protección ambiental ha identificado al ftalato de dietilo como un compuesto químico como un líquido con ligero aroma y sabor aromático; uno de sus usos es para la industria de polímeros ayudando a dar flexibilidad a los plásticos (E.E.U.U., 1996).

El estudio de las propiedades antiinflamatorias del ácido n – hexadecanoico como un compuesto químico que demuestra sus propiedades como un fármaco para mejorar y reducir inflamaciones en el cuerpo (Aparna, 2012).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Así las diversas fragancias asociadas a algunas plantas se debe a la presencia de los monoterpenos y sesquiterpenos básicamente estas sustancias constituyen un importante

grupo de hidrocarburos, alcoholes y cetonas que son los componentes mayoritarios de los aceites esenciales que pueden ser obtenidos de hojas, raíces y corteza de varias plantas. Demostrando que la espinaca tiene 93% de humedad (Mamani, 2015).

La extracción de aceite esencial tiene como objetivo de elevar el rendimiento de *Eucalyptus Globulus*, así como optimizar la velocidad de salida del destilado, evaluando el tiempo de destilación; el rendimiento de la obtención del aceite esencial de hojas frescas como el *Croton ovalifolius* fue de 0,14% y su identificación de componentes (Lopez de la Cruz y Orihuela, 2015).

2.1.3. Antecedentes locales

La obtención del aceite esencial del eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y Altamisa (*Franseria artemisioides*) por el proceso de arrastre de vapor, con este proceso ya que por mediante sistema de baja presión que a su vez produce muy poca descomposición de la materia prima; el sistema de hidrolisis produce poca descomposición de la materia prima; trabajo con una presión de vapor de 3,5 bar y 4 bar (Quispe, 2018).

La cromatografía de gases se emplea cuando los componentes de la mezcla problema son volátiles o semivolátiles (aceites esenciales); pero cuando los compuestos volátiles son poco volátiles o termovolátiles, La cromatografía de gases es una técnica comúnmente utilizada en análisis químicos. En esta técnica la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte (Lipa, 2014).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Estudio de la espinaca

Origen

La planta pertenece a la familia *Chenopodiaceae* y la especie se denomina *Spinacea Oleracea L.* Según el diccionario etimológico. La planta espinaca no tiene que ver con el vocablo latina spina (astilla, espina). La planta no posee espinas y su nombre tuvo su origen en Persia, uno de sus lugares de origen, donde se nombraba como aspanach y luego paso al árabe con el nombre infinaj que fue adoptado por el latín vulgar como Spinacia, existen plantas masculinas, femeninas e incluso hemafroditas (Jimenez *et al.*, 2010).

Clasificación taxonómica

Describe la taxonomía de la espinaca de la siguiente forma (Santafeagro, 2013).

Reino	: Plantae
Subreino	: Tacheobionta
División	: Magnoliophyta
Subdivisión	: Angiospermas
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Caryophyllidae
Orden	: Caryophyllales
Familia	: Amaranthaceae

Subfamilia : Chenopodioideae

Género : Spinacia

Especie : spinacia oleracea L.

Descripción botánica

Raíz : Blanda y poco fibrosa.

Tallo : Cilíndrico hueco, acanalado y ramoso de unos 2 pies de altura.

Hojas: alternas sostenidas por los peciolos que salen de las raíces, regularmente enteras a veces recortada por los dos lados, terminadas en puntas agudas y algunas veces en punta de hierro de lanza, según el cultivo que las hace variar; las que nacen en la sema de los tallos solamente son prolongaciones en la base; todas ellas son de un verde oscuro (Collantes y Alfaro, 1853).

Flores: las flores masculinas, agrupadas en número de 6 – 12 en las epigas terminales o axiales presentan color verde y están formadas por un periantio con 4-5 pétalos y 4 estambres. Las flores femeninas se reúnen en glomérulos axilares y están formadas por un periantio tetradentado, con ovarios univulares, estilo único y estigma dividido en 3-5 segmentos (Jimenez *et al.*, 2010).

Semillas: dando a conocer que la semilla tiene un aspecto coriáceo membranoso inerme o espinoso, de color gris verdoso. Estos revestimientos, favorecen la gran vitalidad de la semilla, inciden desfavoreciendo sobre la velocidad y regularidad de germinación, al impedir la penetración de la humedad necesaria a los procesos de germinación (Gorini, 1970).



Figura 1: Planta de espinaca de 13 semanas de edad.

FUENTE: Jimenez (2010).



Figura 2: Espinaca con 7 semanas de cultivo de la misma cosecha.

FUENTE: Jimenez (2010).

Variedades de espinaca

Clasificación de las distintas variedades de la espinaca que se cultivan en el Perú (Valenzuela, 2016).

1. DASH: Nueva variedad híbrido, conocido por tener hojas rectas de coloración verde oscura cuyo ápice de las son muy triangulares, resiste a una temperatura mayor de 28°C. Es un cultivo de primavera e invierno.
2. VIROFLAY: Es la variedad líder en el mercado, muy vendida en el mercado a nivel nacional, ideal para en consumo en fresco. Color verde oscuro, resistente a la floración. Conocida por su excelente sabor. Posee una vida útil post cosecha, ideal para el transporte de largas distancias.
3. VIROFLAY HIBRIDA: Nueva versión de viroflay, ideal s consumo fresco. De un color verde oscuro, con una resistencia a la floración. Es una planta muy producida por brindar grandes hojas y de excelente sabor, con una buena vida post cosecha para su transporte.
4. QUITO: Nuevo híbrido para siembra e al costa, es el cultivo favorito, por su gran precocidad y muy buena apariencia, de hojas bien formadas y su alto rendimiento de producción.
5. BOLERO: Híbrido de gran potencial, destaca por su adaptabilidad y rusticidad a las exigencias de los mercados y agroindustrias. De amplio uso en la sierra en época de verano, en la costa se puede sembrar, pero adelantando la cosecha.
6. FALCON: nuevo híbrido muy precoz, con resistencia de milidiu, las hojas se caracterizan por ser de un color verde oscuro, con un alto índice de resistencia a las enfermedades. La hoja de esta planta es muy grande la cual le da un buen

rendimiento de producción, se mantiene por cosecha la cual se puede transportar a largas distancias.

7. **HIGH PACK:** es un Híbrido con similar apariencia a viroflay siendo más precoz y con mayor rendimiento, en especial su producción de aumento de tamaño de las hojas.
8. **LIMBO:** Nuevo híbrido para la siembra en la costa en estación, donde estacan su precocidad y excelente apariencia, de las hojas bien formadas y sobre todo su alto rendimiento de producción, ideal para la venta fresca en los mercados y las agroindustrias.
9. **SIMPHONY:** Resistente a temperaturas altas de la costa, hojas verdes oscura de muy buena apariencia y buena producción.

Composición y valor nutricional

La espinaca es baja en carbohidratos y grasa. Aporta pocas calorías y es adecuada para las personas. Contiene minerales como calcio, magnesio, fósforo, glóbulos rojos y blancos, yodo, potasio y sodio. La concentración de estos últimos está asociada a su capacidad diurética. Contiene cantidades altas de pro vitaminas A, vitamina C y E, todas con alta capacidad antioxidantes. También es fuente de vitaminas de complejo B, incluyendo folatos tan necesarios en la producción de anticuerpos del sistema inmunológico. La espinaca es rica en ácido oxálico, un ácido orgánico que en el proceso de digestión se une al calcio o hierro. Formando complejo mineral que se absorbe como los oxalatos de calcio (Sbbah, 2015).

Propiedades fisicoquímicas

El color y tamaño de la espinaca puede ser diferente según la variedad y método se siembra utilizando, de modo que se posible manejar un tamaño de hojas más homogéneo considerando que las plántulas se trasplanten a la misma distancia y tengan las mismas condiciones de luz, aireación y competencia de nutrientes. Tiene un gran porcentaje de agua (cerca de 90%), bajo nivel de carbohidratos y gran cantidad de vitaminas, especialmente de A y la C. también se destaca por sus altos niveles de minerales como fosforo, calcio, hierro y potasio (Ambiental, 2015).

La espinaca es una de las plantas donde mayor producción mundial se tiene como primer productor es China y el Perú está en el puesto veintiunavo productor mundial con una producción anual de 28 535 ton de espinaca; esto es según la FAO.

La espinaca (*Spinacea Oleracea L.* Y sus variedades) es un alimento bajo en calorías, con bajo contenidos de grasas, relativamente bajo en proteínas y buen aportador de fibra y micronutrientes como vitamina C, vitamina A y minerales, especialmente hierro (Pighin y Rossi, 2010).

2.2.2. Descripción del proceso de extracción por arrastre de vapor

La materia prima es cargada en la columna del destilador para formar un lecho fijo compacto. Antes de cargar, los materiales solidos pueden ser triturados, molidos o picados. El vapor es inyectado usando a un distribuidor interno en el fondo del destilador, con la adecuada presión para vencer la resistencia hidráulica del lecho. La caldera de vapor esta fuera del destilador. Como el vapor fluye arriba a través del lecho, la materia prima caliente y libera los solutos volátiles (oils essential). Estos son vaporizados y transportados por el vapor hacia el tope del destilador. Cuando el vapor deja el destilador

es condensado y enfriado a la temperatura del ambiente por medio de un condensador (intercambiador de calor), (Cardenas, 2014).

La mezcla líquida condensada forma dos fases inmiscibles que son separadas en un decantador dinámico. Este decantador es conocido como florentino en los procesos de destilación de aceite esencial. El agua condensada puede ser recirculada hacia el destilador o a la caldera dependiendo del consumo de vapor. Con materias primas para los herbáceas, la destilación por arrastre de vapor seco es preferida a la escala industrial sobre las otras de destilación con vapor, porque las calderas estándar generan vapor a presiones moderadas fáciles de controlar. Este vapor está saturado, pero cuando es inyectado hacia el destilador, sufre una expansión isoentálpica y se vuelve sobrecalentado (Cardenas, 2014).

El mecanismo de extracción de aceites esenciales el cual se debe al efecto combinado del fenómeno de transporte por difusión molecular del vapor caliente, el rompimiento de las paredes celulares de los sacos que guardan los aceites esenciales, la subsecuente evaporación de dichos aceites y la difusión de los aceites esenciales junto con el vapor caliente hacia la boca del poro.

La interpretación plausible del fenómeno de evaporación de los aceites esenciales en el interior de la matriz vegetal (hojas, tallos, raíces, etc.), supone que la misma está gobernada por la volatilidad relativa de los aceites esenciales, la temperatura y la calidad de vapor, el tamaño de los poros, las tensiones locales en el interior de la matriz vegetal y el esfuerzo necesario para el rompimiento de los sacos capilares.

De todos estos factores tomamos como relevante la energía necesaria para el cambio de fase, donde la velocidad de evaporación de aceites esenciales es favorable por la disminución de la presión parcial debido a la presencia del vapor de agua. En suma,

habría la necesidad de contabilizar dos resistencias a vencer en esta parte del proceso, siendo estas la resistencia difusional y la resistencia a la vaporización del aceite esencial propiamente. A partir de esto, podemos decir que la velocidad de transporte de los aceites esenciales desde las partes alejadas de la boca de poro será más lenta que desde las cercanías. Así mismo, los sacos que almacenan los aceites esenciales colapsan al romperse y evaporarse los aceites esenciales (Palomino, 2001).

De manera el perfil de concentración entre la zona interna y externa de la matriz vegetal será cada vez menos pronunciado a medida que pasa el tiempo, hasta que eventualmente al agotarse los aceites esenciales en el interior de los poros se hará prácticamente plano. Por otra parte, la transferencia de los aceites esenciales hacia la corriente principal de vapor, se puede interpretar mediante la teoría de película, entre la concentración y la corriente principal, cuya concentración en aceite esencial (Palomino, 2001).

La tercera resistencia a vencer viene a ser la referida a la convección de la fase fluida, puesto que el lecho esta empacado. Esta resistencia puede ser caracterizada mediante parámetros, tomando en cuenta la hidrodinámica del sistema. Podemos observar que la columna se podría comportar como un stripper, si se cumple que los aceites esenciales no se vaporizan completamente, sino que forman micro gotas, las cuales no se asocian entre si y son transportadas por el vapor caliente hasta el tope de la columna; nótese que los aceites esenciales y el agua no son miscibles y tienen diferentes densidades (Palomino, 2001).

2.2.3. Diseño experimental

En esta fase se tuvieron ensayos previos se produce la primera toma de contacto con la destilación de materia prima que posee una cantidad de aceite esencial, esto genera

cierta incertidumbre, pues no se sabe si la cantidad que posee va a ser la suficiente para la conservación de los ensayos cuantitativos. Todo esto hace que las primeras pruebas que se efectúan sean un punto crítico en el presente trabajo, ya sea que los resultados que se obtengan en ellas condicionan a los posteriores experimentos (Casado, 2018).

Además de comprobar que la extracción de aceite esencial de las materias seleccionadas es factible, con los ensayos previos se reajusta el equipo para su correcto funcionamiento. Así se determinó:

La cantidad máxima de materia prima natural que se puede introducir en el equipo extractor, teniendo en cuenta que el rendimiento es directamente proporcional a la cantidad que se introduce. Cuanta más cantidad de materia prima, más aceite esencial se obtiene.

El flujo de vapor de agua óptimo, tratando de conseguir una distribución uniforme del mismo a través de la materia prima. El flujo se ajusta mediante la variación de la potencia del generador de vapor, considerando el valor máximo limitado del condensador.

Comprobar que la extracción del aceite esencial es factible.

Seleccionar los tiempos de operación convenientes para cada materia prima. Con esto se evita las pérdidas de tiempo durante los ensayos y el gasto económico innecesario de electricidad y agua.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Aceite esencial

Sustancia obtenida de plantas aromáticas por diversos procedimientos. Se les puede encontrar en el comercio con las distintas denominaciones: aceite esencial 100%

puro, aceite esencial natural o simplemente aceite esencial. Podemos encontrar también la expresión aceite natural, aunque en mí del autor es más correcto e induce a menos error el término aceite esencial. Es necesario tener en cuenta las distintas calidades que pueden presentarse en el mercado (Ortoño, 2006).

Es un extracto natural de la planta (hiervas o arboles aromáticos) obtenido por destilación con vapor de agua, es la “quinta esencia” destilada. En la naturaleza, la esencia y el A.E. no son lo mismo, ya que los fenómenos de óxido-reducción de la destilación modificación en alguna medida la composición bioquímica de la esencia. Frecuentemente, la esencia está acompañada de resinas en el seno de sus órganos protectores, las moléculas aromáticas que componen la resina son muy pesadas para ser arrastradas y no son extraídas por vapor de agua (Romero, 2004).

Son formas altamente concentradas de la parte de la planta de la cual se extraen. Consisten en una mezcla de sustancias aromáticas que solo la naturaleza puede producir. En general los aceites esenciales se definen como mezclas de componentes volátiles, productos de metabolismo secundario de las plantas. Se encuentran muy difundidos en el reino vegetal, de las 295 familias de plantas, de 60 a 80 producen aceites esenciales, se encuentran en las familias como: compuestas, labiales, lauráceas, mirtáceas, rosáceas, rutáceas, umbelíferas y pináceas (SENA, 2012).

Los aceites esenciales de plantas aromáticas son las sustancias responsables del olor formado en la planta, tomando materiales exteriores, absorbiéndolos y formándolos en fragmentos del sistema de la planta como parte de la estructura celular, con una consistencia rígida. Otras opciones indican que los aceites esenciales son desechos del proceso metabólico de las plantas, los cuales no pueden desechar al exterior (Monterroso, 2013).

Los aceites esenciales con mezclas complejas de compuestos volátiles, fuertemente olorosos y producidos por organismos vivos aislados por medios físicos (presión y destilación) de una planta entera o parte de la planta, no todos los extractos aroma de plantas oleaginosas cumplen la función de un aceite esencial la organización internacional de normas (ISO) define de un aceite esencial, correspondía de materias primas aromáticas naturales, como: producto obtenidos a partir de materias primas vegetales, ya sea por destilación con agua o vapor; desde el epicarpio de los frutos cítricos mediante un proceso mecánico, o por destilación seca (Cassel, Vargas y Nathan, 2006).

