

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



“Generalidades del aceite esencial a partir de la corteza del limón (*Citrus
limonium*) en la industria alimentaria”

Por:

EZEQUIEL OVIEDO CAMPOS

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para

Obtener el título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS.**

Buenavista Saltillo Coahuila, México

Diciembre del 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



“Generalidades del aceite esencial a partir de la corteza del limón (*Citrus
limonium*) en la industria alimentaria”

Por:

EZEQUIEL OVIEDO CAMPOS

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para

Obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DE ALIMENTOS.

Buenvista Saltillo Coahuila, México

Diciembre del 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS

“Generalidades del aceite esencial a partir de la corteza del limón (*Citrus
limonium*) en la industria alimentaria”

Por:

EZEQUIEL OVIEDO CAMPOS

MONOGRAFÍA

Que se somete a consideración de H. Jurado examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS.**

APROBADA

Lic. Laura Olivia Fuentes Lara

MC. Antonio Aguilera Carbo

QFB. María del Carmen Julia García

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Ing. Rodolfo Peña Oranday

Buenavista Saltillo Coahuila, México, Diciembre del 2007

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Por ser la luz que guía mi camino, por depositar en inteligencia , razonamiento, salud y la complejidad de la existencia, por darme la oportunidad de realizarme como estudiante y como ser humano, por hacer de mi lo que soy.

A MIS PADRES: Ezequiel Oviedo Hernández y Francisca Campos Francisco, por darme la vida y la oportunidad de estudiar, por educarme y enseñarme a ser responsable, por su cariño, esfuerzo y apoyo que permitieron que terminara una etapa mas de mi vida, gracias a la confianza depositada en mi.

A MI ESCUELA Y PROFESORES: Con mención especial a la Profesora Laura Olivia por sus consejos, enseñanzas y apoyo en el presente trabajo, por que su papel de docente lo desempeña con actitud de servicio y profesionalismo, a los maestros del departamento que sus enseñanzas me han brindado un nuevo horizonte y diferenciar lo bueno y lo malo no solo de la sociedad si no de mi mismo.

A MARTHA PATRICIA DE LA FUENTE: Mí querida esposa que con su amor, compañía, paciencia y sobre todo apoyo moral han logrado mi madurez por darme una razón mas para salir adelante.

DEDICATORIA

A MIS PADRES: En especial a mi Madre ya que con su carácter y ejemplo hicieron que con sus consejos y su confianza terminara mis estudios; por el orgullo de ser ella el mando de la familia y por valorar todos los sin sabores que ha pasado a causa de la familia por todo eso mamá con gran cariño, respeto y admiración. A mi Padre por su labor de enseñarme a trabajar, a ser honesto, por la disciplina que me inculco y todos los valores que me hacen respetarlo.

A MIS HERMANOS: Eduardo por su apoyo y confianza, pero sobre todo por el gran ejemplo de enseñarme que no existen fracasos, si no razones y fortaleza para intentar mejores cosas. A Luís Manuel, que me enseñó a valorar la oportunidad de estudiar, por su sacrificio y gran trabajo. A Enrique por demostrarme que aún cuando todo parece perdido hay una esperanza, A Francisco, que mas que un hermano es un amigo, que en los últimos tres años ha estado conmigo en las buenas y en las malas, se convirtió en un motivo mas para demostrarle que todo se puede si se quiere.

A MIS DOS GRANDES AMORES: Patricia e Itzel ese gran tesoro que Dios me dio, la dicha de ser padre de esa pequeñita que le ha dado aun mas razón a mi ser por que no solo es una alegría para mi vida si no el complemento para mi madurez y responsabilidad, que me enseña a seguir luchando para salir adelante.

A MIS FAMILIARES: Que con su apoyo moral y consejos contribuyeron a mi formación en especial a la familia Frías, y a todos los que confiaron en mis capacidades

A MIS AMIGOS: Mirna Salas, Raúl Cárdenas, Uriel Lucas, Mario Campos, (Ricardo Ponce, Cesar Oropeza, Jesús Pérez, Aldo Ortiz, Gabriel Bustamante, Agustín Peralta, Eloisa Cruz) UACH, Gamaliel Flores, Javier Cornejo, Nubia Gaytan, Perla Duran, Gabriela Ovando, Luís Echeverría, Luís Alberto Pérez, Amira Serbulo, Cesar del Ángel, Gerardo Choca, Javier de la Cruz, Carlos Arguelles, Iván Isai López, Edgar Osorio, y a todos mis compañeros de carrera y de generación, con los que tuve el gusto de compartir alegrías, tristezas y conocimientos, todos aquellos amigos que en algún momento necesitaron de mi ayuda y mis consejos y que siempre estuvieron en cada momento en que los necesite.

AL Sr. Luís Flores y la Sra. Jovita, Antonio Ramírez e Isabel Flores, que me brindaron hospedaje durante mi estancia en el Estado de México y que con sus consejos me ayudaron a terminar una carrera, por su cariño y palabras de aliento que no olvidare.

A la Familia Espinosa Valdés y De León Espinosa, que me han ofrecido su confianza, amistad y apoyo.

ÍNDICE GENERAL

	AGRADECIMIENTOS.....	i
	DEDICATORIA.....	ii
	INDICE GENERAL.....	
	INDICE DE FIGURAS.....	
	RESUMEN.....	
	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Objetivo.....	6
2.1	ANTECEDENTES.....	7
2.1.1	Historia.....	7
2.2	Aspectos generales.....	8
2.2.1	Morfología y taxonomía.....	8
2.2.2	Clima y suelos.....	9
2.2.3	Plagas y enfermedades.....	10
2.2.3.1	Propagación.....	10
2.3	Variedades de limón.....	11
2.3.1	Uso de patrones.....	12
2.4	Componentes químicos del limón.....	13
2.4.1	Composición del epicarpio:	13

2.4.2	Composición del mesocarpio.....	14
2.4.3	Composición del endocarpio.....	14
2.5	Usos y aplicaciones del limón.....	15
2.5.1	Funciones de los principales componentes del limón.....	16
2.5.2	Efectos del limón (uso interno) sobre los diferentes sistemas.....	17
2.5.3	Efectos del limón (uso externo).....	18
2.5.4	Contraindicaciones y toxicidad asociada al uso del limón.....	19
2.5.5	Las cuatro grandes formas de actuación del zumo de limón....	19
2.5.6	Contenido nutricional del Limón.....	20
2.6	Producción mundial de limón.....	21
2.6.1	Producción de limón en México.....	22
2.6.2	Precios.....	24
3.1	Generalidades del aceite esencial.....	25
3.1.1	Definición.....	25
3.1.2	Función de los aceites esenciales en las planta.....	26
3.1.3	Propiedades físico-químicas de los aceites esenciales.....	27
3.1.4	Diferencia entre aceites esenciales y grasas.....	28
3.1.5	Clasificación de aceites esenciales.....	29

3.1.6	Principales compuestos de aceites esenciales.....	30
3.1.7	Estructuras químicas de los aceites esenciales.....	31
3.2	Métodos de extracción de aceite esencial.....	32
3.2.1	Aceite esencial de limón.....	36
3.2.2	Estructura química del aceite esencial de limón.....	37
3.3	Métodos de extracción de aceite esencial de limón	37
3.3.1	Extracción por expresión	37
3.3.2	Extracción con disolventes volátiles.....	38
3.3.3	Destilación al Vacío.....	39
3.3.4	Rendimientos.....	40
3.4	Importancia económica en la producción de aceite esencial de limón.	41
3.4.1	Principales empresas productoras de aceite esencial de limón.....	42
3.4.2	Precios del aceite esencial de limón.....	42
3.4.3	Empresas mexicanas que producen aceite esencial.....	43
3.4.4	Usos y aplicaciones del aceite esencial de limón.....	48

4.	Conclusiones.....	49
4.1	Recomendaciones.....	50
5	Referencias Bibliográficas.....	51
5.1	Bibliografía complementaria.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Morfología y taxonomía.....	8
2	Valor nutrimental de limón.....	20
3	Producción mundial de limón.....	21
4	Exportaciones mundiales de aceite esencial de limón.....	42

RESUMÈN

La producción industrial de alimentos es un proceso de que se desarrolla a gran escala, razón por la cual las consecuencias de pérdidas por contaminación microbiana es muy elevada y costosa; para reducir estos efectos se han desarrollado métodos físicos y químicos que ayudan a prolongar la vida de anaquel inhibiendo el desarrollo y proliferación de los microorganismos responsables del deterioro y descomposición de los alimentos.

El limón es un cítrico ampliamente cultivado en nuestro país siendo el primer lugar a nivel mundial en la producción de este fruto, la amplia versatilidad de usos del mismo lo hacen ser indispensable, de este se obtienen jugos concentrados, zumos, pectinas, aromas, alimento para ganado y el aceite esencial, contiene una gran cantidad de vitamina C esta característica permite que sea utilizado por la industria de alimentos, cosméticos y perfumería, en la medicina, por las bondades que brinda a la salud.

El aceite esencial contenido en la corteza del limón esta siendo utilizado en la industria de los alimentos por su amplio espectro antimicrobiano, ya que sus compuestos actúan sobre las células de los microorganismos destruyéndolos e inhibiendo la producción de metabolitos, la fracción citral es la de mayor poder antimicrobiano, además de este uso; la industria refresquera utiliza el aceite de limón como saborizante, el método mas idóneo para la obtención del mismo es el arrastre por vapor.

INTRODUCCIÓN

El limón es uno de los cítricos que a nivel mundial es conocido por la gran variedad de usos; es tan común al grado de no darle la importancia que merece. Siendo este un fruto de origen Asiático se ha dispersado por todas partes del mundo; en México el más común es pequeño verde y muy ácido, su aroma y calidad son algo indiscutible, actualmente existen fábricas para la producción de aceite de limón así mismo, la cáscara se utiliza para la preparación de alimento balanceado para ganado, para la obtención de pectinas y considerado de gran importancia la extracción de aceite esencial por su actividad bactericida.

