



# SEP

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



## TECNOLÓGICO NACIONAL DE MEXICO

Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván

"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"

Úrsulo Galván, Ver., **15/AGOSTO/2019**

No. DE OFICIO: DEP /501/2019

Asunto: Autorización de Impresión

**C. GRECIA LETICIA RUÍZ ORTEGA**  
PRESENTE

Por este conducto me dirijo a usted para comunicarle que su trabajo titulado: "EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE ESENCIAL A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE MANDARINA (*Citrus deliciosa*)"., Como opción de titulación integral mediante: **TESIS PROFESIONAL** después de haber sido revisado por su Asesor y los integrantes de la Comisión de Revisión y usted haber cumplido con todas las correcciones y los requisitos indispensables, ha sido autorizada su impresión; por lo que deberá entregar a este Departamento 01 Ejemplar encuadernado con pasta dura de color Gris Ospor y 05 CD'S., debiendo presentarse en formato digital atendiendo a las instrucciones para tal efecto.

**ATENTAMENTE**  
Excelencia en Educación Tecnológica®  
"Nuestro Esfuerzo es Progreso"

  
**M.A. CAROLINA SAC-NICTE MÉNDEZ GONZÁLEZ**  
JEFA DEL DEPTO. DE DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



SECRETARIA DE  
EDUCACION PUBLICA  
Instituto Tecnológico  
de Úrsulo Galván  
DIVISION DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES

C.p. Archivo  
CSMG/jhb

Carretera Cardel – Chachalacas Km. 4.5, C.P.91667,  
Úrsulo Galván, Ver. Teléfono (296) 9625029 Ext. 108  
[www.itursulogalvan.edu.mx](http://www.itursulogalvan.edu.mx)







"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"

Úrsulo Galván, Ver, 15/Agosto/2019

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación integral.

M.A. CAROLINA SAC-NICTE MÉNDEZ GONZÁLEZ  
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
P R E S E N T E

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación integral

a) Nombre del Egresado	GRECIA LETICIA RUÍZ ORTEGA
b) Carrera:	INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
c) No. de Control	13881985
d) Nombre del proyecto	"EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE ESENCIAL A PARTIR DE RESIDUOS AGRINDUSTRIALES DE MANDARINA ( <i>Citrus deliciosa</i> )"
e) Producto	TESIS

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

A T E N T A M E N T E  
"Nuestro esfuerzo es progreso"

ING. ROBERTO G. DEL PINO PÉREZ  
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERIAS

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván

 DR. LAZARO G. TRUJILLO JUÁREZ	 Q. G. ADRIANA E. RIVERA MEZA	 M.A. SARA MARQUEZ BUENO
Nombre y Firma del Director	Nombre y Firma de la Asesora	Nombre y Firma de la Asesora

c.c.p. Expediente





**SEP**  
SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ÚRSULO GALVÁN

“EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE  
ACEITE ESENCIAL A PARTIR DE RESIDUOS  
AGROINDUSTRIALES DE MANDARINA  
(*Citrus deliciosa*)”

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de:  
INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presenta:  
GRECIA LETICIA RUÍZ ORTEGA

No. Control: 13881985

Úrsulo Galván, Ver., Agosto de 2019.

## AGRADECIMIENTOS

EL AMOR RECIBIDO, LA DEDICACIÓN Y LA PACIENCIA CON LA QUE CADA DÍA ESTUVIERON PENDIENTES MIS PADRES POR MIS ESTUDIOS ES ÚNICO Y SE VE REFLEJADO EN MI VIDA.

Gracias Dios ¡éste logro es tuyo! Porque cada día bendices mi vida con la maravillosa oportunidad de estar al lado de las personas que sé que me aman, gracias por la vida de mis padres, por permitirme amarlos y gracias a ellos por permitirme conocerte con amor infinito.

Gracias a mis padres Erasmo y Leticia por ser los principales autores de mis sueños, por cada día creer y confiar en mí. Gracias mamá por estar dispuesta a acompañarme su ayuda ha sido fundamental, sus esfuerzos son impresionantes y su amor para mi invaluable, sus enseñanzas las aplico día a día y por ello estaré eternamente agradecida, es mi motivación más grande para concluir con éxito este proyecto de tesis. Gracias papá por cada consejo, por desear y anhelar siempre lo mejor para mí y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida, me has educado y apoyado todo el tiempo con amor.

Gracias a mi esposo Jorge, has sido muy importante la ayuda que me has brindado, estando a mi lado en los momentos y situaciones difíciles siempre apoyándome y motivándome hasta donde te es posible y más.

Gracias a mis hermana Male y Lupita, como si estuviéramos en una batalla por cualquier cosa terminamos más unidas para lograr nuestros objetivos y metas juntas, gracias por el apoyo en gran parte al concluir este desarrollo de tesis y también por los momentos maravillosos que pasamos durante el proceso.

Gracias a mi director de tesis el Dr. Lázaro Gabriel Trujillo Juárez por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y transmitirme su experiencia científica con confianza y amistad, fundamentales para realizar este trabajo.

Gracias a mis asesores Q.C. Adriana Rivera, M.A. Sara Marquez y M.C. José Fernández por la orientación, ayuda y paciencia. Sus aportaciones a esta tesis han sido de mucha importancia.

Gracias a mis compañeros de tesis Diego y Eliseo por los buenos momentos que compartimos, por hacerme llegar la materia prima ya que sin ella no hubieran sido posible las extracciones, y por su apoyo en este trabajo.

Gracias a mis tíos en especial a Tavo, Lupita y Raúl, por apoyarme de múltiples formas y su afectuoso aliento.

Gracias a mis abuelitos Miguel +Marina, +Leonardo y +Magdalena por enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr los objetivos.

En resumen, a todas las personas que de alguna forma u otra permitieron que este trabajo pueda desarrollarse.

## RESUMEN

Veracruz cuenta con una enorme diversidad de climas, suelos y condiciones geográficas; factores en uno que los convierte en los estados más ricos de México, en cuanto a recursos naturales.

Anualmente, se desaprovecha varias toneladas de vegetales y frutas debido a pérdidas en las cosechas, mala distribución o ineficiencia en la estrategia de comercialización. Se producen aceites esenciales cítricos; sin embargo, dicho producto carece de refinación y concentración. Es en este punto, donde este desperdicio se puede transformar en una gran oportunidad de lograr la obtención de un concentrado de esencias cítricas y solventes con valor agregado, que consecuentemente aumentaría el nivel de rentabilidad de los agronegocios, mediante la creatividad y el empleo de tecnologías emergentes. Teniendo como objetivo determinar el rendimiento y caracterizar el aceite esencial a partir de la cáscara de mandarina (*Citrus deliciosa*), empleando el método de hidrodestilación.

La metodología propuesta consta del acondicionamiento de la materia prima (cáscara de mandarina) para la extracción de su aceite esencial, la determinación las condiciones de presión y temperatura óptimas, estudiar cómo varía el rendimiento del aceite esencial respecto a las condiciones de presión y temperatura, identificar los componentes de mayor importancia del aceite esencial obtenido a través de la técnica de cromatografía de gases acoplada con espectrometría de masa para determinar la variación de composición al variar las condiciones de operación y determinar el rendimiento en peso de la operación de extracción del aceite esencial de la cáscara de mandarina. El mayor rendimiento obtenido fue de  $9.5 \times 10^{-3}$  con una temperatura de  $140^{\circ}\text{C}$  y un tiempo de 2 horas. Se encontraron las condiciones óptimas para la extracción por hidrodestilación, y así obtener un alto rendimiento del aceite esencial. La variación de los valores de algunas propiedades fisicoquímicas de los aceites se puede atribuir a las condiciones de extracción.

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	7
I.	ANTECEDENTES.....	9
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
III.	OBJETIVOS.....	13
	4.1 General.....	13
	4.2 Particulares.....	13
IV.	HIPÓTESIS.....	13
V.	MARCO TEÓRICO.....	14
	6.1 Origen de la mandarina.....	14
	6.1.1 El género <i>Citrus</i> .....	15
	6.1.2 Valoración nutricional.....	15
	6.1.3 Composición nutricional.....	17
	6.2 Producción de la mandarina.....	18
	6.2.1 Producción mundial de cítricos.....	18
	6.2.2 Producción mundial de mandarina.....	19
	6.2.3 Producción nacional de mandarina.....	21
	6.3 Usos de la mandarina.....	23
	6.4 Proceso agroindustrial de la mandarina.....	24
	6.5 Residuos agroindustriales.....	25
	6.6 Aceites esenciales.....	27
	6.6.1 Clasificación de los aceites esenciales.....	28
	6.6.2 Características generales de aceites esenciales.....	29
	6.6.3 Propiedades de los aceites esenciales.....	30
	6.6.4 Aplicaciones de los aceites esenciales.....	33
	6.6.5 Forma de administración.....	36
	6.7 Métodos de extracción.....	37
	6.7.1 Destilación por arrastre de vapor de agua.....	38
	6.7.2 Extracción con solventes volátiles.....	38
	6.7.3 Enflorado o enfleurage.....	39
	6.7.4 Extracción con fluidos supercríticos.....	39
	6.7.5 Extracción por hidrodestilación.....	40

<b>VI. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	41
<b>7.1 Materia prima</b> .....	41
<b>7.2 Determinación de la humedad</b> .....	41
<b>7.3 Rendimiento másico de extracción</b> .....	41
<b>7.4 Extracción del aceite esencial de mandarina</b> .....	42
<b>7.5 Caracterización fisicoquímica y química del aceite esencial obtenido</b> .....	43
<b>7.5.1 Apariencia, color y olor</b> .....	43
<b>7.5.2 Densidad relativa a 20°C</b> .....	44
<b>7.5.3 Índice de refracción a 20°C</b> .....	44
<b>7.5.4 Rotación óptica a 20°C</b> .....	45
<b>7.5.5 Residuo a la evaporación</b> .....	46
<b>7.5.6 Miscibilidad con etanol al 90%</b> .....	47
<b>7.5.7 Valor ácido</b> .....	47
<b>7.5.8 Perfil cromatógrafo</b> .....	47
<b>VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	49
<b>8.1 Materia prima</b> .....	49
<b>8.2 Determinación de la humedad</b> .....	50
<b>8.3 Rendimiento másico de la extracción</b> .....	50
<b>8.4 Propiedades organolépticas</b> .....	53
<b>8.4.1 Apariencia</b> .....	53
<b>8.4.2 Color</b> .....	54
<b>8.4.3 Olor</b> .....	54
<b>8.5 Densidad relativa a 20°C</b> .....	55
<b>8.6 Índice de refracción a 20°C</b> .....	56
<b>8.8 Residuo a la evaporación</b> .....	57
<b>8.9 Miscibilidad con etanol al 90%</b> .....	58
<b>8.10 Valor ácido</b> .....	59
<b>8.11 Cromatografía de gases</b> .....	60
<b>VIII. CONCLUSIONES</b> .....	63
<b>IX. RECOMENDACIONES</b> .....	64
<b>X. FUENTES DE CONSULTA</b> .....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional (Moreiras 2013).....	17
Tabla 2. Principales países productores de mandarina en miles de toneladas. (FAO, 2016). .....	20
Tabla 3. Principales estados productores de mandarina en toneladas para el ciclo agrícola 2016. (SIACON-SAGARPA, 2018). .....	21
Tabla 4. Determinación de humedad en porcentaje.....	50
Tabla 5. Rendimiento de aceite esencial obtenido (mL AE/kg CBS). .....	50
Tabla 6. Rendimiento de aceite esencial de mandarina. ....	51
Tabla 7. Apariencia .....	53
Tabla 8. Color.....	54
Tabla 9. Olor.....	54
Tabla 10. Densidad relativa calculada a partir de la Norma ISO 3528. ....	55
Tabla 11. Índice de refracción calculada a partir de la Norma ISO 3528. ....	56
Tabla 12. Rotación óptica calculada a partir de la Norma ISO 3528. ....	57
Tabla 13. Residuo a la evaporación calculada a partir de la Norma ISO 3528.....	57
Tabla 14. Valor ácido calculado a partir de la Norma ISO 3528.....	59
Tabla 15. Cromatografía de gases calculado a partir de la Norma ISO 3528.....	60



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de cítricos. ....	18
Figura 2. Principales estados productores de mandarina para el ciclo agrícola 2016. ....	22
Figura 3. Principales aplicaciones de los aceites esenciales (Vargas y Bottia, 2008). ....	35
Figura 4. Equipo de extracción por hidrodestilación. ....	42
Figura 5. Llenado de la celda del polarímetro. ....	45
Figura 6. Peso en gramos del aceite esencial. ....	46
Figura 7. Rendimiento de aceite esencial en función de la temperatura a tiempo de extracción constante de 2 horas. ....	52
Figura 8. Apariencia y color de los aceites esenciales obtenidos por hidrodestilación. ....	55
Figura 9. Miscibilidad con etanol al 90%. ....	58
Figura 10. Cromatografía de gases del aceite esencial de mandarina obtenido con 140°C, con los principales compuestos. ....	62
Figura 11. Cromatografía de gases del aceite esencial de mandarina obtenido con 160°C, con los principales compuestos. ....	62

## I. INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales han estado en el mundo por siglos y siglos, pero hoy en día se han vuelto más relevantes que nunca. Muchos se han dado cuenta que pueden ser usados para sanar y para ayudar al bienestar físico y emocional del cuerpo. Lo que sucede es que estos aceites no sólo huelen delicioso, sino que, en efecto, curan a un nivel celular. Son los líquidos solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos con escasa solubilidad en agua. Que conforman la reserva energética que ayuda a proteger y reforzar la inmunidad de la especie vegetal. (Cabra, 1988).

