

2 Ej. No. 64



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

EXTRACCION DEL ACEITE ESENCIAL Y DE LA OLEORRESINA  
DE LA SEMILLA DE CILANTRO (Coriandrum sativum L.)



EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A :

Georgina Llanes Martínez



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

- I. INTRODUCCION
- II. OBJETIVOS
- III. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS
  - III.1 ASPECTOS GENERALES SOBRE EL CILANTRO
  - III.2 CULTIVO Y CONDICIONES CLIMATICAS
  - III.3 CIFRAS GLOBALES DE PRODUCCION
  - III.4 COMPOSICION QUIMICA DE LA SEMILLA DE CILANTRO
  - III.5 ETAPAS PREELIMINARES A LA EXTRACCION
    - III.5.1 SELECCION
    - III.5.2 LIMPIEZA
    - III.5.3 MOLIENDA
  - III.6 METODOS DE EXTRACCION
  - III.7 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DEL CILANTRO
  - III.8 ANALISIS DE LA MATERIA PRIMA Y DE LOS PRODUCTOS
  - III.9 USOS
- IV. DESARROLLO EXPERIMENTAL
  - IV.1 ETAPAS PREELIMINARES A LA EXTRACCION
  - IV.2 EXTRACCION DEL ACEITE ESENCIAL Y DE LA OLEORRESINA DE CILANTRO
  - IV.3 ANALISIS DE LA MATERIA PRIMA Y DE LOS PRODUCTOS
- V. RESULTADOS
- VI. CONCLUSIONES
- VII. BIBLIOGRAFIA

## I. INTRODUCCION

Todos los sabores en alimentos son importantes, ya que gran parte de nuestra dieta por sí misma puede ser inatractiva e inapetente. Si el olor y el sabor en los alimentos --- atraen y satisfacen a quien los consume; entonces se digieren mejor los alimentos, dando como resultado una completa - sensación de satisfacción. No importa que tan atractivo se vea la comida o como esté balanceada nutricionalmente, si no huele y sabe bien, los reflejos esenciales no se activan y - el comer se convierte en un simple quehacer en lugar de ser un positivo placer.

Entre los sabores naturales se encuentran los de sabor de impacto fuerte y como ejemplo están las hierbas, las ---- e s p e c i a s, la vainilla y el cacao.

Los productos naturales como las hierbas y las especias tienen un contenido aromático muy alto, por lo que son de gran importancia para la persona que se dedica a procesar -- alimentos, ya que es la mezcla de estos variados factores -- saborizantes los que forman la piedra clave de la "alta co-- cina" y, a escala comercial, el desarrollo de productos alimenticios por medio de éstos atributos saborizantes determina en gran parte la aceptación o rechazo de un alimento.

Las especias son muy aromáticas y pueden contener gran<sup>des</sup> cantidades de aceite esencial; tanto como fuertes componentes saborizantes no volátiles. (2)

México es un país que exporta solo un aceite esencial que es el de limón, pero en cambio importa gran cantidad de otros aceites esenciales como el de menta, mandarina, naranja, toronja, canela, anís, cilantro, etc. De los principales productos químicos que se manejan en el Comercio Exterior de México, en el renglón de las importaciones los aceites esenciales ocupan el 20avo lugar con respecto a la salida de divisas. (ver Tabla I) (10)

TABLA I ACEITES ESENCIALES EN EL COMERCIO EXTERIOR  
DE MEXICO

EXPORTACION	TONELADAS	MILES DE \$U.S.DLS.
Aceite Esencial de limón		
1981	220	7,442.00
1982	170	6,724.00
IMPORTACION		
Aceites esenciales		
1981	1,434	17,589.00
1982	1,152	17,000.00

De los aceites esenciales que son importados, algunos - de ellos como la menta y los cítricos son los más comunmente empleados, por lo que se ha comenzado a estudiar su producción en México. El aceite esencial de canela también tiene -

gran demanda por sus variadas aplicaciones, pero no se cuenta con la materia prima suficiente para su elaboración en México; el aceite esencial de anís ya no es muy empleado, debido a que se utiliza el componente principal que es el anetol, en forma sintética.

Se seleccionó el aceite esencial de cilantro por tener gran aplicación en la industria de alimentos, tener unos aranceles de importación considerables, y porque la materia prima se encuentra en cantidades suficientes para que sea factible su producción en México.

De acuerdo a las fracciones arancelarias de los Anuarios Estadísticos (8), que se muestran en la tabla II, México es un país importador de aceite esencial de cilantro.

Como se puede observar la tendencia a la importación de este producto se ha incrementado considerablemente los últimos años, ya que el incremento entre 1975 - 1982 es del 250%, a pesar de las altas y bajas que ha tenido dicha importación.

TABLA II  
IMPORTACION DE ACEITE ESENCIAL Y OLEORRESINA  
DE CILANTRO

AÑO	KG. L	%	\$ M.N.	%
1975	521	-	280,120.00	-
1976	1013	94.4	482,192.00	72.1

AÑO	KG.L	%	\$ M.N.	%
1977	1871	84.7	880,804.00	82.7
1978	777	-58.5	866,689.00	-1.6
1979	546	-29.7	504,586.00	-41.8
1980	1283	135.0	1'261,722.20	150.0
1981	1309	2.02	1'729,229.50	37.0
1982	<u>1825</u>	39.4	<u>5'167,585.30</u>	199.0

En vista de que la producción nacional de cilantro - va en aumento como lo señala la Tabla III, tomada de los - Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola Mexicana, (11) se considera que se cuenta con la materia prima suficiente para extraer la oleorresina y el aceite esencial de cilantro además de que la metodología no es complicada, y puede ser factible su producción en México.

TABLA III  
PRODUCCION NACIONAL DE CILANTRO

AÑO	TONELADAS	VALOR EN MILES DE \$M.N.
1975	203	406
1976	300	586
1977	577	935
1978	1,262	5 941
1979	6,991	26 662
1980	8,606	37 911
*1981	7,200	37 001
*1982	11,930	95 524

\* Datos preliminares de producción, con (± 10%)

## II OBJETIVO

Establecer la metodología para la extracción del aceite esencial y de la oleoresina de semilla de cilantro (Coriandrum sativum L.), comparando sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales con productos de importación.

### III. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

Los productos aromáticos de las plantas que son usados para dar sabor a los alimentos se definen como especias.

Las especias son usualmente sólo una parte de las plantas, que pueden ser las raíces, rizomas, cortezas, semillas, frutos o los capullos de las flores.

Las especias se cultivan en las regiones tropicales y semitropicales del mundo, son cosechadas y secadas al sol para formar la especia en forma comercial. (2)

Generalmente las especias se clasifican de acuerdo a la taxonomía de las mismas, tomando como referencia la familia a la que pertenecen.

Las plantas que pertenecen a la familia de las Umbelliferae son plantas bianuales y perennes, el nombre se deriva del hecho de que la inflorescencia es característica en forma de umbela o racimo. Los frutos constan de dos carpelos, que se pueden separar cuando están totalmente maduros, cada uno contiene una semilla. Los frutos pueden distinguirse fácilmente por su tamaño, forma y color. Si se examinan con una lente de aumento se puede ver la presencia de 5 salientes o costillas longitudinales, los surcos formados entre las costillas contienen a los ductos que almacenan al aceite esencial. Estos ductos reciben el nombre de "vittae" usualmente cada fruto contiene 6 "vittae".

A los frutos de las umbelíferas normalmente se les denomina "semillas" de éstas las más importantes son las de perejil, comino, anís y el cilantro. (2)

El aroma y sabor de todas las especias son atribuidas a su aceite esencial. Los aceites esenciales son los aceites volátiles obtenidos de las plantas o de algunas partes de las plantas por 1) destilación con agua, 2) destilación con vapor, 3) acción enzimática seguida de una destilación por vapor, o 4) una destilación con vapor y agua. (9).

### III.1 ASPECTOS GENERALES SOBRE EL CILANTRO

El Coriandrum sativum L es una planta nativa del Sureste de Europa, Asia Menor y el Cáucaso. No solamente crece silvestre, sino que es cultivada extensamente en muchos países favorecidos por un clima semicálido y húmedo; los principales productores de cilantro son Rusia, Hungría, Polonia, Rumania, Checoslovaquia, Marruecos; y últimamente Guatemala, México y Estados Unidos.

Al fruto maduro y seco del Coriandrum sativum L., se le denomina comercialmente como semilla de cilantro. El follaje de la planta verde particularmente las hojas poseen un olor peculiar. La semilla madura y seca se distingue por tener un aroma agradable, caliente y algo especioso, --

por lo que es empleada como especia saborizante en todo tipo de alimentos, tales como salsas, sopas, carnes curadas, curries, productos de repostería y confitería, bebidas alcohólicas y carbonatadas.

El olor de la semilla de cilantro se debe a su aceite volátil o aceite esencial que puede ser aislado por medio de una destilación por arrastre con vapor.

Para la extracción de los principios odoríferos concentrados, tales como las resinas solubles en alcohol, la materia colorante, etc.; contenidos en las hojas, tallos y semillas secas se utiliza alcohol etílico para formar las tinturas alcohólicas. De la concentración de éstas tinturas en la que usualmente se elimina el alcohol en un alambique con vacío, se obtienen las llamadas oleorresinas o resinoides (1).

Estos productos son extensamente usados en la industria de licores y de bebidas carbonatadas (3).

El Coriandrum sativum L es una hierba anual, con un tallo erecto de 60 cm. de tamaño, con hojas compuestas, flores blancas o rosas, el fruto o semilla es globular y está compuesto por dos capas cóncavo-convexas de color amarillo ocre y un diámetro de 3 a 4 mm.

La clasificación taxonómica del cilantro es la siguiente: (1)

REINO: VEGETAL  
 DIVISION: EMBRIOFITA SIPHONOGAMA  
 SUBDIVISION: ANGIOSPERMA  
 CLASE: DICOTILEDONEAS  
 FAMILIA: UMBELLIFERAE  
 GENERO: CORIANDRUM  
 ESPECIE: SATIVUM

El cilantro tiene un olor suave distintivo, y un sabor agradable que recuerda a la combinación de la cáscara del limón y de la salvia. Es probablemente una de las primeras especies usadas por el hombre, ya que se conoce desde 5000 --- años antes de Cristo. Se menciona en las primeras escrituras en Sánscrito y también en papiros que datan de 1500 A.C. En el Antiguo Testamento se describe al maná "blanco como la semilla de cilantro". (13)

Antes de la Segunda Guerra Mundial el cilantro era cultivado en Hungría en 500 hectáreas pertenecientes a propietarios de tierras pequeñas. Después de la Segunda Guerra Mundial, varios estados húngaros fueron destruidos dando como resultado el que en 1947 solamente 150 hectáreas de cilantro fueran cultivadas por pequeños propietarios. (1)

Althausen, Boniff, Gamlin, Koenig y Landes (1) realizaron un estudio sobre las propiedades fisicoquímicas de varios tipos de semillas de cilantro, y llegaron a establecer los estándares definitivos, entre ellos espectros de -- emisión de la semilla y espectros de absorción ultravioleta del aceite, por medio de los cuales era posible aproximar o definir el origen geográfico de una muestra de semilla de - cilantro sujeta a inspección, en los años de 1940.