La contaminación de los alimentos es un problema serio para la industria alimentaria, debido a que da lugar a la aparición de productos inaceptables para el consumo humano. La producción industrial de los alimentos es un proceso que se desarrolla a gran escala, razón por la cual, las consecuencias de pérdidas por contaminación microbiana son elevadas y altamente costosas. Este fenómeno generalmente es un proceso mixto, en el que participan bacterias, hongos y levaduras. Para dicho problema se manifiestan alternativas de conservación ya sean métodos físicos tales como la refrigeración, congelación, etc.; químicos como lo son la aplicación de sulfitos, sulfatos, nitritos, nitratos, etc.; dentro de estos encontramos a los antimicrobianos.

El aceite esencial de limón cumple con la función de antimicrobiano; ya que reduce la proliferación de flora dando como resultado que se alargue la vida útil del alimento.

El limón es el cítrico por excelencia que ayuda a combatir más de 200 enfermedades. El espectro que abarca el limón es amplio y aún queda mucho por investigar acerca de este fruto que tanto bien hace al organismo. Por lo general utilizamos el jugo más que la fruta en su totalidad, además es más agradable.

Todas las sustancias extrañas y nocivas que se alojan en el cuerpo serán erradicadas a través de la ingesta de limón, pues el efecto que produce su jugo es totalmente desintoxicante y purificador.

El limón combate las impurezas de la sangre nivelando de modo natural e implacable el regular funcionamiento de los órganos. Puede disolver sustancias duras alojadas en los órganos y que causan dolores y enfermedades difíciles de curar.

La acumulación de sustancias extrañas en el organismo produce acidificación y corrompen su funcionamiento, por lo que el limón es un excelente regulador en muchos casos de enfermedades. Además, el limón es terriblemente eficaz contra microbios y ciertos virus.

Aún queda mucho por descubrir acerca del jugo del limón para tratar enfermedades, pues en combinación con otras sustancias curativas, el limón podría ser de mucha ayuda.

El limón destruye los microbios en pocos minutos, por lo que se reconoce en esta fruta un poder bactericida muy alto. En la actualidad el ácido ascórbico está presente en diversos medicamentos, por su probada eficacia para mantener alto el sistema inmunológico. Además, es el limón que concentra muchísima cantidad de vitamina C, tan necesaria en épocas de frío contra resfriados y enfermedades reumáticas. Existen otras frutas que contienen alto porcentaje de vitamina C, como por ejemplo el kiwi, la guayaba, pero el limón posee ciertas sustancias que hacen de su jugo un complemento ideal y fantástico para el tratamiento de estas enfermedades.

Antiguamente, se utilizaba el limón para curar heridas producidas en la guerra, envolviendo la herida con gasas empapadas en jugo de limón, además el paciente debía consumir bastante jugo de limón para ayudar a la cura.

El aceite esencial es una mezcla de componentes volátiles, producto del metabolismo secundario de las plantas. 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. Es uno de los ingredientes básicos en la industria de los perfumes, alimenticia y en medicina.

Hay muchos agentes que pueden destruir las peculiaridades sanas de la comida fresca. Los microorganismos, como las bacterias y los hongos, estropean los alimentos con rapidez.

Las enzimas, que están presentes en todos los alimentos frescos, son sustancias catalizadoras que favorecen la degradación y los cambios químicos que afectan, en especial, la textura y el sabor. El oxígeno atmosférico puede reaccionar con los componentes de los alimentos, trayendo como resultado una transformación en sus propiedades organolépticas o cambiar su color natural.

Igualmente dañinas resultan las plagas de insectos y roedores, que son responsables de enormes pérdidas en almacén de alimentos. No hay ningún método de conservación que ofrezca protección frente a todos los riesgos posibles durante un período ilimitado de tiempo.

Los alimentos enlatados almacenados en la Antártica cerca del Polo Sur, por ejemplo, seguían siendo comestibles al cabo de 50 años, pero esta conservación a largo plazo no puede producirse en el cálido clima de los trópicos. Además del enlatado y la congelación, existen otros métodos tradicionales de conservación como el secado, la salazón y el ahumado. La desecación por congelación o liofilización es un método más reciente.

Entre las nuevas técnicas experimentales se encuentra el uso de antibióticos y la exposición de los alimentos o la radiación nuclear. Igualmente se han desarrollado tecnologías para la extracción de distintas sustancias de los frutos los cuales van a servir para la industria alimenticia, farmacéutica, cosméticas, por sus propiedades naturales.

Así es el caso de los aceites esenciales, ingredientes básicos en la industria de los perfumes y se utilizan, además, en jabones, desinfectantes y productos similares. También tienen importancia en medicina, tanto por su sabor como por su efecto calmante del dolor y su valor fisiológico.

En caso de los aditivos, estos son combinados con los alimentos para producir ciertas modificaciones que impliquen conservación, color, reforzamiento del sabor y estabilización, los cuales van a ayudar a efectuar una mejora sorprendente en nuestros suministros alimenticios, así como a disminuir el trabajo en la cocina. Las esencias que proporcionan mejores sabores son las de productos naturales alterados, y/o reforzados cuando es necesario por los sintéticos.

Muchos aceites esenciales tienen aplicaciones en la industria de los sabores siendo las más comunes los aceites de especias, menta, hierba buena, y los aceites cítricos como es el caso del aceite esencia del limón (*Citrus limonium*).

1.1 Objetivo

- Conocer y analizar los aspectos mas importantes del aceite esencial de limón para su uso en la industria alimentaría.

2.1. Antecedentes

Comúnmente llamado limón o limonero, es un pequeño árbol perenne, especie híbrida del género *Citrus*, familia de las Rutáceas, que puede alcanzar los 6m de altura; posee corteza lisa y madera dura y amarillenta muy apreciada para trabajos de ebanistería. Forma una copa abierta con gran profusión de ramas, sus hojas son elípticas, coriáceas de color verde mate lustroso (5 a 10cm), terminadas en punta y con bordes ondulados o finamente dentados. Las aromáticas flores presentan gruesos pétalos blancos teñidos de rosa o violáceo en la parte externa, con numerosos estambres (20-40). Surgen aisladas o formando pares a partir de yemas rojizas. (Alam,1968)

2.1.1 Historia

El limón es originario de Asia y fue desconocido por griegos y romanos; siendo mencionado por primera vez en el libro sobre agricultura Nabathae hacia el siglo III o IV. Su cultivo no fue desarrollado en occidente hasta después de la conquista Árabe, extendiéndose entonces por todo el litoral Mediterráneo durante los años 1000 a 1200 donde se cultiva profusamente, debido a la benignidad del clima, para consumo interno y de exportación

El fruto, llamado limón, es ovoide terminado en un mamelón, con una corteza de color amarillo pálido que puede ser rugosa o lisa. Es más sensible al frío que la mayor parte de los cítricos, por lo que su cultivo comercial se restringe a áreas con temperaturas invernales benignas.

El Limón se cultiva ante todo por su sabor ácido. Su jugo, muy rico en Vitamina C, se utiliza en bebidas y tiene varios empleos culinarios. También se utiliza bastante en gaseosas de marca. Los principales productos secundarios son el ácido cítrico, que se extrae del jugo, y el aceite del limón, que se saca de la cáscara. (Barzana, 1999)

2.2 Aspectos generales

2.2.1. Morfología y Taxonomía

LIMÓN	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Sapindales
Familia	Rutáceas
Genero	<i>Citrus</i>
Especie	C. limón

Figura No.1 Clasificación taxonómica

Porte: Hábito más abierto (menos redondeado). El extremo del brote se conoce como "sumidad" y es de color morado. Presenta espinas muy cortas y fuertes.

Hojas: Sin alas. Desprenden olor a limón.

Flores: Solitarias o en pequeños racimos. Floración más o menos continua, ya que es el cítrico más tropical junto al pomelo, por lo que se puede jugar con los riegos para mantener el fruto en el árbol hasta el verano, ya que es la época de mayor rentabilidad.

Fruto: Hesperidio.

2.2.2 Clima y suelos

Es la especie de los cítricos más sensible al frío, ya que es la más tropical y presenta floración continua, por lo que requiere para vegetar climas de tipo subtropical; en los climas tropicales, el limón crece y fructifica con normalidad, sin embargo; los frutos que produce no tienen buena calidad comercial al ser demasiado gruesos y tener poca acidez. El tipo de clima más adecuado para el cultivo del limón es el clima del mediterráneo libre de heladas; los periodos de sequía seguidos de precipitaciones juegan un papel importante en la floración. (web 2)

Necesitan suelos permeables y poco calizos, presentan producción aceptable en suelos pobres y pedregosos, se recomienda que el suelo sea profundo para garantizar el anclaje del árbol, los suelos deben tener una proporción de textura equilibrada entre los elementos gruesos y finos para garantizar una buena aireación y facilitar el paso del agua. El limón no tolera la salinidad del suelo y es sensible a la asfixia radicular.

Temperatura: La temperatura ideal para el cultivo es de 22° C a 28° C, con una temperatura mínima de 17.6°C y una máxima de 38.6°C .

Precipitación: Requiere de una cantidad de 1200 a 2000 ml de agua al año.

Humedad relativa: Es un factor muy importante que influye en el desarrollo de la planta y en la calidad del fruto, cuando la humedad es alta la planta transpira menos y cuando la humedad es baja la planta transpira muchos más por lo tanto los requerimientos de agua aumentan.

Altitud: El cultivo de limón tiene un óptimo desarrollo en superficies de 20 a 900 metros sobre el nivel del mar, sin descartar la posibilidad de crecer en alturas superiores a los 1000 metros sobre el nivel mar.

pH: Se desarrolla bien en suelos con pH de 5.5 a 8.5 siendo el óptimo de 5.5 a 7.0

Marco de plantación: Es de mucho mayor follaje que otros cítricos por lo que necesita mayor espacio entre planta y planta, se recomienda la siembra de 7.5m x 7.5m.