Los aceites son sustancias odoríferas de la naturaleza oleosa encontradas prácticamente en todos los vegetales; son muy numerosos y están ampliamente distribuidos en distintas partes del mismo vegetal: las raíces, tallos, hojas, flores y frutos (Vasquez y Marreros, 2001).

2.3.2. Usos de los aceites esenciales

Todas plantas tienen distintos usos: condimento en la industria de los alimentos, plantas decorativas, aromatizantes en la industria perfumería, producción de aceites esenciales y oleorresinas. En la medicina tradicional. Las distintas especies. Actualmente muchas especies y hierbas, han sido evaluada como antioxidantes y conservas de alimentos, aumentado así su importancia en la industria por sé una alternativa a los aditivos sintéticos (Amadio *et al.*, 2011).

El estudio por los aceites esenciales ha despertado gran atención de los investigadores. El cual se convirtió en objetivo de estudio y desarrollo. Por lo tanto, su gran acogida en la industria farmacéutica, cosmética, alimentaria, perfumería entre otras. Consideremos de a la agroindustria, especialmente la agroexportación como un medio que facilita el crecimiento económico de nuestro país por el cual la explotación de

productos no tradicionales. Se tiene conocimiento que el mercado mundial de aceites esenciales, se encuentra en constante crecimiento (Chirinos y Quispe, 2018).

2.3.3. Componentes químicos de los aceites esenciales

La composición química de los aceites esenciales es variable, teniendo en cuenta que en una misma especie la composición cambia. Tengamos en cuenta que se pueden llegar a encontrar en algunos casos más de 50 compuestos químicos en plantas de proporciones altamente considerables. Que llegan a ser tomados en cuenta como componentes importantes de aceites esenciales; dándole mayor importancia cualitativamente. Los aceites esenciales son mezclas complejas donde se encuentran con mayor facilidad (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, esterres y ácidos) (Aguirre y Guitierrez, 2016).

2.3.4. Métodos de extracción

Destilación por arrastre de vapor

Cuando el material a destilar tiene un punto de ebullición elevado, y especialmente cuando puede tener lugar a descomposiciones se emplea destilación directa, puede utilizarse el proceso de destilación por arrastre de vapor. Se hace pasar vapor de agua directamente a través del líquido contenido en el destilador; la solubilidad del vapor de agua en el líquido debe ser muy baja. La destilación por arrastre de vapor es quizá el ejemplo más corriente de destilación diferencial (Coulson y Richardson, 2003).

Es el más antiguo y sencillo método para obtener aceites esenciales es la destilación por arrastre de vapor, lo más fresco posible. Si un líquido es insoluble en agua y tiene una presión de vapor apreciable a la temperatura de ebullición de aquella, puede destilarse arrastrándolo con vapor de agua. Este método permite la máxima del vapor a

través del material vegetal, reduciendo los daños que pueden sufrir los componentes de las esencias extraídas por otros métodos. Los aceites esenciales o simplemente esencia o sustancias volátiles e insolubles en el agua (Lamarque *et al.*, 2008).

En la destilación por arrastre de vapor de aguas se genera por vaporización de agua, del componente volátil de una mezcla formada por este “no volátiles” el cual se logra por la inyección constante de vapor el cual llegara directamente hacia la muestra. Por lo cual su función no es de arrastrarse si no de condensarse formando una fase inmisible que sedera lentamente su calor para destilar (Peredo y Lopez, 2009).

La destilación por arrastre con vapor también se emplea con frecuencia para separar aceites esenciales de tejidos vegetales. Los aceites esenciales son mezclas complejas de hidrocarburos, terpenos, alcoholes, compuestos carbónicos, aldehídos aromáticos y fenoles; se encuentran en las hojas, cascara y semillas de algunas plantas del vegetal, los aceites esenciales están almacenados en glándulas, conductas, secos o simplemente reservorios dentro del vegetal, por el que es conveniente desmenuzar el material para exponer esos reservorios a la acción del vapor de agua (Dominguez y Dominguez, 1990).

Extracción por disolventes

En el método de disolventes volátiles se tendrá una muestra seca y molida se pone en contacto con disolventes orgánicos que pueden ser alcohol o cloroformo y otros. Estos compuestos llegan a solubilizar la esencia, pero también tendremos sustancias como ceras y grasas. El cual nos dará una sustancia impura. Este método se hace a una escala de laboratorio (Martinez, 2001). Algunos solventes utilizados en este método de extracción tienen restricciones por los residuos de pueden dejar. Algunos de los disolventes como el

hexano, ciclo hexano, acetato de metilo y otros; son considerados solventes tóxicos el cual depende del grado de exposición que estemos se verá la gravedad (Ortoño, 2006).

Extracción por fluidos supercríticos

La extracción por el método de fluidos supercríticos se considera una de alta efectividad, pero un proceso más costoso. Ya que trabajamos con las condiciones por encima de la temperatura y presiones críticas. Siempre se utiliza CO₂ por este compuesto se puede llegar a una alta difusividad y baja viscosidad. Con esto tener una alta selectividad y es apropiada para extraer aceites esenciales, pigmentos, antioxidantes, antimicrobianos, etc. (Del Valle y Aguilera, 1999).

2.3.5. Equipo cromatografía de gases

La técnica de cromatográficas es utilizada con fines analíticos, la cromatografía de gases es probablemente la técnica de más amplia utilización; ninguna técnica analítica puede ofrecer su capacidad de separación o su sensibilidad a la hora de analizar compuestos volátiles por otra parte, el hecho de que con esta técnica de mezclas sean separadas en fase gaseosa.

El cromatógrafo agilent 6890N

Está acoplado a un detector selectivo de masas HP 5973 Network (Hewlett Packard). Se utiliza el programa Agilent Chemstation software (MSD) para la integración de los picos y para la evaluación de los espectros de masas. Cuenta también con un sistema de Pirolisis para el análisis de polímeros (pirolizador precalibrado de Pt, CDS Pyroprobe, Py-GC-MS). Con este equipo se puede conseguir la identificación de aglutinates (aceites, proteínas, polisacáridos, ceras), recubrimientos y tratamientos conservativos (resinas naturales y sintéticas). Se utiliza también para el análisis de

aditivos en pinturas, contaminantes en muestras medioambientales y ácidos húmicos en suelos. Es un equipo muy útil para estudios de procesos de alteración de aglutinantes y recubrimientos (Technologies, 2016).

Tipo de inyector

Inyector Splitless:

En la técnica de inyección splitless. La cantidad de la muestra inyectada es dirigida hacia la columna, que se mantiene durante la inyección a una temperatura inferior al punto de ebullición del componente más volátil de la muestra. La totalidad de la muestra inyectada. Logarítmicamente condensada en la cabeza de la columna, actuando en este caso el disolvente condensado en la cabeza de la columna, actuando en este caso como un disolvente (efecto solvente). Transcurrido un tiempo adecuado, se abre el inyector una válvula de purga con el fin de barrer a la atmosfera el disolvente vaporizado que pudiera quedar en el inyector; al mismo tiempo, se comienza un programa de calentamiento de la columna para realizar el análisis (Gases, s.f.).

Otro método de análisis cromatográfico

El estudio frecuente de aceites esenciales de se trata de saber los componentes; los extractos se prepararon con distintos solventes de diferente polaridad con agitación a temperatura ambiente y mediante soxhlet. Donde también se evalúa la acción antimicrobiana por el medio de difusión de placa. Con la separación de estos extractos con mayor de actividad por la forma de cromatografía en capa fina. El cual nos ayudó a saber cuáles son sus grupos funcionales y estructura química (Marca, 2012).

La cromatografía de gases se emplea cuando los componentes de la mezcla problema son volátiles o semivolátiles (aceites esenciales); pero cuando los compuestos

volátiles son poco volátiles o termovolátiles, la técnica separativa suele ser la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). La cromatografía de gases es una técnica comúnmente utilizada en análisis químicos. En esta técnica la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatografía. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte (Lipa, 2014).

2.3.6. Presión de vapor

Se puede colocar un líquido en un recipiente al vacío, de modo que se pueda medir cualquier presión que se desarrolle en el espacio libre sobre el líquido por medio de un manómetro, a temperatura constante. La molécula A está sometida a fuerzas de atracción de todas las moléculas de su alrededor, cuando estas fuerzas actúan por igual en todas las direcciones el efecto neto es cero y no afectan el movimiento de translación de la molécula B las fuerzas de atracción operan de tal manera que atraen a B al seno del líquido. Si la molécula tiene un movimiento de translación que tiene a llevarla al espacio libre a través de la capa de la superficie, la atracción hacia dentro se pone en movimiento, una partícula que tenga una velocidad igual al promedio no podrá escapar el líquido, pero si la velocidad es mayor al promedio puede atravesar la superficie rompiendo las fuerzas presentes en el líquido y pasar espacios libres convirtiéndose en un gas. Un gas en equilibrio con el líquido que lo forma se conoce como vapor. Después de un lapso de tiempo, el número de moléculas que sale de la superficie del líquido es igual al número de moléculas que regresa al líquido, alcanzando un equilibrio dinámico y este solo depende de la temperatura. A mayor temperatura aumenta el número de moléculas que tienen velocidad que la del promedio. Por lo que será mayor el número de moléculas que se evaporen; a temperatura más elevada las moléculas gaseosas se mueven mucho más rápido. Si el recipiente es cerrado, trae como resultado una presión mayor que las moléculas gaseosas ejercen sobre las paredes del recipiente. La presión se mide con un

manómetro en el espacio encima del líquido, a eso se le conoce como presión de vapor del líquido. La presión de vapor del líquido a una cierta temperatura es la presión de vapor en equilibrio con el líquido a esa temperatura (Canales *et al.*, 1999).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES Y EQUIPOS

3.1.1. Materia prima

Hojas frescas de la especie (*Spinacea Oleracea L.*)

Adquiridas en el mercado Unión y Dignidad – Puno. Procedencia de provincia de Arequipa – Perú

Variedad de espinaca utilizada en la investigación

La variedad de la espinaca que se produce en el sur del Perú es la VIROFLAY. Su salud agroambiental es de hojas anchas color verde oscuro de forma aflechada. Muy apta para el transporte, siendo resistente a la amarillez. De hojas lisas que permite su limpieza rápidamente de las hojas. Es una variedad muy antigua. Mencionada en catálogos de todas las firmas de semilleros; este también se les llama gigante de invierno. Una planta muy productiva de excelente calidad la cual siempre se recomienda para su siembra; crecen en gran tamaño a comparación de otras especies (Giaconi y Escaff, 2004).

3.1.2. Insumos

Agua de red publica

Vapor de agua saturado

Red eléctrica de la Universidad Nacional Del Altiplano - Puno

3.1.3. Materiales

Material de acero

Soporte universal

Tijeras (01 unidad).

Bandejas (01 unidad).

Material de vidrio

Buretas

Pera de decantación (volumen 500 mL).

Matraz (volumen 50 mL).

Frascos de color ámbar (3 unidades, capacidad 25 mL).

Vaso precipitado (volumen 100 mL).

Pipeta (capacidad 5 mL).

Material de plástico

Guantes quirúrgicos (01 caja)

Cinta adhesiva (01 unidad)

Marcador (02 unidades)

3.1.4. Equipos

Balanza analítica Electronic Scale HENKEL MOD. BQY600 máxima de 600 g,
precisión 0.0001

Balanza LUXXE SCALES de capacidad de 5 kg graduado 20 g

Extractor de aceites esenciales, Modelo UCDA-2/EV, ELETTRONICA
VENETA

Compresor (MODELO. LVA-65, Potencia 3 HP, Presión 8 bar y 8.8 C.F.M.), del
laboratorio de operaciones y procesos unitarios de la facultad de ingeniería química,
Universidad Nacional del altiplano – Puno.

Generador de vapor. Generador de vapor eléctrico (SC-5000)

3.2. LOCALIZACIÓN

El proyecto se realizó en la Universidad Nacional del Altiplano, en la Facultad de
Ingeniería Química, Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios (LOPU). Se
realizaron los experimentos y por lo tanto es fundamental el monitoreo y la realización
de réplicas.

La materia prima es producida en la Región de Arequipa y fue adquirida en la
ciudad de Puno.

3.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología empleada es, destilación por arrastre de vapor se considera como
el procedimiento a desarrollar desde el punto de vista económico, por lo cual es fácil de
implementar y no requerir de una sofisticada tecnología; En una de sus tres categorías de
destilación: destilación con vapor saturado, destilación con agua y destilación con vapor
seco.

Por lo tanto, se escogió la metodología de destilación por vapor saturado.

Equipo: destilador de arrastre de vapor

Durante nuestro planteamiento inicial del proyecto se sugiere el equipo de destilación para la obtención de aceites esenciales (MOD. UDCA-2/EV). Para el trabajo de grado “extracción de un aceite esencial a partir de la espinaca” que se desarrolló en la Universidad Nacional Del Altiplano Puno en la Facultad de Ingeniería Química. Por lo tanto, este equipo se encuentra en el laboratorio de operaciones y procesos unitarios (LOPU). Con la finalidad de ahorrar tiempo y aprovechar los recursos disponibles.

Métodos de investigación

Método utilizado para el primer objetivo específico: extracción de aceite esencial evaluando optimizado el rendimiento.

El proceso de extracción del aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*) se aplicó la siguiente metodología. La extracción del aceite esencial por el método de arrastre de vapor de agua; donde se llevó acabo en el equipo de destilación discontinua con parámetros del proceso, los cuales se vio el rendimiento por medio del porcentaje de aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*).

Se trabajó con dos distintos pesos de (2 kg – 4kg) con dos distintos tamaños de muestras; cortada a la mitad y picadas. Los cuales fueron utilizados para la extracción del aceite esencial. Con los datos ya obtenidos; con el fin de evaluar la influencia de las variables y la optimización parte del vegetal que depende también de la condición física del vegetal, el rendimiento y los compuestos del aceite obtenido.

Recolección de material vegetal

La planta de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*) fue adquirida en el mercado Unión y Dignidad de la Ciudad de Puno. La cantidad de material recolectado se da en la tabla 1.

Tabla 1: Cantidad de material recolectado.

Lugar de recolección	Mercado Unión y Dignidad
Cantidad Recolectada	64 kg
Total recolectado	64 kg

FUENTE: Elaboración propia.

Por lo tanto, tengamos en cuenta que la recolección de material vegetal la espinaca (*Spinacea Oleracea L.*) será de una sola zona de producción.

La tabla 1 muestra la cantidad recolectada, luego se clasifico y se acondiciono por su estado físico. Por lo cual el material vegetal debe estar fresco para luego poder trabajar con las hojas de espinaca.

Destilación de la materia vegetal

Se realizó la destilación discontinua por arrastre de vapor del material vegetal fresco para la extracción del aceite esencial de la especie en estudio en este caso la espinaca (*Spinacia Oleracea L.*).

Tabla 2: Condiciones del material vegetal para su extracción.

Parte de la planta que se trabajo	Hojas
Estación de recolección de materia vegetal	Invierno

FUENTE: Elaboración propia.

Parámetros de equipo para la extracción del aceite esencial.

La extracción de los aceites esenciales se llevó acabo en un equipo de destilación discontinua con parámetros del proceso de extracción similares, para evitar distorsiones

del rendimiento esperado y disminuir la incertidumbre, de acuerdo a la siguiente tabla 3 la cual especifican los parámetros de funcionamiento del caldero.

Tabla 3: Condiciones de operación del caldero.