De la mandarina, no solamente se aprovecha el jugo, sino que de la cáscara de la mandarina se pueden obtener aceites que se utilizan como aromatizantes en diferentes industrias. Su aceite esencial es uno de los ingredientes básicos en las industrias de perfumería, alimentos, agronómica y farmacéutica (Díaz, 2002).

Los aceites esenciales se forman en las partes verdes (con clorofila) del vegetal y al crecer la planta son transportadas a otros tejidos, en concreto a los brotes en flor. Se desconoce la función exacta de un aceite esencial en un vegetal; puede ser para atraer los insectos para la polinización o para repeler a los insectos nocivos, o puede ser simplemente un producto metabólico intermedio (López, 2005).

El desarrollo de nuevos procesos de separación que minimicen los costos energéticos asociados a la operación de extracción de esencias y aceites esenciales, tales como la destilación por arrastre con vapor de agua, la extracción por prensado o con solventes orgánicos a bajas presiones entre otros, y teniendo en cuenta aspectos que actualmente son de vital importancia para la industria química tales como, la minimización de riesgos ambientales, el uso de solventes más eficaces y fácilmente recuperables y la creciente demanda de materia prima para la fabricación de productos para consumo humano de alta calidad.

La metodología propuesta para este estudio consta del acondicionamiento de la materia prima (cáscara de mandarina) para la extracción de su aceite esencial, la determinación las condiciones de presión y temperatura óptimas, estudiar cómo varía el rendimiento del aceite esencial respecto a las condiciones de presión y temperatura, identificar los componentes de mayor importancia del aceite esencial obtenido a través de la técnica de cromatografía de gases acoplada con espectrometría de masa, para determinar la variación de composición al variar las condiciones de operación y determinar el rendimiento en peso de la operación de extracción del aceite esencial de la cáscara de mandarina.

Veracruz cuenta con una enorme diversidad de climas, suelos y condiciones geográficas; factores en uno que los convierte en los estados más ricos de México, en cuanto a recursos naturales. Sin embargo, este enorme potencial productivo y ventajas comparativas están siendo desaprovechadas actualmente, debido a la falta de planeación y de definición de políticas gubernamentales acorde a cada región, causa por la cual no se les ha dado dichos recursos un mejor uso alternativo.

## I. ANTECEDENTES

El aceite esencial es un líquido oleoso volátil, generalmente insaponificable, se obtiene de las diferentes partes de una planta (hojas, raíces, flores, semillas y frutas) por algún método físico de extracción. Representa la fracción aromática más importante del vegetal; está constituido por una mezcla muy compleja de compuestos, principalmente terpenos, alcoholes, cetonas, fenoles, ácidos, aldehídos y ésteres; se solubilizan parcialmente en etanol, cloroformo y aceites fijos (grasas y aceites) y son insolubles en agua.

Los aceites esenciales se pueden extraer mediante diferentes métodos como: expresión, destilación con vapor de agua, extracción con disolventes volátiles y enflorado o enfleurage (Badui, 1993).

Los aceites esenciales tienen características sensoriales muy similares a la materia prima de donde provienen, pero con una potencia o intensidad hasta 100 veces mayor; por lo que se usan en concentraciones que van de 0.01 a 0.1% para aromatizar diversos alimentos, bebidas, perfumes, etc. (Hoagland, 1978).

El aceite esencial de naranja se utiliza para dar sabor y aroma a té, vinos, bebidas no alcohólicas, es uno de los ingredientes básicos en la industria de los perfumes, se utiliza en jabones, desinfectantes y productos similares. Debido a que el aceite esencial de naranja y en general los aceites esenciales son muy inestables, una manera de estabilizarlos es formando micro cápsulas para lo que se requiere el uso de agentes encapsulantes como lo son los almidones modificados.

La agroindustrialización de la naranja se concentra principalmente en la producción de jugos. Durante este proceso, entre el 23 y 40% en peso de la fruta se obtiene como desecho principal, generando un problema ambiental en la disposición de los mismos. Una parte de estos desechos de cáscaras son utilizados como alimento animal, sin embargo, las cáscaras de naranja tienen compuestos como los aceites esenciales y las pectinas que pueden ser aprovechados para generar un mayor valor agregado al proceso. La extracción de aceites esenciales de cítricos ha sido estudiada por varios autores. (Mohamed, Ferhat, Brahim, 2006).

Hay reportes donde se extrae aceite esencial a partir de cáscara de naranja comparando los rendimientos de los procesos de hidrodestilación y la destilación asistida por microonda (MAD), obteniendo una mayor fracción de compuestos oxigenados mediante este último método, además de obtener un menor daño estructural del material vegetal. Blanco et al, realizaron un estudio comparativo de los aceites esenciales extraídos por destilación con vapor y presión en frío de las cáscaras y hojas de los cítricos colombianos, mediante análisis de cromatografía de gases de alta resolución usando un detector selectivo de masas, concluyendo en que no existe una diferencia cuantitativa ni cualitativa en la composición entre los aceites esenciales de las cascaras de los cítricos obtenidos por los dos métodos. (Ferhat, 2006).



## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los desechos que existen de la mandarina no son tratados para una utilidad. La cáscara de mandarina es desechada por empresas tratadoras todos los días, que al final del día llega a convertirse en basura y un foco de infecciones para sus propiedades botánicas conocidas. De aquí la necesidad de explorar nuevas técnicas, o mejorar las ya existentes minimizando los costos asociados para extraer el aceite esencial de la cáscara de mandarina.

En la actualidad existe interés en la búsqueda de alternativas para el uso de los desechos orgánicos, y se desea resolver esta problemática, en la cual todo el mundo está involucrado.

Se usan solventes eficaces y fácilmente recuperables. El modelo económico actual, fundamentado en el consumismo, no permite un crecimiento sostenible. Es necesario aportar un mayor valor añadido a los servicios y productos para encontrar nuevas oportunidades y espacios de mercado así como el incremento. Por ello, es primordial no dejar a un lado el cuidado del medio ambiente, el uso de energías alternativas y el ahorro energético.

Tomando en cuenta los requisitos nacionales y mundiales de dar valor agregado a los productos, sobre todo a partir de tecnologías relacionadas con el medio ambiente, es sumamente importante la implementación de los conceptos de desarrollo sustentable. Estos se encuentran alineados con la aplicación de hidrodestilación en la obtención de aceites esenciales.

Anualmente, se desaprovecha varias toneladas de vegetales y frutas debido a pérdidas en las cosechas, mala distribución o ineficiencia en la estrategia de comercialización. Se producen aceites esenciales cítricos; sin embargo, dicho producto carece de refinación y concentración. Es en este punto, donde este desperdicio se puede transformar en una gran oportunidad de lograr la obtención de un concentrado de esencias cítricas y solventes con valor agregado, que consecuentemente aumentaría el nivel de rentabilidad de los agronegocios, mediante la creatividad y el empleo de tecnologías emergentes.

### **III. OBJETIVOS**

#### **4.1 General**

- Determinar el rendimiento y caracterizar el aceite esencial a partir de la cáscara de mandarina (*Citrus deliciosa*), empleando el método de hidrodestilación.

#### **4.2 Particulares**

1. Comparar los diferentes métodos de extracción de aceite esencial.
2. Determinar las temperaturas y los tiempos de extracción.
3. Caracterizar el aceite esencial obtenido mediante la Norma ISO 3528:2012

### **IV. HIPÓTESIS**

La temperatura y tiempo de proceso determinan el rendimiento de extracción del aceite de mandarina (*Citrus deliciosa*) empleando la tecnología de hidrodestilación.

## **V. MARCO TEÓRICO**

### **6.1 Origen de la mandarina**

La mandarina proviene de las zonas tropicales de Asia. Se cree que su nombre se debe al color de los trajes que utilizaban los mandarines, gobernantes de la antigua China. Se puede afirmar que es una fruta originaria de China e Indochina. Su cultivo se introdujo en Europa en el siglo XIX. (Soler, 2006).

En la actualidad, son países productores: Japón, Israel, Argelia y por su puesto España, donde en la Comunidad Valenciana se produce el 90% de la mandarina del país. Las mandarinas son los cítricos más consumidos en el mundo entero. Es una fruta perteneciente a la familia de los hesperidios. Su forma es similar a la naranja, sin embargo, es más pequeña y achatada en las bases. Asimismo, su pulpa está formada por gran número de gajos llenos de delicioso jugo. Este cítrico tiene la particularidad de tener gran facilidad para retirar su cáscara (incluso con la mano) en la mayoría de sus tipos. Por este motivo es una de las frutas más apreciadas por las personas, ya que hasta los niños pueden manipular su piel fácilmente.

Los aceites esenciales se forman en las partes verdes (con clorofila) del vegetal y al crecer la planta son transportadas a otros tejidos, en concreto a los brotes en flor. Se desconoce la función exacta de un aceite esencial en un vegetal; puede ser para atraer los insectos para la polinización o para repeler a los insectos nocivos, o puede ser simplemente un producto metabólico intermedio (López, 2005).

### **6.1.1 El género *Citrus***

El género *Citrus* L. (Rutaceae, Aurantioideae) comprende algunas de las especies de árboles frutales de mayor relevancia económica mundial. Es nativo de las zonas cálidas del sur y sudeste de Asia hasta las zonas templadas de China, Australia e islas del Pacífico sudoccidental. Tiene una larga historia de domesticación, y especies ampliamente difundidas en cultivo, muchas veces, se han naturalizado en las zonas cálidas y templado cálidas del mundo (Randall, 2012).

Este género oriundo de Asia tropical y subtropical está conformado por tres especies y numerosos híbridos cultivados, incluyendo las frutas más ampliamente comercializadas, como el limón, la naranja, la lima, la toronja o pomelo y la mandarina, con diversas variedades que dependen de la región en que se cultive cada una de ellas. (Inforural, 2012).

El fruto de los cítricos es un hesperidio que surge a través del crecimiento y el desarrollo del ovario, consiste en un número variable de carpelos (generalmente nueve a diez en los cultivos comerciales más importantes, como las naranjas, y mandarinas), cubiertas por una cascara coriácea y la parte comestible, el endocarpio. Estos carpelos contienen semillas y pulpa. (El-Otmani, 2011).

### **6.1.2 Valoración nutricional**

La mandarina aporta cantidades importantes de vitamina C. Aunque contiene menos de esta vitamina que la naranja, supera a todos los cítricos en ácido fólico (que favorece la producción de glóbulos rojos y blancos).



El aporte de provitamina A es considerable y superior al de las naranjas. Es destacable su composición en criptoxantina (caroteno), un compuesto que además de transformarse en vitamina A en nuestro organismo, tiene propiedad antioxidante, por lo que se le atribuye una acción preventiva frente al cáncer y la enfermedad cardiovascular.

El contenido del resto de vitaminas, minerales y fibra es apreciable. También posee ácido cítrico y ácido málico, responsables del sabor ácido, pero en menor cantidad que la naranja. Además, la mandarina contiene flavonoides (hesperidina, neohesperidina, nobiletina, tangeritina). Concretamente, respecto a la hesperidina (flavanona), algunos estudios indican que posee efectos antiinflamatorios, analgésicos, hipolipidémicos, antihipertensivos y diuréticos en animales de experimentación.

Al igual que otras frutas cítricas, la mandarina también posee sustancias volátiles responsables de su aroma (limonoides) localizadas en la corteza, un tipo de terpenos entre los que cabe destacar el d-limoneno, un importante agente anticancerígeno, cuya efectividad terapéutica está siendo probada en pacientes de cáncer a los que se les administra oralmente. (EFSA, 2010).

### 6.1.3 Composición nutricional

Tabla 1. Composición nutricional (Moreiras 2013).

	Por 100 g de porción comestible	Por unidad (85 g)	Recomendaciones día-hombres	Recomendaciones día-mujeres
<b>Energía (Kcal)</b>	43	26	3.000	2.300
<b>Proteínas (g)</b>	0,8	0,5	54	41
<b>Lípidos totales (g)</b>	Tr	Tr	100-117	77-89
AG saturados (g)	—	—	23-27	18-20
AG monoinsaturados (g)	—	—	67	51
AG poliinsaturados (g)	—	—	17	13
$\omega$ -3 (g)*	—	—	3,3-6,6	2,6-5,1
C18:2 Linoleico ( $\omega$ -6) (g)	—	—	10	8
Colesterol (mg/1000 kcal)	0	0	<300	<230
<b>Hidratos de carbono (g)</b>	9	5,5	375-413	288-316
<b>Fibra (g)</b>	1,9	1,2	>35	>25
<b>Agua (g)</b>	88,3	54,0	2.500	2.000
<b>Calcio (mg)</b>	36	22,0	1.000	1.000
<b>Hierro (mg)</b>	0,3	0,2	10	18
<b>Yodo (<math>\mu</math>g)</b>	Tr	Tr	140	110
<b>Magnesio (mg)</b>	11	6,7	350	330
<b>Zinc (mg)</b>	0,4	0,2	15	15
<b>Sodio (mg)</b>	2	1,2	<2.000	<2.000
<b>Potasio (mg)</b>	160	97,9	3.500	3.500
<b>Fósforo (mg)</b>	17,2	10,5	700	700
<b>Selenio (<math>\mu</math>g)</b>	Tr	Tr	70	55
<b>Tiamina (mg)</b>	0,07	0,04	1,2	0,9
<b>Riboflavina (mg)</b>	0,02	0,01	1,8	1,4
<b>Equivalentes niacina (mg)</b>	0,3	0,2	20	15
<b>Vitamina B<sub>6</sub> (mg)</b>	0,07	0,04	1,8	1,6
<b>Folatos (<math>\mu</math>g)</b>	21	12,9	400	400
<b>Vitamina B<sub>12</sub> (<math>\mu</math>g)</b>	0	0	2	2
<b>Vitamina C (mg)</b>	35	21,4	60	60
<b>Vitamina A: Eq. Retinol (<math>\mu</math>g)</b>	56	34,3	1.000	800
<b>Vitamina D (<math>\mu</math>g)</b>	0	0	15	15
<b>Vitamina E (mg)</b>	—	—	12	12

Tablas de Composición de Alimentos. Moreiras y col., 2013. (MANDARINA). Recomendaciones: Ingestas Recomendadas/día para hombres y mujeres de 20 a 39 años con una actividad física moderada. Recomendaciones: Objetivos nutricionales/día. Consenso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria, 2011. Recomendaciones: Ingestas Dietéticas de Referencia (EFSA, 2010). Tr: Trazas. 0: Virtualmente ausente en el alimento. —: Dato no disponible. \*Datos incompletos.