Fertilización: Demanda muchos macro nutrientes y micro nutrientes, las carencias frecuentes son de magnesio y de zinc, se recomienda aplicar abono de marzo a septiembre pues durante este período es en el que la planta asimila mas los nutrientes. (web 8)

2.2.3 Plagas y enfermedades

Las principales plagas que afectan el cultivo del limón son el minador de los cítricos, araña roja, cochinillas, pulgones, mosca blanca. Y las enfermedades que atacan son; virus, viroides, virus de la tristeza, exocortis y psoriasis.

2.2.3.1 Propagación

En teoría los cítricos pueden propagarse sexualmente mediante semillas poliembrionicas sanas, pero representan problemas en cuanto a la producción por lo tanto es recomendable la reproducción asexual mediante el uso de injertos, para lo que se necesita una planta patrón y una variedad de injerto.

2.3 Variedades de limón

Las principales variedades se seleccionan en base al contenido de zumo, calidad y presencia de semillas. Las variedades mas conocidas son:

Verna: Árbol vigoroso con pocas y pequeñas espinas, frutos de 130gr de peso, forma oval, amarillo intenso, pocas semillas, corteza gruesa, cosecha de Febrero a Junio, la ventaja es que fructifica en verano cuando en Europa es escasa la presencia en los mercados; es muy cultivado en España.(web 8)

Fino: Árbol vigoroso y tamaño muy grande, brotes con espinas, frutos de unos 110gm, forma variable, esféricos u ovalados, sin cuello en la base, mamelón corto y puntiagudo, mas semillas, piel mas fina y mayor contenido de zumo que la variedad Verna, se cosecha en primavera y de Octubre a Febrero, muy cultivada en España, Italia, Argentina y Uruguay, variedad muy precoz, de gran calidad para la industria y consumo en fresco. (web 8)

Eureka: Árbol de tamaño y vigor medio, pocas y pequeñas espinas, frutos de 120gm de peso, de forma elíptica u oblonga, cuello pequeño en la base y mamelón apical delgado. Pocas o ninguna semilla, corteza de espesor medio y con estrías, zumo muy acido, pulpa de color verde amarillento, la característica es que rápidamente entra en producción, produce dos cosechas, fructifica en los extremos de las ramas, sensible al frío y al acaro de las maravillas, es muy cultivada en California, Sudáfrica, Australia, Argentina e Israel. (web 8)

Lisbon: Árbol vigoroso y rustico, muchas espinas que producen daños a hojas y frutos, presenta muchas semillas.

Persa: Es el mas cultivado en México representa el 30% de la producción, abundante zumo, corteza delgada, muy útil para la industria, sabor semi dulce, gran tamaño, ausencia de semilla.

Mexicano: Variedad también conocida como criollo, tiene muchas espinas, fruto muy pequeño, corteza delgada y tiene semilla, muy cultivado en Colima y Michoacán. (web 8)

2.3.1 Uso de patrones

La ventaja de utilizar patrones en la reproducción de limón es que imparte precocidad a la producción, uniformidad en la plantación, proporciona calidad y cantidad a la cosecha, adaptación a problemas de suelos, tolerancia a plagas y enfermedades. Los principales patrones utilizados son:

Citrango Carrizo Troyer: Es uno de los primeros patrones tolerantes a la tristeza de los cítricos, psoriasis, xyloporosis. Acelera la producción y es de buena calidad adelanta la maduración.

Mandarino Cleopatra: Se utiliza en zonas con alto contenido de cal o problemas de salinidad, el vigor que induce a la variedad es menor comparado con otros, no se recomienda en suelos arcillosos o que se encharquen.

Naranja Amargo: Es el mas utilizado en México, cosechas aceptables y de buena calidad, resistencia al frío, pero sensible a la tristeza en el caso de otros cítricos, en limón hay cierta resistencia.

Swingle Citrumelo CPB 4475: Muy sensible a la cal activa, de buen vigor y productividad, excelente calidad de frutos pero se retrasa su maduración.

Citrus Volkameriana: Híbrido natural del limón, de gran vigor, rápida y buena productividad, sensible a heladas, tolerante a la tristeza y otras enfermedades.

Citrus Macrophyla: Igual que el naranjo amargo es un patrón autorizado exclusivamente para limón, más vigoroso y productivo que este, presenta resistencia a la salinidad, pero es sensible a la tristeza y heladas. (web 8)

2.4 Componentes Químicos del Limón

Limoneno, citral, canfeno, pineno, felandreno, citronelal, terpinol, aldehído etílico, acetato de linalilo, acetato de geranilo, citropteno. Es su composición química lo que convierte al limón en un fruto tan apreciado. Para conocerla dividiremos el fruto en partes:

2.4.1 Composición del Epicarpio: El epicarpio es la cáscara externa del limón, cerosa, de color amarillo intenso cuando está maduro y que contiene:

- **Clorofila:** Es un pigmento de color verde que está presente en los frutos no maduros y que permite realizar la fotosíntesis. A medida que el fruto madura hay una enzima (proteína), llamada clorofilaza que transforma la clorofila en azúcares de alto contenido energético y poco a poco va apareciendo el color amarillo del fruto.

- **Caroteno:** Es un pigmento que aparece a medida que va degradándose la clorofila y es el responsable de la aparición del color amarillo en los frutos maduros. Al ingerirse el cuerpo humano es capaz de transformarlo en vitamina A. (web 8)
- **Xantofila:** Es otro pigmento muy parecido al caroteno en cuanto a composición química. (web 8)
- **Aceite esencial de limón:** Es el producto más utilizado de la cáscara y está compuesto por esteroaterpenos (citropteno, alcanfor, etc.), sesqui terpenos, alcoholes y cetonas que son las responsables del aroma y las propiedades terapéuticas del limón.

2.4.2 Composición del mesocarpio: El mesocarpio es la capa esponjosa de color blanco que rodea a los gajos de zumo y que aparece después de la cáscara. Está compuesta por:

- **Agua:** Es el componente mayoritario cuando el limón está fresco.
- **Azúcares, celulosa y materias pépticas** cuando el limón está seco.(web 5)

2.4.3 Composición del endocarpio: El endocarpio es la parte central del fruto que contiene las vesículas repletas de zumo:

- **Principios activos:** Agua, proteínas, grasas, hidratos de carbono, cenizas, calorías, grasas, ácido cítrico, ácido málico, sacarosa, citrato cálcico y la conocida vitamina C que es el componente fundamental ocupando un 60%.

- **Sales minerales:** Potasio, sodio, calcio, fósforo, magnesio, hierro, azufre, cloro, cobre, zinc, yodo y manganeso.
- **Vitaminas:** A, B1, B2, B6, C, P (citrina) y nicotinamida.

2.5 Usos y aplicaciones del Limón

El principal uso es el consumo en fresco, tanto para la elaboración casera de zumos y refrescos, como condimento para multitud de platos, en los últimos años se ha incrementado el uso en la industria para la obtención de zumos naturales y concentrados, aceite esencial, pulpas, pectinas, flavonoides, pienso, etc.; y la producción de ácido cítrico natural para la confección de conservas naturales. (Luck, 1981)

Como alimento: Es un alimento bajo en calorías y muy rico en vitaminas. La concentración de ácidos orgánicos en su zumo requiere que se mezcle con agua y otra bebida para su ingestión directa. Más que conocida es la típica limonada no solo como bebida refrescante sino también por sus múltiples propiedades medicinales.

Como condimento: Para decorar y aromatizar muchos platos como carnes, pescados y ensaladas como sustituto del vinagre.

En la industria pastelera: La corteza del limón se emplea para elaborar exquisitos postres.

En coctelería: Aparece como complemento de muchas bebidas aportando su aroma y propiedades digestivas.

En el hogar: Como producto de limpieza.

En la medicina: En este apartado tendríamos que escribir muchas páginas ya que al limón se le atribuyen cientos de propiedades con resultados terapéuticos realmente sorprendentes. Esta gran versatilidad ha llevado al surgimiento de la *Citroterapia* que se basa en el aprovechamiento de la acidez para el tratamiento regenerador del organismo y su acción sobre la digestión y el metabolismo en general.

2.5.1 Funciones de los principales componentes del limón:

- **La vitamina C** es un antioxidante vital para el aprovechamiento de la energía, aumenta la actividad de las defensas naturales, neutraliza las toxinas, aumenta la capacidad de absorción de hierro, regula las funciones de la médula ósea y otras funciones en el metabolismo celular.
- **La citrina o vitamina P** regula la permeabilidad de los capilares sanguíneos.
- **El caroteno** contribuye a reforzar los tejidos (mucosas).
- **El ácido cítrico** acidifica el medio del estómago y evita las digestiones putrefactivas.
- **El potasio** es tónico cardíaco y muscular ayudando a la digestión.
- **El sodio** controla los líquidos en el organismo y ayuda a reducir la obesidad.
- **El calcio** influye en la formación y conservación de los huesos.
- **El fósforo** ayuda a la formación de cartílagos y líquidos sinoviales.

- **El magnesio** actúa como factor de crecimiento y tónico general.
- **El hierro** favorece la formación de la hemoglobina por lo que es antianémico.
- **El azufre** es un elemento muy importante en la conservación de la piel, huesos, dientes, tendones y articulaciones.
- **El cloro** es uno de los componentes de los ácidos estomacales.
- **El cobre** es un componente esencial de la sangre, necesario para la fijación del hierro.
- **El zinc** interviene en la formación de los glóbulos sanguíneos, estimula y regenera la hipófisis glándula que gobierna a todo el organismo.
- **El yodo** es hipotensor, depurativo y estimulante de la tiroides.