Tiempo de funcionamiento del caldero	50 – 60 min
Presión (bar)	4
Análisis de dureza del agua del caldero	Agua Blanda
Funcionamiento del ablandador	Si
Funcionamiento de la resistencia	Si
Funcionamiento de la bomba	Si
Caudal de vapor (kg/h)	4
Caudal de agua del condensador (L/h)	140 - 150
Temperatura del calderín (°C)	87.5
Temperatura de entrada del agua de enfriamiento (°C)	25 – 30
Temperatura de salida del agua de enfriamiento (°C)	40 – 45

FUENTE: Araujo (2018).

La cantidad de material vegetal total que se trabajó 64 kg con pesos de trabajo las distintas extracciones de (2 kg – 4 kg). Hojas picadas y también hojas cortadas a la mitad de las hojas de espinaca (*Spinacea Oleracea* L.) de la variedad Viroflay. El cual fueron utilizadas para los (08 tratamientos con 3 repeticiones). Para poder obtener datos de productividad; con el fin de evaluar la influencia de las variables, parte del vegetal y condición física del material vegetal, en la optimización del rendimiento y la caracterización cromatografía.

Proceso de extracción de aceites esenciales

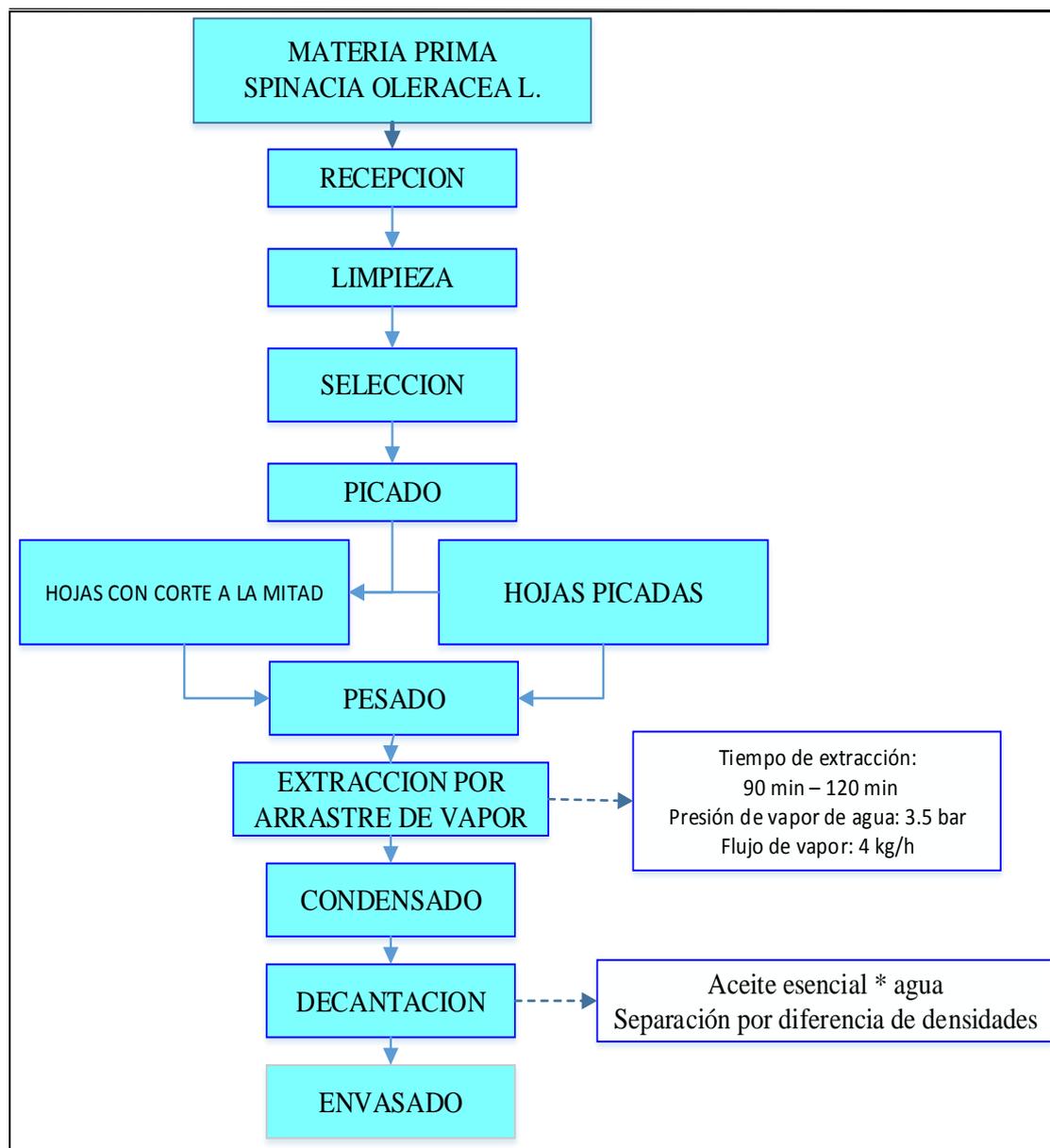


Figura 3: Diagrama de flujo del proceso de extracción.

Recepción

La materia vegetal utilizada para la extracción del aceite esencial, serán hojas frescas de la especie (*Spinacia Oleracea L.*), que fueron recolectadas del Mercado Unión Y Dignidad de la Ciudad de Puno, en total se recolecto 64 kg de hojas de la especie

(*Spinacia Oleracea L.*). En este caso las espinacas adquiridas son de un solo productor, procurando que sea de la misma variedad para los sucesivos ensayos.

Limpieza

Algunas de las hojas de espinaca están en mal estado por lo tanto se les limpia o desecha tengamos en cuenta que deben tener buenas condiciones y una buena apariencia. Si tienen restos de tierra deben ser limpiadas a más detalle ya que si son arrastradas por el vapor de agua podrían contaminar el producto final disminuyendo su pureza.

Selección

Luego de la recolección general de hojas se procederá a la selección por separado, buscando un buen estado físico de la materia vegetal o planta, lo cual no puede presentar ningún daño físico. La hoja con mal estado físico será desechada.

Acondicionamiento de la materia vegetal o picado

Una vez seleccionada la materia vegetal, se procederá al acondicionamiento físico, para la cual a las hojas se les dividirá en dos grupos, a un grupo se le someterá al corte de dos tipos de tamaño:

- Primero hoja picada
- Segunda hoja cortada a la mitad

Lo cual fue utilizado una tijera de metal para hacer este acondicionamiento de la materia vegetal. Para poder realizar el respectivo acondicionamiento.

Pesado

Las hojas se pesarán obteniendo el peso para 08 tratamientos, luego cada pesado serán introducido a la cámara de extracción discontinuo, fijándose el lecho vegetal.

Lo cual trabajamos con dos pesos de 2 kg – 4 kg respectivamente.

Extracción

Una vez establecido el lecho con el material vegetal, el equipo extractor será programado con parámetros antes mencionados.

Decantación

Para la decantación se utilizó como refrigerante agua potable de red pública a temperatura ambiente (como parte del equipo extractor). Culminado el tiempo de extracción en el equipo extracción. El aceite recolectado será colocado en una pera de decantación pasando un tiempo aproximado de 4 minutos.

Envasado

El aceite esencial obtenido se envaso en frasco de vidrio de color ámbar, luego se almacenará bajo condiciones de refrigeración (4°C - 5°C), para ser posteriormente sometidos al análisis cromatográfico y evaluaciones correspondientes.

Determinación de propiedades físicas

Preparación de las muestras para sus análisis.

Los aceites esenciales que se obtuvieron serán separados por decantación con la finalidad de sacar el agua de residuo para posterior análisis. Se tomaron muestras para el análisis cromatográfico.

Con la finalidad de evaluar el rendimiento del aceite esencial, se aplica la siguiente metodología la cual, en tomar como referencia, el peso (g) del aceite esencial extraído sobre la cantidad del material (g), haciendo uso de la balanza analítica.

Con la finalidad de tener como resultado que tanto aceite esencial se extrajo de las hojas de espinaca.

Mediante la siguiente fórmula matemática tendremos los siguientes valores obtenidos: donde:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{W_2}{W_1} * 100$$

W_1 : peso en gramos de materia vegetal sometido a extracción

W_2 : peso en gramos del aceite esencial extraído.

Diseño experimental 2³

El estudio del porcentaje de aceite esencial y la variación relativa de las propiedades del aceite esencial de *Spinacia Oleracea L.*, se realizaron con tres repeticiones en cada tratamiento. Las variables y niveles a utilizar con las que se indican a continuación: con el diseño factorial de 2³, con la variable dependiente rendimiento aceite esencial obtenido, las variables de estudio que se dieron temperatura, tiempo y peso. El proceso se realizó con 3 variables, 8 extracciones y cada extracción con 3 repeticiones.

Se realizaron los análisis cromatografía de gases acoplada espectrofotometría de masas para saber la composición química del aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*) obtenido por extracción de arrastre de vapor.

Los factores de cantidad de materia prima que se puso como rango de 2 kg – 4 kg de muestra; las diferencias de temperatura que se trabajó de 80 °C – 87,3 °C y trabajando con tiempos de 90 min – 120 min. Tengamos en cuenta que también se la mitad.

Diseño Experimental

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (BC)_{jk} + (AC)_{ik} + (ABC)_{ijk} + E_{ijk}$$

Donde:

Y: Variable de respuesta de la i, j, k – esima unidad de muestra experimental.

U: Efecto de la media general.

A: Efecto del i – esimo Temperatura.

B: Efecto del j – esimo Tiempo.

C: Efecto del k – esimo Cantidad de espinaca.

AB ij: Efecto de la interacción localidad de Temperatura – Tiempo.

AC ik: Efecto de la interacción localidad de Temperatura – Cantidad de espinaca.

BC jk: Efecto de la interacción de Tiempo – Cantidad de espinaca.

ABC ijk: Efecto de la interacción localidad de Temperatura – Tiempo – Cantidad de espinaca.

E ijk: Efecto de error experimental.

Los datos obtenidos son analizados posteriormente con el análisis de varianza (ANOVA) desarrollado para determinar la existencia de diferencias en el porcentaje de

rendimiento y en las características fisicoquímicas de los aceites esenciales extraídos, con respecto a las variables independientes.

Tabla 4: Matriz de diseño experimental para el desarrollo de experimentos.

N°	Diseño	Combinación de Niveles			Matriz de Diseño		
		A	B	C	X1	X2	X3
1	1	N1	N2	N3	-1	-1	-1
2	A	M1	N2	N3	1	-1	-1
3	B	N1	M2	N3	-1	1	-1
4	AB	M1	M2	N3	1	1	-1
5	C	N1	N2	M3	-1	-1	1
6	AC	M1	N2	M3	1	-1	1
7	BC	N1	M2	M3	-1	1	1
8	ABC	M1	M2	M3	1	1	1

FUENTE: Quispe (2017).

Donde:

N1: Temperatura de trabajo 80 °C.

M1: Temperatura de trabajo 87,3 °C.

N2: Tiempo de trabajo 90 minutos.

M2: Tiempo de trabajo 120 minutos.

N3: Peso 2000 g.

M3: Peso 4000 g.

Caracterización cromatografía

La caracterización cromatografía del aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*). Se aplicó la siguiente metodología que es la técnica cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas (GC/MS).

Muchos de los compuestos químicos característicos de los aceites esenciales se elegirán por medio de los análisis químicos por (GC/MS) que son los distintos compuestos que son: Ácido ascórbico, Ácido ferúlico, Ácido cafeico, Ácido beta-cumarico y carotenos.

Con los resultados obtenidos de análisis cromatográfico podremos hacer una interpretación de todos los compuestos químicos que contienen con una precisión de un porcentaje mayor de 90% de coincidencia de la base de datos NISTIL L. El cual será interpretado gracias a los resultados que serán dados en picómetros o miligramos. El método el cual utilizamos para el análisis utilizado (GC/MS), nos permitirá identificar con una mayor precisión los compuestos presentes en el AE de la espinaca (*Spinacia Oleracea L.*).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ESPINACA DE LAS HOJAS FRESCAS EVALUANDO EL RENDIMIENTO

Tabla 5: Resultados de las variables obtenidas de la extracción.

Tamaño de partícula	Variables			Repeticiones		
	A	B	C	Primer ensayo o repetición	Segundo ensayo o repetición (g)	Tercer ensayo o repetición (g)
	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Peso (g)	(g)		
Hoja cortada a la mitad	80	90	2000	0,39	0,37	0,39
	87,3	90	2000	0,47	0,49	0,46
Hoja picada	80	120	2000	0,45	0,47	0,46
	87,3	120	2000	0,46	0,49	0,46
Hoja cortada a la mitad	80	90	4000	0,73	0,86	0,82
	87,3	90	4000	1,28	1,16	1,2
Hoja picada	80	120	4000	1,08	1,05	1,06
	87,3	120	4000	0,73	0,780	0,75

FUENTE: Elaboración propia.

Observación: se trabajó con hoja cortada a la mitad y hoja picada, pero no se considera para el estudio del diseño experimental.

En la tabla 5 se muestran los resultados del diseño establecido en el proceso de extracción del aceite esencial. Con las 3 variables, con 8 extracciones y cada extracción con sus 3 repeticiones correspondientes. Estos resultados obtenidos en cada extracción en un valor de gramos de aceite teniendo en cuenta los valores establecidos

En la Tabla 6 se muestran los resultados generales del rendimiento del aceite esencial de espinaca en función del rendimiento (%) de la especie en estudio *Spinacia Oleracea L.* para el caso de las hojas cortadas a la mitad y hojas picadas.

De acuerdo al diseño experimental planteado se realizaron 08 tratamientos con sus 3 repeticiones respectivas, obteniendo así 24 datos experimentales de la tabla 6.

Tabla 6: Resultados de rendimiento (%) de aceite esencial de hojas cortadas a la mitad y hojas picadas de la especie *Spinacia Oleracea L.*

VARIABLES		RENDIMIENTO			
		PRIMER ENSAYO (%)	SEGUNDO ENSAYO (%)	TERCER ENSAYO (%)	
Especie (<i>Spinacia Oleracea L.</i>)	2000 g	Hojas cortadas a la mitad	0,0195	0,0185	0,0195
			0,0235	0,0245	0,023
		Hojas picadas	0,0225	0,0235	0,023
			0,023	0,0245	0,023
	4000 g	Hojas cortadas a la mitad	0,0183	0,0215	0,0205
			0,032	0,029	0,03
	Hojas picadas	0,0270	0,0263	0,0265	
		0,0185	0,0195	0,0188	

FUENTE: Elaboración propia.

En el presente trabajo de la tabla 6 se muestra los rendimientos de las 8 extracciones con sus 3 repeticiones, dando a conocer los valores mal altos de las 8 extracciones son;

En la primera corrida con los siguientes parámetros de 2 kilogramos de hojas cortadas a la mitad frescas de la especie (*Spinacia Oleracea L.*) extraídas durante 90 minutos y una temperatura de 80 °C, se obtuvo 0,39 g de aceite esencial equivalente a un rendimiento del 0,0195% peso a peso (P/P), en cambio en la segunda corrida con el mismo peso de 2 kilogramos de hojas cortadas a la mitad frescas de la especie (*Spinacia Oleracea L.*) extraídas, durante 90 minutos y una temperatura de 87,3 °C, se obtuvo 0,49 g de aceite esencial equivalentes a un rendimiento del 0,0245% peso a peso (P/P).

En la tercera corrida con los siguientes parámetros de 2 kilogramos de hojas picadas frescas de la especie (*Spinacia Oleracea L.*) extraídas durante 120 minutos y una temperatura de 80 °C, se obtuvo 0,47 g de aceite esencial equivalente a un rendimiento del 0,0235% peso a peso (P/P). En cambio, en la cuarta corrida con el mismo peso de 2 kilogramos de hojas picadas a la mitad frescas de la especie (*Spinacia Oleracea L.*) extraídas durante 120 minutos y una temperatura de 87,3 °C, se obtuvo 0,49 g de aceite esencial equivalente a un rendimiento del 0,0245% peso a peso (P/P).