## 6.2 Producción de la mandarina

### 6.2.1 Producción mundial de cítricos

México es líder en producción de cítricos, al ubicarse como el quinto productor a nivel mundial (4.6% del total) detrás de China (21%), Brasil (18%), Estados Unidos (8%) y la India (6%). (SAGARPA, 2012).

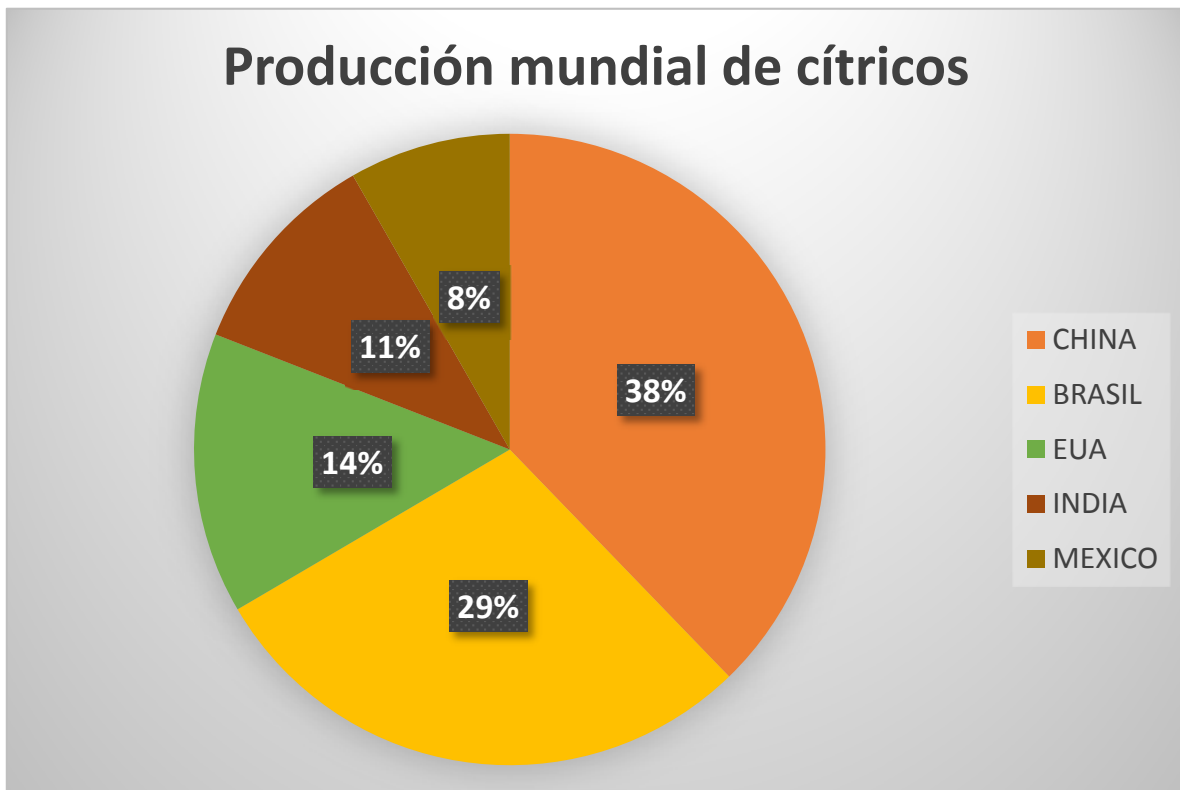


Figura 1. Producción mundial de cítricos (SAGARPA, 2012).

El cultivo de cítricos representa una fuente importante de ingresos en las zonas rurales donde se lleva a cabo. Se estima que cerca de 69 mil familias dependen de esta actividad, con un valor superior a siete mil 100 millones de pesos.

## 6.2.2 Producción mundial de mandarina

La producción mundial de cítricos para 2017/2018 se pronostica en 29.9 toneladas métricas, ligeramente inferiores a la última cosecha más grande del año en China, casi inferior en la disminución de la Unión Europea y Marruecos. El consumo fresco es plano mientras las exportaciones se pronostican en un 6 por ciento.

La producción comercial de cítricos ha sido registrada por la FAO en más de 100 países diferentes y seis regiones: África, América del Norte, América del Sur, Asia, Europa (Mediterráneo) y Oceanía. La producción mundial de mandarina ha ido aumentando gradualmente de un promedio de 10 años de 103 toneladas en 1980-1981 a 1988-1989, a un promedio significativamente mayor del cultivo total (teniendo en cuenta las variaciones estacionales anuales, especialmente el cultivo alternativo común) en las cuatro temporadas 1995/1996-1998/1999 de 103 toneladas.

Las áreas del cultivo de mandarinas más grandes se encuentran en el hemisferio norte, donde el 90% de los registros de la producción mundial ocurren e incluyen el importante crecimiento en países como en China, el Mediterráneo, región con un 26% (por ejemplo, Italia, España, Marruecos, Egipto y Turquía), Japón y Corea. El hemisferio Sur con solo el 10%, es relativamente menor de la región en crecimiento, como en Brasil y Argentina, con plantaciones más pequeñas en Australia y Sudáfrica.

Se omite de las estadísticas de la FAO la proyectada producción de mandarina en Pakistán de 547 toneladas en 2005. Muchos países como Japón, China, India, México y Asia, tienen importantes mercados locales y nacionales por sus frutas frescas de mandarina, en general en 1998-1999 con el 77% de la producción mundial total, con solo el 15% exportado y 8% procesado.

Sin embargo actual y en el futuro marketing de exportación será mercados importantes para España (actualmente el mayor exportador), Marruecos, Turquía y China.

Es interesante notar que en los dos mayores países productores de cítricos (Brasil y EUA), las mandarinas son un tipo relativamente menor producido con solo 4 y 3%, respectivamente, de su producción total. En otros países las mandarinas son significativamente más importantes. (Forsyth, 2003).

Tabla 2. Principales países productores de mandarina en miles de toneladas. (FAO, 2016).

Países	Total de producción	Exportada	Procesada
EUA	876.0	40.1	135.0
Grecia	165.8	127.4	
Italia	855.1	33.2	61.9
España	2222.6	1553.7	204.8
Israel	164.0	87.0	27.0
Argelia	251.3		
Marruecos	1065.0	380.0	14.5
Egipto	948.5	45.7	
Turquía	1040.0	460.0	34.9
Japón	1115.0	1.9	90.0
México	499.0	3.2	42.7
China	19000.0	16.7	600.0
Korea	640.0	3.0	150.9
Irán	742.4	6.2	
Brasil	910.8	0.1	244.0



### 6.2.3 Producción nacional de mandarina

La citricultura en México es una actividad de gran importancia económica y social: Se realiza en poco más de medio millón de hectáreas en regiones con clima tropical y sub-tropical en 23 entidades federativas. De esa superficie, aproximadamente 80% se destina a los denominados cítricos dulces, cuya producción es del orden de 4.9 millones de toneladas por cosecha, principalmente de naranja (83% del total), toronja (8%), mandarina (5%) y tangerina (4%).

El cultivo de cítricos dulces representa una fuente importante de ingresos en las zonas rurales donde se lleva a cabo. Se estima que cerca de 69 mil familias dependen de esta actividad, con un valor superior a siete mil 100 millones de pesos.

Los estados de mayor importancia en la producción son Veracruz (55% del total nacional), San Luis Potosí y Tamaulipas, que en conjunto representan 22% de la superficie sembrada y cosechada, así como Puebla y Nuevo León. (SAGARPA, 2012).

Tabla 3. Principales estados productores de mandarina en toneladas para el ciclo agrícola 2016. (SIACON-SAGARPA, 2018).

Estados	Producción
Veracruz	139,653.26
Puebla	51,319.98
Nuevo León	34,155.60
Tamaulipas	9,823.40
Yucatán	6,507.06



Figura 2. Principales estados productores de mandarina para el ciclo agrícola 2016.

En el país se cultivan poco más de 269,349.64 toneladas de mandarina anualmente, la mandarina ocupa el cuarto lugar en la producción nacional pero junta con la tangerina representa al cultivo que genera mayor derrama económica dado que su manejo en fresco requiere de altos costos para su empaque y acarreo, El estado de Veracruz es el líder en la producción y rendimiento logrado por hectárea plantada con mandarinos en el país. Pero los mejores precios los logran Guerrero y México. Este cultivo se vende en Fresco en su mayoría y solo una parte es entregada a la industria para su procesamiento. (SIACON-SAGARPA, 2018).

Es importante destacar que gracias a sus características, Estados Unidos es el principal consumidor de mandarina mexicana, siendo Puebla el estado con más exportaciones a ese país, debido a que cuenta con cerca de 12 mil hectáreas dedicadas al cultivo de esta fruta, divididas en cinco municipios entre los que sobresalen: Ayotoxco y Hueytamalco, donde se cosechan hasta 12 toneladas por hectárea dependiendo de las condiciones climáticas y de la época del año.

Alrededor del mundo existen diferentes variedades de mandarinas, donde las más conocidas son la variedad satsuma y la clementina, las cuales se distinguen por su agradable sabor y por la facilidad para llevar a cabo su cultivo.

La infraestructura económica con que cuenta el sistema producto cítrico lo ubica en tercera posición en importancia entre todos los cultivos agrícolas en la república mexicana, en la siguiente gráfica podemos constatar la representación de su entorno. (SIACON, 2004).

### **6.3 Usos de la mandarina**

La mandarina es una fuente de vitamina C, aunque en menor proporción que la naranja, es rica en fibra y posee un elevado contenido en agua. La importancia comercial de la mandarina está en su consumo al natural, como postre o tentempié y cada vez es mayor la presencia de esta fruta en los mercados europeos. En la cocina la mandarina se puede utilizar en platos de caza y cerdo, en platos de marisco, en ensaladas, etc. También se utilizan para infinidad de postres, como macedonias, tartas, cremas, etc. (Moreiras, 2009).

A nivel industrial la mandarina se puede emplear para distintos productos derivados como el zumo, conservas como la mermelada o la confitura, para la elaboración de licor de mandarina extraído de la corteza, para la extracción de aceites esenciales utilizados para la fabricación de licores, en confitería y fabricación de bebidas refrescantes. Pero en general podemos decir que la utilización industrial de la mandarina en zumos y jugos no es excesivamente importante puesto que la naranja posee mejores propiedades para estos usos. (FAO, 2005).

Las mandarinas de todo tipo son principalmente consumidas directamente, o las secciones se utilizan en ensaladas de frutas, gelatinas, budines, o en pasteles. Los tipos muy pequeños se enlatan en sirope. El aceite esencial de la cáscara exprimida se emplea comercialmente para saborizar caramelos, gelatinas, helados, goma de mascar y productos de panadería. El aceite esencial de mandarina es una pasta estándar para saborizar las bebidas carbonatadas. El aceite esencial, con los terpenos y sesquiterpenos eliminados, se utiliza en los licores. El aceite de mandarina, destilado de las hojas, ramitas verdes y frutas, tiene las mismas aplicaciones alimentarias.

Tanto el aceite esencial de mandarina como el aceite petitgrain, y sus distintas tinturas y esencias, se valoran en la fabricación de perfumes, en particular en la formulación de compuestos de flores y colonias. Se producen principalmente en Italia, Sicilia y Argel.

#### **6.4 Proceso agroindustrial de la mandarina**

En la elaboración de jugos es esencial utilizar variedades con un alto contenido de jugo y un buen balance entre los °Brix y la acidez.

El color es un parámetro de calidad especialmente importante en jugos concentrados de naranja y en la preparación de bases de productos cítricos. Generalmente se mezclan jugos de diferentes extracciones para obtener un buen balance en color y sabor del producto.

Debido a que el contenido de vitamina C es el componente nutritivo más importante en el jugo de cítricos, es muy deseable que esté presente en un alto porcentaje como ácido ascórbico. Otro requisito para el procesamiento es que la materia prima no tenga un excesivo sabor amargo o que éste no sea incluido a través del procesamiento térmico. Otro producto de los cítricos son los gajos.

Cuando se empacan gajos, una de las características más importantes de la materia prima es que posea una textura firme y sin semillas, ya que el desemillar los gajos cuesta mucho en tiempo y en costos de operación, además de que se estropean quedando poco atractivos para el consumidor. Los gajos más solicitados son los de toronja, mandarina y naranja. Estas frutas deben estar preferentemente bien maduras. (SAGARPA, 2012).

## **6.5 Residuos agroindustriales**

El exocarpo o flavedo: es lo que coloquialmente se conoce como cáscara o corteza de los cítricos. El exocarpo o flavedo está formado por una epidermis e hipodermis que es de color verde cuando aún no está madura y naranja cuando ya está en su punto de maduración. Esta parte está compuesta de pequeñas vesículas que contienen aceites esenciales que se utilizan principalmente para realizar perfumes y aromatizantes.

El mesocarpo o albeldo también forma parte de la cáscara de la mandarina y vulgarmente se le conoce “lo blanco de la mandarina”. Su aspecto es esponjoso y de color blanco. Es la parte de la mandarina que contiene más pectinas y se utiliza principalmente para la realización de mermeladas aunque también es rica en glucósidos.