2.5.2 Efectos del limón (uso interno) sobre los diferentes sistemas:

- **Sistema digestivo:** Detiene las diarreas, elimina la acidez gástrica (aunque resulte increíble tiene poder alcalinizante en el estómago), estimula la actividad hepática, etc.
- **Sistema respiratorio:** Tiene propiedades antigripales, antibacterianas y expectorante.
- **Sistema circulatorio:** Actúa como tónico cardíaco, estimula la circulación sanguínea, hipotensor y excelente para el tratamiento de la anemia.
- **Sistema renal:** Disminuye la formación de cálculos biliares y ayuda a disolverlos.

- **Sistema inmunológico:** Aumenta las defensas de nuestro organismo contra la mayoría de las enfermedades infecciosas.
- Muy útil para calmar la sed y disminuir los estados febriles.

2.5.3 Efectos del limón (uso externo):

- Protege la boca de aftas y estomatitis (llagas de la boca).
- Contra las infecciones de garganta.
- Elimina los hongos y las manchas en las uñas de manos y pies a la vez que las fortalece.
- Combate excelentemente las impurezas de la piel: granos, espinillas, costras y manchas.
- Tratamientos de piel seca, ictiosis y psoriasis.
- Ayuda a la cicatrización de llagas, heridas y picaduras de insectos.
- Ayuda a eliminar las arrugas.
- Para la amigdalitis y otitis.
- Contra los dolores articulares y enfermedades reumáticas.
- Irritaciones de la mucosa vaginal.

Anticancerígeno: El aceite esencial tiene componentes que previenen la formación de células cancerosas y disminuyen la metástasis.

Otros usos:

- Antiescorbútico
- Contra la migraña
- Depurativo
- Halitosis y caries

2.5.4 Contraindicaciones y toxicidad asociada al uso del limón:

- El consumo del zumo puro puede afectar el esmalte de los dientes
- La exposición excesiva a la cáscara del limón produce dermatitis. El aceite de la cáscara en contacto con el sol produce manchas muy difíciles de eliminar.
- Todos los tratamientos deben ser recomendados por un especialista y se debe cuidar su uso en niños, mujeres embarazadas y lactantes.(Revista Consumer)

2.5.5 Las cuatro grandes formas de actuación del zumo de limón...

1. Una acción de estímulo y regulación de la secreción gástrica, debido al contenido de ácido cítrico que posee.
2. Una acción antihemorrágica y hematopoyética, debida al contenido de vitaminas A, C y de pectina.
3. Una acción hepática, debida a su contenido en carbonatos alcalinos y ácido cítrico.
4. Una acción tónico-cardíaca y diurética, gracias a su contenido en sales cálcicas y potásicas así como azúcares simples.

2.5.6 Contenido nutricional del Limón

FIG. No 2 Valor nutrimental del limón

Valor nutricional del limón en 100 g de sustancia comestible	
Agua (g)	90.1
Proteínas (g)	1.1
Lípidos (g)	0.03
Carbohidratos (g)	8.2
Calorías (kcal)	27
Vitamina A (U.I.)	20
Vitamina B1 (mg)	0.04
Vitamina B2 (mg)	0.02
Vitamina B6 (mg)	0.06
Ácido nicotínico (mg)	0.1
Ácido pantoténico (mg)	0.2
Vitamina C (mg)	45
Ácido cítrico (mg)	3840
Sodio (mg)	6
Potasio (mg)	148
Calcio (mg)	26
Magnesio (mg)	9
Manganeso (mg)	0.04
Hierro (mg)	0.6
Cobre (mg)	0.26
Fósforo (mg)	16
Azufre (mg)	8
Cloro (mg)	4

Fuente: Coutate

2.6 Producción Mundial de Limón

México es el principal productor de limón a nivel mundial seguido por la India, Argentina, Reino Unido y España.

España es el principal exportador al resto de los Países Europeos, entrando en competencia con la cuenca del Mediterráneo, América y Sudáfrica. La producción y comercialización del Hemisferio Norte se localiza entre los meses de Octubre y Abril, y en el Hemisferio Sur de Mayo a Septiembre por lo que ambas se complementan a excepción de la variedad Verna cultivada en España ya que contempla las dos.

FIG. No 3 Producción mundial de limón

Países	Producción limón Año 2002 (toneladas)
México	1.720.020
India	1.400.000
Argentina	1.180.000
Rep. Islámica de Irán	1.038.832
España	902.000
Estados Unidos	751.150
Brasil	580.000
Italia	530.000
Turquía	400.000

Fuente: FAO 2003

2.6.1 Producción de Limón en México

El limón Mexicano es la segunda especie cítrica de mayor importancia económica en México. En los últimos 10 años la superficie de este cultivo se ha incrementado, en el año 2004 se cosecharon 1, 164,370 toneladas en una superficie de 145,371 hectáreas; sin embargo durante mucho tiempo los rendimientos han permanecido bajos con un promedio de 10 toneladas por hectárea debido a la falta de tecnología en la producción.

Los Estados que más producen limón son Veracruz, Tabasco y Yucatán representando el 30% de la producción mundial, otros productores son Colima, Michoacán, Oaxaca. (web 9)

La producción nacional es exportada principalmente a Francia, Suiza, Reino Unido, España, Holanda, Estados Unidos y Japón.

México abastece con el 76% de las importaciones de Estados Unidos. Y su principal cliente es Japón al que le vende el 98% de sus importaciones.

Producción de Colima México.

En este año el sector citrícola logró vender algo más de 352 mil toneladas de fruta fresca. Rusia fue el principal comprador. Pese a las restricciones energéticas y a las inclemencias climáticas, heladas y lluvias durante la cosecha, el sector citrícola de la provincia logró que las exportaciones de fruta fresca crecieran este año un 9% respecto al 2006.

Así lo hizo saber el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) tras realizar el trabajo de fiscalización de ventas de frutas y hortalizas al exterior durante el período enero-septiembre.

En ese contexto, sobresalió la información que habla del limón ya que fue el principal producto exportado con envíos por 352.775 toneladas que generaron ingresos por 156.228.000 dólares. Transformado en porcentaje, significa un crecimiento del 9% en volumen y del 10% en divisas respecto a Enero-Septiembre de 2006, cuando se registraron exportaciones por 325.086 toneladas y 142.358.000 dólares.

Destino de la fruta.

Los principales mercados para el limón fueron Rusia con envíos por 74.932 toneladas y 34.664.000 dólares; Holanda, 52.384 toneladas y 22.509.000 dólares; Italia con 44.661 toneladas y algo más de 19.072.000 dólares; Grecia con 30.237 toneladas y 13.579.000; España con 30.150 toneladas por 12.146.000 dólares y Ucrania con 22.567 toneladas y 10.309.000 de dólares. Vale aclarar que Tucumán es el principal productor de limón Mexicano del país con el 90%.(web9)

Por otra parte, y de acuerdo a datos de la Secretaría de Agricultura, el limón ocupa hoy el primer puesto en el ranking mundial con un volumen de 1,25 millones de toneladas y también es líder en su industrialización, con casi el 45% del total del mundo. (web 9)

Del total de la producción un 25% se consume como fruta fresca y un 75% se destina a la industria. De la elaboración industrial se obtiene jugo concentrado, aceite esencial, pectinas, cáscara deshidratada y pulpa congelada. Los dos primeros derivados se destinan a la exportación, que de acuerdo con datos oficiales, en 2006 alcanzaron las 46.378 toneladas de jugo por un valor de 32 millones de dólares y 5.083 toneladas de aceite por 960.000 dólares. El 55% se destina a la Unión Europea, donde los Países Bajos son el principal comprador, el 25% a Estados Unidos y México, y el 6% a Medio Oriente.(web 9)

2.6.2 Precios

El precio del limón fresco en el mercado local es muy variable dependiendo la época del año, ya que está determinado por el grado de producción; si existe mucha producción el precio tiende a bajar, y si hay escasez aumenta, esto sucede cuando existen factores climáticos (inundaciones, huracanes etc.) que influyen en el abastecimiento de los mercados. Así también los precios varían de región a región los Estados que producen tienen precios más bajos, y los Estados que no tienen cultivos necesitan transportar el fruto y esto tiene repercusión en el aumento de los precios. (Profeco)

Por ejemplo en el 2006 el Limón producido en Veracruz tenía un precio de \$ 0.80 Kg., en el mercado local, pero en la Ciudad de México llegó a valer \$2.00 Kg., esto se debe al alto grado de coyotaje (intermediarios) ya que al productor por no tener los medios necesarios para el transporte, almacén y comercialización tiene que vender sus productos a terceros habiendo una fuerte fuga de utilidades.

De la misma forma pasa con el producto exportado, el productor se ve afectado por las empresas transnacionales que se establecen en los lugares donde se produce el fruto, lo almacenan y lo exportan a precios mucho mas elevados.

3.1 Generalidades del aceite esencial

3.1.1 Definición

Los aceites esenciales o esencias vegetales, son productos químicos que forman las esencias odoríferas de un gran número de vegetales. El término aceite esencial se aplica también a las sustancias sintéticas similares preparadas a partir del alquitrán de hulla, y a las sustancias semi-sintéticas preparadas a partir de los aceites naturales esenciales. Proceden de las flores, frutos, hojas, raíces, semillas y corteza de los vegetales. El aceite de espliego, por ejemplo, procede de una flor, el aceite de pachulí, de una hoja, y el aceite de naranja, de un fruto.

Los aceites esenciales son líquidos volátiles, en su mayoría insolubles en agua, pero fácilmente solubles en alcohol, éter y aceites vegetales y minerales. Por lo general no son oleosos al tacto. Pueden agruparse en cinco clases, dependiendo de su estructura química: alcoholes, ésteres, aldehídos, cetonas y lactonas y óxidos. (Rota 2004)

3.1.2 Función de los aceites esenciales en las planta

Dos son las funciones básicas del aceite esencial. Por un lado protegen a la planta de plagas, enfermedades, e incluso de la invasión de otras plantas. Por otra parte, dan un aroma a la flor que ejerce atracción sobre insectos y aves, favoreciendo el proceso de polinización. Estas cualidades de protección y atracción, se ven reflejadas en propiedades tales como: antiséptica, anti-inflamatoria, antidepresiva, afrodisíaca y otras, presentes en mayor o menor grado en la totalidad de los aceites.