En la quinta corrida con los siguientes parámetros 4 kilogramos de hojas cortadas a la mitad frescas de la especie (*Spinacia Oleracea L.*) extraídas, durante 90 minutos y una temperatura de 80 °C, se obtuvo 0,86 g de aceite esencial equivalentes a un rendimiento del 0,0215% peso a peso (P/P). En cambio, en la sexta corrida con el mismo peso de 4 kilogramos de hojas cortadas a la mitad frescas de la especie (*Spinacia Oleracea L.*) extraídas, durante 90 minutos y una temperatura de 87,3°C, se obtuvo 1,28 g de aceite esencial equivalente a un rendimiento del 0,032% peso a peso (P/P).

En la séptima corrida con los siguientes parámetros 4 kilogramos de hojas picadas frescas de la especie (*Spinacia Oleracea L.*) extraídas, durante 120 minutos y una temperatura de 80 °C, se obtuvo 1,08 g de aceite esencial equivalentes a un rendimiento del 0,0270% peso a peso (P/P). En cambio, en la octava corrida con el mismo peso de 4 kilogramos de hojas picadas frescas de la especie (*Spinacia Oleracea L.*) extraídas, durante 120 minutos y una temperatura de 87,3 °C, se obtuvo 0,780 g de aceite esencial equivalente a un rendimiento del 0,0195% peso a peso (P/P).

Los rendimientos más altos (0,0235% – 0,0245%) que fueron trabajada con hojas de (*Spinacia Oleracea L.*) picadas y un peso de 2 kg de muestra; otro rendimiento alto es

(0,0320% - 0,0270%) que fueron de hojas picadas de (*Spinacia Oleracea L.*) y de un peso de 4kg.

Los rendimientos más bajos (0,0195% - 0.0185%) que fueron de hojas picadas (*Spinacia Oleracea L.*) y un peso de 2kg; otro rendimiento bajo es (0,0183% – 0,0180%) de hoja cortada a la mitad con un peso de 4kg.

La cantidad de muestra o compactación de la masa dentro del equipo no debe ser tanta cantidad, para que el vapor saturado pueda tener mayor fluido en tránsito. Por lo que mayor rendimiento de las extracciones de aceites esenciales es de las hojas picadas.

En sus estudios Acan y Pilataxi (2014) el rendimiento de la extracción del aceite esencial de espinaca que obtuvieron es de 0,15% con un porcentaje alto al de esta investigación, ya que se diferenciaron las temperaturas usa fue de 92° C y un tiempo estimado de 90 minutos. Y un poder calorífico del equipo de extracción mayor de 6 830 Kcal/kg.

Comparando los resultados obtenidos y teniendo en cuenta fueron 0,0245 % y 0,0320% de la extracción del aceite esencial de espinaca realizada en el presente trabajo de investigación;

Según Quispe (2018) se debe considerar que se debe hacer a baja presión ya que no habrá descomposición de la materia prima; teniendo en cuenta que el valor de trabajo del equipo extractor de aceites esenciales trabaja en un rango de 3,5 y 4 bar. Por lo cual nuestra presión de trabajo fue de 3,5 corroborando así una presión óptima de trabajo

4.2. RESULTADOS DE LA VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA EXTRACCION DEL ACEITE ESENCIAL DE ESPINACA (*SPINACIA OLERACEA L.*)

4.2.1. Resultados del comportamiento de la extracción de acuerdo al rendimiento en función al tiempo

Para determinar el comportamiento en el proceso de extracción de los aceites esenciales, se realizaron pruebas cuantificando la cantidad de aceite esencial extraído durante 90 minutos y 120 minutos.

Los resultados de la tabla 7 son los resultados promedio de la tabla 6.

Tabla 7: Resultados del rendimiento promedio del aceite esencial de espinaca.

Repeticiones	Rendimiento promedio (%)
1	0,0195
2	0,0237
3	0,0230
4	0,0235
5	0,0201
6	0,0303
7	0,0266
8	0,0188

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla 7 podemos observar los rendimientos no se mantienen constantes ya que estas variables no son muy estables por las distintas condiciones de trabajo. En el equipo de extracción por arrastre de vapor. Dando los resultados de las 8 extracciones con resultados de los rendimientos promedio.

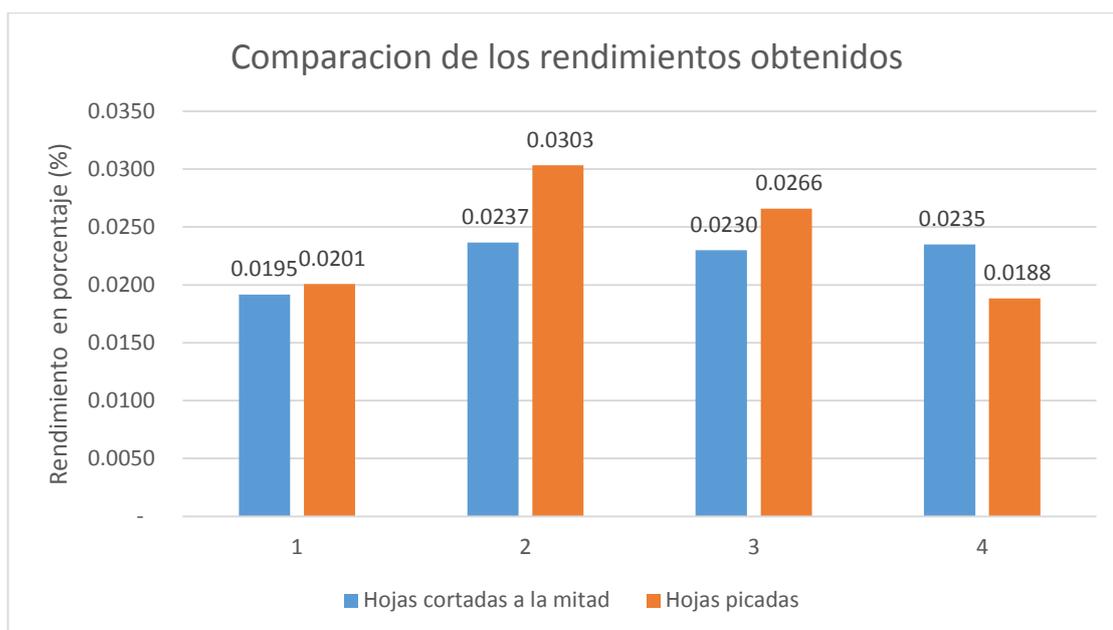


Figura 4: Comparación del rendimiento del aceite esencial en la extracción.

FUENTE: Elaboración propia.

La figura 4 nos muestra las comparaciones de los rendimientos promedios obtenidos de la extracción del aceite esencial de espinaca.

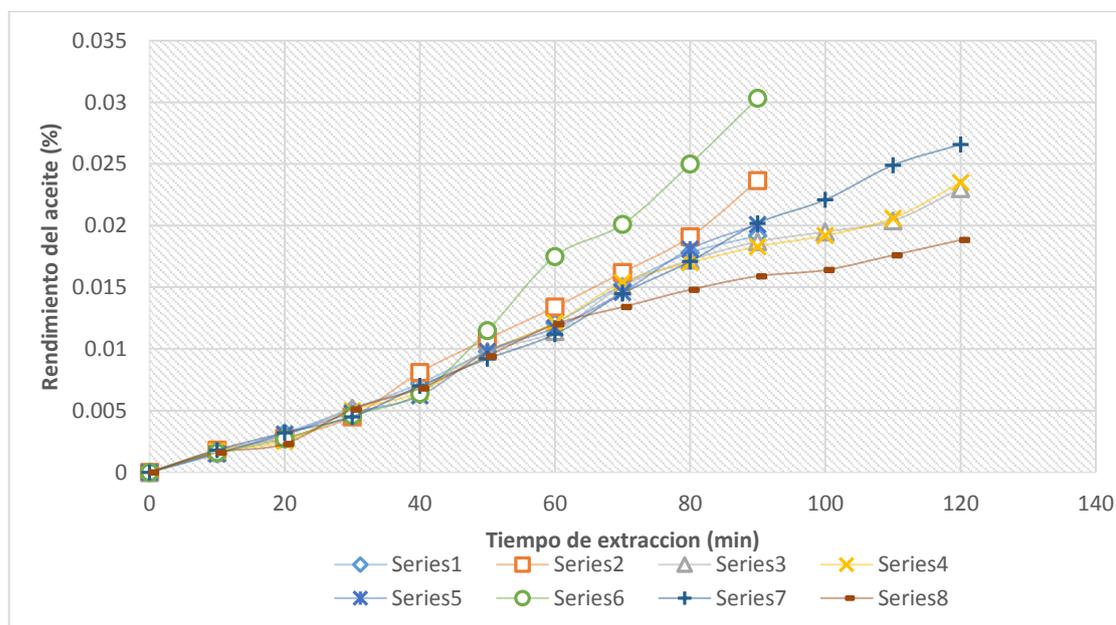


Figura 5: Comportamiento de la extracción del aceite esencial de espinaca (g) obtenidos por arrastre de vapor en función del tiempo (min).

FUENTE: Elaboración propia.

En la Figura 5 se muestra el cómo aumenta el rendimiento de la extracción del aceite esencial por cada repetición promedio que se dio en la tabla 6. Como va aumentando la cantidad de aceite en función al tiempo.

En la figura 5 se observa que los tiempos de trabajos que fueron sometidos las extracciones para las muestras a la mitad y muestra picada en aproximadamente de 90 minutos y 120 minutos, esto es una unidad ya se ahorra energía y todo lo que ello implica, lo cual nos demuestra que el tiempo óptimo de extracción es de 90 minutos.

Según los análisis estadísticos obtenidos, la optimización de respuesta será.

Optimizar Rendimiento

Meta: maximizar rendimiento

Valor óptimo = 0.0285583

Tabla 8: Valores óptimos de extracción de aceite esencial.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura (°C)	80.0	87.3	87.3
Tiempo (min)	90.0	120.0	90.0
Peso (g)	2000.0	4000.0	4000.0

FUENTE: STATIGRAFICS Centurion XVI Versión 16.1.030.

Los resultados de la tabla 8 son datos que nos dio el paquete estadístico mediante el algoritmo de aproximación nos sugiere una optimización la cual se muestra en la tabla 8 la cual nos dará el gráfico de superficie de respuesta.

La tabla 8 demuestra las variables de niveles combinados de los factores, por lo cual maximiza el rendimiento sobre la región indicada. Con estos valores se optimiza la

extracción del aceite esencial de espinaca. Por lo tanto, se llevó a cabo la optimización del proceso de extracción.

Superficie de respuesta

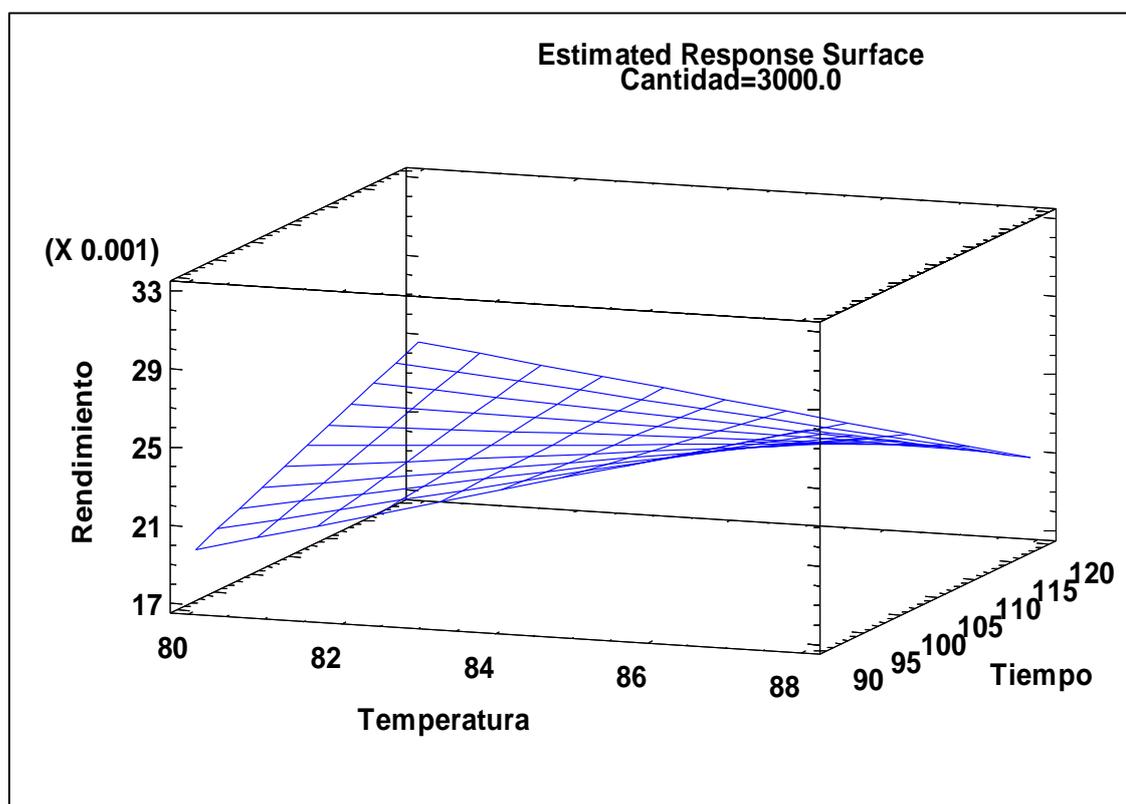


Figura 6: Superficie de respuesta estimada.

FUENTE: Salida STATGRAPHICS Centurión XVI Versión 16.1.03.

En la figura 6 se muestra la superficie de respuesta estimada es de 3000 g, el rendimiento de extracción es de 0,0285583 % considerando las variables óptimas como la temperatura de 87.3 °C y tiempo de extracción 90 minutos

4.2.2. Evaluación estadística del rendimiento del aceite esencial de espinaca (*Spinacea Oleracea L.*).

Para la obtención de los datos respecto al rendimiento del aceite esencial. Se utilizó el diseño factorial A*B*C ($2^3 = 8$ tratamientos), con tres repeticiones cada

tratamiento, para poder tener como respuesta el rendimiento del aceite esencial de espinaca.

Los resultados se presentarán en la siguiente tabla. Dando los datos correspondientes al rendimiento obtenido de la extracción del aceite esencial de cada uno de los tratamientos.

Análisis de varianza

Los valores numéricos que intervinieron en el proceso de extracción del aceite esencial de espinaca que son presentados en la siguiente tabla, estos valores provienen entre la diferencia del peso de muestra del aceite esencial entre el peso de muestra inicial de materia vegetal, cada tratamiento tiene sus tres respectivas repeticiones por cada valor experimental extraído de aceite esencial; los datos obtenidos nos ayudan a ser la tabla ANOVA.

Tabla 9: Datos para el diseño factorial en el proceso de extracción del aceite esencial.

	N°	A	B	C	% RENDIMIENTO		
		Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Peso (g)			
Hojas cortadas a la mitad	1	80	90	2000	0,0195	0,0185	0,0195
	2	87,3	90	2000	0,0235	0,0245	0,023
Hojas picadas	3	80	120	2000	0,0225	0,0235	0,023
	4	87,3	120	2000	0,023	0,0245	0,023
Hojas cortadas a la mitad	5	80	90	4000	0,0183	0,0215	0,0205
	6	87,3	90	4000	0,032	0,029	0,03
Hojas picadas	7	80	120	4000	0,027	0,0263	0,0265
	8	87,3	120	4000	0,0185	0,0195	0,0188

FUENTE: Elaboración propia.

4.2.3. Diseño Experimental Factorial 2³

El diseño experimental factorial 2³ es un diseño bifactorial con replicaciones; para nuestro diseño experimental, para poder estudiar como los parámetros establecidos nos ayudan al cambio de temperatura, de tiempo o la peso de materia vegetal afectaran en el rendimiento de una extracción de aceite esencial. Con el programa STATIGRAFICS Centurion XVI Versión 16.1.03 se pudo realizar todos los siguientes cálculos de la tabla 9.