### III.2 CULTIVO Y CONDICIONES CLIMATICAS.

El cilantro puede crecer en suelos muy variados, pero prospera mejor en un terreno profundo y fértil de arcilla - proveniente de piedra caliza. Una cantidad excesiva de agua o condiciones que den lugar a un suelo ácido son desfavora-- bles para su desarrollo. Una cantidad excesiva de nitróge-- no puede causar retraso en la maduración, prolongar el perf-- odo de crecimiento y reducir el rendimiento. El cilantro ma dura en 90 días y debe tener humedad y temperatura bastante uniforme mientras dura el crecimiento. La planta requiere - de un lugar soleado, la lluvia o el aire durante el período de cosecha pueden ser dañinos a la semilla, ya que se destro za fácilmente.

La semilla deberá ser plantada en mayo o tan pronto como haya suficiente humedad y calor en el suelo para la germinación, pero después de que el tiempo de heladas ha pasado.

La semilla debe ser plantada a 1 pulgada de profundidad a razón de 10 a 15 libras por acre, en hileras con una separación de 15 a 30 pulgadas.

La hierba extraña o condiciones desfavorables pueden causar disminución en el rendimiento y proporcionar un aceite de olor desagradable. (1)

La maduración del cilantro es progresiva lo cual causa algunas dificultades en la cosecha. La cosecha puede comenzar cuando aproximadamente la mitad del total de frutos formados en la planta se ponen grises. (1)

### III.3 CIFRAS GLOBALES DE PRODUCCION

La producción nacional de cilantro va en aumento, como se muestra en la Tabla IV (11), como se puede notar en el año de 1975 solamente está registrada la producción en el estado de Coahuila, esto se puede deber al hecho de que no se tenían registrados datos de los otros estados por ser cantidades muy pequeñas. De 1977 en adelante comienza a incrementarse la producción.

Los principales estados productores son Coahuila, Puebla y Tlaxcala.

Las cifras preeliminares para 1981 y 1982 son muy prometedoras, ya que se considera que el abastecimiento de la materia prima para la elaboración de aceite esencial de cilantro y de la oleoresina, será suficiente.

IV. CIFRAS GLOBALES DE PRODUCCION

ESTADO	1975		1976		1977		1978		1979		1980	
	TON	MILES \$M.N.										
Chiapas	203	406	292	578	261	533	385	1485	345	2325	520	5640
Chihuahua												
Coahuila					36	39	64	639	172	1082	175	1457
Durango			8	8	10	39	10	48	12	12	4	33
Guanajuato					270	324	668	1534	5647	15025	6000	24007
Hidalgo											18	432
Jalisco									16	40	32	144
Morelos									1	12	12	99
Nuevo Leon							131	2227	196	3332	39	663
Oaxaca									177	428	1451	3112
Queretaro											96	768
TOTAL	203	406	300	586	577	935	1262	5941	6991	26662	8606	37911

Datos Preliminares de Producción

1981		1982	
TON	MILES \$M.N.	TON	MILES \$M.N.
7200	37001	11,930	95524

### III.4 COMPOSICION QUIMICA DE LA SEMILLA DE CILANTRO

La semilla de cilantro contiene de 0.2 a 1.4% de aceite esencial (dependiendo del lugar de procedencia), y 26% de grasa cruda (17). Después de la destilación por arrastre de vapor cuando ya se ha extraído el aceite esencial la semilla agotada, se seca y se puede emplear como alimento para ganado, ya que contiene de 11 a 17% de proteínas y de 11 a 21% de grasa (1).

En vista de que la semilla de cilantro es una especia con un aroma agradable y un contenido de aceite esencial suficiente para que sea factible su producción, se deben encontrar las condiciones óptimas para su extracción y así evitar al máximo pérdidas durante el proceso.

Las oleorresinas también se obtienen de la semilla de cilantro, pero el proceso de extracción tiene sus variantes con respecto al proceso del aceite, ya que engloba a más componentes de los que lleva el aceite.

Una vez que se cuenta con la semilla de cilantro, las etapas preelminares a la extracción son iguales para los dos procesos.

### III.5 ETAPAS PREELIMINARES A LA EXTRACCION

III.5.1 Selección. El rendimiento del aceite depende del estado de madurez de la semilla y de la planta (1)

La destilación del aceite llevado a cabo en diferentes estados de madurez dió los siguientes resultados: reportados por Spiridinova: (18)

En la planta fresca y florescente el rendimiento fué de 0.12%, en la planta fresca, hierba semimadura incluyendo a la semilla el rendimiento total 0.17% y en la semilla madura extraída inmediatamente después de la cosecha tuvo un rendimiento total de 0.83%.

Los aceites provenientes de semillas prematuras o semimaduras poseen un olor y sabor desagradable y su rendimiento es bajo.

III.5.2 Limpieza. Este paso es importante ya que cualquier materia extraña, como otras semillas, hierbas, piedras, etc., puede afectar al sabor final, además de que el rendimiento es menor.

III.5.3 Molienda. Chernukin (1) encontró la importancia de moler la semilla de cilantro antes de la destilación cuando él incrementó en un 17% la producción y al mismo tiempo economizó de 10 a 15% de vapor. Tanasienko y Mezinova (1) llegaron a conclusiones similares; con la semilla molida ellos podían terminar la destilación en 3 o 4 horas en lugar de las 12 a 15 usuales requeridas para la semilla entera. Destilando la semilla molida, estos investigadores obtuvieron 25% más de aceite esencial que en la semilla entera.

Una vez molida la semilla debe someterse a destilación inmediatamente para evitar pérdidas por evaporación.

Una tabla comparativa de los rendimientos obtenidos en la destilación de semillas de diferentes orígenes aporta -- los siguientes resultados (1):

SEMILLA	RENDIMIENTO
Húngara .....	0.8 - 1.0 %
Rusa .....	0.8 - 1.0 %
Checoslovaca .....	0.8 - 1.0 %
Alemana .....	0.8 - 1.0 %
Rumana .....	0.8 - 1.0 %
Francesa .....	0.34 - 0.81 %
Italiana .....	0.35 - 0.5 %

Holandesa .....	0.6 %
Marroquí .....	0.2 - 0.3 %
Indú .....	0.15 - 0.25 %

El contenido de aceite depende primordialmente de las condiciones climáticas, y de la calidad del suelo.

Para las oleorresinas una molienda que dé un producto muy fino puede aumentar el rendimiento, pero tiene la desventaja de que se produce un apelmazamiento y canalización interna como en la pimienta. El polvo del chile que pasa por una malla de 0.5 y 0.35 mm da un rendimiento de 12% y 16% respectivamente de oleorresina. ( 9)

### III.6 METODOS DE EXTRACCION

Cada método ha sido desarrollado sobre líneas de manufactura generalmente aceptables que pueden ser modificadas o combinadas. Los fabricantes tienen sus secretos particulares, por ejemplo: la elección del disolvente, temperatura, construcción de equipo, etc., y experiencia acerca de una calidad particular logrando producciones superiores, - resultando a menudo costos más bajos y una mayor utilización en la industria de alimentos. (3)

Los métodos tradicionales para la extracción de aceites esenciales son: (1)

#### METODO DE EXTRACCION POR COMPRESION

En este caso, la aplicación de presión sobre la planta o semilla puede lograr la separación del aceite. Este método es útil cuando el aceite se encuentra en la corteza de la semilla; sin embargo por requerir equipo especial al tradicional, éste método no es el más usado debido a la volatilidad del aceite, ya que puede haber pérdidas y transformación durante éste proceso.

#### DESTILACION POR ARRASTRE CON VAPOR

La aplicación de calor a los aceites esenciales, como en muchos compuestos orgánicos puede causar descomposición.

La destilación es un proceso que requiere calor para volatilizar los componentes y la mayoría de los aceites esenciales ebullicen a temperaturas elevadas. En adición cada componente hierve a diferentes temperaturas, dependiendo del peso molecular, los grupos funcionales presentes, la composición molecular, la estructura, etc. En general, una mezcla debe ebullicir cuando la suma de la presión de vapor de cada componente individual iguala a la presión atmosférica (Ley de Dalton de la Aditividad de la Presión de Vapor). Si la presión de la atmósfera es reducida la temperatura requerida para la ebullición es menor. (3)

También sucede que estos productos inmiscibles en agua pueden codestilar con otros, así el vapor arrastra al aceite esencial, o si el vapor es generado por el agua en ebullición y con la presencia de materiales volátiles, puede provocar una temperatura menor, que si se destilara exclusivamente el aceite esencial. Esta es una forma especial de destilación llamada Destilación con Vapor.

La mayoría de los aceites esenciales no existen como tales, sino que se encuentran como microgotas en las células de las plantas. Los materiales celulósicos de las paredes celulares deben ser primero rotos para dejar libre el aceite, el cuál estará entonces en contacto con el agua (vapor), antes de salir de la planta al condensador. La separación del aceite de la planta no es, un proceso instantáneo, es efectuado sólo después de un prolongado período de contacto con el agua. (3)

Las semillas (frutos), deben ser molidos completamente para romper tanto como sea posible las paredes celulares para que el aceite esté accesible al paso del vapor. Es evidente que una vez que el material ha sido molido debe ser destilado inmediatamente, de otra forma, los aceites esenciales, se evaporarían parcialmente con dos efectos adversos: primero, la producción total de aceite sería reducida en una cantidad igual a la evaporación producida; segundo, la composición de aceite va a cambiar afectando su olor.

## DESTILACION CON VAPOR HUMEDO

Algunas veces llamado destilación de calentamiento directo referido al hecho de que el calor se aplica directamente al recipiente lleno con el material y agua, esta es realmente una destilación con vapor húmedo, ya que el vapor es generado "in situ". Cuando los campos de recolección de las cosechas están lejos y la transportación es deficiente, las plantas deben ser procesadas en pequeñas unidades.

Las plantas agotadas (después de extraer el aceite) -- son frecuentemente secadas al aire y usadas como combustible para las cargas siguientes. La operación procede como sigue: la planta es puesta en un evaporador y cubierta con agua, el calor es aplicado hasta que la destilación de agua comience, al principio de ésta se obtiene agua destilada, cuando el -- agua se torna lechosa la esencia ha empezado a codestilar y se recibe en matraces florentinos. La fase acuosa es separada y se regresa al evaporador, cuando el condensado se pone claro y no se presenta una segunda fase, la carga se considera terminada.

El sistema tiene varios inconvenientes: 1.- Pérdidas -- considerables de tiempo de carga y descarga del material en el evaporador. 2.- La semilla se quema por el contacto direc

to de la planta con el recipiente metálico por el excesivo calor localizado.

3.- Formación de depósitos de calcio en las paredes del evaporador provocando pérdidas de calor.