El endocarpo o pulpa está formado por gajos o sacos de zumo y las semillas. En esta parte de la mandarina es donde se encuentran los diferentes ácidos orgánicos (como la vitamina C), azúcares y agua que aportan esta fruta. (Padrón, 1985).

En los procesos agroindustriales es inevitable la generación de subproductos que lamentablemente no son utilizados o reciclados apropiadamente convirtiéndose en un grave problema de contaminación, especialmente si estos desechos son vertidos en rellenos sanitarios donde provocan la proliferación de insectos o incinerados produciendo grandes cantidades de CO<sub>2</sub>. Barragán Huerta *et. al.*, (2008), concluye que la biotecnología es parte primordial para convertir los residuos en productos de interés comercial mediante procesos de extracción directos, siendo la principal razón la búsqueda de materias primas a bajo coste y de fácil adquisición.

De acuerdo a las investigaciones de Saval *et. al.* (2012), existen varias instituciones que en México están realizando trabajos relacionados con la producción de bioenergéticos, con énfasis en el aprovechamiento de residuos agroindustriales, entre los cuales se puede mencionar centros de investigación pertenecientes al IPN, UNAM; CONACYT y algunas Universidades Autónomas. Dentro de las aplicaciones que se pueden mencionar son la producción de biocombustibles, bioetanol, composta, sustratos para la fermentación de metabolitos de interés entre otras cosas.

Por otra parte, los desechos producidos por la agroindustria de cítricos en los últimos años han mostrado un aumento significativo, sin embargo, estos residuos tienen la potencialidad como material de partida para la elaboración de productos comerciales con alto valor agregado como: aceites esenciales (AE), aceites fijos y fibras entre otros (Navarrete *et. al.* 2010) Los AE tienen una importante demanda en la industria de alimentos, farmacéutica y de cosméticos. Navarrete describe la extracción y caracterización del AE de mandarina obtenido, mediante arrastre con vapor, a partir de desechos agroindustriales donde se evaluó el efecto de la presión de vapor, el espesor y el número de capas del material vegetal, sobre el rendimiento y calidad del AE.

## **6.6 Aceites esenciales**

Las esencias o aceites esenciales son una mezcla compleja de sustancias aromáticas responsable de las fragancias de las flores. Poseen numerosas acciones farmacológicas, por lo que constituyen la base de la aromaterapia, pero además son ampliamente utilizados en perfumería y cosmética, en la industria farmacéutica y en la industria de la alimentación, licorería y confitería.

Los aceites volátiles, aceites esenciales o simplemente esencias, son las sustancias aromáticas naturales responsables de las fragancias de las flores y otros órganos vegetales. Actualmente, sólo se emplea esta definición si se obtienen mediante arrastre en corriente de vapor de agua o por expresión del pericarpio en el caso de los cítricos. Con excepción de algunas, como la de las almendras amargas, que se producen por hidrólisis de heterósidos, estas esencias se encuentran como tales en la planta. Son sintetizadas y segregadas por determinadas estructuras histológicas especializadas, frecuentemente localizadas sobre o en la proximidad de la superficie de la planta: células oleíferas, conductos o cavidades secretoras, o en pelos glandulosos.

Pueden, asimismo, estar depositadas en tejidos específicos como en el pericarpio de los frutos cítricos; en los pétalos de las rosas; en la corteza, tallo y hojas de la canela; en las maderas del alcanforero y sándalo; en los pelos glandulares de hojas, tallos y flores de la menta; en las raíces de la valeriana, etc.

Con frecuencia están asociadas con otras sustancias, como gomas y resinas, y tienden a resinificarse por exposición al aire. En el mundo vegetal están muy extendidas en numerosas especies botánicas. Son especialmente abundantes en las coníferas, lamiáceas, apiáceas, mirtáceas, rutáceas y asteráceas. Se le atribuyen variadas funciones en las plantas como protección frente a insectos y herbívoros, adaptación frente al estrés hídrico y son de gran importancia en la polinización, debido a que constituyen elementos de comunicación química por su volatilidad y marcado olor. (Font, 1992).

### **6.6.1 Clasificación de los aceites esenciales**

Los aceites esenciales se clasifican con base en diferentes criterios: consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios.

De acuerdo con su consistencia los aceites esenciales se clasifican en esencias fluidas, bálsamos y oleorresinas. Las esencias fluidas son líquidos volátiles a temperatura ambiente. Los Bálsamos son de consistencia más espesa, son poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización, son ejemplos el bálsamo de copaiba, el bálsamo del Perú, Benjuí, bálsamo de Tolú, Estoraque, etc. Las Oleorresinas tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas (caucho, gutapercha, chicle, balata, oleorresina de paprika, de pimienta negra, de clavel, etc.).



De acuerdo a su origen los aceites esenciales se clasifican como naturales, artificiales y sintéticas. Los naturales se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su rendimiento tan bajo son muy costosas. Los artificiales se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes, por ejemplo, la mezcla de esencias de rosa, geranio y jazmín enriquecidas con linalool, o la esencia de anís enriquecida con anetol. Los aceites esenciales sintéticos como su nombre lo indica son los producidos por la combinación de sus componentes los cuales son la mayoría de las veces producidos por procesos de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, fresa, etc.).

Desde el punto de vista químico y a pesar de su composición compleja con diferentes tipos de sustancias, los aceites esenciales se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de sustancias que son los componentes mayoritarios. Según esto los aceites esenciales ricos en monoterpenos se denominan aceites esenciales monoterpenoides (hierbabuena, albahaca, salvia entre otros). Los ricos en sesquiterpenos son los aceites esenciales sesquiterpenoides (copaiba, pino, junípero, entre otros). Los ricos en fenilpropanos son los aceites esenciales fenilpropanoides (clavo, canela, anís entre otros). Aunque esta clasificación es muy general resultará útil para propósitos de estudiar algunos aspectos fitoquímicos de los monoterpenos, los sesquiterpenos y los fenilpropanos, sin embargo existen clasificaciones más complejas como la de González Patiño que tienen en cuenta otros aspectos químicos. (Stashenko, 1996).

### **6.6.2 Características generales de aceites esenciales**

Los aceites esenciales, en general, constituyen del 0.1 al 1% del peso seco de la planta.

Son líquidos con escasa solubilidad en agua, solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos. Cuando están frescos, a temperatura ambiente, son incoloros, ya que al oxidarse se resinifican y toman un color amarillento oscuro (lo que se previene depositándolos en recipientes de vidrio de color topacio, totalmente llenos y cerrados perfectamente). La mayoría de los aceites son menos densos que el agua (salvo excepciones como los aceites esenciales de canela, sazafrán y clavo) y con un alto índice de refracción.

En cuanto a su composición química, a excepción de las esencias derivadas de heterósidos (como la de las almendras amargas y mostaza), son generalmente mezclas complejas de constituyentes muy variables que pertenecen, de forma casi exclusiva, al grupo de los terpenos y, en menor medida, al grupo de los compuestos aromáticos derivados del fenilpropano (aldehído cinámico, eugenol, anetol, aldehído anísico y safrol, entre otros). Los compuestos terpénicos están formados por unidades de isopreno (5 carbonos), que pueden ser monoterpenos (10 carbonos) y sesquiterpenos (15 carbonos). Estos monoterpenos y sesquiterpenos pueden ser, a su vez, acíclicos, monocíclicos y bicíclicos, y también oxigenados y no oxigenados.

Algunos aceites son casi monomoleculares, ya que poseen casi en exclusiva un solo componente, otros son ricos en 2- 3 moléculas. Pero la mayoría son polimoleculares, puesto que contienen 3-4 moléculas mayoritarias, un cierto número de moléculas minoritarias y, en ocasiones, centenares de moléculas diferentes que sólo están presentes en trazas. (Arteche, 1998).

### **6.6.3 Propiedades de los aceites esenciales**

Todos los aceites esenciales son antisépticos, pero cada uno tiene sus virtudes específicas.

Por ejemplo, pueden ser analgésicos, fungicidas, diuréticos o expectorante. La reunión de componentes de cada aceite también actúa conjuntamente para dar el aceite una característica dominante.

En el organismo, los aceites esenciales pueden actuar de modo farmacológico, fisiológico y psicológico. Habitualmente producen efectos sobre diversos órganos (especialmente los órganos de los sentidos) y sobre diversas funciones del sistema nervioso.

También son utilizados en plantas para alejar a los insectos herbívoros. (Velasco, 2007).

#### **6.6.3.1 Propiedades terapéuticas**

Desde el punto de vista farmacológico, las propiedades de los aceites esenciales son muy variables debido a la heterogeneidad de sus componentes. Algunas de las moléculas presentes en los aceites esenciales de ciertas plantas poseen gran interés terapéutico, lo que ha dado origen a la aromaterapia. Algunas de estas acciones, por sus efectos sobre la piel, han encontrado también su aplicación en cosmética.

Por otro lado, desde el punto de vista toxicológico, los aceites esenciales son potencialmente tóxicos (a pesar de estar considerados en el ámbito popular como productos naturales poco peligrosos), ya que fácilmente puede darse una sobredosificación, incluso con aceites esenciales de plantas que en sí mismas son muy poco tóxicas.

Además, algunos muestran una toxicidad específica por tener componentes que atraviesan la barrera hematoencefálica y que afectan al sistema nervioso central, como ocurre con la tuyona, que abunda en las esencias de ajeno, tuya y salvia. (Carbonnel, 1998).

Entre las acciones farmacológicas de los aceites esenciales las más destacables son las siguientes:

#### **6.6.3.1.1 Poder antiséptico**

Esta acción antiséptica, que no antibiótica, se manifiesta frente a un gran número de bacterias patógenas e incluye ciertas cepas antibiorresistentes. Algunos aceites son también activos frente a hongos inferiores responsables de micosis e incluso frente a levaduras (*Candida*). Compuestos como el citral, geraniol, linalol o timol muestran un poder antiséptico muy superior al del fenol.

#### **6.6.3.1.2 Propiedades irritantes**

Utilizados por vía externa, productos como la esencia de trementina provocan un aumento de la microcirculación, rubefacción importante, sensación de calor y, en ciertos casos, ligera acción anestésica local. Son muy numerosos los distintos preparados de uso tópico que incorporan aceites esenciales destinados a aliviar esguinces, agujetas, distensiones y otras algias articulares o musculares. Por vía interna, producen irritación a distintos niveles: los aceites esenciales de eucalipto, niaulí y pino estimulan las células del mucus y aumentan los movimientos de los cilios del árbol bronquial. De manera análoga, algunos aceites esenciales pueden, a nivel renal, producir vasodilatación y causar un efecto diurético (enebro).

### **6.6.3.1.3 Acción espasmolítica y sedante**

Los aceites esenciales con anetol (los de muchas umbelíferas, los de las mentas o el de verbena) son eficaces en disminuir o suprimir los espasmos gastrointestinales. Frecuentemente intensifican la secreción gástrica, por lo que se han calificado de digestivos y estomáquicos. Asimismo, algunos aceites esenciales ejercen una acción neurosedante (lavanda, melisa, valeriana).

### **6.6.3.1.4 Otras acciones**

Ciertos aceites esenciales presentan un efecto colagogo y colerético (cúrcuma), otros manifiestan una acción antirreumática, antiinflamatoria y antiflogística (mostaza y manzanilla) y algunos un efecto cicatrizante (lavanda). (Kuklinsi, 2000).

## **6.6.4 Aplicaciones de los aceites esenciales**

### **6.6.4.1 Farmacológicas**

Por otro lado, algunos aceites esenciales se utilizan en farmacia para la obtención de diversos principios activos (anetol, eugenol) o como excipientes y aromatizantes en la preparación de jarabes, suspensiones, elixires y otras formas farmacéuticas. Asimismo, en la industria de la alimentación, licorería y confitería se suelen utilizar como aromatizantes.

#### **6.6.4.2 Cosméticas**

En perfumería y cosmética los aceites esenciales son utilizados ampliamente. El empleo en perfumería es muy importante debido, evidentemente, a las cualidades olfativas de los aceites esenciales. Ello implica que sean incorporados en un sinnúmero de composiciones: desde perfumes para aguas de colonia hasta fragancias para detergentes de ropa. En cuanto a su empleo en cosmética es, asimismo, importante y se basa en las funciones específicas que algunas esencias presentan sobre la piel, además del uso como aromatizante en diferentes preparaciones cosméticas.

#### **6.6.4.3 Aromaterapéuticas**

En relación directa con los aceites esenciales ha surgido la denominada aromaterapia, que es una disciplina dentro de la medicina natural que emplea básicamente aceites esenciales en sus tratamientos. El término aromaterapia fue utilizado por primera vez por el químico francés René Maurice Gatefossé, especializado en los usos cosméticos de las esencias. Una aportación muy importante de la aromaterapia ha sido la profundización y el desarrollo de los tratamientos anti infecciosos a partir de aceites esenciales, con los que se obtienen resultados equiparables, en muchos casos, a los de la antibioticoterapia, pero con menos efectos secundarios y poca aparición de resistencias. En este sentido, hay que destacar la técnica del aromatograma, que confirma experimentalmente el poder antibacteriano y fungicida de los aceites esenciales. Este procedimiento es semejante al antibiograma (sistema empleado para definir el poder de un antibiótico), pero se sustituyen los antibióticos por aceites esenciales. En nuestro país, la ausencia de una legislación al respecto favorece el desarrollo de aplicaciones fantasiosas que entorpecen el trabajo de los profesionales de la aromaterapia, ya que hay que tener presente que para aplicar aceites esenciales

con fines curativos se requiere criterio, prudencia y, sobre todo, unos conocimientos científicos básicos. (Peris, 1995).