Tabla 10: Análisis de varianza para rendimiento – extracción de aceite esencial.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: temperatura	0.0000220417	1	0.0000220417	3.28	0.0902
B: tiempo	6.66667E-7	1	6.66667E-7	0.10	0.7571
C: cantidad	0.0000123267	1	0.0000123267	1.83	0.1957
AB	0.0001815	1	0.0001815	27.01	0.0001
AC	0.0000041666	1	0.0000041667	0.62	0.4433
BC	0.0000350417	1	0.0000350417	5.21	0.0374
Bloques	7.825E-7	2	3.9125E-7	0.06	0.9437
Error total	0.000100799	15	0.0000067194		
Total (corr.)	0.000357325	23	0.0000220417		

FUENTE: Análisis de varianza calculada por el programa STATIGRAFICS Centurion XVI Versión 16.1.03.

$$R\text{-cuadrada} = 71.7906\%$$

$$R\text{-cuadrada (ajustada por g.l.)} = 56.7456 \%$$

$$\text{Error estándar del est.} = 0.00259229$$

$$\text{Error absoluto medio} = 0.001875$$

$$\text{Estadístico Durbin-Watson} = 2.81857 (P=0.9230)$$

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.448222

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de rendimiento en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 2 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 71.7906% de la variabilidad en rendimiento. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 56.7456%. El error estándar del estimado muestra la desviación estándar de los residuos es 0.001875. El error medio absoluto (MAE) de 0.004 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

Según la tabla 10 análisis de varianza para el rendimiento podemos observar los valores que nos da el programa para la simulación los valores como los resultados de un buen rendimiento en el proceso de la extracción.

El StatAdvisor

La tabla 12 muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza el rendimiento sobre la región indicada. Observando el cuadro de valores óptimos nos indicará cuáles son los valores sobre los cuales se llevará a cabo la optimización los cuales nos establecen cuáles son los valores altos y bajos. Estableciéndonos ya niveles a los

siguientes valores: La temperatura óptima es 87,3°C, Tiempo 90 min y Cantidad 4000 g.

Bajo estas condiciones se obtiene rendimiento de 0,0285583%.

Diagrama de pareto

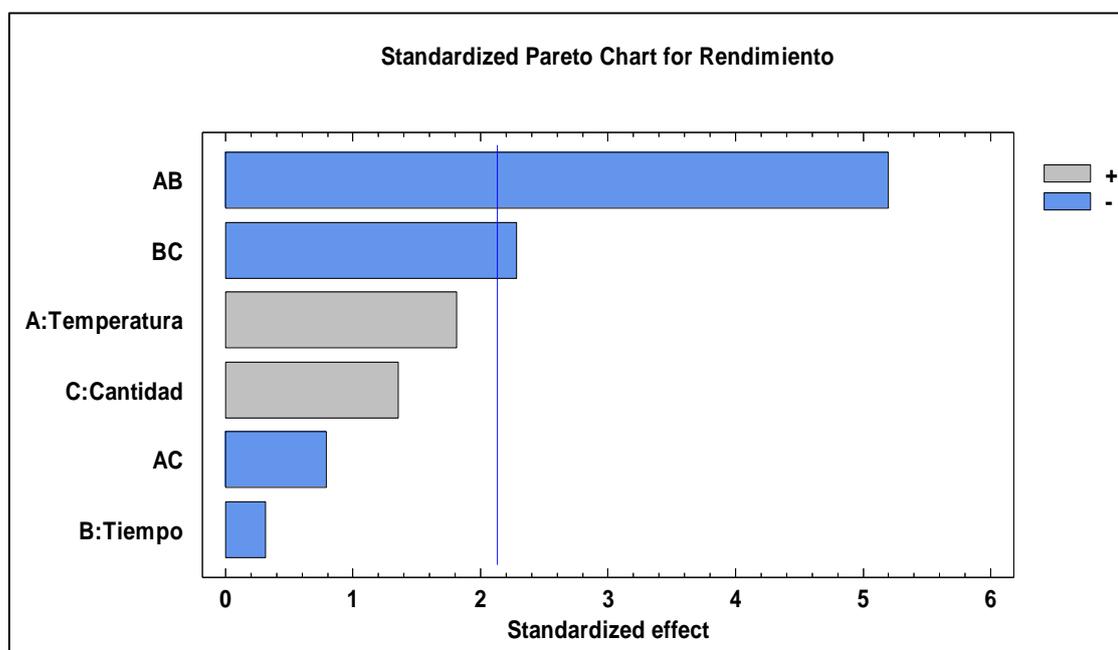


Figura 7: Diagrama de pareto estandarizada para rendimiento.

FUENTE: Salida STATGRAPHICS Centurión XVI Versión 16.1.03.

El diagrama de Pareto se observa la influencia de los factores sobre la extracción del aceite extraído de espinaca. La variable más significativa es la cantidad de espinaca AB a mayor temperatura, será menor el tiempo del proceso de extracción del aceite esencial de espinaca. Seguido de la interacción BC a mayor volumen de muestra menor tiempo de extracción. La interacción AC con respecto a la cantidad tiempo; mientras más cantidad de hojas de espinaca sean sometidas a extracción con altas temperaturas mejor será el rendimiento.

Para realizar los análisis de los datos se tomó el análisis de varianza (ANOVA) de 03 factores (A: factor temperatura, B: Factor variedad del tiempo, C: Factor peso que se le da a la materia prima). Para el análisis se confirmaron los resultados de las muestras

que se ven influidas por la variación de los factores, es decir, se analizó la acción simultánea de los tres factores sobre las respuestas.

Coefficientes de regresión y modelo matemático

Tabla 11: Coeficiente de regresión para rendimiento - Extracción de aceite esencial de espinaca.

Coeficiente	Estimado
Constante	-0.494961
A: temperatura	0.005879
B: tiempo	0.00443215
C: peso	0.0000187241
AB	-0.0000502283
AC	-1.14155E-7
BC	-8.05556E-8

FUENTE: Coeficiente de regresión calculada por el programa STATIGRAFICS Centurion XVI Versión 16.1.03.

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Rendimiento} = -0.494961 + 0.005879 * \text{Temperatura} + 0.00443215 * \text{Tiempo} + 0.0000187241 * \text{Peso} - 0.0000502283 * \text{Temperatura} * \text{Tiempo} - 1.14155E-7 * \text{Temperatura} * \text{Peso} - 8.05556E-8 * \text{Tiempo} * \text{Peso}$$

En donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Para hacer que el programa STATIGRAFICS Centurion XVI Versión 16.1.03 evalúe esta función, seleccione Predicciones de la lista de Opciones Tabulares. Para graficar la función, seleccione Gráficas de Respuesta de la lista de Opciones Gráficas.

Tabla 12: Resultados del análisis de varianza.

Factores	Rango
A: Temperatura (°C)	80 – 87,3
B: Tiempo (min)	90 – 120
C: Peso (g)	2000 – 4000

A: factor temperatura, B: Factor variedad del tiempo, C: Factor peso.

FUENTE: Salida STATGRAPHICS Centurión XVI Versión 16.1.03.

En la siguiente figura 8 se muestra los resultados de aceite esencial extraído de los ensayos realizados

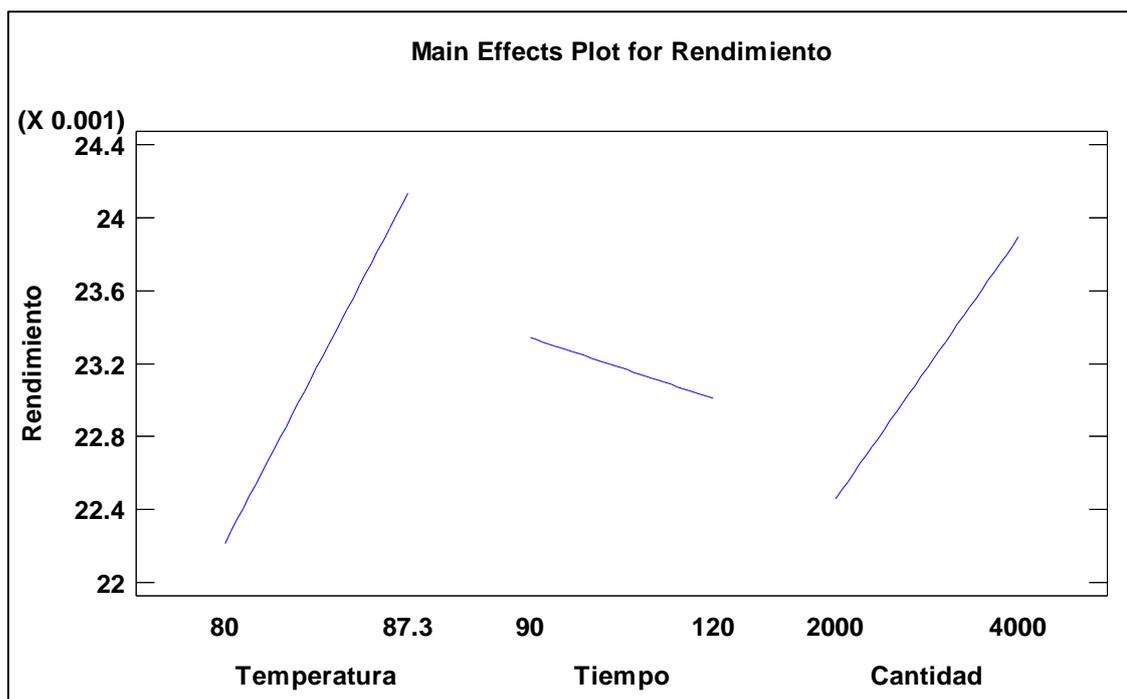


Figura 8: Efectos principales para rendimiento del aceite esencial de espinaca.

FUENTE: Salida STATGRAPHICS Centurión XVI Versión 16.1.03.

Según la figura 8 de los parámetros establecidos, en el factor temperatura al ser una línea creciente nos indica que el aumento de la temperatura debe ser mayor para poder llegar a un valor optimo esto se lograra cuando se convierta en una línea descendente; de

igual manera el factor tiempo si está en una línea descendente que nos recomienda disminuir el tiempo de extracción y el factor peso es muy significativo ya que a mayor volumen de materia prima mayor será el rendimiento.

- Con respecto la temperatura a mayor temperatura incrementara el rendimiento.
- Con respecto al tiempo menor tiempo mayor rendimiento.
- Con respecto al peso; a mayor cantidad de peso se incrementará el rendimiento.

4.3. RESULTADOS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA POR CROMATOGRAFÍA DE GASES DEL ACEITE ESENCIAL DE ESPINACA (*SPINACIA OLERACEA L.*)

Los resultados obtenidos gracias a los análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas (GC/MS), del aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*). Se realizaron en el Laboratorio De Cromatografía Y Espectrofotometría – Pabellón de control de calidad de la Universidad Nacional De San Antonio De Abad – del departamento de cusco.

Las condiciones de los análisis de la cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas fueron:

Cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas (agilent technologies 5975B inert XL EI/CI MSD).

Columna capilar de sílice fundida HP-5MS de metros por 0,25 mm recubierto con una fase estacionaria de 5% fenil metil siloxano de 1,0 μ de espesor.

El gas utilizado para el proceso de arrastre es el helio de 1,0 ml/min.

La temperatura del horno para el análisis fue programada 60 °C hasta llegar a 240

°C

Inyección “Splitless”

Muestra inyectada: Puro

Tiempo de Análisis: 37 min

Tabla 13: Resultados de los análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas del aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*).

TIEMPO DE RETENCION (RT)	COMPUESTO LIBRERÍA NIST 11 (CL)	COINCIDENCIA (C) %	CONTENIDO RELATIVO (CR) %
17,722	Alcohol laurílico	90	2,60
18,800	Ftalato de dietilo	90	2,39
22,154	Acido 2-propenoico, éster tridecil	91	2,08
27,613	Ácido hexadecanoico, éster metílico	93	1,18
28,255	Acido n-hexadecanoico	94	5,90
28,941	Ácido hexadecanoico, éster etílico	93	3,18
31,994	Ácido octadecanoico	97	1,10
36,045	Ácido hexanodioico, bis (2-etilhexil)	91	64,62

FUENTE: Análisis realizado en el laboratorio de cromatografía de gases y espectrofotometría de masas realizado en el laboratorio de control de calidad de la universidad nacional de san antonio abad de cusco.

En la tabla 13 se puede observar que los componentes encontrados del aceite esencial del aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*) son: Ácido hexanodioico, bis (2-etilhexil) (64,62%), ácido n-hexadecanoico (5,90%), ácido hexadecanoico, éster etílico (3,18%), alcohol laurílico (2,60%), ftalato de dietilo (2,39%), ácido 2-propenoico, éster tridecil (2,08%), ácido hexadecanoico, éster metílico (1,18%) y ácido octadecanoico (1,10%).

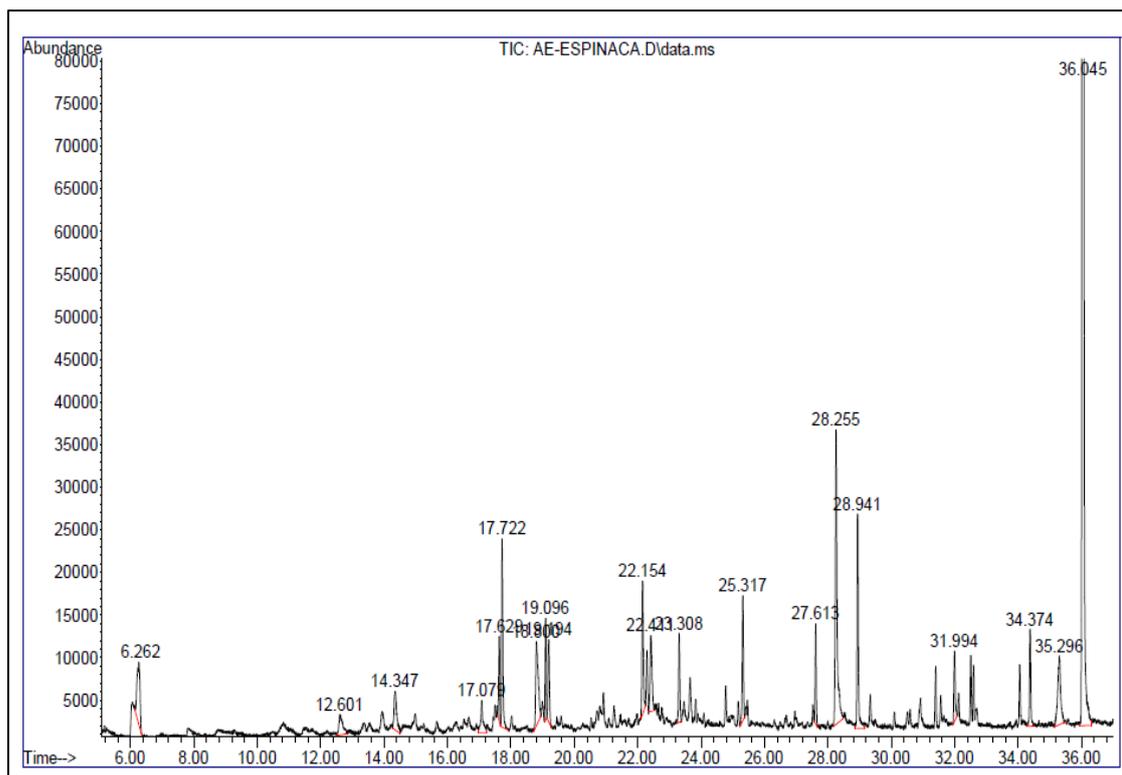


Figura 9: cromatografía del aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*).

FUENTE: Cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas (agilent technologies 5975B inert XL EI/CI MSD).