### DESTILACION CON VAPOR SECO

Un método más moderno empleado donde hay una fábrica central que está localizada alejada de la zona de cosecha, ésta es recolectada de diversas regiones del mundo y se -- transporta al lugar de la fábrica. En esta destilación se utiliza vapor "seco" saturado que se pasa a través de la - planta, extrayendo los principios volátiles, los cuales co destilan con el agua, Las dos fases destiladas se conden-- san, se separa la fase acuosa por decantación en uno o más decantadores (en serie), y el agua se regresa al sistema. Los decantadores pueden adaptarse para separar aceites más pesados que el agua (aceite de clavo) o aceites más lige-- ros que el agua (la mayoría). Debido al fraccionamiento - que ocurre, las primeras porciones son más ricas en com--- puestos volátiles, la producción de un lote completo debe combinarse para obtener uniformidad en el producto final.

Existen varias versiones del equipo pero todas tie-- nen algo en común; el material está separado del agua en - ebullición que genera el vapor. El agua puede ser calenta

da directamente en un generador de vapor, o indirectamente mediante con un intercambiador de calor o con aceite caliente. (3)

Para la extracción de la oleorresina se utiliza el método de extracción con disolventes.

#### METODO DE EXTRACCION CON DISOLVENTES

Las oleorresinas son separadas de la especia seca por una extracción con un disolvente orgánico volátil o con una mezcla de disolventes. Se debe tener gran cuidado con la pureza de los disolventes, ya que trazas de --- fracciones con alto punto de ebullición pueden quedar remanentes en la oleorresina durante la eliminación del disolvente y dar un aroma desagradable.

Por otro lado si se utiliza un tratamiento de calor excesivo o vacío muy alto para eliminar las trazas de --- solvente, (que hoy en día es requerido específicamente -- por las regulaciones federales de diferentes países), invariablemente se dañan los componentes saborizantes termolábiles o en casos extremos, hay una pérdida casi completa del poder saborizante del aceite esencial presente. -- (2).

Las operaciones unitarias involucradas para su elaboración son las siguientes:

a) Preparación de la materia prima. Este paso involucra la molienda de la semilla, hasta un tamaño de partícula muy fino.

b) Exposición al disolvente. Este es un proceso de tres pasos, los cuales implican la adición del disolvente y su penetración en el material, llegar al equilibrio y reemplazar el disolvente, por disolvente nuevo.

c) Separación del soluto o miscela del material extraído en un proceso continuo.

d) Evaporación del disolvente.

La selección del disolventes es muy importante ya que no debe interferir con el olor y sabor del producto a extraer.

En alimentos se emplea alcohol etílico, debido a -- que se evapora fácilmente, no es tóxico y no interfiere -- con los olores y sabores. (2)

### III.7 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE CILANTRO.

La mayoría de los aceites esenciales consisten de - mezclas de hidrocarburos (terpenos, sesquiterpenos, etc.), compuestos oxigenados (alcoholes, ésteres, aldehídos, cetonas, etc.), y un pequeño porcentaje de residuos no volátiles (parafinas, ceras, etc.). Los compuestos oxigenados son más estables contra la acción oxidativa o influencias oxidativas. Los terpenos y sesquiterpenos, por su carácter insaturado, se oxidan fácilmente bajo la influencia del aire y luz o bajo condiciones inadecuadas de almacenaje. (9).

El análisis fisicoquímico del aceite de semilla de cilantro posee las siguientes propiedades en general (1):

GRAVEDAD ESPECIFICA .....	0.870 a 0.885
ROTACION OPTICA .....	+8°0' a +13°0'
INDICE DE REFRACCION A 20°C.....	1.463 a 1.471
INDICE DE ACIDEZ .....	abajo de 5
SOLUBILIDAD A 20°C .....	Soluble en 2 a 3 vol. de alcohol - de 70%

Un estudio comparativo hecho en aceites de semilla de diferente origen, indica que los mejores aceites son - el Ruso y el Húngaro, cuyas propiedades se dan a continuación (1):

	<u>ACEITE HUNGARO</u>	<u>ACEITE RUSO</u>
Gravedad específica 25°/25° ..	0.864-0.865	0.863 - 0.875
Rotación Óptica .....	+10°15' a +11°30'	+9°30' a +11°6'
Índice de Refracción .....	1.463 a 1.4645	1.4630 a 1.4661
Índice de Saponificación .....	10.3 a 12.1	2.8 a 7.5
Solubilidad a 25°C .....	Soluble en 1.5 a 2.5 vol. de al-- cohol.	Soluble en 2 a 3 vol. de alcohol.

El olor y sabor de estos aceites es de excelente calidad y características.

El contenido de Linalool varió de 64.0 a 72.4%. (1).

#### COMPOSICION QUIMICA DEL ACEITE DE SEMILLA DE CILANTRO

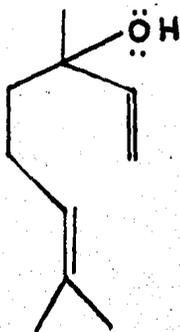
El constituyente principal, es el dextro-linalool y se encuentra en una proporción de 60 a 70% y aproximadamente 20% de los siguientes hidrocarburos:

- . d-alfa-pineno, dl-alfa-pineno, beta-pineno
- . dipenteno
- . p-cimeno

- .  $\alpha$ -terpineno y  $\gamma$ -terpineno.
- . n-decilaldehído (n-decanal)
- . geraniol
- . 1-borneol. (1).

### PROPIEDADES DEL LINALOOL

El L i n a l o o l es un alcohol terpénico terciario de fórmula molecular empírica  $C_{10}H_{18}O$ , 3,7-Dimetil-1, 6-octadien-3-ol (3). su Peso Molecular es de 154.24 y su estructura es la siguiente:



El d-linalool fué nombrado originalmente coriandrol, fué identificado como el antípodo óptico del L-linalool.

Su punto de ebullición es de  $198^{\circ}C$ , solubilidad 1:4 - en 60% de alcohol, insoluble en agua, miscible en alcohol y éter. (3).

Características sensoriales. Olor típico a flores libre de notas camporáceas y terpénicas. El linalool sintéti-

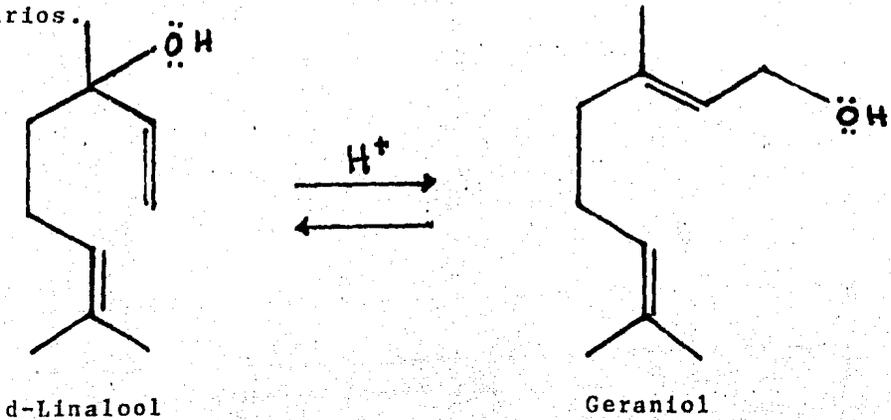
co exhibe una nota más fresca que el producto natural.

Síntesis. Puede ser preparado sintéticamente del - mirceno o del dehidrolinalool. Puede obtenerse por destilación fraccionada, con una subsecuente rectificación de - los aceites de:

Linaloe mexicana, shiu japonesa (Cinnamomum camphora), y de semillas de cilantro (Coriandrum sativum L.).

Las formas ópticamente activas (d- y l-) se encuentran en más de 200 aceites de hierbas, hojas, flores y maderas. (3).

Siendo el d-linalool un alcohol terciario, es muy - sensible a la acción de ácidos orgánicos; con reactivos -- ácidos en general, se isomeriza fácilmente a geraniol por lo que sus ésteres no pueden ser obtenidos por los métodos ordinarios.



### III.8 ANALISIS DE LA MATERIA PRIMA Y DE LOS PRODUCTOS

El trabajo de identificación de los aceites esenciales es un campo altamente especializado que requiere una -- cuidadosa habilidad analítica y un sentido del olfato y del gusto altamente desarrollado. Siempre se debe estar alerta teniendo conocimiento de los adulterantes e impurezas. Sin embargo se tiene un amplio campo químico y experiencia para poder interpretar los resultados de los análisis.

La adulteración de los aceites ha disminuido considerablemente debido a que se tiene ahora un cuidadoso control analítico, no obstante, algunas adulteraciones se siguen presentando, especialmente donde no se mantiene un estricto control analítico por medio de las agencias gubernamentales y de los compradores.

Un tipo de adulteración muy peligrosa y común es la adición de materiales que no afectan las propiedades físico químicas del aceite. Los materiales que se añaden frecuentemente son: materiales de desecho obtenidos de otros aceites o materiales sintéticos. Tal "sofisticación" es más -- difícil de detectar y frecuentemente puede ser sospechosa, pero para probarlo es muy difícil, ya que como se señaló -- anteriormente no se afectan las propiedades del aceite.

En estos casos un sentido bien desarrollado del olfato y del gusto es de inmenso valor. Aquí es importante conocer que adulterantes se esperan encontrar.

En la determinación de las propiedades físicas y químicas de un aceite son de gran importancia las siguientes: gravedad específica, rotación óptica y el índice de refracción, ya que se emplean en todos los aceites como rutina.

Comparando los resultados de éstos análisis con los resultados publicados en la literatura, se puede obtener un índice de la pureza y calidad del aceite.

Las pruebas organolépticas o sensoriales, en conjunción con los análisis fisicoquímicos, son de gran ayuda en la evaluación de la calidad de los aceites esenciales. (2)

#### A) GRAVEDAD ESPECIFICA.

La gravedad específica es un criterio importante para la calidad y pureza de un aceite esencial. De todas las propiedades fisicoquímicas, la gravedad específica ha sido reportada más frecuentemente en la literatura.

La gravedad específica es el cociente que resulta de dividir una masa determinada del cuerpo de que se trate entre la masa del agua que ocuparía igual volúmen. Este fac-

tor de identidad es propio para cada sustancia o cuerpo de que se trate a una temperatura dada.

El picnómetro ofrece el mejor y más rápido método -- para determinar gravedad específica. (1). El resultado se expresa con tres decimales. Esta constante, varía en razón directa con el estado de no saturación de sus ácidos constituyentes y en razón inversa con su peso molecular.

#### B) INDICE DE REFRACCION.

Cuando un rayo de luz incide sobre una superficie de separación de dos medios transparentes, se descompone, por lo general, en otros dos, uno de ellos retrocede a través - del primer medio y se llama rayo reflejado. El otro atra--viesa la superficie de separación y sigue avanzando en el - segundo medio, después de desviarse en la mayoría de sus casos de su dirección original; se le denomina rayo refracta--do.

El índice de refracción puede determinarse para cualquier sustancia, comparando el ángulo de incidencia con el ángulo de refracción. La razón entre los senos de los dos ángulos es el índice  $n$ , el cual está en función de la tem--peratura y la frecuencia, esta última es sumamente importante porque indica que la luz de diferentes frecuencias se refracta bajo ángulos diferentes.