Son sustancias hiperconcentradas, en extremo volátiles. Además son sensibles a la acción de los rayos ultravioletas, como así también a las condiciones extremas de temperatura. Son livianos y no grasos, insolubles en agua y levemente solubles en vinagre. Se disuelven bien en alcohol y mezclan en forma excelente con ceras, grasas y aceites vegetales.

La sabiduría de la naturaleza permite que aún cuando una esencia contenga entre un 80% y 90% de un solo constituyente químico, haya una docena o más de otros elementos no protagónicos, que equilibren y moderen el efecto principal.

Con los primeros rayos de la mañana, se produce la mayor concentración de aceite esencial en las plantas. Deben elegirse aquellas que se encuentran en el punto máximo de su expresión vital. Esto hace que sean diferentes las épocas del año elegidas, de acuerdo al ciclo natural de la planta considerada. Los aceites 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. (Rota 2004)

3.1.3 Propiedades físico-químicas de los aceites esenciales

Las propiedades físico-químicas de los aceites esenciales o esencias son muy diversas, puesto que el grupo engloba sustancias muy heterogéneas, de las que en la esencia de una planta, prácticamente puede encontrarse solo uno o más de 30 compuestos como en la de jazmín o en la de manzanilla.(López 1995)

Los aceites esenciales son líquidos a temperatura ambiente, muy raramente tienen color y su densidad es inferior a la del agua (la esencia de sazafrán o de clavo constituyen excepciones). Casi siempre dotadas de poder rotatorio, tienen un índice de refracción elevado. Solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos habituales, son liposolubles y muy poco soluble en agua. (López 1995)

El rendimiento de esencia obtenido de una planta varía de unas cuantas milésimas por ciento de peso vegetal hasta 1-3%. La composición de una esencia puede cambiar con la época de la recolección, el lugar geográfico o pequeños cambios genéticos. En gimnospermas y angiospermas es donde aparecen las principales especies que contienen aceites esenciales, distribuyéndose dentro de unas 60 familias. Son particularmente ricas en esencias las pináceas, lauráceas, mirtáceas, labiáceas, umbelíferas, rutáceas y asteráceas.

Para ilustrar las variadas estructuras que pueden encontrarse en los aceites esenciales, se verán las principales contenidas en la esencia de romero (*Rosmarinus officinalis*): hay -pineno (a), canfeno (b), cineol (c), limoneno (d), alcanfor (e), borneol (fi y su acetato, cariofileno (g).

En la esencia de menta (*Mentha piperita*) se encuentra mentol (h), mentona (i), felandreno (j), cadineno (k), limoneno (d), -pineno (a), mentolfurano (m), isovalerianaldehído (y), cariofileno (g), etil-n-amilcarbinol e isovalerianato de metilo.

En la esencia de anís (*Pimpinella anisum*) hay anetol (n) (70-90 %), estragol (o), anisona (p), p-metoxifenol, eugenol (q), anisaldehído (r) y vainillina (s). Otras sustancias interesantes son: la nepetalactona (de *Nepeta cataria*) bisaboleno (u), humuleno (u) (*Humulus lupulus*), vetivona (de *Vetiveria zizanioides*) y zerumbono (de *Zingiber zerumbei*)

La composición varía con el lugar de origen. También varía con el hábitat en que se desarrolle, por lo general climas cálidos tienen mayor contenido de aceites esenciales; momento de la recolección, método de extracción. (web 2)

3.1.4 Diferencia entre aceites esenciales y grasas

- Los aceites esenciales son más volátiles
- Las grasas son saponificables
- Las grasas dejan mancha permanente en el papel
- Las grasas sufren enranciamiento
- Los aceites esenciales son solubles en alcohol

3.1.5 Clasificación de aceites esenciales

Los aceites esenciales se pueden dividir en:

Compuestos terpénicos: Están formados por unidades de isopreno, pudiendo ser monocíclicos, cíclicos y acíclicos. Los que carecen de oxígeno son hidrocarburos de tipo monoterpénicos o sesquiterpénicos.

De acuerdo con la naturaleza de los componentes principales se pueden dividir en:

Compuestos con núcleo bencénico (fenilpropánicos): Son muy importantes como elementos predominantes de algunos aceites como el de anís, badiana, canela, clavo de olor, hinojo, etc.

Compuestos alifáticos de cadena recta: Se trata de componentes menores entre los que figuran el ácido acético, ácido fórmico, ácido isovaleriánico, ácido isobutílico, aldehído decílico, metilheptona, estearopteno, etc.

Compuestos sulfurados y nitrogenados heterocíclicos: En el grupo de los sulfurados tenemos el isotiocianato de alilo (presente en el aceite de mostaza) y el sulfuro de dialilo (presente en el ajo). Entre los nitrogenados figuran el indol, furfural, escatol, etc. (web 2)

3.1.6 Principales compuestos de aceites esenciales

Los compuestos disueltos en aceites esenciales se pueden clasificar como sigue:

Esteres. Principalmente de ácido benzoico, acético, salicílico y cinámico.

Alcoholes. Linalol, geraniol, citronelol, terpinol, mentol, borneol.

Aldehídos. Citral, citronelal, benzaldehído, cinamaldehído, aldehído cumínico, vainillina.

Ácidos. Benzoico, cinámico, mirística, isovalérico todos en estado libre.

Fenoles. Eugenol, timol, carvacrol.

Cetonas. Carvona, mentona, pulegona, irona, fenchona, tujona, alcanfor, metilnonil cetona, metil heptenona.

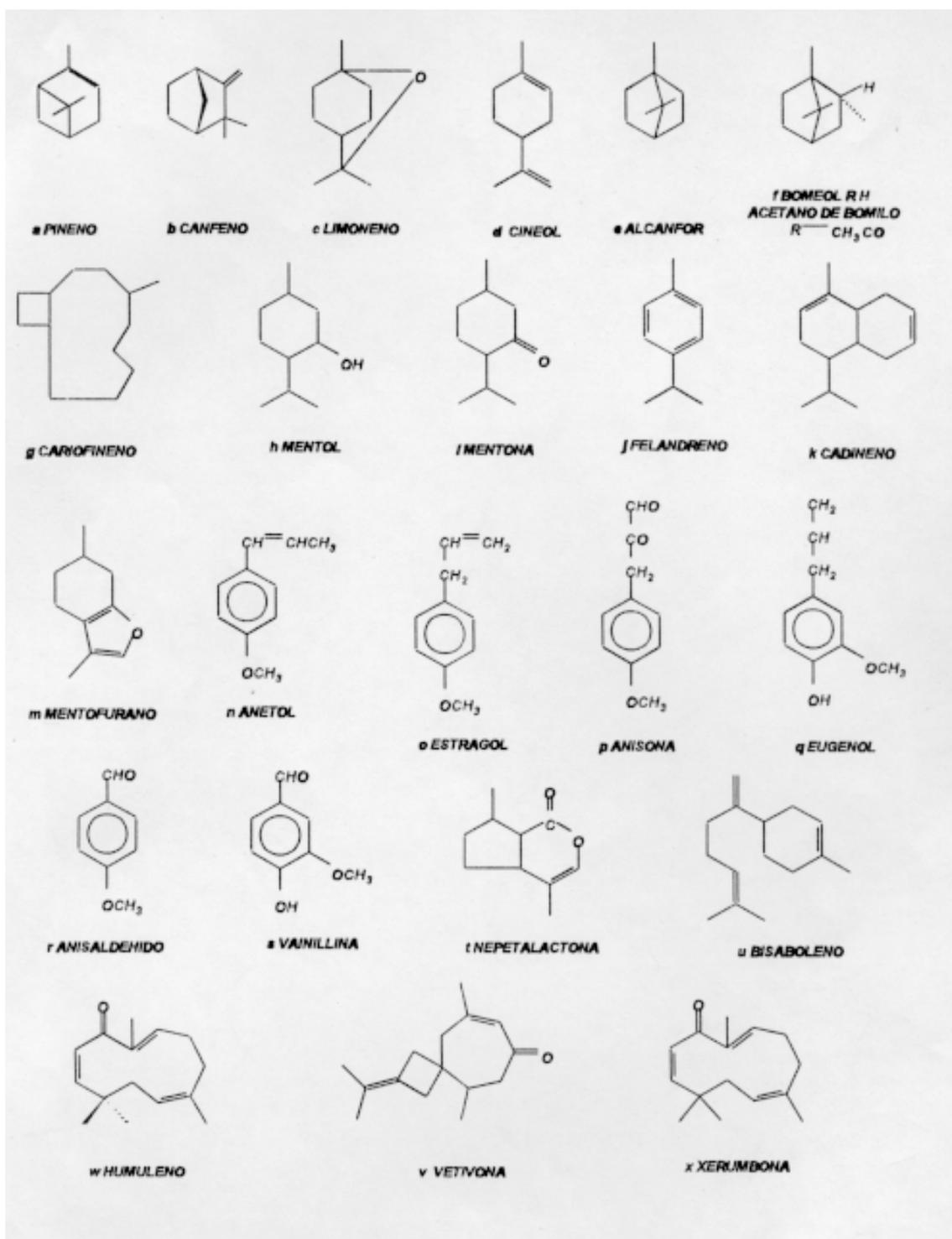
Esteres. Cíñelo, éter interno (eucaliptol), anetol, safrol.

Lactosas. Cumarina.

Terpenos. Canfeno, pineno, limoneno, felandreno, cedreno.

Hidrocarburos. Cimeno, estireno (feniletileno).

3.1.7 Estructuras químicas de aceites esenciales.



3.2 Métodos de extracción de aceite esencial

Los aceites esenciales se pueden extraer de las muestras vegetales mediante diferentes métodos como: expresión, destilación con vapor de agua, extracción con solventes volátiles, enfleurage y con fluidos supercríticos.