En el grafico anterior se puede ver cuáles fueron los componentes químicos que más resaltaron con las cantidades que resaltaron según la muestra con mayor cantidad encontrado.

Teniendo en cuenta los puntos de vista de otras tesis podemos decir Rosas Mamani (2015) en la mayoría de aceites esenciales se encontró alcoholes y Ester que nos salieron en los resultados como compuestos mayoritarios que obtuvieron gracias a las hojas de espinaca.

Le daremos mayor importancia a un compuesto en especial que es el ácido laurico; ya que este compuesto tiene usos en muchas industrias como la son: aditivos de polímeros, perseverantes de alimentos sello KOSHO, y cosmetología. Tengamos en cuenta que según (Amadio *et al.*, 2011) que unos de los usos de en la industria de los alimentos son compuesto para preservar los alimentos.

Según él E.E.U.U. (1996) el ftalato de diételo es un compuesto usado para la industria cosméticos, insecticidas y aspirina. Pero el uso mayor de este compuesto usado para dar flexibilidad al plástico.

El hexanedioic acid o también llamado ácido adípico; es un compuesto químico utilizado para reticulado de emulsiones basadas en agua, y para el procesamiento de fibras. Puede ser también usada de fibras.

Según Aparna *et al.* (2012) el ácido n-hexadecanoico. Puede ayudar en el díselo de inhibidores específicos de la fosofolipasa A2 como agentes. Y por su propiedad antiinflamatoria.

Según F. *et al.* (2000) el ethyl ester son esterres etílicos de ácidos grasos. Los esterres etílicos son ácidos grasos que se forman mediante una esterificación mediada por enzimas de etanol. Según (Aguirre y Guitierrez, 2016). Las composiciones químicas de los aceites esenciales siempre tienen componentes éster; pero que todo varía a la proporción de compuestos químicos que encontremos.

Tengamos en cuenta que según Lipa (2014) el uso del análisis por cromatografía de gases se emplea cuando los componentes químicos del aceite esencial de espinaca son volátiles o son semivolátiles. Considerando que el aceite esencial de espinaca es semivolátiles. El cual género que si es correcto este argumento.

4.4. RESULTADOS DE EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ESPINACA (SPINACEA OLERACEA L.) POR ARRASTRE DE VAPOR

Tabla 14: Extracción óptima del aceite esencial de espinaca.

Temperatura	Tiempo	Peso	Rendimiento
87.3	90	4000	0.029

FUENTE: Elaboración propia.

Los valores donde se comprueba de los resultados óptimos de la extracción corroborando que se mejora el rendimiento de extracción.

Resultados del balance de materia

Balance de materia en el equipo de arrastre de vapor de agua.

Balance de materia para el generador:

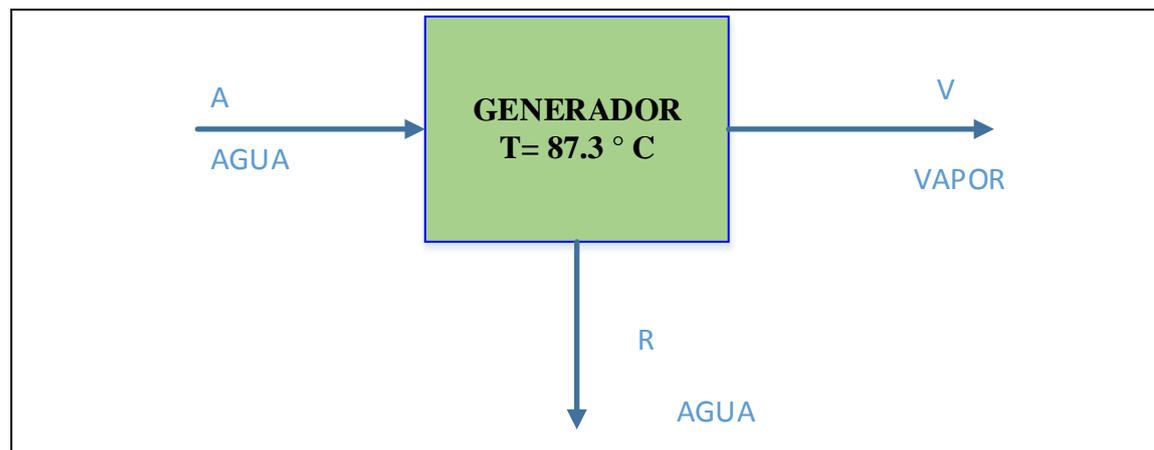


Figura 10: Diagrama del generador.

FUENTE: Elaboración propia.

Realizando el balance:

$$\left(\begin{array}{c} \text{volumen} \\ \text{inicial del agua} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{volumen} \\ \text{final del agua} \end{array} \right) + (\text{volumen de vapor generado})$$

Se obtiene la siguiente ecuación

$$A = R + V$$

Donde

A = Alimentación (volumen inicial del agua en el hervidor) = 25 L

R = Residuo en el generador (volumen final del agua) = 18.6 L

V = Volumen de vapor generador (Kg)

Cálculo de volumen de vapor generado según la ecuación

$$V_{\text{vapor generado}}(\text{Kg}) = V_{i \text{ de agua}}(\text{L}) - V_{f \text{ de agua}}(\text{L})$$

Donde:

$V_{i \text{ de agua}}$: volumen inicial de agua en el hervidor = 25 L

$V_{f \text{ de agua}}$: volumen final de agua en el hervidor = 18.6 L

Reemplazando datos en la ecuación, se tiene el volumen de vapor generado:

$$V_{\text{vapor generado}}(\text{Kg}) = V_{i \text{ de agua}}(\text{L}) - V_{f \text{ de agua}}(\text{L})$$

$$V_{\text{vapor generado}}(\text{Kg}) = 25 \text{ L} - 18.6 \text{ L}$$

$$V_{\text{vapor generado}}(\text{Kg}) = 6.4 \text{ L} = 6.4 \text{ Kg}$$

Finalmente reemplazando en la ecuación, se realiza el balance de materiales en el generador de vapor.

$$A = R + V$$

$$10Kg = 6.4 + 3.5$$

$$10 Kg = 9.93 Kg$$

Balance de materia en el recipiente destilador

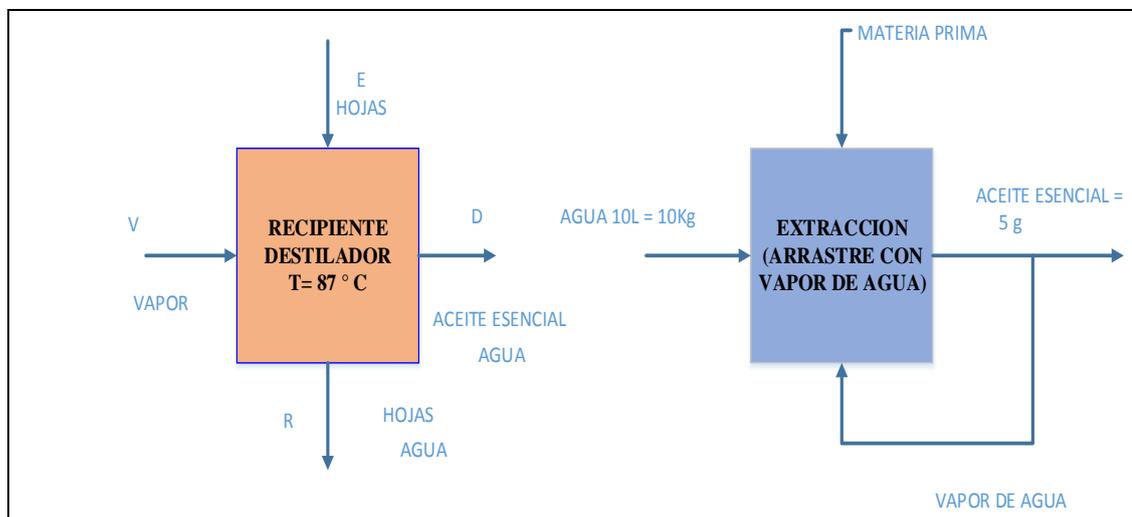


Figura 11: Diagrama del recipiente destilador.

FUENTE: Elaboración propia.

Realizando el balance deduciendo la ecuación se tiene:

$$\left(\begin{matrix} \text{volumen} \\ \text{de vapor} \\ \text{generador} \end{matrix} \right) + \left(\begin{matrix} \text{peso} \\ \text{de hojas} \\ \text{inicio} \end{matrix} \right) = \left(\begin{matrix} \text{volumen} \\ \text{mezcla} \\ \text{agua - AE} \end{matrix} \right) + \left(\begin{matrix} \text{peso} \\ \text{de} \\ \text{hojas - agua} \end{matrix} \right)$$

$$V + E = D + R$$

Donde:

V: Volumen de vapor generado = 6.4 Kg

E: Peso inicial de muestra (hojas) con 93% de humedad = 4 Kg

D: (Volumen de agua floral y/o condensada + volumen de AE) = 4.350 Kg

R: Peso final de hojas en el recipiente destilador = 4.520 Kg

1. Cálculo del volumen de la mezcla

$$V_{mezcla} = V_A (mL) + V_{AE} (mL)$$

Donde:

V_{AG} : Volumen de agua condensada (mL)

V_{AE} : Volumen de aceite esencial en (mL)

$$V_{mezcla} = 5.225 (L) + 5 (mL)$$

$$V_{mezcla} = 5300 (mL)$$

2. Cálculo de masa de condensado

$$m_{condensado} = V_{mezcla}(mL) - V_{AE}(mL)$$

Donde:

V_{mezcla} : Volumen de la mezcla en (mL)

V_{AE} : Volumen del aceite esencial en (mL)

$$m_{condensado} = 5.300 L - 5 mL$$

$$m_{condensado} = 5.225(mL)$$

3. Cálculo de vapor mínimo optimo

$$\dot{m}_v \text{ arrastre} = \frac{(V_{mezcla}(g) - V_{AE}(g))}{t_{operacion} (h)}$$

Donde:

t: tiempo de operación = 90 min

$$\dot{m}_v \text{ arrastre} = \frac{(5.300 - 5)g}{90 \text{ min}}$$

$$\dot{m}_v \text{ arrastre} = 58.055 \text{ g/min}$$

Finalmente, reemplazando los datos en la ecuación, se realiza el balance de materiales en el recipiente destilador (extractor).

$$V + E = D + R$$

$$6.4 \text{ Kg} + 3.72 \text{ Kg} = 5.300 \text{ Kg} + 4.520 \text{ Kg}$$

$$10.12 \text{ Kg} = 9.820 \text{ Kg}$$

$$\therefore 10.0 \text{ Kg} = 10.0 \text{ Kg}$$

Resumen general de balance de materia en el equipo extractor de aceite esencial

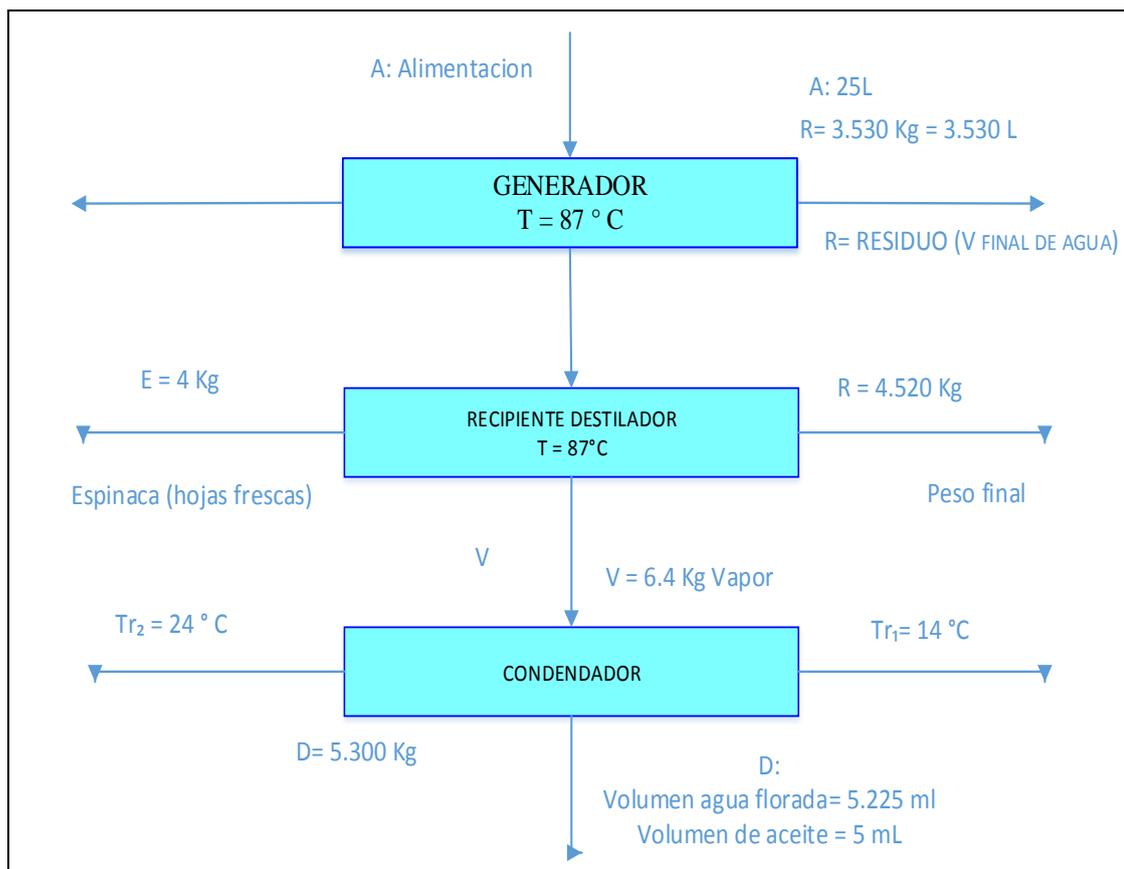


Figura 12: Diagrama del balance de masa general de la extracción de aceite esencial de espinaca.

FUENTE: Elaboración propia.

Interpretación del balance de materia:

De los balances de materia en el generador de vapor y el extractor, para las hojas frescas de espinaca (*Spinacea Oleracea* L.) se presenta un balance en donde no hay variaciones significativas, en el resumen de balance de materia se muestran los resultados obtenidos durante todo el proceso de extracción de aceite esencial, donde la alimentación fue de 25 L de agua para el generador de vapor, para el extractor se necesitó 4 Kg de hojas frescas de espinaca con una 93% de humedad. No se presentó ninguna cantidad de vapor perdido por ello no hubo ninguna variación significativa en el balance de materia.

V. CONCLUSIONES

PRIMERA: La extracción del aceite esencial de la espinaca de las hojas frescas mediante arrastre de vapor se midió el rendimiento dándonos que el mejor valor es de 1,28 g en la primera corrida de aceite esencial de 4000 g de hojas cortadas a la mitad durante el proceso de extracción por arrastre de vapor. Dando un rendimiento de 0,032 % que es el mejor resultado y más alto de la extracción del aceite esencial de espinaca.

SEGUNDA: Los valores óptimos para tener una buena extracción del aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*) son: Temperatura 87,3 °C; con el tiempo de 90 minutos y una cantidad de 4000 g con hojas cortadas a la mitad. Esto se toma en cuenta por los resultados que nos da el programa de simulación.

TERCERA: Los resultados de los análisis cromatográficos nos dan los siguientes valores de compuestos presentes en el aceite esencial de espinaca son: Ácido hexanodioico, bis (2-etilhexil) (64,62%), ácido n-hexadecanoico (5,90%), ácido hexadecanoico, éster etílico (3,18%), alcohol laurílico (2,60%), ftalato de dietilo (2,39%), ácido 2-propenoico, éster tridecil (2,08%), ácido hexadecanoico, éster metílico (1,18%) y ácido octadecanoico (1,10%). Dando nos que estos son los compuestos que se pudieron detectar del aceite esencial de espinaca.