El índice de refracción se determina generalmente a la temperatura de 20 a 25°C para los aceites, debiendo mantener la temperatura constante antes de hacer las lecturas. Se determina mediante el siguiente aparato:

Butirorefractrómetro de Zeiss-Wollny, que consiste de un prisma de flint, entre cuyas mitades se colocan unas gotas de aceite, la colocación debe hacerse sin burbujas de aire y sin agua, se produce la aparición de una sombra que corta en la línea límite de reflexión total una cifra de la escala, graduada en "grados refractrométricos" de 0 a 100; se observa a través del ocular y de preferencia con luz monocromática. El prisma está dotado de un sistema de ductos (por los que circula agua) que permiten mantener la temperatura constante para esta determinación, ( $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ).  
(15).

### C) INDICE DE ROTACION

La mayoría de los aceites esenciales al ser colocados en un aparato donde pasa un rayo de luz polarizada, poseen la propiedad de rotar el plano de polarización a la derecha (dextrorrotatorio) ó a la izquierda (levorotatorio). El grado de la actividad óptica de un aceite es determinado por medio de un polarímetro y se mide en grados de rotación. De los numerosos tipos de polarímetros que existen, el más conveniente para aceites esenciales es el aparato de media-sombra del tipo Lippich.

El grado de rotación y la dirección son un criterio importante de pureza. Es costumbre indicar la dirección -- usando un signo (+) para dextrorotación (rotación a la derecha en sentido de las manecillas del reloj), y un signo (-) para levorotación (rotación en sentido inverso a las manecillas del reloj).

El ángulo de rotación es independiente de la naturaleza del líquido, la longitud de la columna a través de la cual la luz pasa, la longitud de onda de la luz usada y de la temperatura.

La escala de la lectura es directamente proporcional a la longitud de la columna que contiene al líquido, el tubo estándar es de 100 mm de longitud. Si por alguna razón se utiliza una más largo o corto, la rotación debe ser calculada para un tubo de 100 mm.

Se utiliza normalmente una lámpara de sodio para su iluminación. La muestra debe estar libre de partículas en suspensión. (1).

#### D) ESPECTROMETRIA INFRARROJA.

La radiación infrarroja, se refiere generalmente a la parte del espectro electromagnético comprendida entre las regiones visibles y de microondas.

Una molécula orgánica absorbe la radiación infrarroja en la región de aproximadamente  $10000 - 100 \text{ cm}^{-1}$  y la convierte en energía de vibración molecular. Esa absorción también se cuantifica, pero el espectro de vibración aparece como bandas y no como líneas, debido a un cambio de energía rotacional. Son estas bandas de energía vibracional-rotacional las que se presentan entre  $2.5 - 15 \mu\text{m}$ , la frecuencia o la longitud de onda de la absorción depende de las masas relativas de los átomos, las constantes de fuerza de los enlaces y la geometría de los átomos.

Las intensidades de banda se expresa ya sea como transmitancia ( T ) o como Absorbancia ( A ). La Transmitancia es la relación entre la potencia radiante incidente y la que pasa a través de la muestra. La absorbancia es el logaritmo de la recíproca de la transmitancia.

Existen dos tipos de vibraciones moleculares: Alargamiento y Flexión.

Una vibración de alargamiento representa un movimiento rítmico a lo largo del eje de enlace de tal modo que la distancia interatómica aumenta o disminuye. La vibración de flexión puede consistir en un cambio en los ángulos de enlace, o el movimiento de un grupo de átomos con respecto al resto de la molécula sin que se tenga el movimiento de los átomos en el grupo con respecto a otro.

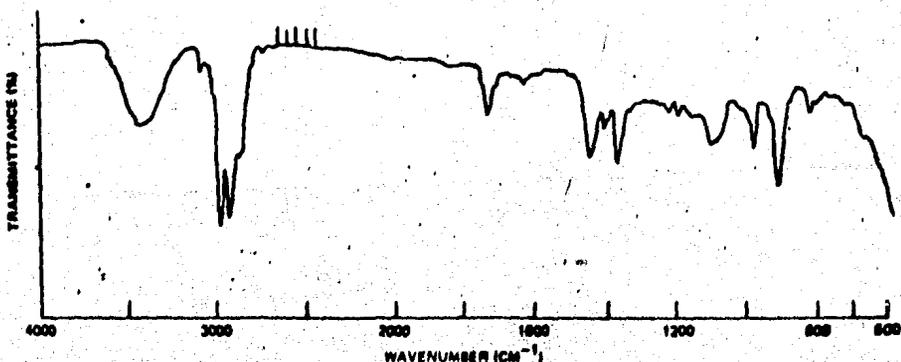
Las vibraciones que se observan en el infrarrojo son sólo las que dan por resultado un cambio rítmico del momento dipolo de la molécula, por tanto los grupos funcionales que tienen dipolo intenso, originan absorciones fuertes en el infrarrojo.

La radiación infrarroja se produce mediante el calentamiento de una fuente, normalmente un filamento de Nerst o un Globar hasta temperaturas de 1000 - 1800°C.

Los espectros infrarrojos se pueden obtener para gases, líquidos o sólidos. Los líquidos se analizan en cristales de NaCl, untando la muestra directamente en el cristal, la cual queda adherida por tensión superficial, formando una película de 0.01 mm de espesor.

Es muy importante que las muestras no contengan agua, porque atacan y disuelven el cristal de NaCl; en caso de que alguna muestra contenga un mínimo de 2-5% de agua, es utilizado un cristal de AgI para desarrollar el espectro.

Espectro de infrarrojo para aceite de Cilantro (16).



### E) CROMATOGRAFIA DE GASES.

La Cromatografía es la separación física de dos o más compuestos, basada en las diferentes velocidades de migración de una sustancia.

En el cromatógrafo se utiliza un gas acarreador (fase móvil) que bajo presión mueve una muestra vaporizada a través de una fase estacionaria (columna), donde se efectúa la separación, luego pasa al detector donde se convierte en una señal eléctrica, la cual puede medirse con un registrador.

Los gases acarreadores más comunes son: Helio, Hidrógeno, Nitrógeno y Argón.

El gas acarreador debe estar regulado para proveer una presión constante así como un flujo de masa constante. Los controladores de flujo del instrumento requieren una diferencia de 10 - 15 psi, entre el cilindro del gas y la entrada al sistema de inyector/columna.

La columna es la parte más importante del cromatógrafo de gases y consta de: un recipiente que es un tubo de metal o vidrio y de un soporte sólido.

La mayoría de las columnas de cromatografía de gases se hacen de acero inoxidable por su costo razonable -- y la combinación de propiedades deseables. Sin embargo -- no conviene para análisis de trazas, debido a su capacidad de absorber cantidades significativas de algunos compuestos, particularmente materiales polares y especialmente -- agua.

El vidrio es un magnífico material pero presenta el inconveniente de que es muy frágil, se usan en investigación de pesticidas, esteroides, etcétera.

El soporte es una columna para proveer una gran superficie de contacto sobre la cual se extiende la fase líquida.

La mayoría de los soportes cromatográficos están basados en tierras diatomáceas que consisten principalmente en fósiles de algas marinas microscópicas. Químicamente -- es casi todo de sílice con varias impurezas que deben eliminarse antes de usarlo/ como soporte. La compañía Johns - Manville, produce una serie de soportes con base de diatoma bajo el nombre comercial de CHROMOSORB.

Para seleccionar un soporte se deben contemplar varios factores:

- 1) Naturaleza de la muestra
- 2) Naturaleza de la fase líquida
- 3) El uso que se le va a dar a la columna
- 4) Precio

Algunas fases líquidas, tienen también un límite inferior de temperatura que normalmente corresponde la temperatura de transición sólido/líquido. Por ejemplo:

Carbowax 20	65 - 70°C
EGS	99 - 101°C
E por 100 l	1000°C

#### F) ANALISIS SENSORIAL

Los hombres primitivos desarrollaron un gusto o disgusto por los alimentos que consumían, así por ejemplo se dieron cuenta de que al cocinar la carne, ésta desarrollaba un sabor y olor más agradable para el consumo humano. (19).

Henning (1924) hizo una lista de materiales odoríferos que fueron importantes para los egipcios, en donde se encuentran entre otros, el aceite de cedro, algunas resinas balsamos, mirras, etcétera.

Arabes y Persas usaron gran cantidad de materiales para la elaboración de perfumes y de inciensos.

En la India el aceite de sándalo fué usado como una sustancia odorífera durante nueve siglos. Especias, mantequilla, limón y otros materiales los usaban para cocinar.

Cuando los portugueses y británicos llegaron a la INDIA encontraron muy desarrollada la industria de las especias. El descubrimiento de América fué indirectamente propiciado por la demanda Europea de productos orientales tanto especias como otros materiales para mejorar el sabor en los alimentos y productos odoríferos para los cosméticos.

Hoy día el análisis sensorial es de gran utilidad en la industria de alimentos, pues con su ayuda se trata de elaborar un producto de buena calidad tanto en sabor, olor, textura y color.

Los métodos sensoriales dicen los éxitos y fallas de los pequeños y grandes cambios tecnológicos en la formulación y producción de la muestra, además ayudan en la interpretación de las reacciones del consumidor.

Para la evaluación sensorial se deben cubrir ciertos requisitos.

Por lo que respecta a la muestra:

A) Tener un absoluto grado de limpieza.

B) Exactitud respecto al volúmen y peso de ingredien  
tes, etcétera.

C) Deberán presentarse en recipientes del mismo tama  
ño, color y forma.

D) El juez debe recibir una ficha indicando tipo de  
evaluación, preguntas que debe responder y escala descripti  
va o numérica que debe utilizar para calificar al producto.

E) Deben tener claves para su identificación o le---  
tras enlistadas, pueden ser combinaciones de letras, núme--  
ros etcétera.

#### Ambiente de Evaluación:

No deben existir distracciones en los alrededores, -  
de manera que los jueces puedan concentrarse. El área de -  
preparación de muestras debe permanecer limpia y separada -  
del área de prueba para evitar interferencias por olores y  
distracciones.

Debe evitarse la comunicación de los jueces, pues --  
son fácilmente influenciables. La hora más adecuada para -  
la evaluación es entre comidas, cuando el juez no está to--  
talmente satisfecho ni hambriento.

Se ha recomendado que las muestras no se traguen y -

que se utilice un buche de agua para enjuagarse la boca antes y después de la degustación.

Métodos Estadísticos Sensoriales. Se clasifican en dos grupos:

Métodos Objetivos: En estos métodos el catador emite un juicio objetivo de las muestras sin tener en cuenta su opinión personal, considerando solamente los atributos que constituyen la buena o mala calidad del producto, en estudio.

Métodos subjetivos: La respuesta de los jueces en éstos casos es subjetiva, es decir cada uno emite su evaluación personal y su grado de preferencia por el producto; generalmente éstos métodos no requieren entrenamiento. (21).

### III.9 USOS

Conteniendo el aceite esencial de cilantro una gran cantidad de linalool, su uso en perfumería es muy extenso.

Por su aroma agradable, el aceite esencial de cilantro, el linalool y el acetato de linalilo tienen gran importancia en la elaboración de perfumes, habiéndose hecho estudios sobre su aplicación en la fabricación de lociones y --

shampoos.