En la expresión; el material vegetal es exprimido mecánicamente para liberar el aceite y este es recolectado y filtrado. Este método es utilizado para el caso de las esencia de cítricos.

En la destilación por arrastre con vapor de agua; la muestra vegetal generalmente fresca y cortada en trozos pequeños, se coloca en una recipiente cerrado y sometida a una corriente de vapor de agua sobrecalentado, la esencia así arrastrada es posteriormente condensada, recolectada y separada de la fracción acuosa. Esta técnica es muy utilizada especialmente para esencias fluidas, especialmente las utilizadas para perfumería. Se utiliza a nivel industrial debido a su alto rendimiento, la pureza del aceite obtenido y porque no requiere tecnología sofisticada. (Rota 2004)

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.

En el método de enflorado o enfleurage; el material vegetal (generalmente flores) es puesto en contacto con una grasa. La esencia es solubilizada en la grasa que actúa como vehículo extractor. Se obtiene inicialmente una mezcla de aceite esencial y grasa la cual es separada posteriormente por otros medios físico-químicos. En general se recurre al agregado de alcohol caliente a la mezcla y su posterior enfriamiento para separar la grasa (insoluble) y el extracto aromático (absoluto). 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. (Rota 2004)

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 fluido en estado supercrítico (por ejemplo CO₂), las esencias son así solubilizadas y arrastradas y el fluido supercrítico, que actúa como solvente extractor, se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente, y finalmente se obtiene una esencia cuyo grado de pureza depende de las condiciones de extracción.

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.

Hoy los aceites esenciales sintéticos u obtenidos de fuentes naturales por cualquiera de esos cuatro métodos, se purifican normalmente por destilación al vacío. Los aceites esenciales en su mayor parte insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos, aunque una buena parte del aceite se alcanza a disolver en agua para proporcionar un intenso olor a la solución. Estos aceites tienen la volatilidad suficiente para destilarse intactos en la mayor parte de los casos y también son volátiles con vapor. Varían desde el color amarillo o café hasta incoloros. Los índices de refracción de los aceites son altos, con un promedio de 1.5. Estos aceites muestran una gran variedad de actividad óptica y rotan en ambas direcciones. La mayor parte de los aceites se obtienen por destilación, generalmente con vapor, pero ciertos aceites se pueden dañar con altas temperaturas. (web 2)

Los aceites esenciales de cítricos, son "mezclas complejas de compuestos terpénicos que contienen alrededor de 100 componentes". Los aceites cítricos destilados son de calidad inferior por lo tanto se obtienen al exprimir. (Owen 1999)

Para ciertas flores que no liberan aceite por destilación o lo hacen con deterioración del aceite, se emplean los tres últimos métodos. Sin embargo, la extracción con disolventes volátiles, un proceso relativamente reciente, ha sustituido a la maceración (extracción con grasas calientes) para todos los propósitos prácticos y está reemplazando al enflurage.

La extracción por disolventes es el proceso más avanzado en cuanto al aspecto técnico y produce olores verdaderamente característicos, pero es más costoso que la destilación. La destilación casi siempre se efectúa con vapor. Generalmente se lleva a cabo a presión atmosférica: si los componentes del aceite pueden sufrir hidrólisis, el proceso se efectúa a presión reducida.

Gran parte de la destilación de aceites esenciales se realiza en el sitio de recolección en alambiques muy toscos. Estos alambiques son tambores de aceite o cazuelas de cobre transformados y equipados con tubos condensadores que pasan a través de una tubería de agua. Se cargan los materiales y agua en el alambique y los materiales secos, extraídos con destilaciones anteriores, se queman en fuego directo para proporcionar calor. Su eficiencia es baja, y el aceite se contamina con productos de pirolisis como acroleína, trimetilamida y sustancias derivadas de la cerotosa. (Rota 2004)

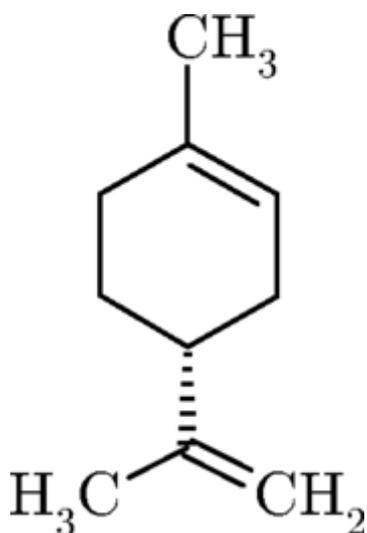
Los aceites crudos obtenidos de alambiques algunas veces se tratan nuevamente antes de su uso por rectificación al vacío, por congelación fraccionaria, por lavados con hidróxido de potasio para eliminar ácidos libres y compuestos fenólicos, para eliminar aldehídos y cetonas deseadas o no deseadas a través de la formación de compuestos de adición de sulfito o por formación de productos insolubles específicos, como la reacción de cloruro de calcio con geraniol. (Rota 2004)

3.2.1 Aceite esencial de limón

El aceite esencial de limón, es el principal subproducto de la elaboración de jugo concentrado.

- Se denomina "aceite esencial o esencia natural de limón" al producto volátil obtenido del epicarpio fresco del fruto (*Citrus limón.*), por expresión o raspado. (Código Alimentario Argentino - Art. 1300).
- Se trata de un líquido de color amarillo pálido a verde amarillento; posee un aroma fresco que recuerda a la cáscara madura del fruto. Su densidad relativa a 20/20°C es de 0,850kg/m a 0,859 kg/m.
- Es volátil, soluble en alcohol o éter y poco soluble en agua.
- El principal constituyente químico del aceite esencial de limón, es el limoneno que representa algo más del 60%.
- La industria emplea aproximadamente 190 Kg. de limón para obtener 1 Kg. de aceite esencial.

3.2.2 Estructura química del aceite esencial del limón



3.3 Métodos de extracción de aceite esencial de limón

Para la obtención del aceite esencial del limón los procesos utilizados son: El de expresión, extracción con disolventes volátiles, desterpenación y la destilación al vacío. (web 3)

3.3.1 Extracción por expresión.

Al exprimir por maquinas puede producirse un aceite casi idéntico al producto exprimido a mano y es el método aplicado en forma comercial. De los procesos de exprimir a mano, el proceso de esponja es el más importante, ya que produce el aceite de mayor calidad. Aquí la fruta se parte, y la piel se monda y se sumerge por varias horas; cada cáscara se prensa contra una esponja y el aceite se absorbe en ella, que se exprime periódicamente. Una persona puede preparar solo 680 g de aceite de limón por día siguiendo este método, aunque se practica especialmente en Sicilia. (web 3)

3.3.2 Extracción con disolventes volátiles.

El factor más importante para lograr éxito en este método es la selección del disolvente.

El disolvente debe:

- Ser selectivo, esto es disolver rápida y totalmente los componentes odoríferos, con solo una parte mínima de materia inerte,
- Tener un bajo punto de ebullición.
- Ser químicamente inerte al aceite.
- Evaporarse completamente sin dejar cualquier residuo odorífero.
- Ser de bajo precio, y de ser posible, no inflamable.

Se han empleado muchos disolventes, pero el mejor es el éter de petróleo altamente purificado y el benceno es el que sigue. El equipo de extracción es complicado y relativamente costoso; consiste en alambiques para fraccionar el disolvente, baterías para extraer las flores y recipientes para concentrar las soluciones de aceites florales. Los dos tipos de extractores usados son el estacionario y el rotatorio. (web 3)

En algunos aceites existe una gran cantidad de terpenos. Esto sucede especialmente con los aceites de limón y naranja, que contienen hasta 90% de d – limoneno en su composición normal. No solo son de poco valor los terpenos y sesquiterpenos para la fuerza y carácter de los aceites, sino que también se oxidan y polimerizan rápidamente en reposo para formar compuestos de un sabor fuerte y semejante a la trementina.

Además, los terpenos son insolubles con la baja intensidad del alcohol empleado como disolvente, por lo que forman soluciones oscuras que se aclaran con dificultad. De aquí que sea deseable eliminar los terpenos y sesquiterpenos de muchos aceites.

Este tipo de aceite por ejemplo el de naranja, es 40 veces más fuerte que el original y produce una solución transparente en el alcohol diluido. El aceite tiene ahora una pequeña tendencia a enranciarse, aunque no tiene la frescura original. Debido a que cada aceite tiene una composición diferente, la desterpenación requiere de un proceso especial. Se pueden aplicar dos métodos, ya sea la eliminación de terpenos, sesquiterpenos y parafinas por destilación fraccionada a presión reducida, o la extracción de los compuestos oxigenados más solubles, con alcohol diluido u otros disolventes.(web 2)

3.3.3 Destilación al Vacío

Es un método para destilar sustancias a temperaturas por debajo de su punto normal de ebullición es hacer el vacío parcial en el alambique. Por ejemplo, la anilina puede ser destilada a 100 °C extrayendo el 93% del aire del alambique. Este método es tan efectivo como la destilación por vapor, pero más caro. Cuanto mayor es el grado de vacío, menor es la temperatura de destilación. Si la destilación se efectúa en un vacío prácticamente perfecto, el proceso se llama destilación molecular. Este proceso se usa normalmente en la industria para purificar vitaminas y otros productos inestables. Se coloca la sustancia en una placa dentro de un espacio en el que se ha hecho el vacío y se calienta. (web 2)

El condensador es una placa fría, colocada tan cerca de la primera como sea posible. La mayor parte del material pasa por el espacio entre las dos placas, y por lo tanto se pierde muy poco.

Aparato de destilación.