CUARTA: Podemos concluir que los resultados óptimos de una buena extracción de aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*) ya teniendo los valores de optimización pudimos llegar que el tiempo estimado de extracción es de 90 minutos, una temperatura de 87.3 °C y un peso de 4000 g. dando así el mejor rendimiento de 0.029. Dándonos así una respuesta buena de optimización.

VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: A futuros investigadores se recomienda utilizar otras técnicas para la extracción de aceite esencial de espinaca como fluidos supercríticos o por métodos que nos puedan dar mayor cantidad del aceite ya que es un aceite volátil.

SEGUNDA: A los futuros investigadores que tengan en cuenta que la selección de la materia prima en un buen estado nos dará resultados precisos, y por lo tanto también el tratamiento antes de la extracción; para que al momento del proceso de vapor de agua ya que esta también puede arrastrar las impurezas pudiendo dar resultados erróneos.

TERCERA: A futuros investigadores se les recomienda que tengan en cuenta que trabajamos con un equipo donde la presión debe ser controlada constantemente y el nivel de agua que tiene el caldero, para no tener problemas a futuro con el equipo.

CUARTA: A futuros investigadores trabajar con mayor presión de vapor para mejorar el rendimiento de extracción de aceite esencial y la temperatura más alta. Tengamos en cuenta que depende mucho del equipo donde están haciendo la extracción del aceite esencial.

QUINTA: A futuros investigadores usar los equipos de protección personal para evitarnos accidente dentro del área de trabajo. Los cuales son obligatorios dependiendo al tipo de proceso que estén realizando. Cuidar nuestro bienestar y de las personas que trabajan con nosotros.

SEXTA: A los futuros investigadores, se les recomienda trabajar con distintas presiones de vapor donde también se puede ver aumento del rendimiento de los aceites esenciales.

VII. REFERENCIAS

- Acan, A. y Pilataxi, C. (2014). *Diseño y construcción de un equipo extractor de aceites esenciales por arrastre de vapor para berro, espinaca, zanahoria*. Escuela superior politécnica de Chimborazo, Ecuador, Chimborazo.
- Aguirre, W. y Guitierrez, P. (2016). *Características Fisicoquímicas y determinación del porcentaje relativo de sus componentes Hidrocarbonados y oxigenados de la raíz de curcuma longa l. (curcuma) procedente de la selva peruana*. Peru, Trujillo.
- Amadio, C., Millares, S., Medina, R., Dediol, C. y Zimmermann, M. (2011). *Aceite esencial de oregano: un potencializador aditivo alimentario*. Revista de la facultad de ciencias agrarias , 273 - 245.
- Ambiental, N. (2015). *Programa de apoyo agrícola y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento empresarial cámara de comercio de Bogotá*. Colombia, Bogotá: Cámara de comercio de Bogotá.
- Aparna, V., Dileep, V., Mandal, K., Karthe, P., Sadasivan, C. y Haridas, M. (2012). *Propiedad antiinflamatoria del ácido n- hexadecanoico: evidencia estructural y evaluación cinética*. *Chem Biol Drug Des*, 434–439.
- Araujo, F. (2018). *Parámetros de extracción del aceite esencial de albahaca (Ocimum Basilicum L.) por arrastre de vapor* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Del Altiplano, Peru, Puno.
- Canales , M., Hernandez , T., Meraz, S. y Peñalosa, I. (1999). *Fisicoquímica* (Vol. I). Mexico, Iztacala: UNAM Campus IZTACALA.

- Cardenas, M. (2014). *Determinacion de los parametros de operacion para la destilacion por arrastre de vapor de agua del aceite esencial de molle (Schimus Molle Linneo) en el equipo de extraccion de aceites esenciales de la FIQM - UNSCH* (tesis de pre grado). Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga, Ayacucho, Huamanga, Peru.
- Casado, I. (2018). *Optimizacion de la extraccion de aceites esenciales por destilacion en corriente en corriente de vapor*. Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Industriales - Universidad Politecnica de Madrid, Madrid, España.
- Cassel, E., Vargas, M. y Nathan, P. (2006). *Experimentos y modelo de la extraccion de aceite esencial de Cymbopogon winterianus por destilacion de vapor*. Journal of the Mexican Chemical Society, 50, 126 - 129.
- Chirinos, E. y Quispe, C. (2018). *Estudio tecnico para la produccion de aceite esencial de limon sutil (citrus aurantifolia) utilizabel en la industria de perfumeria* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingenieria, Peru, Lima.
- Collantes, A. y Alfaro, A. (1853). *Agrucultura practica economia rural Vol. 4*. Epaña, Madrid: M. Minuesa.
- Coulson, M. y Richardson, F. (2003). *Ingenieria Quimica Operaciones Basicas SI*. Vol. 3. Inglaterra: REVERTE S.A.
- Del Valle , M. y Aguilera, M. (1999). *Review: High pressure CO2 extraction fundamentals and applications in the food industry*. Food Science and Technology.
- Dominguez, X. y Dominguez , S. (1990). *Destilacion por arrastre de vapor, caracteristicas, ventajas y aplicaciones*. Mexico: LIMUSA - NORIEGA.

- E.E.U.U. (1996). *Servicio de la salud publica agenda para sustancias teoxicas y el registro de enfermedades FTALATO DE DIETILO (DIETHYL PHTHALATE).* Estados Unidos.
- Musshoff, F., Schmidt, P., Dettmeyer, R., Premier, F., Jachau, k. y Madea, B. (2000). *Determinación de dopamina y (R) - / (S) -salsolinol y norsalsolinol derivados de dopamina en diversas áreas del cerebro humano mediante extracción en fase sólida y cromatografía de gases / espectrometría de masas.* *Ciencia Forense Int.*, 113 (1-3): 359-66.
- FAOSTAT. (2000). *Database Results.* Obtenido de <http://www.fao.org>
- Gases, D. (s.f.). *consejo superior de investigacion cientifica.* Obtenido de museo natural de ciencias naturales. recuperado de:
http://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es_ES/investigacion/cromatografia/cromatografia_de_gases.pdf
- Giaconi, V. y Escaff, M. (2004). *cultivo de hortalizas* Vol. 15. Chile, Santiago de Chile: Universitaria.
- Gorini, F. (1970). *El cultivo de la espinaca.* España: Acribia.
- INFOAGRO. (2006). *Agricultura ecologia in line.* Obtenido de [infoagro.com](http://www.infoagro.com):
<http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm>
- Jimenez, J., Arias, A., Espinosa, L., fuentes, S., Garzon, C., Gil, R. y Rodriguez, M. (2010). *El cultivo de espinaca (Spinacia Oleracea L.) y su manejo fitosanitario en colombia.* Colombia, Bogota: Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano.

Lamarque , A., Zygaldo, J., Labuckas, L., Lopez, L., Torres , M. y Mestri, D. (2008).

fundamentos teorico - practico de quimica organica. Vol. 1. Argentina,

Cordova: ENCUENTRO.

Lipa, G. (2014). *Estudio comparativo en el proceso de extracción de aceite esencial De*

Eucalipto (Eucalipto Globulus Labill) mediante el método de destilación por

arrastre de vapor y el método de hidrodestilacion asistido por radiación

microondas (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Peru,

Puno.

Lopez de la Cruz, P. y Caso Orihuela, V. (2015). *Rendimiento y composicion quimica*

de los aceites esenciales de Eucalytus archeri y Scinus molle - valle del mantaro

(Tesis de pregrado). Universidad Nacional Del Centro Del Peru, Peru,

Huancayo.

Marca, R. (2012). *Actividad Antimicotica "in vitro" del aceite esencial cinnamomun*

zeylanicum breyn "canela" frente a candida albicans ATCC 6538. Peru, Tacna:

Universidad Nacional Del Centro Del Peru.

Marca, R. (s.f.). *Actividad antimicotica "in vitro" del aceite esencial cinnamomun*

zeylanicum breyn "canela" frente a candida albicans ATCC 6538 (tesis de

pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Peru, Tacna.

Martinez, A. (2001). *aceites esenciales*. Universidad De Antioquia, Colombia, Medellin.

Monterroso, B. (2013). *Evaluacion del rendimiento extractivo, rendimiento volumetrico*

y contenido de alfa-pineno del aceite de hojas de cipres (Cupressus lusitanica

Mill) en base a tres niveles altitudinales obtenidos mediante el metodo de

hidrodestilacion a escala laboratorio. Universidad de San Carlos de Guatemala,
Guatemala.

Ortoño, F. (2006). *Manual practico de aceites esenciales, aromas y perfumes*. España:
AIYANA.

Palomino, A. (2001). Nuevo modelo para la hidrodestilacion de aceites esenciales.
Revista Peruana de Quimica e Ingenieria Quimica, 36 - 47.

Peredo, A., Garcia, E. y Lopez, A. (2009). *Aceites esenciales: Metodos de extraccion*.
Temas selectos de ingenieria de alimentos 3. Unversidad de las Americas Puebla
San Andres Cholula, Mexico.

Pighin, A. y Rossi de R, A. (2010). Espinaca fresca, super congelada y en conserva:
contenido de vitamina C pre y post coccion. *Revista chilena de nutricion*, 201 -
207.

Quispe, R. (2017). *Modelamiento matematico de la extraccion de aceites esenciales de
Eucalipto "Eucalytus Globulus S. P." Por arrastre con v apor de agua*. (Tesis de
posgrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Puno.

Quispe, G. (2018). *Efecto Insecticida Del Aceite Esencial De Eucalipto (Eucaliptus
globulus) Y Altamisa (Franseria artemisioides) Contra El Kcona Kcona
(Eurysacca melanocampta) Del Cultivo De La Quinoa (Chenopodium quinoa
Willd.)* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altplano, Peru, Puno.

Raul, M. (2015). *Cinetica de extraccion de aceite esencial del kjento kjento (rumex
crispus l.)* (Tesis pregrado). Puno, Puno, Peru:

- Romero, D. (2004). *Plantas aromáticas: tratado de aromaterapia científica*. Vol. 1. Argentina, Buenos Aires: Kier.
- Rosas, V. (2015). *Cinetica de extracción del aceite esencial de KJENTO KJENTO (Rumex Crispus L.)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Del Altiplano, Peru, Puno.
- Santafeagro (6 de febrero de 2013). *Perfil del mercado de la espinaca*. Obtenido de <http://.santafeagro.net>.
- Sas, A. (2015). *Programa de apoyo agrícola y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento empresarial camara de comercio de Bogota*. Colombia, Bogota.
- Sbbah, A. (22 de mayo de 2015). *RPP Vital*. Obtenido de <https://vital.rpp.pe>
- SENA (2012). *Introducción a la industria de los aceites esenciales extraídos de plantas medicinales y aromáticas*. Vol. 1. Colombia: sistema de bibliotecas SENA.
- Technologies, A. (2016). Obtenido de https://www.agilent.com/cs/library/datasheets/public/5991-5345_LR.pdf
- Valenzuela, H. (2016). *Evaluación Del Efecto de Abonos Orgánicos en el Cultivo de Espinaca (Spinacea oleracea), Variedades Vifloy, Dash en invernadero del centro de investigación y producción santo tomas*. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica De Los Andes Abancay, Peru, Apurimac.
- Vasquez, A. y Marreros, J. (2001). Extracción y caracterización del aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*). *revista amazonica de investigacion*, 38 - 42.

ANEXOS

Anexo A.

Figura A.1: Certificado de los resultados del análisis por Cromatografía De Gases acoplada a espectrofotometría de masas del aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea* L.).

Figura A.2: Condiciones cromatografía del aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea* L.).

Anexo B.

Figura B. 1 Equipo de Extracción de aceite esencial por arrastre de vapor.

Figura B. 2 Pesado de la materia prima espinaca (*Spinacia Oleracea* L.). Muestra de 4 kg y 2 kg.

Figura B. 3 Tamaño de Hoja Promedio de trabajo.

Figura B. 4 Muestra de hoja de espinaca (*Spinacia Oleracea* L.). Picada y cortada a la mitad.

Figura B. 5 Muestra de materia prima espinaca (*Spinacia Oleracea* L.) Incorporación en recipiente destilador.

Figura B. 6 Iniciación de la extracción del aceite esencial (*Spinacia Oleracea* L.).

Figura B. 7 Lectura de datos de las temperaturas de la extracción del aceite esencial.

Figura B. 8 Descomposición de la materia prima espinaca (*Spinacia Oleracea* L.) fuera del recipiente destilador.

Figura B. 9 Primeras gotas del aceite esencial extracción.

Figura B. 10 Decantación del aceite esencial (separación del agua y el aceite).

Figura B. 11. Envases color ámbar.

Figura B. 12 Pesado de muestra del aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea* L.).

Figura B. 13 Introduciendo muestra de aceite esencial de (*Spinacia Oleracea* L.).

Figura B. 14 Análisis por cromatografía de gases del aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea* L.).

Anexo C

Tabla C. 1 Parámetros controlados en la extracción por arrastre de vapor de la espinaca.

Anexo D

Figura D. 1 Diagrama del balance de materia.

Anexo A.


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

 LABORATORIO DE CROMATOGRAFÍA Y ESPECTROMETRÍA - Pabellón de Control de Calidad
 AV. De la Cultura 702 CUSCO-PERÚ Contacto 973262333
RESULTADOS

Cusco, 16 de Mayo del 2019

Solicitantes : Alexandra Rosa Ccaman Ramos
Tipo de Análisis : Determinación de componentes volátiles por Cromatografía de Gases
Tipo de Muestras : Frasco con contenido líquido Denominado Aceite Esencial Espinaca
Cantidad de Muestra : 1, aproximadamente 25 mL.
Almacenamiento : 4 °C.

Condiciones de Análisis para el Aceite Esencial

Cromatógrafo : Agilent 6890N
Detector Espectrometro de Masas : Agilent 5975B.
Línea de transferencia : 280 °C
Modo de Ionización : Impacto Electrónico 70 electron voltios
Modo escaneo de masas : 40-500 una

inyector Automático Agilent: 7683B
 Columna: Agilent HP-5MS 5% Fenil Metil Siloxano.

Condiciones del cromatógrafo.
Temperatura del Horno inicial 60°C
Rampa:

Rate °C/min	temp °C	Final time
Inic 0	60	0.00
1 5.00	240	1.00

Tiempo de Análisis: 37.00 min
Puerto de Inyección
Modo : Splitless
Temp. Inicial : 200 °C
Tipo de Gas : Helio
Flujo : 1.0 mL/min
Volumen de Inyección : 1.0 µL
Muestra inyecta : puro

Nota: El resultado obtenido en la determinación del Aceite esencial, expresa el contenido relativo en porcentaje de los compuestos volátiles que están presente. La metodología desarrollada es de acuerdo con la literatura descrita (con modificaciones)

- Pino Alea, J. A. I Curso Internacional Análisis de Aceites Esenciales Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco 2014.
- Lynam, K. 2014 Potential Allergens in Aromatherapy Oils by GC/MS Using an Agilent J&W DB-XLB Capillary Column Agilent Technologies, Inc. 2850 Centerville Road Wilmington, DE 19808 USA 5990-5293EN



Quím. Jorge Choquesaira Pari
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y
 Espectrometría - UNIAAC.
 COP- 914

Figura A1: Certificado de los resultados del análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas del aceite esencial de espinaca (*Spinacea Oleracea L.*).