Una de sus principales aplicaciones es en la industria de vinos y licores. Generalmente se utiliza para proporcionar a la ginebra y a los vinos blancos su sabor característico.

Tiene gran importancia como agente aromatizante en un buen número de alimentos tales como: sopas, salsas, goma de mascar, productos de repostería, en la elaboración de carnes curadas y curries, bebidas alcohólicas y carbonatadas. (3).

La proporción de aceite esencial de cilantro utilizada en la formulación de ciertos alimentos es reportada en la forma siguiente: (3)

Bebidas no alcohólicas	3.1 ppm
Bebidas alcohólicas	10 a 30 ppm
Helados	4.5 ppm
Repostería	9.3 ppm
Goma de mascar	7.4 ppm
Condimentos	12.0 ppm
Carnes curadas	47.0 ppm
Dulces	8.8 ppm

Los coeficientes de permeabilidad del polietileno y de otros plásticos usados en farmacología, han sido determinados usando mezclas de aceites esenciales entre ellos el de cilantro.

Para la fabricación de jabones, es común tratar el extracto graso, remanente de la destilación por arrastre con vapor, con NaOH o KOH, además también tiene amplia aplicación como bactericida, larvicida y fungicida, debido a estas propiedades es utilizado para el recubrimiento de madera, para lo cual se usa puro o bien como emulsión, compuesta de un 20% de aceite 4% de glicerol y 1.8% de amoníaco, en una solución acuosa al 2%.

El aceite es un buen sustituto de la tintura de menta por sus efectos gástricos similares.

En la industria textil, el aceite puede ser utilizado en la preparación de agentes suavizantes y lubricantes.

En la industria metalúrgica tiene una gran aplicación como agente lubricante en el laminado de metales.

Para el laminado de aceros, ha reemplazado con buen resultado a los aceites minerales y simplificado las operaciones. En este campo se ha usado solo o mezclado con aceites minerales.

La semilla agotada puede ser secada y empleada para alimentación de ganado, ya que contiene de 11 a 17% de proteínas y de 11 a 21% de grasa. (1)

La semilla es usada en alimentos digestivos y como preservativo de alimentos. (20)

El aceite es muy activo como bactericida contra el Staphylococcus aureus y Sarcina lutea, y como fungicida - contra Aspergillus niger y muccor spp. (20)

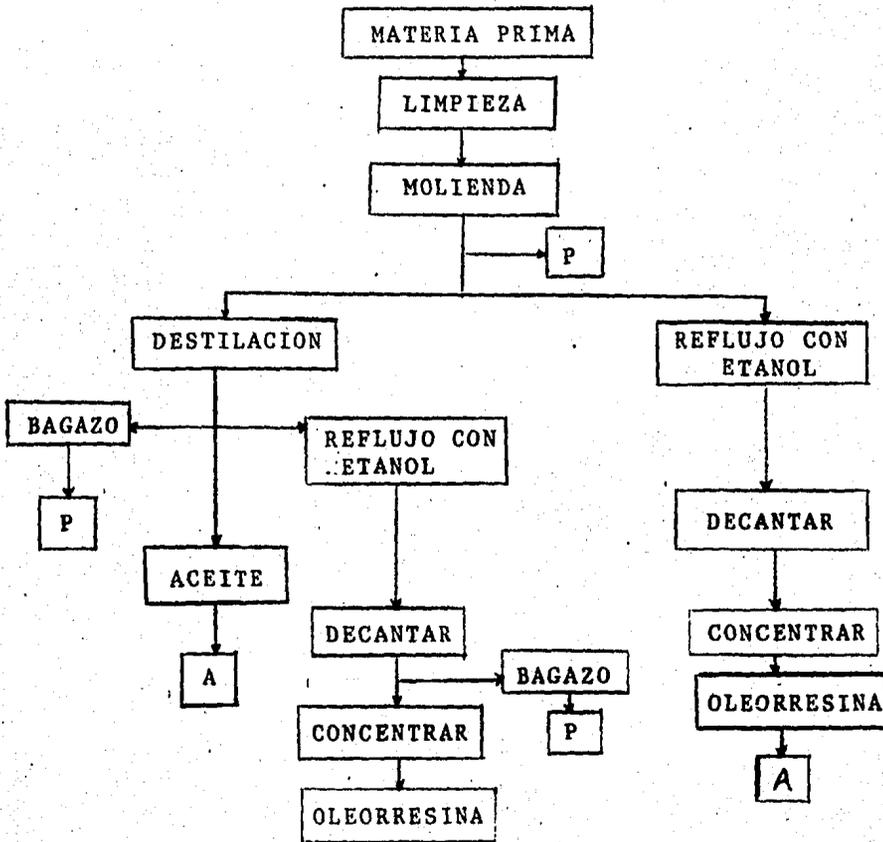
#### IV. DESARROLLO EXPERIMENTAL

##### INTRODUCCION.

En el desarrollo experimental para la extracción - del aceite esencial y de la oleorresina de cilantro se siguió un proceso en el cual se necesita en primer lugar un lote suficientemente grande de semilla de cilantro para - que los productos finales tengan las mismas características físicas y sensoriales. Una vez que se tiene el lote de semilla de cilantro el trabajo se dividió en tres partes que consisten de: las etapas preliminares a la extracción en las que la semilla se limpió, y se redujo de tamaño para poder iniciar la extracción del aceite esencial y de la oleorresina, en esta etapa se emplearon varios métodos de extracción de acuerdo al material y equipo que se tuvo disponible, hasta encontrar el método que nos diera-

las condiciones óptimas y finalmente la etapa de análisis de la materia prima y de los productos, en la que se hicieron los análisis y la materia prima empleada y a los productos finales obtenidos. Lo anterior se esquematiza en el diagrama de bloques siguiente:

#### IV. DIAGRAMA DE BLOQUES



P = Análisis Proximal  
A = Análisis Físicoquímico y Sensorial

Índice de Refracción  
Índice de Rotación  
Gravedad Específica  
Infrarrojo  
Cromatografía de Gases

#### IV.1 ETAPAS PREELIMINARES A LA EXTRACCION

Las etapas preelminares a la extracci6n son igual  
les para los dos procesos.

IV.1.1.- Materia prima. Se parti6 de un lote de se  
milla de cilantro (Coriandrum sativum L.), de 20 Kg. pro-  
veniente del estado de Quer6taro.

IV.1.2.- Limpieza. El lote de semilla de cilantro  
venia con gran cantidad de impurezas tales como: piedras,  
otras semillas (nueces), tierra, flores secas etc. Estas  
impurezas se eliminaron por medio de tamices de tama1o --  
2/3, colocando de 100 en 100 g, este procedimiento fu6 --  
realizado manualmente.

IV.1.3.- Molienda. La semilla una vez limpia, se  
procedi6 a molerla en un molino de marca CECOCO, obteni6n  
dose un polvo muy fino. De esta semilla molida se tom6 -  
una muestra para hacerle un an6lisis proximal, para deter  
minar su composici6n, ya que no se encontraron datos exac  
tos reportados en la literatura. Este an6lisis consiste  
de la siguientes pruebas: de humedad, de cenizas, de gra-  
sa, de fibra, y de protefnas. (14) Se siguieron los m6-  
todos recomendados por el AOAC (Association of Official -  
Analytical Chemists). (14) y del Van Soest (12) Los m6to-  
dos se describen posteriormente.

Una vez molida la semilla se procedió a extraer tanto el aceite esencial como la oleoresina de cilantro las etapas de extracción que se siguieron fueron las siguientes:

#### IV.2.1. Destilación.

El método empleado para la extracción del aceite esencial fué una destilación por arrastre con vapor.

Se instaló un equipo formado por un matraz de 3 - bocas con juntas esmeriladas 24/40 con capacidad de 5 litros, una "t" de destilación con junta esmerilada 24/40, un colector con junta esmerilada 24/40, una bureta de 50 ml con llave de teflón, 4 soportes metálicos, 3 tripiés, 3 telas de alambre y 3 mecheros bunsen.

Se inyectó vapor al sistema por medio de dos matraces con agua conectados por medio de tubos de vidrio a las bocas del matraz de 5 litros.

Para determinar las condiciones óptimas de destilación se realizaron 10 pruebas, tomando en cuenta el equipo que existía en el laboratorio, las características de la semilla y variando la proporción agua/semilla, la temperatura del baño y el tiempo de destilación.

En las primeras destilaciones solamente se obtenía agua destilada, con un olor agradable, pero no se obtenía aceite, esto se debió a que la temperatura del baño no -- era suficientemente alta para que destilara aceite, en -- éstas primeras destilaciones se utilizaba un baño de agua como medio de calentamiento. El paso siguiente fué cam-- biar el medio de calentamiento por un baño de nujol que - alcanzaba temperaturas mayores, con este cambio comenzó - a destilar simultáneamente agua y aceite, se recolectó en una bureta para medir cuanto se obtenía de aceite por --- tiempo de destilación.

Una vez separado el aceite esencial, se secó con sulfato de sodio anhidro, y se colocó en frascos de color ámbar y se mantuvo en refrigeración. Se le hicieron análisis de: índice de refracción, índice de rotación, densidad, espectroscopía infraroja, cromatografía de gases y - análisis sensorial, para determinar su calidad.

Del bagazo residual, se tomó una muestra y se secó para hacerle un análisis proximal para determinar cuanto había disminuído la fracción grasa y también como se ha-- bían modificado las caracterfsticas de la semilla.

En el mismo matraz de 5 l se modificaron las condi  
ciones para iniciar, el reflujo con etanol y obtener así  
la oleorresina.

Se añadió el alcohol etílico, y la fuente de calen  
tamiento fué la misma que la anterior.

Se realizaron 3 pruebas para determinar las condi-  
ciones óptimas de extracción, primero se puso la semilla  
con el alcohol a macerar durante tres días, pero se encon  
tró que este tiempo se podía disminuir por medio de un --  
reflujo de 4 horas. Después del reflujo se decantó el --  
extracto atánolico y posteriormente se evaporó el etanol,  
en un rotavapor, obteniéndose así la oleorresina. Des---  
pués de estas pruebas se encontró que las características  
sensoriales no eran las adecuadas ya que se obtenía un --  
producto de sabor amargo, de olor muy dulce y de color --  
café oscuro.

Al bagazo residual se le sometió a un secado para  
tomar una muestra y hacerle un análisis proximal.

Debido a que este método de extracción de oleorre-  
sina no es muy adecuado se buscó otro método para reali--  
zar la extracción. Este método se describe a continua---  
ción:

#### IV.2.2. EXTRACCION CON ETANOL A LA SEMILLA FRESCA.

Una vez que se tuvo la semilla fresca molida se -- utilizó un equipo soxhlet de extracción de grasas, que -- consiste de un matraz de recolección, un extractor y un -- refrigerante. Se montó el equipo y se procedió a la ex-- tracción.

Para determinar las condiciones óptimas de extrac-- ción, se hicieron 5 pruebas en las que se varió la canti-- dad de semilla por carga, la frecuencia de cambio de las -- cargas (con semilla fresca), y la proporción de aceite/-- alcohol que llevaría el matraz de recolección.