#### 6.6.4.4 Industrias de alimentos

Los aceites esenciales tienen un rango de aplicaciones muy amplio. Estos se usan en las industrias de alimentos, siendo incorporados en productos de consumo, jarabes, bebidas no alcohólicas, aderezos, mermeladas, etc. (CBI, 2005 y CBI, 2004).

En la figura se resumen algunos de los usos más importantes de los AE en diferentes áreas de las industrias de aromas y sabores, cuidado personal, industria farmacéutica y química.

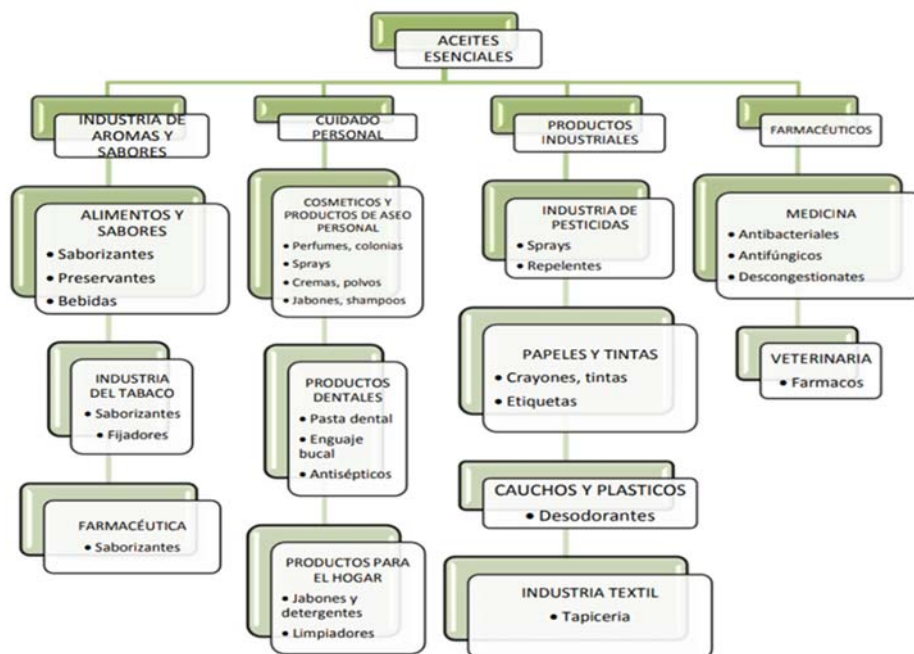


Figura 3. Principales aplicaciones de los aceites esenciales (Vargas y Bottia, 2008).

## **6.6.5 Forma de administración**

### **6.6.5.1 Vía cutánea**

Aceite para masaje corporal. Se obtiene al incorporar a un aceite vegetal una cantidad de aceite(s) esencial(es) que suele oscilar entre el 1% y el 10%. Los objetivos terapéuticos de la loción así obtenida son inmediatos debido a que el masaje favorece una excelente absorción de los componentes aromáticos. La utilización directa (sin disolver) de un aceite esencial sobre el cuerpo es desaconsejable debido a las fuertes irritaciones que en la mayoría de los casos se originan. Los ungüentos pueden ser incluidos en este apartado, pese a que el aceite vegetal es sustituido por una mezcla generalmente de miel y de cera de abejas. Su empleo es mucho más específico: dolores muy localizados, quemaduras, picaduras de insectos entre otros.

Baño aromático. Disfrutar de un baño aromático presenta el problema de la insolubilidad de los aceites esenciales en el agua, por lo que hay que recurrir al uso de solubilizantes.

### **6.6.5.2 Vía olfativa**

Difusión atmosférica. Es la forma más importante de aprovechar las propiedades terapéuticas de los aceites esenciales. Es un método sencillo y agradable, pero para el que es necesario disponer de un aparato adecuado: un microdifusor eléctrico de aceites esenciales que propulsa, mediante un mecanismo vibratorio, las moléculas aromáticas en un área determinada. El empleo de esencias fenólicas (tomillo, clavo) no es aconsejable al ser irritantes para las vías respiratorias.



Vahos. Se inhalan durante unos pocos minutos los vapores que se desprenden de una olla con agua hirviendo en la que se han añadido 20-25 gotas de uno o varios aceites esenciales con efectos descongestionantes sobre las vías respiratorias. Es un procedimiento antiguo, pero muy eficaz en caso de resfriado o de sinusitis. Se puede repetir la operación varias veces al día.

### **6.6.5.3 Vía oral**

Aunque no es la forma más idónea de aplicarlos, los aceites esenciales también se pueden ingerir por vía oral. Si no existen reglas definidas en cuanto a la posología a seguir (en general, 1-2 gotas por toma son suficientes), hay que tener en cuenta que los aceites esenciales no tienen un sabor que se pueda catalogar de agradable y que, además, hay que evitar la más mínima quemadura al sistema digestivo que los va a absorber. Es, por tanto, aconsejable incorporarlos a una cantidad de miel que se disolverá posteriormente en un vaso de agua o en una tisana caliente. (Verdura J, 1998).

## **6.7 Métodos de extracción**

Los aceites esenciales se pueden extraer de las muestras vegetales mediante varios métodos como son: expresión, destilación con vapor de agua, extracción con solventes volátiles, enfleurage y con fluidos supercríticos. En la expresión el material vegetal es exprimido para liberar el aceite y este es recolectado y filtrado. Este método es utilizado para el caso de las esencia de cítricos.

### **6.7.1 Destilación por arrastre de vapor de agua**

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 fluídas, 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. (J. Chem, 1980).

### **6.7.2 Extracción con solventes volátiles**

En el método de extracción con solventes volátiles, la muestra seca y molida se pone en contacto con solventes tales como alcohol, cloroformo, etc. Estos solventes solubilizan la esencia pero también solubilizan y extraen otras sustancias tales como grasas y ceras, obteniéndose al final una esencia impura.

Se utiliza a escala de laboratorio pues a nivel industrial resulta costoso por el valor comercial de los solventes, porque se obtienen esencias impurificadas con otras sustancias, y además por el riesgo de explosión e incendio característicos de muchos solventes orgánicos volátiles. (Chem, 1991).

### **6.7.3 Enflorado o enfleurage**

En el método de enflorado o enfleurage, el material vegetal (generalmente flores) es puesto en contacto con un aceite vegetal. La esencia es solubilizada en el aceite vegetal que actúa como vehículo extractor. Se obtiene inicialmente una mezcla de aceite esencial y aceite vegetal la cual es separada posteriormente por otros medios fisicoquímicos. Esta técnica es empleada para la obtención de esencias florales (rosa, jazmín, azahar, etc.), pero su bajo rendimiento y la difícil separación del aceite extractor la hacen costosa.

### **6.7.4 Extracción con fluidos supercríticos**

El método de extracción con fluidos supercríticos, es de desarrollo más reciente. El material vegetal cortado en trozos pequeños, licuado o molido, se empaca en una cámara de acero inoxidable y se hace circular a través de la muestra un líquido supercrítico (por ejemplo dióxido de carbono líquido), las esencias son así solubilizadas y arrastradas y el líquido supercrítico que actúa como solvente extractor y se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente, y finalmente se obtiene una esencia pura.

Aunque presenta varias ventajas como rendimiento alto, es ecológicamente compatible, el solvente se elimina fácilmente e inclusive se puede reciclar, y las bajas temperaturas utilizadas para la extracción no cambian químicamente los componentes de la esencia, sin embargo el equipo requerido es relativamente costoso, ya que se requieren bombas de alta presión y sistemas de extracción también resistentes a las altas presiones. (Kerrola, 1993).

### **6.7.5 Extracción por hidrodestilación**

La hidrodestilación es un método de extracción de aceites esenciales en el cual el material está sumergido en agua en ebullición, que penetra los tejidos de la planta y disuelve una parte del aceite esencial presente en las estructuras contenedoras; esta disolución acuosa, se difunde a través de las membranas de las células y el aceite se vaporiza inmediatamente desde la superficie.

Este proceso continua hasta que se remueve todo el aceite contenido en las glándulas de la planta, de tal manera, que los vapores generados puedan ser condensados y colectados. La característica principal de este proceso es el contacto directo del agua y el material del cual se extraerá el aceite esencial (Jirovetz, 2005).

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1 Materia prima

La mandarina fue el cítrico que se eligió para este trabajo. El periodo de producción agrícola de este cítrico abarca de septiembre a octubre. La mandarina se adquirió de huertas al azar de los Tlapacoyan, Atzalan y Martínez de la Torre considerando que eran desechos de las empresas tratadoras al no contar con la calidad requerida para su exportación y comercialización nacional. Se retiró la cascara y se cortó en cuadros de un centímetro de longitud aproximadamente. Se separaron en bolsas herméticas de 0.2 kg de cascara picada para cada prueba.

### 7.2 Determinación de la humedad

Se determinó la humedad nativa de la cascara utilizando una termobalanza (modelo PMB 202-115 V (200g x 0.01g), AEADAM) se determinó la humedad crítica, y se llevaron a cabo experimentos con humedad cercana a la crítica.

### 7.3 Rendimiento másico de extracción

Se midió la cantidad de aceite extraído, y con los datos de alimentación másica y de humedad de la muestra se determinó el rendimiento másico de la extracción utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento (mL AE/g cáscara)} = \frac{\text{mL AE}}{500 \text{ g} \left( \frac{100 - \%HR}{100} \right)}$$

#### 7.4 Extracción del aceite esencial de mandarina

Para llevar a cabo la extracción del aceite esencial de la cascara de mandarina *Citrus deliciosa* por medio de hidrodestilación se utilizó un equipo tipo Clevenger de vidrio (Pyrex). Para el calentamiento se utilizó un baño con glicerina y una parrilla con agitación (modelo Simarec, Thermo Scientific). Se pesaron 200 gramos de material cítrico y 500 ml de agua destilada, se colocaron en un matraz de balón de 1000 mL (Pyrex). Para evitar fugas de aceite se colocó un condensador lineal (Pyrex) con agua a 5°C, y un filtro con codo a 90°C.



Figura 4. Equipo de extracción por hidrodestilación.

El proceso de extracción se llevó a cabo de acuerdo a un diseño experimental 2<sup>n</sup>, donde las variables fueron la temperatura y el tiempo de extracción. Se propusieron las siguientes temperaturas: 140°C, 150°C y 160°C, y tiempos de extracción: 1 h, 1.5 h y 2 h.

Al finalizar la extracción el aceite se separó de la fase acuosa por decantación y se confinó en un frasco ámbar a una temperatura de 3°C.

## **7.5 Caracterización fisicoquímica y química del aceite esencial obtenido**

Utilizando la norma internacional ISO 3528:2012 denominada “Aceite esencial de mandarina, tipo italiano, (Citrus Reticulata Blanco)” se llevó a cabo la determinación por cromatografía de gases y la caracterización fisicoquímica.

Con el propósito de tener un valor de referencia, se aplicaron las pruebas correspondientes al aceite esencial de mandarina el cual fue extraído por hidrodestilación y corresponde a la norma internacional ISO 3528:2012. Estos resultados se compararon a los obtenidos en este trabajo, y cabe mencionar que se presentan como en la normatividad ISO.

La normatividad contempla los siguientes análisis:

### **7.5.1 Apariencia, color y olor**

Estas tres características son totalmente sensoriales y dependen de la persona que realice dichas pruebas, aunque no tienen un nivel de medición que sea objetivo.

### **7.5.2 Densidad relativa a 20°C**

Este método se lleva a cabo para determinar la masa a volúmenes iguales de agua y de aceite o grasa vegetal o animal que se utilizaron para calcular la relación entre ambos valores, bajo condiciones específicas de temperatura, 25°C para aceites y 40°C para grasas.

La densidad relativa se midió con una balanza analítica (modelo DV314C, Discovery), para cada una de las muestras de aceite esencial de mandarina tomando en cuenta la temperatura de 20°C, teniendo las muestras a una temperatura controlada.

### **7.5.3 Índice de refracción a 20°C**

El método consiste en la determinación del índice de refracción, puede ser por medida directa del ángulo de refracción o por la observación directa del límite de reflexión total manteniéndose la sustancia dentro de las condiciones de transparencia.

Se utilizó un refractómetro (modelo 2WAJ, OPTIKA MICROSCOPES ITALY). Se limpió el cristal con alcohol y posteriormente se colocó la muestra de manera uniforme para evitar obtener errores al momento de la medición.



#### 7.5.4 Rotación óptica a 20°C

El método está creado en las propiedades que poseen algunas sustancias para modificar el plano de vibración de la luz polarizada, de tal manera que el rayo emergente tiene un valor angular medible con respecto al plano formado por la luz incidente.

Se utilizó un polarímetro (modelo 343 marca Perkin Elmer, USA), se ajustó con la acetona pura antes de las pruebas con el aceite esencial. La fuente de luz del polarímetro tiene vapores de sodio de longitud de onda de  $589.3 \pm 0.3$  nm. Se utilizó un tubo de vidrio de  $100 \text{ mm} \pm 0.05 \text{ mm}$ . Cabe mencionar que fue realizado en el Laboratorio de Bioprocesos de la UNIDA (Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos) ubicada en el Instituto Tecnológico de Veracruz.



Figura 5. Llenado de la celda del polarímetro.

### 7.5.5 Residuo a la evaporación

Este método se basa en la medición de la diferencia de pesos, que sufre la muestra, al pasar por un proceso de calentamiento controlado de 15 minutos en el cual se evaporan las sustancias volátiles.

Se pesaron 0.25 g de aceite esencial y se colocaron en una capsula de vidrio a peso constante. Se colocó en un baño de vapor durante 15 min con una parrilla de calentamiento (modelo), un cristizador mediano y tela de asbestos.

Posteriormente, se pesó y aplico la ecuación:

$$\% \text{ a la evaporación} = \frac{g \text{ del residuo}}{g \text{ de la muestra}} \times 100$$

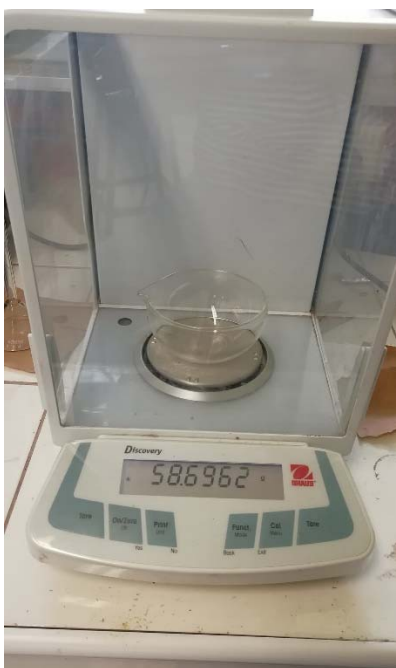


Figura 6. Peso en gramos del aceite esencial.

### **7.5.6 Miscibilidad con etanol al 90%**

En este método se emplea mediante las observaciones visuales, para lograr la determinación de miscibilidad del aceite esencial en disoluciones de etanol en concentración al 90% con un volumen de muestra de 0.1 ml de aceite esencial y 1 ml de etanol.

### **7.5.7 Valor ácido**

El método consiste en neutralizar los ácidos grasos libres con cantidades en gramos de hidróxido de potasio al 1 N.

En un matraz Erlenmeyer de 250 ml se le agregan 100 ml de alcohol etílico, seguido de 0.5 g o 1 g de aceite y después se agrega 1 ml de fenolftaleína, siendo esta titulada con la solución de hidróxido de potasio valorada, agitando frecuentemente hasta que una coloración rosada persista durante 30 s.

### **7.5.8 Perfil cromatógrafo**

Los aceites esenciales de cítricos, incluidos el de toronja, se caracterizan por contener dos fracciones de compuestos, los volátiles y los no volátiles. Ambas fracciones se componen de más de 200 compuestos. Los compuestos volátiles, representan del 85% a 99% de todo el aceite, están bien caracterizados y reportados en la literatura. Esta fracción se compone principalmente de hidrocarburos monoterpenos y sesquiterpenos, sus derivados oxigenados y aldehídos alifáticos, alcoholes y ésteres. (Dugo y Mondello, 2010).

La cromatografía de gases refleja la composición de los componentes volátiles del aceite esencial logrando cada vez un mayor número de componentes identificados, como el limoneno que es el principal compuesto en los aceites esenciales de cítricos.

Se utilizó un cromatógrafo de gases modelo (modelo 200 marca Ellutia GmbH & Co., Alemania) y una columna (modelo ZB-5 marca Phenomenex, USA). La fase estacionaria es poli con (5% difenil /95% dimetil siloxano). Con un espesor de la fase estacionaria de 1  $\mu\text{m}$ , un diámetro interno de 0.32 mm y una longitud de 30 m.

Se estableció una temperatura isotérmica de 46°C por 1 min, seguido de una primera rampa de 46°C a 100°C con una velocidad de 5°C/min. Posteriormente se programó una segunda rampa de 100°C a 230°C con una velocidad de 2°C/min y finalmente se asignó una temperatura isotérmica de 230°C por 13 min.

Las temperaturas fueron: Para el inyector de 230°C y para el detector de 250°C. Se utilizó un detector de ionización de flama y el gas acarreador fue helio (Praxair, USA). Se inyectó 1  $\mu\text{L}$  de muestra con una jeringa de vidrio de 10  $\mu\text{L}$  (marca Hamilton, USA) y el flujo de Split fue de 52.5 mL/min.

## **VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **8.1 Materia prima**

En el protocolo de tesis se mencionó el uso del desecho agroindustrial (cáscara de mandarina).

Estos fueron adquiridos de huertas al azar de varias empresas tratadoras, de los municipios de Tlapacoyan, Atzalan y Martínez de la Torre, debido a que se tiene una mayor cantidad de residuo agroindustrial, dándole así uso para otorgarle un valor agregado a lo que ya es considerado un desecho.

Contribuyendo a disminuir la contaminación ambiental que los desechos producen, ya que, al llegar a su punto de descomposición en espacios abiertos, se logra una fermentación que afecta a la flora, fauna y ríos cercanos a las mismas empresas.

El trabajo experimental se llevó a cabo con la materia prima ya mencionada, tomando en cuenta la información y la materia prima con disponibilidad. La producción nacional de mandarina inicia en septiembre, por lo que en este mes se inició la recaudación del insumo. Se obtuvo de las empresas tratadoras de los municipios ya mencionados anteriormente. También se realizaron repeticiones de cada experimento con el fin de obtener información sobre la reproducibilidad de estos. Por lo que todos los experimentos se realizaron por triplicado.

## 8.2 Determinación de la humedad

Como resultado se muestra la humedad perdida por la muestra en %. Lo determinó en gran medida la duración y el ajuste seleccionado de temperatura, sin embargo, depende también del tipo y de la preparación de la muestra.

Tabla 4. Determinación de humedad en porcentaje.

No. Muestra	Porcentaje de Humedad %	Peso Inicial	Peso Final
1	75.20	3.23	0.80
2	73.45	2.49	0.66
3	74.73	2.97	0.78

## 8.3 Rendimiento másico de la extracción

Tabla 5. Rendimiento de aceite esencial obtenido (mL AE/kg CBS).

	140°C	150°C	160°C
1 hora	R1= $7.8 \times 10^{-3}$ R2= $2.0 \times 10^{-3}$ R3= $9.3 \times 10^{-3}$	R1= $4.6 \times 10^{-3}$ R2= $3.9 \times 10^{-3}$ R3= $5.4 \times 10^{-3}$	R1= $3.9 \times 10^{-3}$ R2= $3.1 \times 10^{-3}$ R3= $3.1 \times 10^{-3}$
1.5 horas	R1= $9.3 \times 10^{-3}$ R2= $7.0 \times 10^{-3}$ R3= $1.17 \times 10^{-2}$	R1= $8.6 \times 10^{-3}$ R2= $8.6 \times 10^{-3}$ R3= $9.3 \times 10^{-3}$	R1= $6.2 \times 10^{-3}$ R2= $7.0 \times 10^{-3}$ R3= $4.6 \times 10^{-3}$
2 horas	R1= $1.33 \times 10^{-2}$ R2= $9.3 \times 10^{-3}$ R3= $1.17 \times 10^{-2}$	R1= $8.6 \times 10^{-3}$ R2= $6.2 \times 10^{-3}$ R3= $7.0 \times 10^{-3}$	R1= $6.2 \times 10^{-3}$ R2= $4.6 \times 10^{-3}$ R3= $5.4 \times 10^{-3}$

Tabla 6. Rendimiento de aceite esencial de mandarina.

Reportado		
Tecnología	Referencia	Rendimiento (g AE/kg CBS)
Hidrodestilación	Frizzo, 2004	$4.5 \times 10^{-3}$
Prensado en frío		$6.0 \times 10^{-3}$
Experimental		
Temperatura	Tiempo	Media
140	1	$5.3 \times 10^{-3}$
140	1.5	$7.5 \times 10^{-3}$
140	2	$9.5 \times 10^{-3}$
150	1	$3.7 \times 10^{-3}$
150	1.5	$7.1 \times 10^{-3}$
150	2	$6.9 \times 10^{-3}$
160	1	$2.9 \times 10^{-3}$
160	1.5	$5.6 \times 10^{-3}$
160	2	$4.9 \times 10^{-3}$

AE = aceite esencial; CBS = cáscara base seca

La tabla muestra los resultados de los rendimientos reportados por Frizzo, 2004 quien extrajo los aceites esenciales de las cascaras de mandarina que eran aislados por destilación al vapor y prensado en frio. En el primer caso, las cascaras frescas secas se sometieron a hidrodestilacion durante 1 h usando un equipo Clevenger según el siguiente procedimiento: los frutos se limpiaron y las cascaras se cortaron y se destilaron por separado durante 1 h. los aceites esenciales de prensado en frio se obtuvieron a partir de las cascaras de 2.0-2.5 kg de mandarinas, y luego el aceite se separó del extracto crudo por centrifugación (10 min a 15000 rpm). Además, en ambos casos, muestras de aceites fueron recolectadas, secadas sobre sulfato de sodio anhídrido, y almacenado bajo nitrógeno en viales a  $-10^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis. Dos extracciones se realizaron para cada tipo de extracción de aceite.

Obteniendo los rendimientos promedios de mandarina por destilación al vapor y prensado en frío fueron  $4.5 \times 10^{-3}$  y  $6.0 \times 10^{-3}$  (p/p), respectivamente para todas las muestras recolectadas durante la temporada 2002.

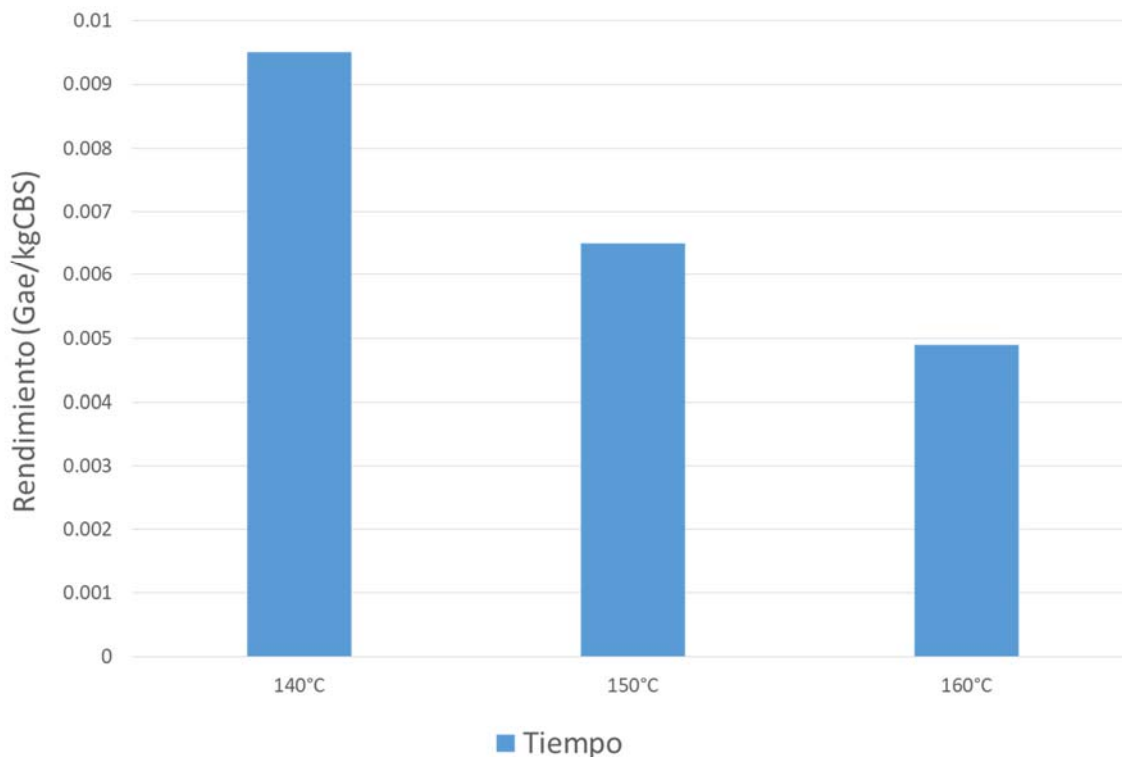


Figura 7. Rendimiento de aceite esencial en función de la temperatura a tiempo de extracción constante de 2 horas.

El mayor rendimiento obtenido fue de  $9.5 \times 10^{-3}$  con una temperatura de  $140^{\circ}\text{C}$  y un tiempo de 2 horas. Se esperaba que a mayor temperatura se presentara un mayor rendimiento, sin embargo, la figura muestra lo contrario, esto se puede deber a que el punto de ebullición de limoneno, componente principal del aceite esencial de mandarina presenta una temperatura de ebullición de  $176^{\circ}\text{C}$ , por lo que arriba de esta temperatura se puede presentar degradación del aceite esencial. Esto se puede corroborar con los resultados obtenidos en este trabajo. La figura muestra que a medida que se acerca a la temperatura de ebullición hay un menos rendimiento de aceite esencial.



Respecto a los resultados reportados por Frizzo, 2004 para extracción por hidrodestilación son menores a los obtenidos en este trabajo lo que se puede deber a la variedad de mandarina utilizada, la cual ofrece mayores ventajas al contener mayor aceite en las glándulas oleosas del flavedo de la cascara de la mandarina.

#### 8.4 Propiedades organolépticas

En base de lo que se menciona en la norma ISO 3528:2012 “Aceite esencial de mandarina, tipo italiano, (*Citrus reticulata* Blanco)” se llevaron a cabo las pruebas que requiere esta norma internacional, con los sentidos de vista y olfato humano de un solo analista. Se aplicaron las pruebas correspondientes a los aceites esenciales obtenidos con las diferentes condiciones de extracción manejando como tal la temperatura y el tiempo. Aunque estos resultados no son cuantitativos se mencionan tal y como se hace en la normatividad ISO.