Lab Cromatografia UNSAAC Library Search Report

Data Path : D:\DATA MSD\ACEITES ESENCIALES\2019\AE-ESPINACA-ACR\
 Data File : AE-ESPINACA.D
 Acq On : 16 May 2019 12:10
 Operator : JJCHP
 Sample : Aceite esencial de Espinaca
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST11.L Minimum Quality: 0

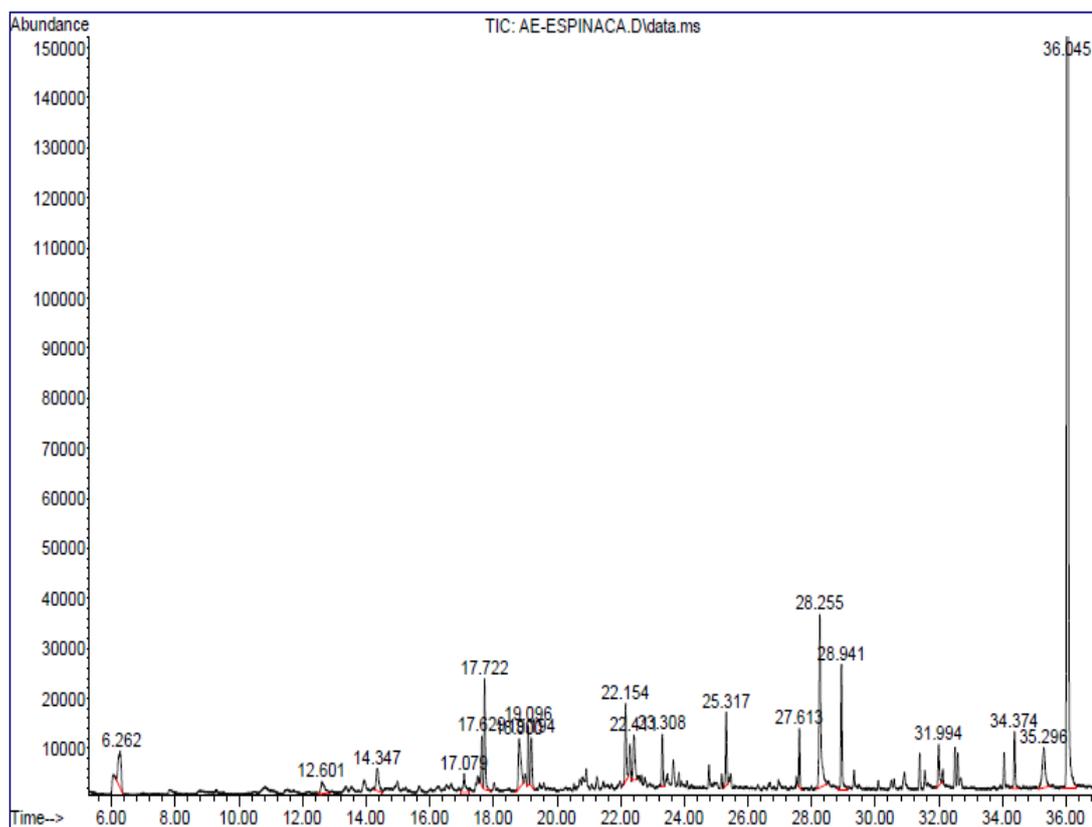
Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: RTE Integrator - Aceites canon LSQ.P

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	6.262	2.02	C:\Database\NIST11.L 1-Hexanol, 2-ethyl- 1-Hexanol, 2-ethyl- 1-Hexanol, 2-ethyl-	13670 13669 13661	000104-76-7	64 64 59
2	12.601	0.87	C:\Database\NIST11.L N-Methylallylamine 1-Hexene, 3,5,5-trimethyl- 2,4,6,8-Tetramethyl-1-undecene	612 11572 69591	000627-37-2 004316-65-8 059920-26-2	9 9 9
3	14.347	1.19	C:\Database\NIST11.L Undecane Sulfurous acid, hexyl pentyl ester Hexane, 2,2,3,3-tetramethyl-	28422 90252 19224	001120-21-4 1000309-14-1 013475-81-5	53 47 43
4	17.079	0.86	C:\Database\NIST11.L 3,3'-Iminobispropylamine Oxalic acid, cyclobutyl nonyl este Oxalic acid, cyclobutyl decyl este	13927 119015 130926	000056-18-8 1000309-70-0 1000309-70-1	38 32 25
5	17.629	1.04	C:\Database\NIST11.L Oxalic acid, cyclobutyl undecyl es ter Oxalic acid, cyclobutyl tridecyl e ster Oxalic acid, cyclobutyl decyl este	142807 165901 130926	1000309-70-2 1000309-70-4 1000309-70-1	47 40 37
6	17.722	2.60	C:\Database\NIST11.L Cyclopropane, nonyl- 1-Dodecanol 1-Undecanol	36766 50315 39772	074663-85-7 000112-53-8 000112-42-5	91 91 91
7	18.800	2.39	C:\Database\NIST11.L Diethyl Phthalate Diethyl Phthalate Diethyl Phthalate	78784 78782 78786	000084-66-2 000084-66-2 000084-66-2	90 80 80
8	19.096	1.21	C:\Database\NIST11.L 1-Dodecanol 5-Octadecene, (E)- 1-Dodecene	50315 104186 36733	000112-53-8 007206-21-5 000112-41-4	74 74 72
9	19.194	1.38	C:\Database\NIST11.L Silane, trichlorooctadecyl- Hexadecane Heneicosane	205394 83027 141425	000112-04-9 000544-76-3 000629-94-7	80 80 72
10	22.154	2.08	C:\Database\NIST11.L 2-Propenoic acid, tridecyl ester 2-Propenoic acid, pentadecyl ester Dodecyl acrylate	105711 129372 94113	003076-04-8 043080-23-5 002156-97-0	91 86 83
11	22.411	1.65	C:\Database\NIST11.L Octadecane, 1-(ethenylloxy)- Dodecane, 1-fluoro- Silane, trichlorodocosyl-	141404 51680 225279	000930-02-9 000334-68-9 007325-84-0	64 64 58

12	23.308	1.25	C:\Database\NIST11.L			
			Oxalic acid, cyclobutyl tetradecyl ester	176846	1000309-70-9	43
			Oxalic acid, allyl pentadecyl ester	176817	1000309-24-3	43
			Oxalic acid, cyclobutyl tridecyl ester	165901	1000309-70-4	43
13	25.317	1.68	C:\Database\NIST11.L			
			2-Tetradecanol	72860	004706-81-4	58
			2-Dodecanol	50312	010203-28-8	50
			2-Pentadecanol	84594	001653-34-5	42
14	27.613	1.18	C:\Database\NIST11.L			
			Hexadecanoic acid, methyl ester	119400	000112-39-0	93
			Hexadecanoic acid, methyl ester	119407	000112-39-0	93
			Hexadecanoic acid, methyl ester	119408	000112-39-0	93
15	28.255	5.90	C:\Database\NIST11.L			
			n-Hexadecanoic acid	107549	000057-10-3	96
			n-Hexadecanoic acid	107547	000057-10-3	90
			Pentadecanoic acid	95854	001002-84-2	80
16	28.941	3.18	C:\Database\NIST11.L			
			Hexadecanoic acid, ethyl ester	131288	000628-97-7	93
			Hexadecanoic acid, ethyl ester	131290	000628-97-7	93
			Ethyl tridecanoate	95856	028267-29-0	90
17	31.994	1.10	C:\Database\NIST11.L			
			Octadecanoic acid	131261	000057-11-4	97
			n-Hexadecanoic acid	107549	000057-10-3	49
			Pentadecanoic acid	95851	001002-84-2	49
18	34.374	1.47	C:\Database\NIST11.L			
			Pentadecane	71394	000629-62-9	53
			Hexadecane	83025	000544-76-3	53
			Tetradecane	59880	000629-59-4	50
19	35.296	2.33	C:\Database\NIST11.L			
			Tetracontane, 3,5,24-trimethyl-	241176	055162-61-3	43
			Heptacosane, 1-chloro-	217413	062016-79-9	43
			Tetradecane, 1-fluoro-	74352	000593-33-9	35
20	36.045	64.62	C:\Database\NIST11.L			
			Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	196965	000103-23-1	91
			Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	196971	000103-23-1	91
			Diisooctyl adipate	196853	001330-86-5	91

\ACEITE ESENCIAL19.M Sat Jun 29 09:45:36 2019 UNSAAC

File :D:\DATA MSD\ACEITES ESENCIALES\2019\AE-ESPINACA-ACR\AE-ESPIN
 ... ACA.D
 Operator : JJCHP
 Instrument : UNSSAC
 Acquired : 16 May 2019 12:10 using AcqMethod ACEITE ESENCIAL19.M
 Sample Name: Aceite esencial de Espinaca
 Misc Info :



```

INSTRUMENT CONTROL PARAMETERS:  UNSSAC
-----

C:\MSDCHEM\1\METHODS\ACEITE ESENCIAL19.M
Thu May 16 12:50:19 2019

Control Information
-----

Sample Inlet      : GC
Injection Source  : GC ALS
Mass Spectrometer : Enabled

No Sample Prep method has been assigned to this method.

-----
6890 GC METHOD
-----

OVEN
Initial temp: 60 'C (On)           Maximum temp: 450 'C
Initial time: 0.00 min            Equilibration time: 0.50 min
Ramps:
  # Rate Final temp Final time
  1 5.00 240 1.00
  2 0.0(Off)
Post temp: 260 'C
Post time: 3.00 min
Run time: 37.00 min

FRONT INLET (SPLIT/SPLITLESS)      BACK INLET (SPLIT/SPLITLESS)
Mode: Pulsed Splitless             Mode: Split
Initial temp: 200 'C (On)          Initial temp: 50 'C (Off)
Pressure: 8.22 psi (On)            Pressure: 10.00 psi (Off)
Pulse pressure: 0.0 psi            Total flow: 25.1 mL/min
Pulse time: 0.00 min              Gas saver: Off
Purge flow: 100.0 mL/min           Gas type: Helium
Purge time: 0.00 min
Total flow: 104.1 mL/min
Gas saver: Off
Gas type: Helium

COLUMN 1                            COLUMN 2
Capillary Column                    (not installed)
Model Number: Agilent 19091S-433
HP-5MS 5% Phenyl Methyl Siloxane
Max temperature: 325 'C
Nominal length: 30.0 m
Nominal diameter: 250.00 um
Nominal film thickness: 0.25 um
Mode: constant flow
Initial flow: 1.0 mL/min
Nominal init pressure: 8.23 psi
Average velocity: 37 cm/sec
Inlet: Front Inlet
Outlet: MSD
Outlet pressure: vacuum

FRONT DETECTOR (FID)                BACK DETECTOR (NO DET)
Temperature: 250 'C (Off)
Hydrogen flow: 40.0 mL/min (Off)
Air flow: 450.0 mL/min (Off)
Mode: Constant makeup flow
Makeup flow: 45.0 mL/min (Off)
Makeup Gas Type: Nitrogen
Flame: Off
Electrometer: Off
Lit offset: 2.0

SIGNAL 1                            SIGNAL 2
Data rate: 20 Hz                    Data rate: 20 Hz
Type: test plot                     Type: test plot
Save Data: Off                      Save Data: Off
    
```

Figura A2: Condiciones cromatografías del aceite esencial de la espinaca (*Spinacea Oleracea L.*).

```

Zero: 0.0 (Off)
Range: 0
Fast Peaks: Off
Attenuation: 0

Zero: 0.0 (Off)
Range: 0
Fast Peaks: Off
Attenuation: 0

COLUMN COMP 1
(No Detectors Installed)

COLUMN COMP 2
(No Detectors Installed)

THERMAL AUX 2
Use: MSD Transfer Line Heater
Description: MSD
Initial temp: 280 'C (On)
Initial time: 0.00 min
# Rate Final temp Final time
1 0.0(Off)

AUX PRESSURE 3
Description:
Gas Type: Helium
Initial pressure: 0.00 psi (Off)

AUX PRESSURE 4
Description: HS
Gas Type: Helium
Initial pressure: 0.00 psi (Off)

AUX PRESSURE 5
Description:
Gas Type: Helium
Initial pressure: 0.00 psi (Off)

POST RUN
Post Time: 3.00 min
Oven Temperature: 260 'C
Column 1 Flow: 0.2 mL/min

TIME TABLE
Time Specifier Parameter & Setpoint

GC Injector

Front Injector:
Sample Washes 1
Sample Pumps 1
Injection Volume 1.00 microliters
Syringe Size 5.0 microliters
PreInj Solvent A Washes 2
PreInj Solvent B Washes 3
PostInj Solvent A Washes 3
PostInj Solvent B Washes 3
Viscosity Delay 0 seconds
Plunger Speed Fast
PreInjection Dwell 0.00 minutes
PostInjection Dwell 0.00 minutes

Back Injector:
No parameters specified

Column 1 Inventory Number :
Column 2 Inventory Number :

MS ACQUISITION PARAMETERS

General Information
-----
Tune File : atune.u
Acquisition Mode : Scan

MS Information
-----
Solvent Delay : 5.00 min
EMV Mode : Absolute
Resulting EM Voltage : 988

[Scan Parameters]
    
```

```

Low Mass           : 40.0
High Mass          : 400.0
Threshold          : 150
Sample #           : 2      A/D Samples   4
Plot 2 low mass    : 40.0
Plot 2 high mass   : 400.0
    
```

[MSZones]

```

MS Source          : 230 C   maximum 250 C
MS Quad            : 150 C   maximum 200 C
    
```

END OF MS ACQUISITION PARAMETERS

TUNE PARAMETERS for SN: US62744989

Trace Ion Detection is OFF.

```

EMISSION   :    34.610
ENERGY     :    69.922
REPELLER   :    33.641
IONFOCUS   :    70.227
ENTRANCE_LE :    25.500
EMVOLTS    :   1152.941
    
```

```

Actual EMV :    988.235
GAIN FACTOR :     0.13
    
```

```

AMUGAIN     :   1465.000
AMUOFFSET   :   123.500
FILAMENT    :     1.000
DCPOLARITY  :     0.000
ENTLENSOFFS :    15.812
MASSGAIN    :   -792.000
MASSOFFSET  :   -36.000
    
```

END OF TUNE PARAMETERS

END OF INSTRUMENT CONTROL PARAMETERS

Anexo B.



Figura B1: Equipo de Extracción de aceite esencial por arrastre de vapor



Figura B2: Pesado de la materia prima espinaca (*Spinacia Oleracea L.*). Muestra de 4 kg y 2 kg.



Figura B3: Tamaño de Hoja Promedio de trabajo.



Figura B4: Muestra de hoja de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*). Picada y cortada a la mitad.



Figura B5: Muestra de materia prima espinaca (*Spinacia Oleracea L.*) Incorporación en recipiente destilador.



Figura B6: Iniciación de la extracción del aceite esencial (*Spinacia Oleracea L.*).



Figura B7: Lectura de datos de las temperaturas de la extracción del aceite esencial.



Figura B8: Descomposición de la materia prima espinaca (*Spinacia Oleracea L.*) fuera del recipiente destilador.



Figura B9: Primeras gotas del aceite esencial extracción.



Figura B10: Decantación del aceite esencial (separación del agua y el aceite).



Figura B11: Envases color ámbar.



Figura B12: Pesado de muestra del aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*).



Figura B13: Introduciendo muestra de aceite esencial de (*Spinacia Oleracea L.*).



Figura B14: Análisis por cromatografía de gases del aceite esencial de espinaca (*Spinacia Oleracea L.*).

Anexo C

Tabla C1: Parámetros controlados en la extracción por arrastre de vapor de la espinaca

HORA (min)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	PRESION (bar)	P/V
0	20,1	16,2	15,7	16,5	3	53,2
0-10	85,3	15,3	14,4	15,9	3	58,4
10-20	87,3	15,5	34,8	15,5	3	81,7
20-30	87,3	15,6	29,4	15,6	3	80,2
30-40	87,3	15,7	36,6	16,5	3	82,7
40-50	87,3	15,7	36,8	16,6	3	81,1
50-60	87,3	15,6	36,5	16,1	3	83,7
60-70	87,3	15,6	36,9	16,1	3	91,6
70-80	87,3	15,6	38,1	16,3	3	93,2
80-90	87,3	15,8	37,7	16,4	3	102,9

Anexo D

Figura D1: Diagrama del balance de materia.