En la primera extracción se utilizó aceite de maíz, -- pero éste con el calentamiento sufrió reacciones de enran-- ciamiento dando un producto de sabor y olor desagradable.

El aceite de maíz se cambió por aceite de almendras -- dulces que no posee un olor ni sabor muy fuertes, para que -- atrapara los volátiles que se extrajeran con el alcohol -- etílico, se agregó el alcohol, y la fuente de calentamien-- to fué una parrilla eléctrica, las cargas fueron de 30 gra -- mos cada vez, se cambiaron las cargas 6 veces, dando dos - -- horas para cada carga. Una vez que se terminó la extrac-- ción se decanto y a este extracto se le hicieron los análi -- sis sensoriales y fisicoquímicos los cuales se detallan --

posteriormente.

#### IV.3. ANALISIS DE LA MATERIA PRIMA Y DE LOS PRODUCTOS.

##### IV.3.1. ANALISIS PROXIMAL

Durante todo el proceso se tomaron muestras, para determinar cuáles eran los cambios que sufría la semilla en cuanto a su composición química comparado con la composición de la semilla fresca, ya que como lo señala la literatura (1) el bagazo residual después de las extracciones puede ser utilizado como alimento para ganado, debido a que contiene de un 11 a 17% de proteínas y de un 11 a 21% de grasa.

En este proceso el bagazo residual de la extracción del aceite esencial y de la oleoresina de semilla de cilantro es muy grande en relación con los productos obtenidos, por lo que se considera conveniente conocer la composición de este subproducto, para poder inferir algunos usos que permitieran plantear el aprovechamiento integral de la semilla de cilantro.

Se manejaron tres tipos de muestras: semilla fresca, es decir la semilla que no había tenido ningún tratamiento, semilla después de la destilación con vapor, en la que se había extraído el aceite esencial, y la semilla después de la extracción de la oleoresina.

Todas las muestras se trabajaron molidas y por duplicado, al mismo tiempo se corrieron blancos con los reactivos utilizados en el laboratorio para disminuir los errores por manejo de material y de los reactivos.

% HUMEDAD. Se siguió el método del AOAC.(14.003) Se pesaron las muestras (2 g  $\pm$  cada una), en un pesafiltros puesto a peso constante, se secaron en estufa a 100 - 110°C durante tres horas, se enfrían en desecador y se ponen a peso constante, se pesan de nuevo y se calcula el % de humedad.

% CENIZAS.(30.006) Se pesaron 5 gramos de muestra en un crisol puesto a peso constante a 500°C. Para ello primero se carboniza, con mechero y se mete a la mufla. Se suspendió el calentamiento cuando las cenizas estuvieron blancas. Se enfrió en desecador y se calculó el % de cenizas.

% PROTEINAS.(30.010) Las proteínas y demás materias orgánicas son oxidadas por el ácido sulfúrico; el nitrógeno que se encuentra en forma orgánica se fija como sulfato de amonio. Al hacer reaccionar esta sal con una base fuerte se desprende amoniaco que se destila y se recibe en un volumen conocido de ácido valorado. Por titulación del ácido no neutralizado se calcula la cantidad de amoniaco desprendido y así la cantidad de nitrógeno

no de la muestra. El % de nitrógeno multiplicado por el factor 6.25 y se obtiene el % de proteínas.

% GRASA. (44.176) En esta determinación se usa un extractor soxhlet, la muestra se pesó en un cartucho, -- 1 g ± de muestra, se colocó el cartucho con la muestra - en el extractor, se conecta al matraz puesto a peso const tante, y el refrigerante al extractor. Se agregó éter - sulfúrico por el refrigerante, y se calentó con una pa-- rrilla, después de 8 horas, se calentó el matraz con el extracto etéreo hasta la total evaporación del éter y se llevó a la estufa a 100°C hasta peso constante. Y se cal cula el % de grasa por diferencia.

% FIBRA. (30.017) Se pesó 1 g de muestra y se colocó en un matraz Berzelius, se le añadió un detergente bá- sico y se colocó en un aparato para realizar la digestión, durante una hora, posteriormente se pasa cuantitativamente a un filtro de vidrio, se lava con 100 ml de acetona para desengrasar la muestra, y se lleva a la estufa a 100°C du- rante dos horas, se enfría en desecador y se pesa; se cal culó el % de fibra por diferencia.

#### IV.3.2. ANALISIS FISICOQUIMICO DE LOS PRODUCTOS.

A) GRAVEDAD ESPECIFICA. Se determinó por medio de un picnómetro.

B) INDICE DE REFRACCION. El índice de refracción se determinó a temperatura de 20°C, en un refractómetro ZEISS/WOLLNY.

C) INDICE DE ROTACION. El índice de rotación se determinó a 20° C, en un polarímetro Carl Zeiss, con celdas de 5 cm.

D) ESPECTROMETRIA INFRARROJA. Este análisis se realizó en el Departamento de Química Analítica, Laboratorio de Espectroscopía de la División de Estudios Superiores de la Facultad de Química de la U.N.A.M.

Se corrieron dos muestras, una fué la muestra de aceite comercial y la otra el aceite obtenido en el laboratorio.

Las muestras desarrollaron espectros característicos.

Ambos espectros fueron desarrollados en un Espectrofotómetro Infrarrojo Perkin-Elmer 399.

E) CROMATOGRAFIA DE GASES. Las pruebas fueron realizadas en el laboratorio de Química Analítica de la División de Estudios Superiores de la Facultad de Química de la U.N.A.M.

Las condiciones de trabajo fueron las siguientes:

1 microlitro de muestra

Columna: Carbowax 20 M Chrom WHP 80/100

6'X"/8" a.i.

Gas: Nitrógeno 25 ml/min

Temperaturas:

Columna: Inicial 100°C

Programación: velocidad de 10°/min a 190°C

Detector: 185°C

Inyector: 185°C

Como en la prueba anterior se corrieron dos muestras de aceite una comercial y otra obtenida en el laboratorio.

#### IV.3.3. ANALISIS SENSORIAL.

Las pruebas sensoriales se realizaron en la compañía International Flavors and Fragances (México), S. A. - de C. V., por medio de especialistas en sabores de esta compañía.

Se utilizaron los patrones de importación y las muestras obtenidas en el laboratorio.

Las muestras se prepararon de la manera siguiente: Se preparó una solución salina (1 g de NaCl en 250 ml de agua caliente). Se tomaron 100 ml de esta solución y se le añadió 0.01 ml de muestra comercial y se procedió de igual forma para la muestra del laboratorio, se les añadió 0.5 ml de etanol para disolver la muestra, y se procedió a hacer el análisis.

#### V. RESULTADOS

Del análisis proximal realizado en la semilla fresca se obtuvo un % de humedad de 6.1; las demás determinaciones se calcularon en base seca y se muestran en el Cuadro No. 1

##### Cuadro No. 1 Análisis Proximal en Semilla Fresca

% Cenizas	7.3
% Grasa	31.8
% Proteínas	13.6
% Fibra	25.3
% Carbohidratos	21.8

Las condiciones de trabajo y los resultados obtenidos de las destilaciones por arrastre con vapor para extraer el aceite esencial de cilantro se muestran en el Cuadro No. 2.

Cuadro No. 2 Destilaciones por Arrastre con vapor para obtener la extracción del aceite esencial de semilla de cilantro:

S (Kg)	V <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (l)	T <sub>T</sub> (°C)	T <sub>bn</sub> (°C)	T(h)	Ca(ml)	% R
0.250	1	65	70	3.0	-	0
0.250	1	65	70	3.5	-	0
0.5	2	66	70	5.5	-	0
0.5	2	68	73	8.0	-	0
0.780	1	90	120	5.0	1.5	0.17
2.0	1	90	133	2.3	4.5	0.19
1.5	1	90	136	2.5	3.6	0.20
1	1.3	90	133	4.0	2.8	0.24
2.0	0.9	90	167	4.0	5.8	0.25
1.0	0.5	90	135	3.5	3.2	0.28

**Simología:**

S (Kg) = cantidad de semilla molida en kilogramos

V<sub>H<sub>2</sub>O</sub> (l) = Volúmen de agua destilada, adicionada al matraz de destilación, en litros.

T<sub>T</sub> = Temperatura registrada en la "T" de destilación, en grados centígrados.

T<sub>bn</sub> (°C) = Temperatura del baño de nujol en grados centígrados.

T (h) = Tiempo de destilación en horas.

CA (ml) = Cantidad de aceite obtenido en mililitros.

% R = % de rendimiento (calculado en peso).

En las primeras cuatro destilaciones no se obtenía la fase oleosa, solamente se recuperaba un líquido transparente muy aromático; por lo que fué necesario aumentar la temperatura del baño de nujol, al aumentar la temperatura - comenzó a co-destilar aceite-agua, que al condensar se separaban en dos fases.

El aceite esencial obtenido, se secó con sulfato de sodio anhidro, se colocó en frascos ámbar, y se guardó en refrigeración.

De este aceite esencial y del aceite de importación se tomaron muestras para efectuar los análisis físico-químicos y sensoriales que se detallan en el Cuadro No. 3:

CUADRO No. 3 ANALISIS DE LOS ACEITES ESENCIALES DE CILANTRO

	EXPERIMENTAL	IMPORTACION
Grav. Esp.	0.8669	0.8659
I. Refrac. a 20 °C	1.4620	1.4632
I. Rotación	+ 7° 5'	+ 5° 3'
Sabor	Picante dulce	Picante
Olor	Muy fuerte a limón	Sin olor
Color	Amarillo	Amarillo

Los resultados de la Espectroscopía infrarroja se muestran en la Fig. 1 que es el de aceite esencial de cilantro de importación, y en la Fig. 2, el obtenido experimentalmente. Como se puede observar ambos espectros son muy similares; con pequeñas diferencias debidas a las condiciones de extracción para ambos aceites, y la diferencia de especies utilizadas para su obtención.

En la región de 3,200 a 3700  $\text{cm}^{-1}$  se observa la presencia del alcohol, debido al grupo O-H del linalool.

En la región de 2800 a 3000  $\text{cm}^{-1}$  se muestran hidrocarburos alifáticos (metilos) C - H (debido a las vibraciones moleculares de alargamiento de grupos metilos y metilenos-C-H,  $-\text{CH}_3$  y  $-\text{CH}_2$ ).

En la región de 1350 a 1500  $\text{cm}^{-1}$  se muestran los hidrocarburos no saturados C = C-H.

En la región de 1100 a 1300  $\text{cm}^{-1}$  se muestran alargamientos debido al grupo alcohol C-OH.

En la región de 1000 a 900  $\text{cm}^{-1}$  se muestran los alargamientos de los hidrocarburos saturados-C-C-.

Y de la región de 800 a 500 se deben a las vibraciones moleculares de flexión debido a hidrocarburos saturados

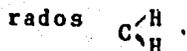


FIGURA 1. ESPCTRO DE INFRARROJO  
DEL ACEITE ESENCIAL DE IMPORTACION.