##### 8.4.1 Apariencia

Tabla 7. Apariencia

Reportado en Norma			Líquido claro
Temperatura °C	Temperatura ambiente °C	Tiempo (Hrs)	
140	24.4	1	Líquido claro
140	24.4	1:30	Líquido claro
140	24.4	2	Líquido claro
150	24.4	1:30	Líquido claro
150	24.4	2	Líquido claro
160	24.4	2	Líquido claro

### 8.4.2 Color

Tabla 8. Color

Reportado en Norma		Amarillo a naranja
Temperatura °C	Tiempo (Hrs)	
140	1	Transparente
140	1:30	Transparente
140	2	Transparente
150	1:30	Transparente
150	2	Transparente
160	2	Transparente

### 8.4.3 Olor

Tabla 9. Olor

Reportado en Norma		Olor a cítrico fresco, característico de la cascara de mandarina.
Temperatura °C	Tiempo (Hrs)	Cítrico fresco
140	1	Cítrico fresco
140	1:30	Cítrico fresco
140	2	Cítrico fresco
150	1:30	Cítrico fresco
150	2	Cítrico fresco
160	2	Cítrico fresco

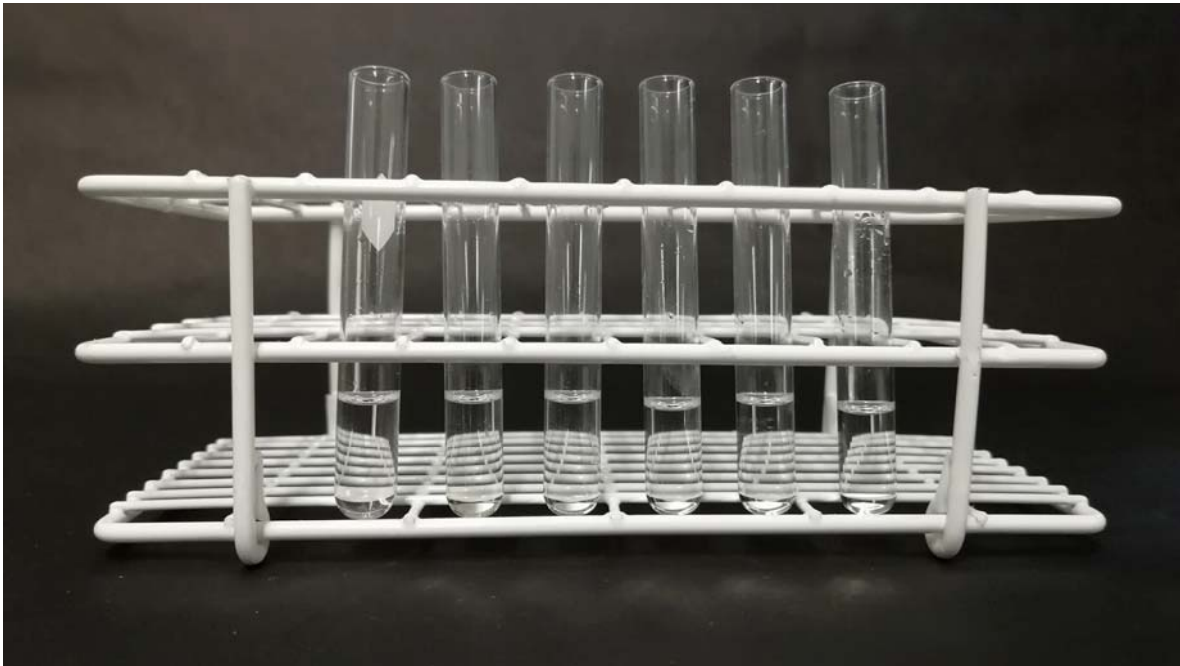


Figura 8. Apariencia y color de los aceites esenciales obtenidos por hidrodestilación.

La figura. Muestra la apariencia y el color que muestran los aceites esenciales obtenidos por hidrodestilación, todos son transparentes, sin embargo, con respecto al color. Dicha figura muestra que a 140, 150 y 160 °C, las condiciones de operación promueven un aceite menos colorido.

### 8.5 Densidad relativa a 20°C

Tabla 10. Densidad relativa calculada a partir de la Norma ISO 3528.

Reportado en Norma		0.846 – 0.854
Temperatura °C	Tiempo (Hrs)	Densidad (g/mL)
140	1	0.843
140	1.5	0.814
140	2	0.842
150	1	0.816

150	1.5	0.807
150	2	0.960
160	1	0.896
160	1.5	0.966
160	2	0.914

La densidad relativa indica la fracción no volátil en el aceite esencial y que puede estar relacionado con el método utilizado en la extracción. La densidad que presenta el aceite esencial obtenido por hidrodestilación no entra dentro de la norma, esto puede deberse a que el proceso de extracción invade los compuestos lipídicos del aceite. (Tabla 10.)

### 8.6 Índice de refracción a 20°C

Tabla 11. Índice de refracción calculada a partir de la Norma ISO 3528.

Reportado en Norma		1.4726 – 1.4753
Temperatura °C	Tiempo (Hrs)	
140	1	1.470
140	1:30	1.467
140	2	1.463
150	1	1.471
150	1:30	1.470
150	2	1.4695
160	1	1.469
160	1:30	1.467
160	2	1.465

Algunos de los valores resultantes si están dentro de la Norma y otros no debido a la alteración de temperatura siendo esta aumentada ambientalmente, aun así los valores son muy cercanos a los reportados por la Norma ISO. (Tabla 11.)

## 8.7 Rotación óptica a 20°C

Tabla 12. Rotación óptica calculada a partir de la Norma ISO 3528.

Reportado en Norma		+69° - +76°
Temperatura °C	Tiempo (Hrs)	
140	1	+77.33
140	1:30	+75.83
140	2	+77.58
150	1:30	+75.67
150	2	+76.70
160	1	+72.85
160	2	+74.66

Los resultados muestran que la mayoría están dentro del rango que esta reportado en la Norma, y los que son mayores a este rango se puede deber a las condiciones de extracción que no altera la conformación del aceite, y también puede ser utilizando otras tecnologías. (Tabla 12.)

## 8.8 Residuo a la evaporación

Tabla 13. Residuo a la evaporación calculada a partir de la Norma ISO 3528.

Reportado en Norma		1.80% - 3.90%
Temperatura °C	Tiempo (Hrs)	%
140	1	4.5
140	1.5	6.5
140	2	3.2
150	1.5	5
150	2	2.8
160	1	5.9
160	2	6.8

Este análisis puede determinar si la muestra ha sufrido algún tratamiento térmico o estuvo expuesta a un mal almacenamiento a temperaturas superiores a los 30°C. Y aunque los resultados obtenidos no fueron significativos, al ser mayores significa que el material no se almacenó en las condiciones óptimas, que se requieren a temperaturas menores a 20°C (Tabla 13.)

### 8.9 Miscibilidad con etanol al 90%

Se obtuvo como resultado la miscibilidad del aceite esencial en disoluciones de etanol en concentración al 90%. Utilizando las referencias que menciona la norma, siendo esta la que hace mención de las cantidades de muestra de 0.1 ml de aceite esencial se disuelve en un 1 ml de etanol al 90%.



Figura 9. Miscibilidad con etanol al 90%.

La figura muestra que el aceite si tiene miscibilidad y fue calculado a partir de la Norma ISO 3528.

## 8.10 Valor ácido

Tabla 14. Valor ácido calculado a partir de la Norma ISO 3528.

Reportando en Norma		2.0
Temperatura °C	Tiempo (Hrs)	
140	1	0.5
140	1:30	1
140	2	0.5
150	1	0.5
150	1:30	1
150	2	0.5
160	2	0.5

Es la cantidad de ácidos grasos libres presentes en el aceite, con la cantidad de hidróxido de potasio necesaria para neutralizar los ácidos grasos libres en 1 gramo de muestra de aceite. Los aceites esenciales se concentran y tienen varios compuestos de aromas volátiles; a menudo estos son ácidos grasos libres. Los ácidos grasos libres se consideran como no deseables porque se degradan o se vuelven rancios. La baja acidez de los aceites se considera neutralizada y segura para la fabricación de productos para el cuidado de la piel, aunque la alta acidez de los aceites puede ser perjudicial para la piel.

En las muestras obtenidas en el laboratorio el valor ácido obtenido tiene menor cantidad que el reportado en la norma esto indica que el aceite es de buena calidad ya que la concentración de ácidos grasos es menor a los que indica la norma internacional.

## 8.11 Cromatografía de gases

En la cromatografía de gases se ve reflejada la compleja composición de los componentes más volátiles del aceite esencial, logrando identificar mayor número de componentes, mencionando principalmente el compuesto en los aceites esenciales de cítricos llamado limoneno.

Se logró cuantificar los compuestos volátiles, normalizando las muestras, diluyendo el aceite en cloroformo. Los perfiles cromatográficos obtenidos en el cromatógrafo de gases a partir de cada una de las muestras analizadas, son los que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 15. Cromatografía de gases calculado a partir de la Norma ISO 3528.

Compuesto	ISO 3528 (%)	Temperatura °C	
		140	160
$\alpha$ -pineno	1.6 – 2.7	1.84	3.82
$\beta$ -pineno	1 – 2	3.12	0.26
Mirceno	1.4 – 2	10.62	11.71
<i>n</i> -Octanal	0.05 – 0.14	0.37	0.49
<i>p</i> -Cimeno	0 – 0.5	0.55	0.50
$\gamma$ -Terpineno	16 – 22	1.79	1.28
Limoneno	65 – 75	79.64	80.29
Linalol	0.05 – 0.2	0.09	0.44
<i>n</i> -Decanal	0.04 – 0.14	0.06	0.10
$\alpha$ -Sinensal	0.2 – 0.5	0.18	0.12
Otros		1.55	0.98



Los perfiles químicos obtenidos dan como resultado que la composición química de los aceites esenciales de mandarina está constituida mayoritariamente por hidrocarburos monoterpenicos (95%), como el limoneno,  $\alpha$ -pineno y en menor proporción por monoterpenos oxigenados como  $\gamma$ -terpineno y  $\alpha$ -sinensal.

La estabilidad de los constituyentes químicos volátiles de los aceites esenciales durante la manipulación y el almacenamiento es un parámetro importante a tener en cuenta para su aplicación en alimentos, perfumería, fragancias y aromaterapia. Los aceites de cítricos son una mezcla compleja, la cual es generalmente lábil, al calor y a las reacciones químicas. En este sentido es importante analizar los posibles cambios que en la composición pudo tener el aceite esencial de mandarina durante la extracción. (Njoroge, 2003).

El aceite obtenido bajo los parámetros de extracción que arrojan el mejor rendimiento al parecer no sufrió cambios importantes en la composición. El proceso de extracción no influyó en la oxidación química del compuesto mayoritario, el limoneno.

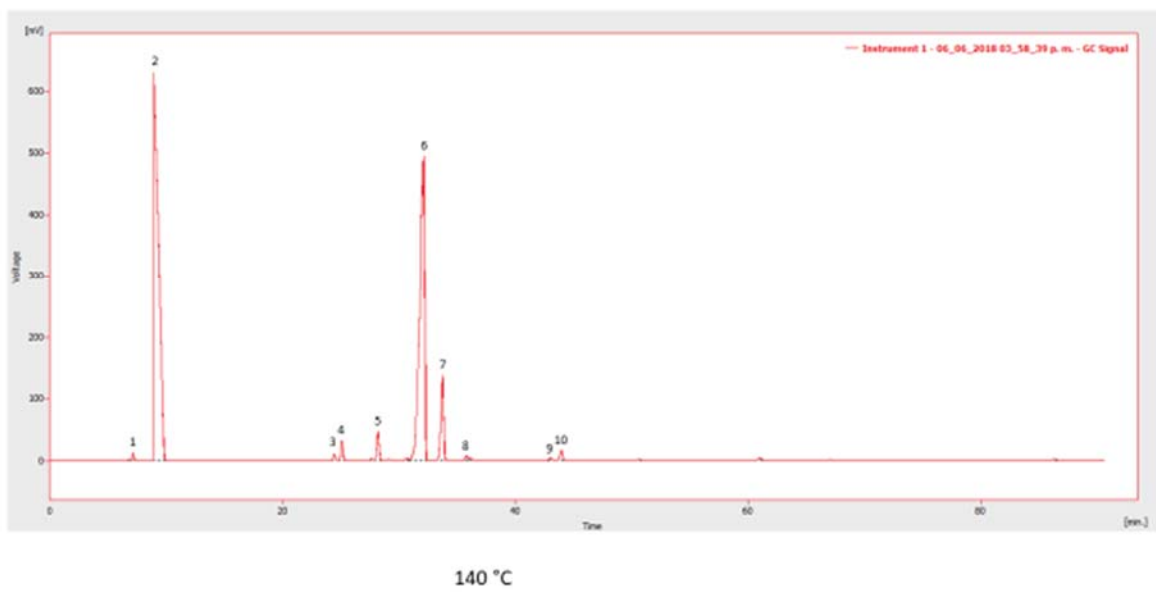


Figura 10. Cromatografía del aceite esencial de mandarina obtenido con 140°C, con los principales compuestos.

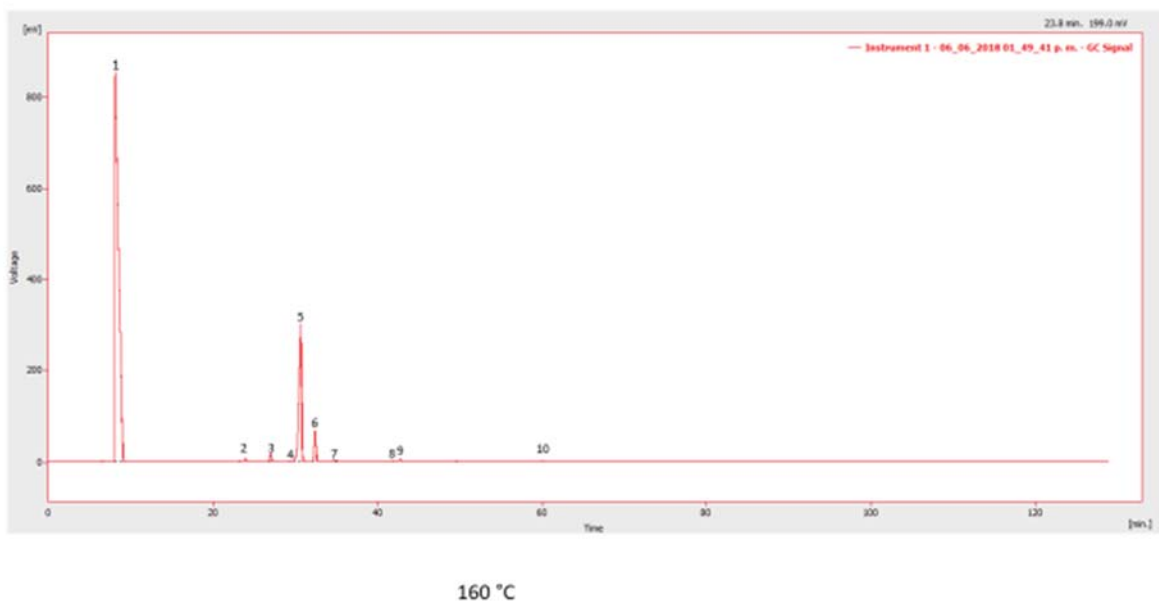


Figura 11. Cromatografía del aceite esencial de mandarina obtenido con 160°C, con los principales compuestos.

## VIII. CONCLUSIONES

Se encontraron las condiciones óptimas para la extracción por hidrodestilación, y así obtener un alto rendimiento del aceite esencial. Estos resultados demostraron la extracción con mejor rendimiento, a 140 °C y 2 h.

La extracción a 140°C y 2 h mostró un rendimiento mayor del aceite esencial, contrario a lo esperado, que a mayor temperatura hubiera un mayor rendimiento.

Cabe señalar que, en todas las condiciones de trabajo, independiente del rendimiento, no hay variación en las características organolépticas del aceite extraído. Cabe mencionar que los rendimientos son buenos son comparables a los reportados en la literatura.

El rendimiento de extracción disminuyó con el aumento de la temperatura. Las condiciones de extracción fueron: temperatura: 140 °C, 150 °C Y 160 °C; y el tiempo: 1 h, 1.5 h y 2 h.

Las pruebas fisicoquímicas aplicadas a partir de la Norma ISO 3528, muestran un aceite de buena calidad, al entrar dentro de los rangos permisibles por dicha norma o con valores muy cercanos, al culminar la caracterización se puede considerar que el aceite esencial obtenido experimentalmente es de una calidad superior al que permite la norma.

La variación de los valores de algunas propiedades fisicoquímicas de los aceites se puede atribuir a las condiciones de extracción.

## **IX. RECOMENDACIONES**

La selección y tratamiento de la materia prima es importante antes de la extracción, ya que, en el proceso, puede arrastrar impurezas dando como resultado un aceite esencial sucio.

Antes de iniciar el proceso de extracción se deben de tener bien conectados todos los aparatos y materiales a utilizar para introducir la materia prima a extraerse, con el fin de mejorar los tiempos de extracción.

Se debe tener cuidado y estar pendiente de las cantidades de temperatura para no alterar la extracción. Con el fin de optimizar el sistema, se recomienda ocuparlo el mayor tiempo posible, y reducir el tiempo de calentamiento.

Se recomienda realizar las pruebas de determinación de las propiedades fisicoquímicas, inmediatamente después de haber terminado todas las extracciones, para evitar descomposición del aceite que pueda alterar dichas pruebas.

## X. FUENTES DE CONSULTA

- Adams R P (2002). Identification of essential Oil Components by Gas Chromatography/ Mass Spectroscopy. Allured Publishing Corporation: Carol Stream Illinois, USA.
- Artech A, Vanaclocha B, Güenechea (1998). JI. Fitoterapia (3.<sup>a</sup> ed.). Vademécum de prescripción. Plantas medicinales. Barcelona: Masson.
- Badui, D. S., (1993). Química de los alimentos. 3<sup>a</sup> Edición. Addison Wesley Longman de México S.A. de C.V. México. 8. pp. 101-119 y 409-451.
- Blanco Tirado, C., Stashenko, E.E., Combariza, M.Y., Martínez, J.R. (1995) Comparative study of Colombian citrus oils by high-resolution gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. Journal of chromatography a, 697, 501-513.
- Bousbia, N., Abert Vian, M., Ferhat, M. A., Meklati, B. Y., Chemat, F. (2009). A new process for extraction of essential oil from citrus peels: microwave hydrodiffusion and gravity. Journal of food Engineering, 90, 409413.
- Cabra Rojas E (1988). Los Aceites Esenciales, Panorama Internacional y del Mercado Colombiano. Tecnología, 175 (5): 55-60.
- Carbonnel F. (1998). Naturalmente esencial. Introducción a la aromaterapia. Barcelona: Martorell.
- CBI, (2004). Natural Ingredients for Cosmetics. Eu Market Survey. ProFund, Pp.46-72.
- CBI, (2005). Natural Ingredients for Cosmetics. Eu Market Survey. ProFund, Pp.32-52.
- C. Blanco Tirado, E. E. Stashenko, M. Y. Combariza and J. R. Martínez. (1995). Comparative study of Colombian citrus oils by high-resolution gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry, journal of chromatography a, issn 0021-9673, 697(1-2), 501-513.

- Díaz J A (2002). Análisis del mercado internacional de aceites esenciales y aceites vegetales. Instituto Alexander Von Humboldt-Biocomercio Sostenible. Bogotá.
- Espinal Carlos. (2005). La cadena de cítricos en Colombia, una mirada global de su estructura y dinamica, Alexandre Espachs-barroso, Robert C. Soliva-Fortuny and Olga Martín-belloso. A natural clouding agent from orange peels obtained using polygalacturonase and cellulase, food chemistry, issn 0308–8146, 92(1), 55-61.
- Espinal, C. F., Martínez, H. J., Peña, (1995). La cadena de cítricos en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica. Ministerio de agricultura y desarrollo rural observatorio agrocadenas Colombia, documento de trabajo no. 107.
- El-Otmani, M. y A. Ait-Oubahou.(2011). Citrus spp.: orange, mandarin, tangerine, clementine, grapefruit, pomelo, lemon and lime. Pp. 437-514. En: Yahia E. M. (ed.) Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Volume 2: Acai to citrus. Wood Publishing. 515 pp.
- FAO. (2005). Organización mundial para la agricultura y alimentación. Proyecciones de la producción y consumo mundial de los cítricos para el 2010, Fao simposio sobre cítricos 2005. Consultado en: <http://www.fao.org/docrep/006/y5143e/y5143e12.htm>
- FAO. (2005) Norma general del codex para zumos (jugos) y néctares de fruta.
- FAO. (2008). Perspectivas alimentarias. junio de 2008. Roma.
- FAO. (2008). Biofuels: back to the future, por U.R. Fritsche. El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2008, documento de antecedentes. inédito. Roma.
- Font P. (1992). Plantas medicinales. El Dioscórides renovado. Barcelona: Labor.
- Frizzo, C. D., Lorenzo, D., Dellacassa, E. (2004). Composition and seasonal variation of the essential oils from two mandarin cultivars of southern brazil. Journal of agricultural and food chemistry, 52, 3036-3041.

- Gamarra, F. M. C., Sakanaka, L. S., Tambourgi, E. B., Cabral, F. A. (2006). Influence on the quality of essential lemon oil by distillation process. *Brazilian journal of chemical engineering*, 23, 147–151.
- González P., D. J.; (1984). "Utilización Terapéutica de Nuestras Plantas Medicinales", Universidad de La Salle, Bogotá, Capítulo VI. 3
- Guignard, J-L., Cosson, L., Henry, M.; (1985). "ABREGÉ DE PHYTOCHIMIE", Masson, Paris-New York-Barcelone, Capítulo 8. 5
- Hoagland, M. L., (1978). *Food Chemistry*. The Publishing company, Inc. 3th Edition. Westport Connecticut. pp. 75-113 y 148-169.
- Inforural. (2012). Citricos: producción nacional. Disponible en [www.inforural.com.mx](http://www.inforural.com.mx) Consultado en Mexico D.F. el 10 de noviembre de 2014.
- Jirovetz, (2005). Buchbauer, G. Processing, análisis and application of essential oils. 2005. Ed Har Krishan Bhalla & Sons Dehradun, India pp. 21-23.
- Joseph F. Fowler. (1998). *Occupational dermatology, current problems in dermatology*, issn 1040–0486, 10(6), 211-244.
- Kerrola, K., Kallio, H., (1995). *J. AGRIC. FOOD CHEM.* 41 785-790 (1993). Yonei, Y. y col., *J. SUPERCRIT. FLUIDS* 8 156-161.
- Kuklinski C. (1995). *Farmacognosia*. Barcelona: Omega, 2000. Peris JB, Stübing G, Vanaclocha B. *Fitoterapia aplicada*. Valencia: COF de Valencia.
- Lopez J B, Jean F, Gagnon H, Collin G, Garneau F, Pichette A (2005). *J. Essent. Oil Res.* 17: 1-7.
- Lota, M-L., Serra, D-L., Tomi, F., Casanova, J. (2000). Chemical variability of peel and leaf essential oils of mandarins from *Citrus reticulata* Blanco. *Biochemical systematics and ecology*, 28, 61-7.
- Matsuura, R., Ukeda, H., Sawamura, M. (2006). Tyrosinase inhibitory activity of citrus essential oils. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54, 2309- 2313.

- Merle, H., Moron, M., Blazquez, M.A., Boira, H. (1995). Taxonomical contribution of essential oils in mandarins cultivars. *Biochemical systematics*
- Mohamed A. Ferhat, Brahim Y. Meklati, Jacqueline Smadja and Farid Chemat. (2006). An improved microwave clevenger apparatus for distillation of essential oils from orange peel, *journal of chromatography a*, issn 0021–9673, 11(12), 121- 126.
- Moreiras O, Varela-Moreiras G, Ávila JM, Beltrán B, Cuadrado C, del pozo s et al (2009). La alimentación española. Características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta. Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino.
- Navarrete Carolin, Gil Jesús, Durango Diego, García Carlos. (2010). Extracción y caracterización del aceite esencial de mandarina obtenido de residuos agroindustriales. *Dyna* vol. 77 numero 162 p.p. 85-92.
- Njoroge, S. M., Ukeda, H., Awamura, M. (2003). Changes of the volatile profile and artifact formation in daidai (*citrus aurantium*) cold-pressed peel oil on storage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51, 4029-4035.
- Padrón, J.E. (1985). Evaluación del rendimiento, características agronómicas y calidad de fruta de cultivares de naranja de maduración temprana. Informe técnico. Sarh. Jnia. Ciagon. Campo agrícola experimental general terán. Nuevo León, México.
- Raeissi, S., Diaz, S., Espinosa, S., Peters, C.J., Brignole, E.A. (2008). Ethane as an alternative solvent for supercritical extraction of orange peel oils. *Journal of supercritical fluids*, 45, 306–313.
- RANDALL, R. (2012). *A Global Compendium of Weeds*. 2nd ed. Dept. Agric. Food, Perth. 1119 pp
- SAGARPA, (2012). *Citricos, produccion nacional. 2018, de inforural*



- SAGARPA (2012) México, entre los líderes en producción de cítricos a nivel mundial. Saini, h., gill, m. y gill, m. (2010) direct shoot organogenesis an plant regeneration in rough lemon(citrus jambhiri lush.). Indian journal of biotechnology, 9(4), 419-423
- Sánchez R, Pino J, Chang L, Roncal E, Rogert E (1994). Desterpenación de aceite esencial de naranja por extracción con etanol diluido. Alimentaria 249: 59-61.
- Sciarrone D, Schipilliti L, Ragonese C, Tranchida PQ, Dugo P, Dugo G, Mondello L (2010). Thorough evaluation of the validity of conventional enantio-gas chromatography in the analysis of volatile chiral compounds in mandarin essential oil: A comparative investigation with multidimensional gas chromatography. *J Chromatogr A* 1217: 1101-1105.
- Soler, juan (2006). *Cítricos, variedades y técnicas de cultivo* (ed. rev. edición). Mundiprensa. p. 10. [isbn 8484762971](#).
- Stashenko, E.; (1996). Memorias del IV Congreso Nacional de Fitoquímica, Universidad Industrial de Santander, Escuela de Química, Bucaramanga, pp. 29-53.
- S. Yeoh, J. Shi and T. A. G. Langrish. (2008). *Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels*, desalination, issn 0011– 9164, 218(1-3), 229-237
- Vargas y Bottia, (2008). Estudio de la composición química de los aceites esenciales de seis especies vegetales cultivadas en los municipios de Bolívar y El Peñon-Santander, Colombia. Universidad Ind. De Santander (Escuela de Química).
- Verzera, A., Trozzi, A., Cotroneo, A., Lorenzo, D., Dellacassa, E. (2000). Uruguayan essential oil. 12. Composition of nova and satsuma mandarin oils. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48, 2903-2909.
- Viudamartos, M., Ruiz Navajas, Y., Fernández López, J., Pérezá Alvarez, J. (2008). Antifungal activity of lemon (citrus lemon l.), mandarin (citrus reticulata l.), grapefruit (citrus paradisi l.) and orange (citrus sinensis l.) essential oils. *Food control*, 19, 1130– 1138.

- Viuda-Martos, M., Ruiz- Navajas, Y., Fernández-López, J., Pérez-Alvarez, J. (2008). Antifungal activity of lemon (essential oils. food control, 19, 1130– 1138.
- Verdura J. (1998). Esencias y perfumes en dermofarmacia. Barcelona: Pharmacie and Parfums Ibérica.