Técnicamente el término alambique se aplica al recipiente en el que se hierven los líquidos durante la destilación, pero a veces se aplica a todo el aparato, incluyendo la columna fraccionadora, el condensador y el receptor en el que se recoge el destilado. Este término se extiende también a los aparatos de destilación destructiva o craqueo. Los alambiques de laboratorio están hechos normalmente de vidrio, pero los industriales suelen ser de hierro o acero. En los casos en los que el hierro podría contaminar el producto se usa a menudo el cobre, y los alambiques pequeños para la destilación de whisky están hechos por lo general de vidrio y cobre. A veces también se usa el término retorta para designar a los alambiques. (Rota 2004)

3.3.4 Rendimientos

La esencia es obtenida presionando la parte exterior del pericarpio o corteza de la fruta. Son necesarios 4000 limones para obtener 1 Kg de aceite esencia., lo que es igual a 190 kg de limón para obtener un litro de aceite esencial. (web 2)

3.4 Importancia económica del aceite esencial de limón.

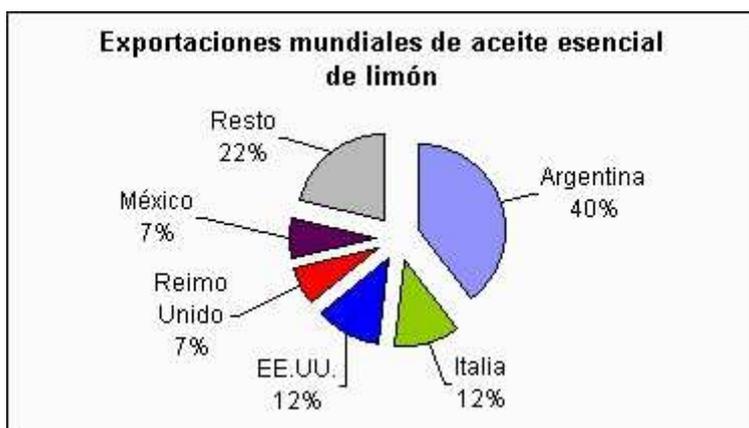
Es el principal subproducto de la elaboración de jugo concentrado y sus exportaciones generan 64 millones de dólares.

Argentina es el principal productor mundial, seguido por EE.UU. e Italia, y la calidad de su producto supera al de sus competidores. El volumen mundial comercializado de aceite esencial de limón, promedia las 9 mil toneladas y crece a una tasa anual del 10%. Argentina es el primer exportador mundial, con casi 3,5 mil toneladas, seguida por Italia y EE.UU. El Reino Unido es un importante redistribuidor del producto

EE.UU. es el principal comprador mundial de aceite esencial de limón: sus compras representan el 50% del volumen total importado. Le sigue el Reino Unido, que importa el 25% de este producto. Otros compradores de menor peso son Francia, Japón, Canadá y Suiza, que demandan el 5% de las compras mundiales cada uno. (web 2)

Argentina es el principal proveedor de EE.UU. y del Reino Unido, cubriendo el 70% y el 80% de las demandas respectivamente. A su vez, Italia es el principal oferente de Suiza, y EE.UU. cubre la mayor parte de las importaciones de Japón y Canadá. Del resto de los países oferentes, se destacan Brasil, Perú, Sudáfrica y Canadá aportando cada uno el 3% del total exportado. México y principalmente Brasil, están incrementando significativamente sus exportaciones. (web 2)

FIG. 4



Fuente FAO

3.4.1 Principales empresas productoras de aceite esencial de limón

Nueve empresas producen aceite esencial de limón Argentina. Las primeras cinco concentran casi el 90% de la producción.

Las elaboradoras son: Citromax S.A.C.I., Citrusvil S.A., S.A. San Miguel, Vicente Trapani S.A., Litoral Citrus S. A. y COTA S.A (Tucumán); La Moraleja S.A., E.C.A. S.A. (Entre Ríos); y Ledesma S.A. (Jujuy).

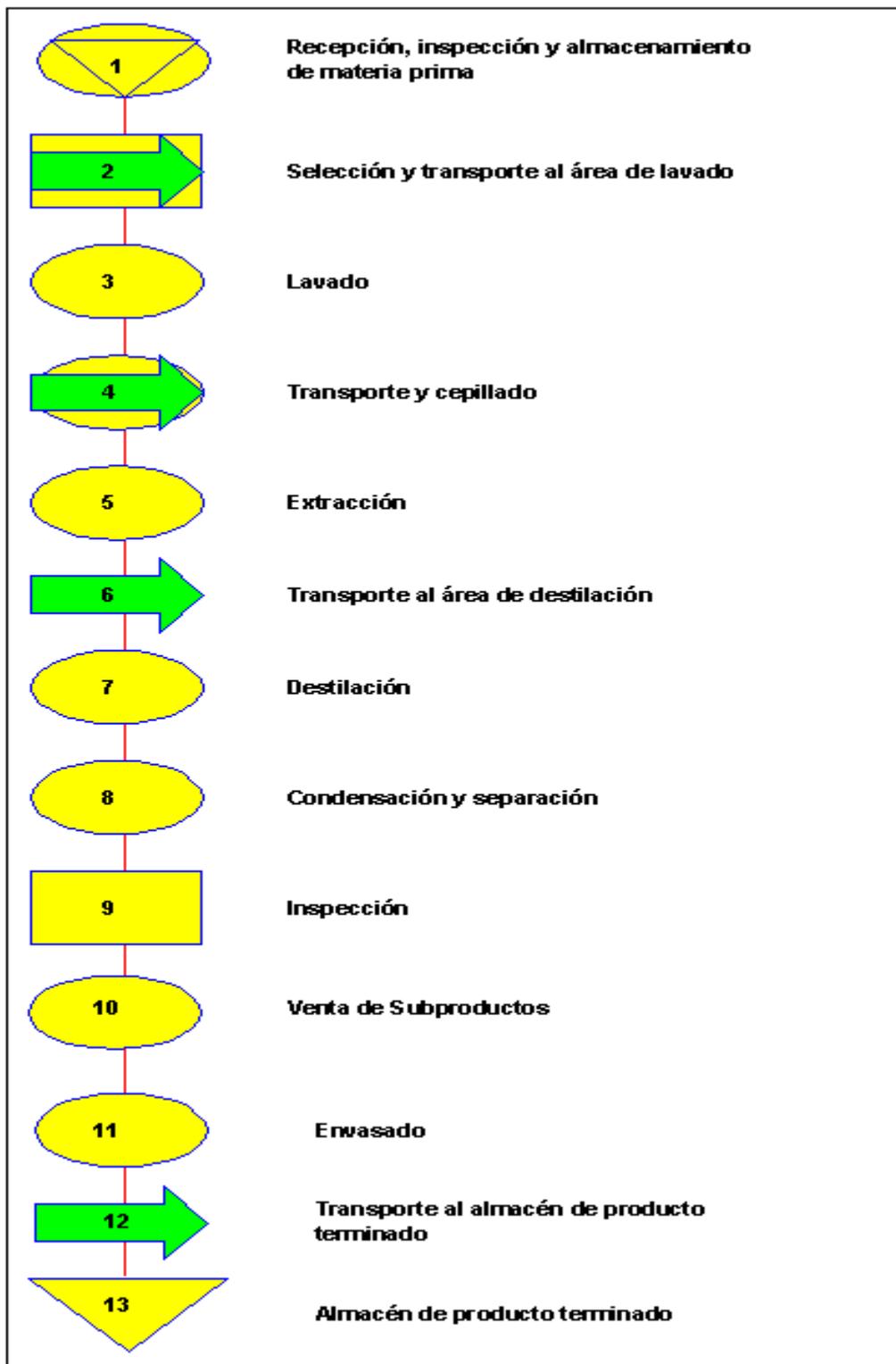
3.4.2 Precios del aceite esencial de limón

Los precios FOB promedio del aceite Argentino (en dólares Estadounidenses por tonelada) según destino, para el año 2002, fueron de la siguiente manera: Envíos a EEUU 13,000 dólares por tonelada, al Reino Unido 18,000 dólares por tonelada, y a países bajos 7,500 dólares por tonelada. (web 2)

3.4.3 Empresas mexicanas que producen aceite esencial

Estado de la Republica Mexicana	Compañía	Destinos
Colima, Colima	Factor mexicano S.A de C.V	Alemania, Canadá, EEUU y Japón
Tecoman, Colima	Derivados Industriales Costa de Colima SA de CV	EEUU
Colima, Colima	Amtex SA de CV	EEUU, Reino Unido, Sudamérica
Tecoman, Colima	Citroderivados de Tecoman SA de CV	EEUU
Tecoman, Colima	Citrojugo SA de CV	Alemania, Dinamarca, EEUU, Reino Unidos
Tomatlan, Michoacán	Citros Vega Hermanos SA de CV	Alemania, EEUU y Reino Unido
Apatzingan, Michoacán	Cítricos industrializados de Michoacán SPR de RL	EEUU y Reino Unido
Montemorelos, Nuevo León	Brown de México SA de CV	España, EEUU y Europa Occidental
Monterrey Nuevo León	Citrofrut SA de CV	Alemania, Canadá, EEUU, Francia, Japón.
Puerto Escondido Oaxaca	Dilco SPR de RL	EEUU y Dinamarca
Oaxaca	Benelim,Oaxaca SA de CV	EEUU, Italia

Diagrama del proceso para la obtención de aceite esencial de limón



Descripción del proceso

1. Recepción, inspección y almacenamiento de materia prima: El limón es recibido en el almacén y se revisa de que sea un fruto bien desarrollado, de color verde alimonado y amarillo, entero, limpio de golpes y de consistencia firme, de textura razonablemente lisa y sin signos de putrefacción o descomposición.

2. Transporte y selección del limón: Del almacén de materia prima, el limón se transporta a través de una banda hacia el área de lavado y en el trayecto, se seleccionan y eliminan los limones que presenten signos de descomposición o que no reúnan las características requeridas.

3. Lavado: La banda transportadora, eleva el limón a un tanque de acero inoxidable, donde recibe chorros de agua a presión desde diferentes ángulos. A través de este lavado se eliminan agentes extraños y otros tipos de microorganismos.

4. Transporte y cepillado: Un transporte de banda conduce el limón del área de lavado al área de extracción y en esta banda el limón pasa sobre un tren de cepillos con regadera de agua sobre ellos, con el fin de terminar la limpieza de la superficie de la fruta.

5. Extracción: La banda coloca al limón en una prensa de gusano helicoidal, en forma de cono de avance con paredes perforadas, en donde escurre el jugo.

El fruto es aplastado para romper las celdillas que contienen el aceite esencial de limón; la prensa mantiene una lluvia de agua para desalojar con rapidez la esencia, formando con ella una emulsión. La cáscara, el bagazo y semillas pueden ser procesados como subproducto para ser utilizados como alimento para ganado.

6. Transporte al área de destilación: La emulsión de jugo, aceite y agua se colecta en un tanque receptor, del cual mediante bombeo se transporta hacia el área de destilación.

7. Destilación: El bombeo lleva a la emulsión también llamada caldo hasta un tanque de destilación, al cual se le inyecta vapor de agua para aumentar su temperatura y lograr la evaporación del agua y aceite esencial. Es conveniente señalar que existen otras tres formas de extraer aceite, que se señalan como referencia pero no son las utilizadas en el proceso que se está describiendo.

- **Aceite Centrifugado.-** La emulsión pasa a una máquina centrifugadora que separa a altas velocidades el jugo y el aceite.
- **Sistema Italiano o Raspador.-** Mediante una máquina se raspa la fruta quitándole la corteza donde se localiza el aceite y lo arrastra con agua a las centrífugas donde se obtiene el aceite.
- **Concentración de Esencia o Desterpenado.-** Destilación fraccionada del aceite en máquinas para destilar o alambiques, de cobre. El residuo de la destilación es el aceite esencial.

8. Condensación y separación: Los vapores de agua y aceite esencial, pasan por un condensador, donde cambian a forma líquida y por decantación se separa el aceite esencial del agua, con la que fue arrastrado y se deposita en un recipiente de lámina galvanizada.

9. Inspección: Del recipiente conteniendo el aceite, se toman muestras para valorar su aspecto que debe ser cristalino y no presente turbidez, sólidos o agua. Que tenga color ligeramente amarillo de tono casi incoloro. Su olor sea limpio sin rastros de rancio o quemado y que su sabor no tenga rastros extraños y por último que su densidad relativa adecuada, ya que una densidad relativa baja indica un aceite ligero debido a una destilación incompleta. Por otra parte una densidad relativamente alta, indica una destilación muy prolongada, utilización de limones muy maduros o un aceite muy viejo.

10. Venta de subproductos: Ha industrias que requieren de este tipo de insumos para su proceso productivo por lo que se pueden vender algunos subproductos que lleguen a la etapa final del proceso.

11. Envasado: El aceite pasa por medio de bombeo al área de envasado, que se realiza en recipientes de vidrio ahumado de un litro, para proteger al producto de la luz.

12. Transporte al almacén de producto terminado: Los recipientes de vidrio, se transportan al almacén de producto terminado, en carritos o diablos.

13. Almacén de producto terminado: El aceite se almacena como producto terminado, listo para su distribución. La temperatura de almacén es de -5 °C., en tambores de acero inoxidable, o en recipientes de vidrio oscuros o ámbar, para proteger el aceite de los rayos de luz. (web 6)

3.4.4 Usos y aplicaciones del aceite esencial de limón

Se utiliza como aromatizante y saborizante en la industria de la alimentación, cosméticos, perfumes, jabones, desinfectantes y otros productos de limpieza, también tiene importancia en la medicina, tanto por su sabor como por su efecto calmante del dolor y su valor fisiológico. Las pulpas congeladas, cáscaras deshidratadas, pellets, etc., son subproductos de menor valor comercial. (web 5)

En caso de los aditivos, son combinados con los alimentos para producir ciertas modificaciones que impliquen conservación, color, reforzamiento del sabor y estabilización, los cuales van a ayudar a efectuar una mejora sorprendente en nuestros suministros alimenticios, así como a disminuir el trabajo en la cocina.

A partir de la corteza del limón se obtiene la esencia, que es empleada en perfumería. Las flores proporcionan otra esencia aún más apreciada. El zumo es bactericida por excelencia y sirve además para quitar las manchas de tinta y da brillo al bronce y objetos metálicos, la corteza se emplea en pastelería. El aceite esencial del limón (*Citrus limonium*) es uno de los aceites más ricos en vitaminas, contiene sobretodo vitamina C y caroteno, que es un forma de vitamina A. Contiene también terpenos (limoneno, felandreno, pineno, sequiterpenos, citrol, citronelol, linalol), acetatos de linalol y geraniol, aldehídos, etc.).

4.1 Conclusiones

Esta comprobado que el limón tiene un efecto altamente benéfico para la salud humana, por su función de desintoxicante, purificador del organismo y poder inmunológico; así también porque destruye microbios en pocos minutos esto debido a la acides.

En los sistemas vivos los aceites esenciales probablemente se relacionan con el metabolismo, fertilización o protección de los enemigos. El aceite esencial encontrado en su mayor cantidad en la corteza del limón es utilizado en diferentes formas en la industria (alimentaria, perfumería, y medicina).

En la industria de los alimentos es muy útil por que reduce ampliamente la proliferación de flora microbiana ayudando a alargar la vida de anaquel de los alimentos, de la misma forma previene el ataque de microorganismos en los alimentos, además de este uso es ampliamente empleado en la industria refresquera como saborizante.

Es necesario saber que el consumo de zumo puro afecta el esmalte de los dientes y que el contacto directo y prolongado con el aceite en condiciones directas de rayos solares puede provocar manchas y dermatitis.

La mayor parte de los aceites se obtienen por destilación, generalmente con vapor, pero ciertos aceites se pueden dañar con altas temperaturas. De los procesos de exprimir a mano, el proceso de esponja es el más importante, ya que produce el aceite de mayor calidad. Este proceso es aplicado generalmente para la obtención de aceites cítricos.

4.2 Recomendaciones

A continuación se muestran ciertas recomendaciones para obtener un aceite esencial de limón de óptima calidad:

Disminuir mejor la presión durante la destilación para poder separa eficazmente el d – limoneno de la solución alcohólica.

Utilizar limones de concha gruesa para extraer fácilmente el aceite esencial.

Determinar la pureza del aceite esencial para definir la eficacia del método.

El disolvente seleccionado debe tener las siguientes condiciones:

Debe ser selectivo, esto es disolver rápida y totalmente los componentes odoríferos, con solo una parte mínima de materia inerte.

Tener un bajo punto de ebullición.

Ser químicamente inerte al aceite.

Evaporarse completamente sin dejar cualquier residuo odorífero.

De ser posible, no inflamable.

BIBLIOGRAFIA

ALAM, A.U., Couch, J.R. y Creger, C.R. 1968. Limón J. Botany 46:1539-1541.

BADUI, D. S., 1988. Química de los Alimentos. México. Alambra Universidad.

BARZANA E., Rubio, D., Santamaría, R.I., García C., O., García F., R., Sáenz V.,E. y López) 1999 componentes químicos del limón. Facultad de Química, UNAM, México.

BARZANA, G. Eduardo. 1999. Historia de 20 años, desde los fundamentos a las aplicaciones industriales.

BOURGEOIS, C.M. Mescle, J.F. 1995 Microbiología Alimentaria. Vol. 1. Ed. Acribia. Zaragoza, España.

BRAMEN, A. L. 1993. Introduction to use of antimicrobials. Capitulo I En antimicrobials in foods. 2ª Edición. New York.

COUTATE T., P. 2000. Alimentos. Química de sus componentes. Ed. Acribia.. Zaragoza, España.

CHEFTEL, C. J., Cheftel, H. B. y Pierre. 1989. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Vol. II. Ed. Acribia. Zaragoza, España.

DESROISIER, W.N. 1997. Elementos de Tecnología de alimentos. Décima Segunda Edición, Editorial CECOSA México, D.F.

GARCÍA, G. y Quintero L. 1999. Biotecnología Alimentaria. Ed. Limusa. México, D.F

HOLDSWORTH, S. Conservación de Frutas y Hortalizas. 1988. 2º Edición. Acribia, España.

JEAN A. Y Frange R., 1990. La Ciencia de los Alimentos de la A - Z. Editorial Acribia., Zaragoza, España.

MULTON, J. L. 2000. Aditivos y Auxiliares de Fabricación en las Industrias Agroalimentarias. 2da. Ed. Acribia. Zaragoza, España.

LÓPEZ – Malo, Alzamora, S. y S. Guerrero. 1995. Natural Antimicrobials From Plants.

LÜCK, E. 1981. Conservación química de los Alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza, España.

OWEN, R. F. 1999. Química de los Alimentos. 2da. Ed. Acribia. A. Zaragoza, España.

ROME, 2004. (publicación #4) FAO, Departamento Económico y Social.

ROTA, C. 2004. Actividad Antimicrobiana de Aceites Esenciales Obtenidos de Plantas Aromáticas. Dpto. de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos. Facultad de Veterinaria UNAM.

WONG, W. S. D. 1989. Química de los alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza, España.

BIBLIOGRAFIA DE LA WEB.

PAGINA WEB 1

www.montosogardens.com/bixaceae.htm

PAGINA WEB 2

<http://www.aceitesesenciales.org/limon.html>

PAGINA WEB 3

<http://www.photorae.it/gallerianatura/pages/TagetesErecta.htm>

PAGINA WEB 4

<http://www.cfsan.fda.gov/~mow/sfoodadd.htm>

PAGINA WEB 5

http://www.fsis.usda.gov/oa/pubs/pork_sp.htm

PAGINA WEB 6

<http://www.cocinamexicana.com.mx/glosario/glosariotexto.htm>

PAGINA WEB 7

[http://www.sunpackers.com.pe/data-products.htm.](http://www.sunpackers.com.pe/data-products.htm)

PAGINA WEB 8

<http://www.monografias.com/trabajos16/estafilococos/estafilococosis.shtml>

PAGINA WEB 9

http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/j3877s/