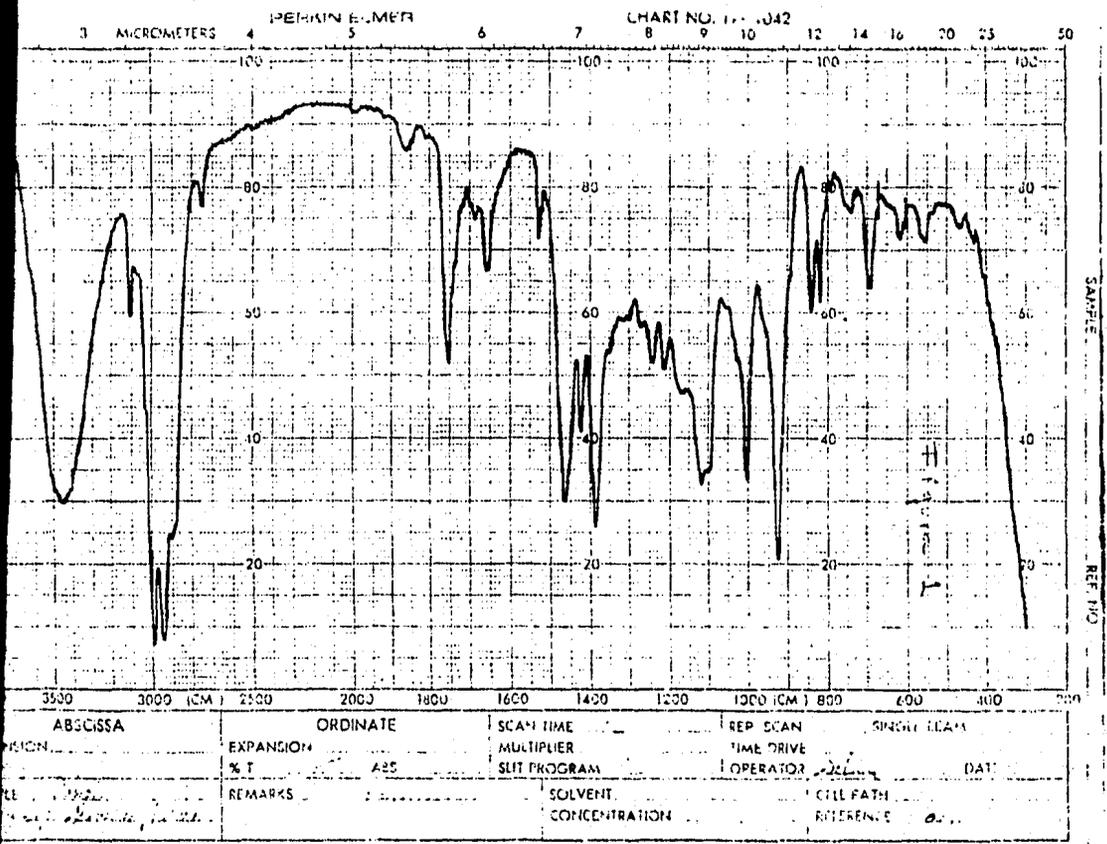
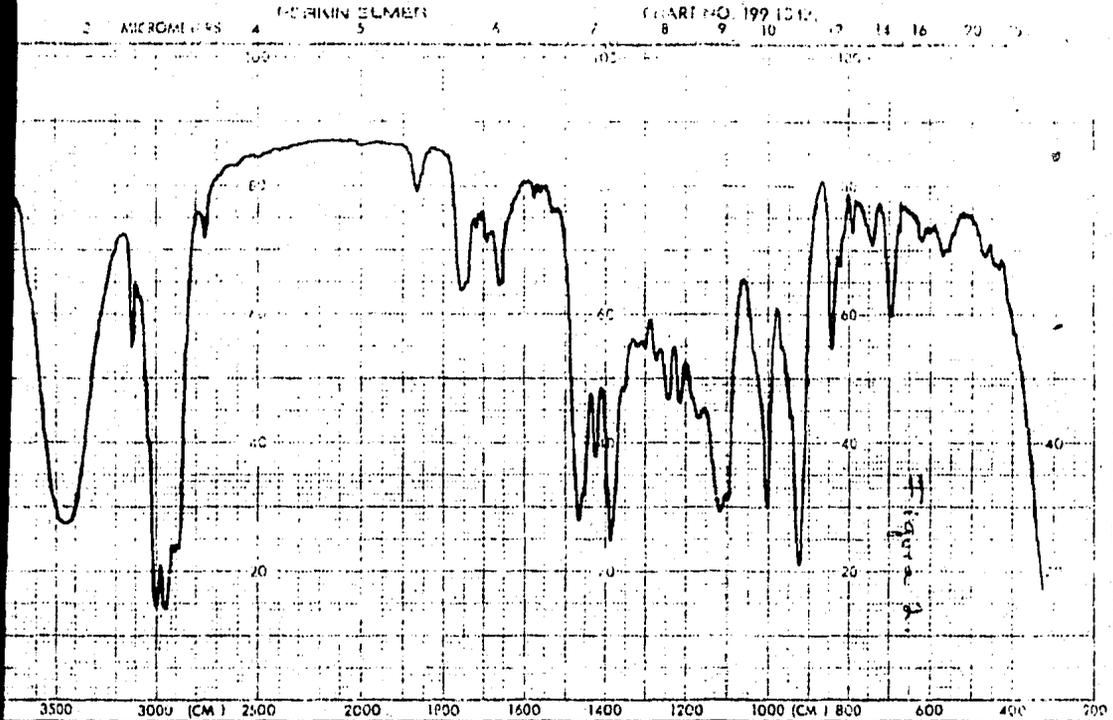


FIGURA 2. ESPECTRO DE INFRARROJO

DEL ACEITE ESENCIAL OBTENIDO EXPERIMENTALMENTE.

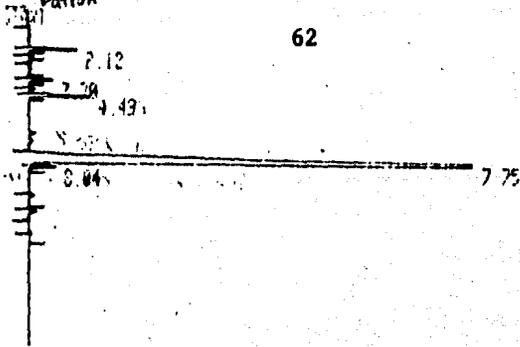


ABSCISSA	ORDINATE	SCAN TIME	REP. SCAN	SINGLE BEAM
EXPANSION	ABS	MULTIPLIER	TIME DRIVE	
REMARKS		SPLIT PROGRAM	OPERATOR	DATE
		SOLVENT	CELL PATH	
		CONCENTRATION	REFERENCE	

Resultados de la Cromatografía de gases. De los cromatogramas desarrollados de los aceites esenciales de importación y experimentales, se observó: que existen tiempos de retención similares en la mayoría de los picos desarrollados a las mismas condiciones, lo que hace suponer la similitud entre ambos aceites, encontrando que el pico más grande se debe al componente principal que es el linalool.

Acide ascorbic achanto  
Pation

62



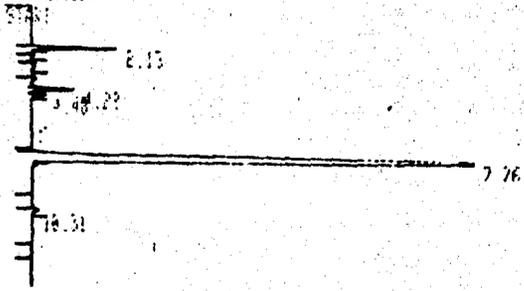
STOP

RUN # 2

AREA%	RT	AREA	TYPE	AR/HT	AREA%
	2.12	4532	BB	0.085	1.951
	3.70	2999	BB	0.108	1.291
	4.49	7144	BB	0.108	3.076
	7.75	215140	BB	0.145	92.636
	8.04	2428	BB	0.091	1.046

TOTAL AREA= 232240  
MUL FACTOR= 1.0000E+00

Acide ascorbic achanto  
Mantm



STOP

RUN # 3

AREA%	RT	AREA	TYPE	AR/HT	AREA%
	2.13	8147	FB	0.086	3.547
	4.22	5524	PV	0.114	2.485
	4.48	1762	VB	0.108	0.767
	7.76	212930	BB	0.143	92.714
	10.31	1300	BB	0.155	0.566

TOTAL AREA= 229660  
MUL FACTOR= 1.0000E+00

Una vez terminadas las destilaciones por arrastre con vapor, se tomó una muestra del bagazo residual, y se le hizo un análisis proximal, obteniéndose un % de humedad de 6.3, las demás determinaciones se calcularon en base seca, debido a que la semilla estuvo en contacto con agua y vapor simultáneamente; los resultados se muestran en el Cuadro No. 4.

Cuadro No. 4 Análisis Proximal del bagazo residual después de las destilaciones por arrastre con vapor.

% Cenizas	6.9
% Grasa	31.3
% Proteínas	13.5
% Fibra	24.0
% Carbohidratos	24.2

Los diferentes resultados de la extracción de la oleorresina utilizando el bagazo residual de las destilaciones por arrastre con vapor se fijan en el Cuadro No. 5.

Cuadro No. 5 Extracción de la oleorresina del bagazo residual de las destilaciones por arrastre con vapor.

S (Kg.)	t (h)	VETOH (l)	T conc. (h)	T <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (°C)	Co.
2	72	2.4	3	4.3	280
1.0	4	2.0	15	30	230
1.2	2	3.0	22	30	285

T = Tiempo de extracción en horas.

VETOH (l) = Volumen de etanol adicionado al sistema de extracción

T conc. (h) = Tiempo de concentración en el rotavapor en horas.

T<sub>b</sub><sup>H<sub>2</sub>O</sup> = Temperatura del baño de agua para el rotavapor en grados centígrados.

Co = Cantidad de oleorresina obtenida en mililitros.

Las características sensoriales de los productos obtenidos, no fueron las identificadas para las oleorresinas debido a que su sabor era amargo muy fuerte y con un olor desagradable, por lo que no se registran resultados numéricos de su calidad.

Del bagazo residual después de la extracción de la oleorresina se tomó una muestra y se le hizo un análisis proximal, el % de humedad obtenido fué de 6.6, las demás de terminaciones se calcularon en base seca.

Cuadro No. 6. Análisis Proximal del bagazo residual después de la extracción de la oleorresina.

% Cenizas	6.9
% Grasa	29.5
% Proteínas	12.3
% Fibra	23.8
% Carbohidratos	37.4

El siguiente cuadro muestra los resultados obtenidos de la extracción de la oleorresina por el método del soxhlet.

Cuadro No. 7 Extracción de la oleorresina por el método del soxhlet.

$P_{\text{EtOH/aceite}}$ (ml)	t (h)	# Cargas	t conc. (h)	Tb $\text{H}_2\text{O}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Co (ml)	% R
250/100 (maíz)	5	1	-	-	-	-
225 /20 "	4	1	-	-	-	-
1000/25 (almendras)	12	6	3.5	28	135	6.52
1000/30 "	12	6	4.0	28	200	7.3
1000/20 "	12	4	4.0	28	180	7.5

$P_{\text{EtOH/aceite}}$  = Proporción de etanol/aceite en mililitros.

t (h) = Tiempo de extracción en horas.

# Cargas = Número de cargas de semilla fresca molida.

t conc. (h) = Tiempo de concentración en el rotavapor en horas.

Tb  $\text{H}_2\text{O}$  = Temperatura del baño de agua en el rotavapor. ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Co (ml) = Cantidad de oleorresina obtenida en mililitros.

% R = % de Rendimiento.

De las muestras de oleorresina, obtenidas de la extracción por el método del Soxhlet, se llevaron a la compañía ---- I F F, para que los especialistas (22) en sabores de esta compañía determinaran cual muestra era la mejor y someterla a los análisis fisicoquímicos y sensoriales; los resultados se detallan en el Cuadro No. 8

Cuadro No. 8 Análisis fisicoquímico y sensoriales de las oleorresinas de cilantro.

	EXPERIMENTAL	IMPORTACION
Gravedad específica (20 °C)	0.8700	0.93 - 0.9400
I. Rectificación (20 °C)	1.4520	1.4620
I. Rotación	+ 5° + 13°	+ 5° + 13°
Sabor	Nota muy profunda a cilantro	Poca fuerza
Olor	Muy dulce	Sin olor
Color	Amarillo	Amarillo/verdoso

## C O N C L U S I O N E S

México es un importante productor de cilantro --- (Coriandrum Sativum L). Esta producción va en aumento, por lo que el suministro de la materia prima sería suficiente para establecer una industria extractora de los componentes saborizantes como son el aceite esencial y la oleoresina de semilla de cilantro en nuestro país.

La metodología para la extracción del aceite esencial de cilantro consistió de un proceso que se inició con la limpieza y molienda de la semilla y posteriormente se sometió a una destilación por arrastre con vapor; las condiciones más adecuadas para la destilación fueron las siguientes: relación semilla/agua 2:1, temperatura del baño de nujol 135°C, temperatura en la "t" de destilación de 90°C, el tiempo de destilación para extraer el 98% es de 4 horas, después se suspendió la destilación, debido a que para extraer el 2% restante se necesita de 4 horas más.

El rendimiento de la extracción del aceite esencial de cilantro se ve afectado por: la madurez de la semilla, el tamaño de partícula de la misma antes de la extracción y sobre todo por la eficiencia del sistema. El máximo rendimiento obtenido en el presente trabajo fué de 0.28%; de acuerdo con los datos reportados en la literatura (1) este rendimiento no fué muy alto, por lo que se recomienda que se hagan estudios a nivel planta piloto, con

éstas condiciones de destilación, montando un sistema en serie, buscando una mayor superficie de contacto de la semilla con el vapor; y teniendo en cuenta que podría utilizarse un tratamiento enzimático previo a la destilación, con objeto de incrementar el rendimiento.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y sensoriales no hubo gran diferencia entre la calidad del aceite esencial obtenido experimentalmente con el de importación.

El bagazo residual que queda después de las destilaciones no fué adecuado para obtener una oleorresina, ya que el calentamiento excesivo a que es sometido durante la destilación provocó que el producto final fuera de sabor muy amargo y de olor desagradable.

Sin embargo este bagazo residual, como lo muestran los análisis proximales, contiene un alto contenido de grasa y proteína, por lo que se sugiere hacer un estudio a fondo, de la calidad de esta proteína, para determinar la factibilidad de que sea empleado como alimento para ganado, para animales de laboratorio, etcétera.

Para la oleorresina, se utilizó el método de extracción de grasas soxhlet, las condiciones en las que se encontró una mayor intensidad de sabor conforme al vo

lúmen de disolvente empleado fueron las siguientes: relación de Etanol/aceite de almendras dulces 50:1, el número de cargas fué de 4 de 45 g de semilla molida cada una --- tiempo de extracción 12 horas, un tiempo de concentración en el rotavapor de 4 horas y una temperatura del baño de agua del rotavapor.

En base a los resultados se infiere que son muy -- factibles las adulteraciones en estos productos a nivel -- comercial, porque se le puede adicionar aceites o grasas para aumentar el volúmen de la oleorresina. En base a -- los resultados de los análisis, se concluye que la cali-- dad de la oleorresina experimental fué muy similar a la -- de importación.

En el aspecto económico se puede concluir que los gastos de producción a nivel laboratorio son bajos, consi-- derando que los reactivos que se necesitan son etanol --- (que es recuperado) y agua, el medio de calentamiento es por medio de un mechero bunsen de gas.

La materia prima que se utilizó, se compró a menu-- deo a \$215.00 M.N. el Kg. Esta semilla tuvo un tiempo -- largo de almacenamiento lo que disminuye notablemente el rendimiento.

En el mercado actual la oleorresina se cotiza a -  
\$27.2 dlrs. el Kg. y el aceite a \$53.5 dlrs. el Kg.

Para hacer un análisis completo a nivel económico se debe tener en cuenta que la semilla se puede obtener a un precio más bajo en las zonas de producción y a mayoreo.

Por último se recomienda realizar estudios, pro--  
bando con mezclas de disolventes para la extracción de -  
la fracción grasa de la semilla de cilantro.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- (1) GUNTER ERNEST  
THE ESSENTIAL OILS  
R.B. KRIEGER PUBLISHING COMPANY  
Vol. I, IV págs. 155, 159-162, 602-612  
Hunting, New York, (1962).
- (2) HEATH B. HENRY  
FLAVOR TECHNOLOGY PROFILES, PRODUCTS, APPLICATIONS  
Vol. I págs. 3-9, 126-128.  
2a. Ed.  
Westport, Connecticut, (1976).
- (3) FENAROLI'S  
HANDBOOK OF FLAVOR INGREDIENTS.  
CRC PRESS.  
2a. Ed.  
Vol. I págs. 334-335 II pág. 320.  
Cleveland, Ohio, (1975).
- (4) FOOD CHEMICALS CODEX  
NATIONAL ACADEMY PRESS.  
13a. Ed.  
Págs. 90-91  
Washington, D.C. U.S.A. (1981).
- (5) MARTINEZ MAXIMINO  
PLANTAS UTILES DE LA FLORA MEXICANA.  
Editorial Botas  
México, (1959).
- (6) KIRK OTHMER  
ENCICLOPEDIÁ TECNOLÓGICA QUÍMICA  
JOHN WILEY & SONS  
Vol. IX págs. 336-352, X págs. 10-11  
3a. Ed.  
New York, (1978)
- (7) ARCTANDER STEFFEN  
PERFUME AND FLAVOR MATERIALS OF NATURE ORIGIN  
Ed. Elizabeth  
Págs. 191-194  
New Jersey, U.S.A. (1960).
- (8) ANUARIO DE COMERCIO EXTERIOR DE LOS ESTADOS UNIDOS  
MEXICANOS.  
SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, COORDINACION  
GENERAL DE LOS SERVICIOS NACIONALES DE ESTADISTICA GEO  
GRAFIA E INFORMATICA.  
1978, 1980, 1981.

- (9) PRUTH, J.S.  
SPICES & CONDIMENTS  
CHEMICAL MICROBIAL, TECHNOLOGY.  
Academic Press  
Págs. 215-238  
New York, (1980).
- (10) CUADERNOS DE POSGRADO 8.  
PERFILES QUIMICO-TECNOLOGICOS  
2a. Ed. Dpto. de apoyo a programas tecnológicos.  
Div. de Estudios de Posgrado, Fac. de Química, U.N.A.M.  
(1983).
- (11) ANUARIOS DE PRODUCCION AGRICOLA MEXICANA  
SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO  
México (1980)
- (12) VAN SOEST, P.J. AND MC QUEEN R.W.  
Proc. Nutritional Soc.  
Pág. 123-130  
Editorial (1973)
- (13) MERORY JOSEPH  
FOOD FLAVORINGS, COMPOSITION, MANUFACTURE AND USE  
AVI PUBLISHING COMPANY INC.  
2a. Ed.  
Págs. 82, 94, 122-123.  
Westport Connecticut (1968).
- (14) OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF THE ASSOCIATION OF  
OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST  
EDITOR HORWITZ WILLIAM  
13a. Ed.  
Washington, D.C. U.S.A. (1980).
- (15) SCHMIDT HERMANN & HEBBEL  
QUIMICA Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS  
Ed. Salesiana  
Pág. 142, 150-151  
Santiago de Chile (1966).
- (16) DYER R. JOHN  
APLICACIONES DE ESPECTROSCOPIA DE ABSORCION EN COMPUESTOS ORGANICOS  
PRENTICE/HALL INTERNACIONAL  
Madrid, España (1973)
- (17) CHEMICALS ABSTRACTS.  
CORIANDER FLAKES AS RAW MATERIAL FOR PROTEIN AND FAT.  
FRANCISZEK ADAMANIS AND FELIKS KACZMAREK.  
Vol. 52 págs. 411-414.  
Columbus, Ohio, (1955).

- (18) SPIRIDINOVA I.S.  
CHANGES OF CORIANDER ESSENTIAL OIL IN RELATION TO THE  
PLANT GROWTH  
J. GEN. CHEM. U.S.S.R.  
Vol. 6 Págs, 1536-1538  
Moscu (1936)
- (19) AMERINE M. PANGBORN AND ROESLER E.  
PRINCIPLES OF SENSORY EVALUATION OF FOOD.  
ACADEMIC PRESS  
U.S.A. (1965).
- (20) KARIM, A. ASHRAT, BHATTY, M.K.  
STUDIES ON THE ESSENTIAL OILS OF THE PAKISTANI SPICES  
OF THE FAMILY UMBELLIFERAE PART 28  
CORIANDRUM SATIVUM L. OIL OF SEEDS AND THE WHOLE PLANT  
PAKISTAN JOURNAL OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH  
Págs. 205-207  
Pakistan, (1979)
- (21) GARDUÑO T.A.  
DESARROLLO DE ALIMENTOS  
Págs. 39-47  
México, D. F. (1978)
- (22) THE MERCK INDEX  
AN ENCICLOPEDIA OF CHEMICALS DRUGS  
PUBLISHED BY MERCK Y CO. INC.  
9a. Ed.  
Rahway, N. Jersey, U.S.A. (1976)

#### ENTREVISTAS

- (23) TUEME C.J.J.  
INTERNATIONAL FLAVORS AND FRAGRANCES MEXICO, S.A. DE C.V.  
División Sabores, Aplicación y Desarrollo.
- (24) JASSO JUAN MANUEL Y JIMENEZ  
COLUMBA RAFAEL  
GIVAUDAN, S. A.
- (25) CORNEJO L. ROSELA  
LABORATORIOS CENTRALES  
SECRETARIA DE HACIENDA Y CREDITO PUBLICO
- (26) HERRERA PATIÑO FRANCISCO  
Profesor de la FACULTAD DE QUIMICA.

(27) MENDOZA MARIA DEL CARMEN.

FRIES AND FRIES INTERNATIONAL de MEXICO, S.A.

(28) SARMIENTO M. MIGUEL.

PRODUCTORA NACIONAL DE SEMILLAS (PRONASE).

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS.