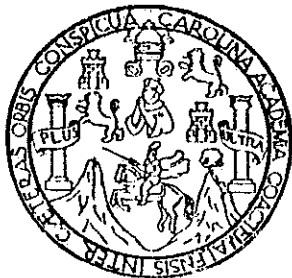


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

**EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL DE LA SEMILLA DE AMBRETTE
(HIBISCUS ABELMOSCHUS, LINN) POR MEDIO DE
ETER ETILICO
VARIANDO EL TIEMPO DE AGITACION Y LA CANTIDAD DE SEMILLA
MOLIDA A UN VOLUMEN CONSTANTE DE 100 ML.**

TESIS

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR

RUTH EMILSA REYES BARRERA

**AL CONFERIRSE EL TITULO DE
INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, JUNIO DE 1996.

UNIVERSIDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

08
T(3739)
C.4.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL DE LA SEMILLA DE AMBRETTE
(HIBISCUS ABELMOSCHUS, LINN) POR MEDIO DE
ETER ETILICO
VARIANDO EL TIEMPO DE AGITACION Y LA CANTIDAD DE SEMILLA
MOLIDA A UN VOLUMEN CONSTANTE DE 100 ML.**

Tema que me fuera asignado por la dirección de Escuela de Ingeniería Química con fecha
23 de enero de 1,996.



RUTH EMILSA REYES BARRERA.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZÁLEZ PODSZUECK
VOCAL 1°	ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
VOCAL 2°	ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLÓRZANO
VOCAL 3°	ING JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
VOCAL 4°	BR. FERNANDO VALDEMAR DE LEON CONTRERAS
VOCAL 5°	BR. PEDRO IGNACIO ESCALANTE PASTOR
SECRETARIO	ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LÓPEZ

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZÁLEZ PODSZUECK
EXAMINADOR	ING TELMA MARICELA CANO MORALES
EXAMINADOR	ING. OTTO RAÚL DE LEON
EXAMINADOR	ING. ORLANDO POSADAS
SECRETARIO	ING. FRANCISCO JAVIER GOZALEZ LÓPEZ



Guatemala, 26 de marzo 1996

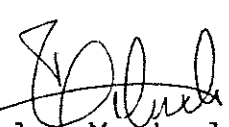
Doctor
Adolfo Gramajo Antonio
Director de la Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente

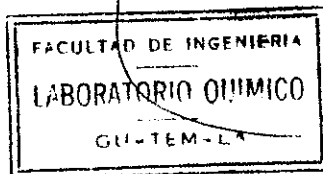
Doctor Gramajo:

Hago de su conocimiento que habiendo asesorado el trabajo de tesis de la estudiante RUTH EMILSA REYES BARRERA, denominado EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL DE LA SEMILLA DE AMBRETTE (*Hibiscus abelmoschus*, Linn) POR MEDIO DE ETER ETILICO VARIANDO EL TIEMPO DE AGITACION Y LA CANTIDAD DE SEMILLA MOLIDA A UN VOLUMEN CONSTANTE DE 100 ml., y de lo cual dejo constancia de mi aprobación al mismo, para proceder a la autorización del respectivo trabajo de investigación.

Sin otro motivo particular, me suscribo de usted.

Atentamente,


Ing. Q. Telma Maricela Cano Morales
ASESOR
Colegiado 433





FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Ref.WGAM.004.96

Guatemala, 06 de mayo de 1996

Doctor
Adolfo N. Gramajo Antonio
Director
Escuela Ingeniería Química
Presente.

Estimado Doctor Gramajo:

Atentamente me dirijo a usted para responder a su oficio Ref. EIQ. 068.96 de fecha 29 de abril del año en curso, mediante el cual se solicita revisar el protocolo de tesis del estudiante universitario RUTH EMILSA REYES BARRERA, titulado "EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL DE LA SEMILLA DE AMBRETTE (HIBISCUS ABELMOSCHUS, LINN) POR MEDIO DE ETER ETILICO VARIANDO EL TIEMPO DE AGITACION Y LA CANTIDAD DE SEMILLA MOLIDA A UN VOLUMEN CONSTANTE DE 100 ml".

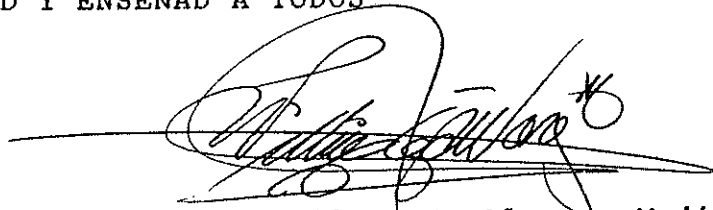
El análisis del caso implicó lo siguiente:

- 1- que el asesor hiciera llegar a mis manos una carta en la cual hace constar la aprobación del documento presentado como protocolo de tesis
- 2- reuniones entre las partes (estudiante y revisor) para comprender los objetivos y metodología de trabajo.

Al respecto, me permito informarle que después de haber terminado la revisión del mencionado informe y de haberle hecho las correcciones pertinentes, considero que llena los requisitos para ser aprobada por parte de la Escuela como trabajo de tesis, por lo cual se lo remito y lo pongo a su consideración.

Agradeciendo la atención a la presente, le saluda
respetuosamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Williams G. Alvarez Mejía', with a large, stylized flourish extending to the right and a small asterisk-like mark at the end.

MIQ e Ing. Williams G. Alvarez Mejía
Profesor Titular IV
Area de Operaciones Unitarias



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Química, Dr. Adolfo Gramajo, después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo de Tesis de la estudiante Ruth Emilsa Reyes Barrera; titulado: **EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL DE LA SEMILLA DE AMBRETE (HIBISCUS ABELMOSCHUS, LINN) POR MEDIO DE ETER ETILICO VARIANDO EL TIEMPO DE AGITACION Y LA CANTIDAD DE SEMILLA MOLIDA A UN VOLUMEN CONSTANTE DE 100 ML.,** procede a la autorización del mismo.


Dr. Adolfo Gramajo

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA



Guatemala, 24 de mayo de 1,996.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de Tesis titulado: **EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL DE LA SEMILLA DE AMBRETTE (HIBISCUS ABELMOSCHUS, LINN) POR MEDIO DE ETHER ETILICO VARIANDO EL TIEMPO DE AGITACION Y LA CANTIDAD DE SEMILLA MOLIDA A UN VOLUMEN CONSTANTE DE 100 ML.,** de la estudiante Ruth Emilsa Reyes Barrera, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:


Ing. Julio Ismael González Podszueck
DECANO

Guatemala, 24 de mayo de 1,996.



AGRADECIMIENTO

A DIOS:

Fuente inagotable de amor y sabiduria.
“ Gracias por haberme permitido la culminacion de mis esfuerzos “

A LA VIRGEN MARIA:

Por interceder por mi ante DIOS en todos los actos de mi vida.

ACTO QUE DEDICO

A MIS PADRES:

Por su abnegada lucha y apoyo constante.

A MIS HERMANOS:

Con fraternal cariño.

A PARIENTES Y AMIGOS:

Infinitas gracias.

A LOS CATEDRATICOS:

Que me impartieron sus conocimientos, un cúmulo de
agradecimientos.

A LA FACULTAD DE INGENIERIA

INDICE

Capítulo	Título	Página
	Introducción.....	2
	Sumario	3
	Glosario.....	4
	Nomenclatura	5
1	Antecedentes	6
	1.1 Aceites esenciales.	6
	1.2 Zonas de cultivo.....	7
	1.3 Descripción botánica.....	7
	1.4 Clasificación botánica.....	8
	1.5 Metodos de extracción.....	8
	1.5.1 Destilación	8
	1.5.2 Enfloración.....	10
	1.5.3 Maceración.....	11
	1.5.4 Extracción con solvente volátiles.....	11
	1.6 Composición química de la semilla de Ambrette.	12
	1.7 Usos.....	14
2	Justificación.....	15
3	Objetivos.....	16
4	Hipótesis.....	17
5	Metodo utilizado en el proceso.....	18
	5.1 Preparación del material.....	19
	5.2 Selección del solvente.....	20
6	Diseño experimental.....	21
	6.1 Análisis de varianza.....	22
	6.2 Modelo estadístico.....	24
	6.3 Hipotesis estadísticas.....	25
	6.4 Formulas para cálculos de sumas de cuadrados..	27
7	Resultados.....	28
8	Discusión.....	31
9	Conclusiones.....	33
10	Recomendaciones.....	34
11	Referencias.....	35
12	Bibliografía.....	36
13	Apendice.....	37
	13.1 Caracterización del modelo del proceso.....	37
	Apéndice A.....	38
	Apéndice B.....	39

INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales poseen una gran gama y amplia variedad de aplicaciones en muchas industrias como aromáticos (perfumería y aromatizantes en general) y saborizantes de toda clase de productos terminados, por tal motivo este trabajo versó, sobre la extracción de aceite esencial de la semilla de Ambrette (Hibiscus abelmoschus, Linn.) que es conocido por su alto valor en la composición en la industria de la perfumería, como fijador, encargado de regular la evaporación de los perfumes.

El objetivo de esta investigación es a la obtención de aceite esencial extraído de la semilla de Ambrette (Hibiscus abelmoschus, Linn.), y fue realizado en el Laboratorio de Química Industrial del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El método utilizado fue el de extracción de aceite por solventes volátiles; se utilizó como solvente éter etílico a temperatura ambiente de 25 ° C , y se tomaron en cuenta los factores que pueden determinar el procesamiento para obtener la mayor cantidad del extracto, los cuales son: tiempo de agitación y cantidad de la semilla molida de ambrette en 100 ml de éter etílico.

SUMARIO

En el presente trabajo de tesis, se realizó la extracción de aceite esencial de la semilla de ambrette (Hibiscus abelmoschus, Linn).

Por medio del método de extracción de aceite por solventes volátiles, se utilizó éter etílico a temperatura de 25 °C; y variaron los factores A (tiempo de agitación, 60, 120 y 180 min.) y B (cantidad de semilla molida, 10, 20 y 30 gr.), a un volumen constante de 100 ml. de éter etílico.

Se llegó a establecer, por medio del análisis de varianza, que el comportamiento de los factores A y B y la interacción de ambos afecta significativamente la cantidad de aceite esencial obtenido en la extracción. Las condiciones óptimas para obtener la mayor cantidad de aceite esencial , fueron de 30 gr. de semilla de Ambrette y 60 min. de tiempo de agitación.

GLOSARIO

1. **Difusión:** fenómeno en el cual un componente se transfiere de una fase a otra.
2. **Factores:** variables experimentales independientes controladas.
3. **Hidrodestilación:** destilación con agua, en la cual se separan los componentes de una mezcla de dos o más líquidos en virtud de sus presiones de vapor mediante la vaporización parcial de la mezcla y la recuperación por separado del vapor y los residuos.
4. **Hirsuto:** pelo disperso y duro y de lo que está cubierto de pelo de esta clase o de púas o espinas.
5. **Híspido:** pelo áspero y erizado.
6. **Pellas:** masa que se une y aprieta en forma redonda.
7. **Remanente:** restante o sobrante.
8. **Serpentín:** aparato refrigerante que se utiliza en la destilación donde se enfrían y condensan los vapores.
9. **Sesquiterpéno:** compuestos orgánicos que contienen 3 unidades isoprénicas (15 átomos de carbono), se presentan en la naturaleza como compuestos monocíclicos, bicíclicos y de cadena abierta.
10. **Tratamiento:** es una combinación específica de niveles de factores.

NOMENCLATURA

Diagramas de Flujo:

FLUJOS DE ENTRADA

E1 = Semilla entera de ambrette (Hibiscus abelmoschus, Linn)

E2 = Éter etílico (solvente)

FLUJOS DE SALIDA

S1 = Éter etílico evaporado.

S2 = Semilla de ambrette tratada o agotada.

S3 = Aceite esencial obtenido de la semilla de ambrette.

EQUIPO

M - 1 = Molino de disco.

B - 2 = Balanza.

M - 3 = Agitador.

F - 4 = Filtro.

Análisis de Varianza:

SSA = Suma de cuadrados del factor A. (tiempo de agitación)

SSB = Suma de cuadrados del factor B. (cantidad de semilla molida)

SS(AB) = Suma de cuadrados de la interacción de ambos factores.

SSE = Suma de cuadrados del error.

1

ANTECEDENTES

1.1 ACEITES ESENCIALES.

Entre el gran número de especies vegetales conocidas, son pocas las que producen aceites esenciales, y solamente de 150 a 200 especies se explotan para la producción industrial . En siglos pasados y actualmente, se han utilizado como productos medicinales, para inciensos, perfumes y cierto número de ellos como saborizantes.

Los aceites esenciales no pueden ser caracterizados por su estructura molecular, pues no posee ningún grupo funcional especial. Este término es utilizado en general para designar aquellas sustancias volátiles obtenidas por destilación a base de vapor de las plantas, aún cuando, como se verá después, existen otros métodos de extracción. Con esta definición, es claro que se quiere hacer una distinción entre los aceites grasos y los que son fácilmente volátiles. Su volatilidad y origen vegetal son las propiedades básicas que caracterizan a estos aceites. Quizá el término popular más común con el que se conocen estas sustancias es el de *esencias*, que también se conocen por el nombre de *aceites volátiles o etéreos*.

Se ha encontrado que los aceites esencialés tienen principalmente compuestos orgánicos líquidos, más o menos volátiles. La gran variedad de compuestos contenidos en los aceites esenciales pueden clasificarse en cuatro grupos :

1. Compuestos de la serie terpénica.
2. Compuestos acíclicos sin ramas laterales.
3. Derivados del benceno.
4. Otros compuestos de diversa estructura química.

Estos son los compuestos de que dependen las grandes diferencias de olor observadas en varios aceites esenciales¹.

¹ [R5, pp 60]

1.2 ZONAS DE CULTIVO DE LA SEMILLA DE AMBRETTE

La semilla de ambrette (Hibiscus abelmoschus, Linn) es nativa del trópico del este de la India. Se cultiva en regiones cálidas y húmedas del Ecuador y Colombia . En el curso de la segunda Guerra Mundial, fue cultivada en el estado de Sao Paulo (Brasil) y en varias partes de América Central: Guatemala; en las regiones de Petén , Alta Verapaz, Izabal, Santa Rosa y Retalhuleu, así como en El Salvador, Honduras y Belice.

Se encuentra en partes húmedas , en cultivos abandonados y también en tierras cultivadas, a altitudes de 650 mts. sobre el nivel del mar o menos . La semilla es sembrada directamente una por cada metro dentro de la tierra bien preparada al inicio de la época lluviosa. Después de 6 meses, la fruta encierra la semilla; ésta es cortada y expuesta al sol, luego la fruta se abre la semilla cae y es recolectada.

1.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Es una hierba robusta erecta, aproximadamente de un metro de alto, los tallos y hojas densamente hirsutos o Híspido con largos pelos tiesos extendidos y simples; hojas largamente pecioladas, de 3 a 5 lóbulos, así, profundamente cerdada en la base, principalmente de 10 a 15 cm. de largo, los lóbulos agudos o acuminados, cerrado dentada; flores largamente pedunculadas, solitarias, las bracteólas de 8 a 10 cm., lineales , hirsutas, de 10 a 12 mm de largo; cáliz de 2.5 a 3.5 cm de largo, con 5 dientes partidos en un lado en la antesis y de décidos de una base persistente; pétalos de 4 a 8 cm de largo, de color amarillo brillante o de un amarillo azufre con manchas cremosas o púrpuras; cápsulas lanceoladas ovoide, de 4 a 7 cm de largo, hirsutas, las celdas con muchas semillas; las semillas glabras, de 4 a 5 mm de largo, estriadas con un olor a almizcle. Es muy vistosa por sus flores amarillas.

1.4 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA²

Reino:	Vegetal
Sub-Reino:	Embryobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Sub-Clase:	Dilleniidae
Orden:	Malvales
Familia:	Malvaceae
Género:	Hibiscus
Especie:	Hibiscus abelmoschus, Linn.
Nombre común:	Algalia, Elvira, Guaumauca, Almizcle, Hierva de sapo y Ocra silvestre.

1.5. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

1.5.1 DESTILACIÓN.

La mayoría de aceites esenciales pueden ser siempre obtenidos por el método de destilación con vapor o generalmente por hidrodestilación. Los problemas prácticos relacionados con la destilación de plantas aromáticas son por esto de mayor importancia en la producción actual de aceites esenciales. Aceites esenciales volátiles o etéreos son mezclas compuestas volátiles, líquidos y sólidos que varían en relación a su composición y puntos de ebullición; cada sustancia con un determinado punto de ebullición es volátil y posee una presión de vapor definida,

² [R7, part VI]

que depende de la temperatura, y que en muy pocos casos de sustancias con alto punto de ebullición.

La destilación puede ser definida como “ la separación de los componentes de una mezcla de dos o más líquidos en virtud de sus presiones de vapor”. El método de destilación es de vital importancia para la elaboración de aceites esenciales. En el desarrollo de la industria de aceites esenciales, hay una terminología que distingue tres tipos de hidrodestilación. Estos son referidos respectivamente cómo:

- a) Destilación con agua
- b) Destilación con agua y vapor
- c) Destilación con vapor directo

a) Destilación con agua

En este método, el material vegetal está en contacto directo con el agua hirviendo ; éste puede flotar en el agua o estar completamente inmerso, lo cual depende de la gravedad específica y la cantidad de material por carga. El agua es hervida por aplicación de calor por métodos usuales, por ejemplo: fuego directo, chaqueta de vapor, con serpentín de vapor, o en algunos casos, con serpentines de vapor perforado o abiertos. Este método se emplea con frecuencia para la destilación del aceite de pétalos (aceite de azahar y aceite de rosas); el material de la planta no se aglutina en pellas que el vapor no pueda penetrar.

b) Destilación con agua y vapor

Cuando este segundo método de destilación es utilizado, el material es soportado sobre una red perforada o una reja insertada a una distancia sobre el fondo del destilador. La parte baja del destilador es llenada con agua a un nivel un poco abajo de la red y el agua puede ser calentada por alguno de los métodos previamente mencionados.

Las características típicas de este método son:

1. El vapor está siempre saturado, húmedo y nunca sobrecalentado.
2. El material está en contacto solamente con el vapor y no con el agua hirviendo.

c) Destilación con vapor

El tercer método conocido como destilación con vapor o destilación con vapor directo, es semejante al anterior. El vapor se genera en una caldera separada (se emplea vapor seco); en algunos casos, se introduce vapor recalentado a presión ligeramente superior a la atmosférica, el cual sale por los orificios de un serpentín situado bajo la carga.

Considerando los principios fundamentales de la destilación de los líquidos inmiscibles, poca diferencia puede haber en estos tres métodos de hidrodestilación; pero en la práctica intervienen factores importantes. El aceite esencial no está distribuido por igual en el material de la planta, sino que se haya en muchas pequeñas glándulas de aceite, sacos oleíferos o pelos glandulares; Para que el vapor se ponga en contacto con el aceite, hay que desgarrar los tejidos y romper las membranas de las glándulas o hacer que el aceite se difunda a través de esas membranas. Este proceso complejo de difusión y ósmosis recibe el nombre de hidrodifusión. (otro factor es la solubilidad relativa de cada componente del aceite en el agua del destilador). La destilación con vapor recalentado tiende a impedir la hidrodifusión; la destilación en agua la facilita.

1.5.2 ENFLORACION (Extracción con grasa fría)

Este método es llevado a la práctica sólo en países de Europa, donde sigue siendo practicado, es restringido a estas flores: jazmín, tuberosa y algunas otras que después de cortadas continúan con su actividad fisiológica formando y emitiendo perfume. El método de extracción con grasa fría es sencillo y consiste en colocar las flores en contacto con una delgada capa de grasa dentro de pequeñas cámaras. Al desprenderse el perfume de las flores, se fija en la grasa, debido a su gran afinidad, y después de renovar varias veces las flores se dejan los pétalos 24 horas sobre la grasa (*cuervo*). Pasados 60 días aproximadamente, al final del período de recolección, la grasa (que no ha sido renovada) llega a estar saturada con el aceite de la flor. La extracción alcohólica de la grasa olorosa, llamada *pomada*, da una solución llamada *extracto*; eliminando el alcohol por destilación, se produce el *absoluto de enfloración*.

En este caso, la producción de aceite esencial de flor es mayor que con otros métodos; no obstante, este método últimamente ha sido reemplazado por extracción con solventes volátiles; porque el método de enfloración es muy delicado y un proceso muy largo que requiere mucha experiencia y tiempo.

1.5.3 MACERACIÓN (Extracción con grasa caliente)

Como la mayor parte de las flores dejan de producir perfume después de recolectadas, se pueden emplear ventajosamente otros métodos distintos de la enfloración. Uno de ellos es la maceración, o extracción con grasa caliente.

El método es, en general, parecido a la enfloración, salvo que los pétalos se sumergen en grasa caliente en lugar de ser extendidos sobre un recipiente. La maceración es un método breve y produce: *pomadas, extractos y absolutos de pomada*, correlativos de los productos de enfloración. En general, los productos de la maceración son de calidad inferior a los de la extracción con solventes volátiles.

1.5.4 EXTRACCIÓN CON SOLVENTES VOLÁTILES

De igual aplicación, este método, es hoy utilizado para muchos tipos de flores en varios países. Es técnicamente el método más avanzado.

Este método está basado en el hecho de que los solventes volátiles (éter etílico y benceno) penetran rápidamente en los pétalos y disuelven, con las ceras y algunas materias colorantes, casi todas las sustancias son odoríferas naturales. La eliminación del disolvente a baja temperatura da un aceite concentrado, semisólido, llamado *concreto*. Este producto puede ser tratado con alcohol de gran concentración, en el cual no son solubles la mayor parte de las ceras; después de refrigeración para eliminar la mayor cantidad posible de cera disuelta, la solución alcohólica se concentra a presión reducida para obtener un *absoluto* libre de alcohol³.

³ [R4, Vol. I]

1.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SEMILLA DE AMBRETTE

Farnesol⁴:

Este alcohol sesquiterpénico es el principal constituyente del aceite líquido. Es un alcohol sesquiterpénico acíclico primario contiene enlaces etilénicos, resultado de la mezcla de un cuerpo metámero que puede ser el componente de cuatro modificaciones teóricamente posibles, así que el farnesol puede componerse de ocho alcoholes isómeros. Esto puede explicar el hecho de que varios farnesoles aislados de diferentes fuentes muestran considerables variaciones en sus propiedades físicas. El farnesol aparece en varios aceites volátiles y en aceites extraídos de las flores por ejemplo el aceite de la semilla de ambrette, que tiene un olor muy suave delicado y dulce, poco desarrollado en la flora verde. La fórmula molecular del farnesol es la siguiente: $C_{15}H_{26}O$ con un peso molecular de 222.36.

3,7,11 - Trimetil - 2,6,10 - dodecatrien - 1 - ol⁵

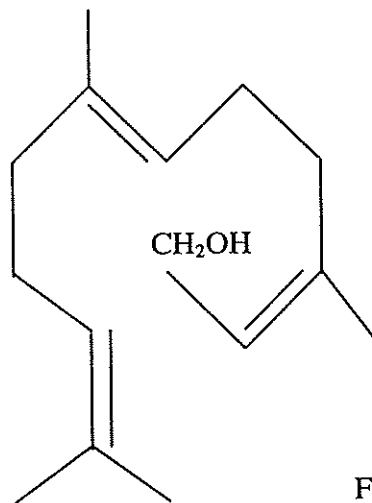


Figura 1.
Estructura de el Farnesol

Ambrettolide:

Esta lactona es responsable del olor característico del aceite (Musk - Like). Es un aceite incoloro, algo viscoso con un olor agradable y extremadamente pegajoso a floral mizcleño. Este

⁴ [R4, Vol. II]

⁵ [R1, Vol. II]

químico es uno de los fijadores distinguidos, ampliamente utilizado en perfumes y sabores. Al mismo tiempo aumenta la difusión o la dispersión de las fragancias en que esta incorporado. Este efecto fijador es fácilmente reconocido en soluciones que contienen 0.01% de ambrettolide, con la siguiente fórmula molecular:

$C_{16}H_{28}O_2$ y peso molecular de 252.38

Lactona de 16 hidroxí - 7 - hexadecenoic ácido.

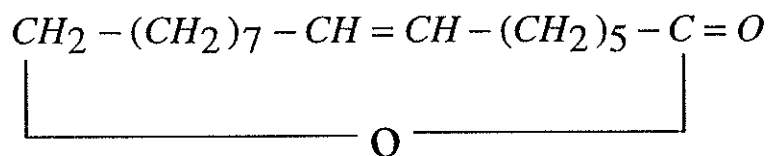
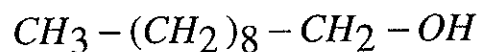


Figura 2.
Estructura del Ambrettolide ⁶

Decanol-1

Este alcohol sólo se encuentra en pequeñas cantidades en el aceite esencial de la semilla de ambrette. Alcohol ligeramente graso de olor suave, ceroso y floral principalmente róseo, relacionado al lirio, azucena y azahar es de la misma forma que la citronela. Ampliamente utilizado en la composición de perfumes aunque frecuentemente sólo en trazas, usado generalmente para enmascarar olores.

fórmula molecular : $C_{10}H_{22}O$ Peso Molecular 158.28



Alcohol n-decílico ⁷

⁶ [R4, Vol. II]

⁷ [R4, Vol. II]

Además de aceites volátiles, contiene grandes cantidades de ácidos grasos , que en la destilación son arrastrados junto con los aceites volátiles. El aceite esencial de la semilla de ambrette crudo consiste en su mayor parte de ácidos grasos superiores principalmente ácido palmítico. El aceite líquido preparado para la industria de perfumería, donde los ácidos grasos del aceites son removidos por varios métodos , tal como con un tratamiento con alcohol diluido o precipitación de ácidos grasos por medio de sales de calcio o litio, que depende de la cantidad de ácidos grasos presentes. El rendimiento de la producción del aceite esencial de la semilla de ambrette varía desde 0.2 a 0.6 por ciento⁸.

1.7 USOS

El aceite esencial líquido de la semilla de ambrette (Hibiscus abelmoschus, Linn) , es un aditamento valioso de alto grado en la composición de perfumes, principalmente por su característico olor a Musk, y posee un suave olor a Musk Ambrette sintético. El aceite crudo puede ser utilizado en cosméticos y en joyería perfumada por su fuerte y duradero olor; es por eso que la dosificación debe ser muy cuidadosa.

Hace años la semilla de ambrette fue utilizada para preparaciones farmacéuticas pero hoy en gran parte se usa para propósitos de destilación en la industria de aceites esenciales en países de Europa y EE.UU.

En Guatemala, como en Honduras, la tintura de la semilla es uno de los remedios locales para curar las mordeduras de serpientes y otros animales venenosos, como también para el tratamiento de dolores y afecciones intestinales.⁹

⁸ [R4, Vol. IV]

⁹ [R7, parte VI]

2 JUSTIFICACIÓN

El aceite esencial extraído de la semilla de Ambrette (Hibiscus abelmoschus, Linn.), de gran importancia en la industria de perfumería, es utilizado como fijador en la composición de perfumes y cosméticos, debido principalmente a su sustancia aromática.

Por ello es importante evaluar la extracción de dicho aceite esencial, para su industrialización y comercialización, así como también para implementar una técnica de la extracción de aceites esenciales, aún no explotada en el país.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un método para la extracción del aceite esencial de la semilla de Ambrette (Hibiscus abelmoschus, Linn) por medio del solvente volátil, éter etílico. Ampliar los conocimientos sobre el uso conveniente de dicho aceite y el desarrollo del método de solventes volátiles

3.2 OBJETIVO ESPECIFICO

Evaluar detenidamente el comportamiento de la extracción de aceite esencial de la semilla de Ambrette (Hibiscus abelmoschus, Linn), en función del tiempo de extracción y la cantidad de semilla molida utilizando como solvente éter etílico a un volumen constante de 100 ml, a condiciones normales de presión y temperatura para la ciudad de Guatemala.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

4 HIPÓTESIS

1. La cantidad de aceite esencial extraído de la semilla de Ambrette (Hibiscus abelmoschus, Linn) se ve afectada significativamente por el tiempo de agitación en el método de solventes volátiles, que utiliza como solvente volátil éter etílico.
2. Además la cantidad de aceite esencial extraído de la semilla de Ambrette se ve afectada significativamente por la cantidad de semilla sujeta a molienda, que se utiliza en la extracción.

5

MÉTODO UTILIZADO EN EL PROCESO

Se presenta una descripción del equipo, materiales y procedimiento general que se va a seguir para el proceso experimental de la extracción del aceite esencial de la semilla de Ambrette (Hibiscus abelmoschus, Linn).

EQUIPO

Molino de disco

Balanza

Agitador

Filtro

MATERIALES

Semilla entera de ambrette

Éter etílico (solvente)

PROCESO

1. Pesar la semilla molida para cada prueba.
2. Medir 100 ml de éter etílico.
3. Colocar en el agitador la semilla con el éter etílico.
4. Agitar durante el tiempo estimado para cada corrida.
5. Filtrar la mezcla anterior.
6. Evaporar el solvente del filtrado
7. Pesar el remanente sólido seco.

5.1. PREPARACIÓN DEL MATERIAL

5.1. PREPARACIÓN DEL MATERIAL

La apropiada preparación del material vegetal es de gran importancia en la producción de los aceites esenciales. La trituración expone más glándulas de aceite esencial y reduce el grueso del material, a través del cual debe operar la hidrodifusión; esto permite una destilación más rápida, mayor rendimiento y mejor calidad del aceite esencial, al mismo tiempo que menor consumo de solvente. El grado de trituración para cada planta hay que aprenderlo por experiencia. En general, las flores, las hojas y otras partes delgadas y no fibrosas pueden destilarse sin trituración.

Las semillas se trituran bien antes de la destilación; las raíces, los tallos y el material leñoso se cortan en trozos pequeños; es claro que el material desmenuzado debe ser destilado lo más pronto posible para reducir al mínimo la pérdida del aceite esencial por evaporación¹.

Se ha verificado que la mayor parte del aceite esencial fácilmente extraíble proviene de las células que se rompen durante los procesos de trituración, cocción, presión, y laminado, mientras que la fracción más difícil de extraer proviene de las células enteras o rotas parcialmente.

Por consiguiente, se pueden distinguir dos procesos de extracción, que se llamarán *extracción por solución*, aceite esencial obtenido de células rotas, y *extracción por difusión*, que extrae el aceite esencial de las células enteras; de esta distinción, se intuye fácilmente, por qué el coeficiente de difusión varía sensiblemente con el tiempo de extracción y para cada tipo de semilla. Investigaciones experimentales realizadas por el Dr. Mario Bernardini en la universidad de Roma han confirmado que el tiempo de extracción, en función de la cantidad de aceite esencial extraído, es casi lineal, hasta llegar a un contenido residual en la semilla al rededor del 5 % , y a partir de dicho valor, la función varía².

¹ [R3, pp 192]

² [R2, pp 125]

5.2. SELECCIÓN DEL SOLVENTE

El factor más importante, para el éxito de el método de extracción, es la calidad del solvente empleado; el solvente ideal debe poseer varias propiedades:

1. Este puede ser completo y disolverse rápidamente; todos los principios odoríferos de las flores, son todavía hasta ahora tan pequeños como es posible de materia inerte como ceras, pigmentos, componentes albuminosos etc, en otras palabras, el solvente debe ser *selectivo*.
2. Este puede poseer un punto de ebullición lo suficientemente bajo para permitir su remoción fácilmente (destilado), sin recurrir a altas temperaturas; el punto de ebullición no debe ser muy bajo, ya que esto implicaría considerables pérdidas de solventes por evaporación en climas cálidos.
3. El solvente no debe disolverse en el agua, ya que el agua que contienen las flores se disolvería y se acumularía en el solvente.
4. El solvente debe ser químicamente inerte, y no reaccionar con los componentes del aceite esencial de la flor.
5. El solvente cuando se evapora no debe dejar ningún residuo; los ligeros rastros de componentes de alta ebullición arriba de la evaporación del solvente se acumularían y permanecerían en el aceite esencial de las flores, y dañarían completamente su aroma.

El solvente ideal, que llene estos requerimientos, no existe. Considerando cada aspecto del éter etílico altamente purificado, parece ser el más adecuado con benceno (benzol)³

El *éter etílico*, $(CH_3CH_2)_2O$, o simplemente *éter*. Es un solvente en muchas reacciones orgánicas, incluyendo la de Grignard. Suele emplearse como solvente de extracción para eliminar un producto orgánico de un disolvente acuoso, pero la solubilidad del éter en agua (7.5%) da lugar a grandes pérdidas de disolvente durante la extracción. Otra ventaja del éter es que su reducido punto de ebullición (34.5 °) le permite ser eliminado fácilmente de otros compuestos orgánicos menos volátiles; por otro lado, el éter es muy inflamable y, por tanto, constituye un peligro potencial de incendiarse; el éter nunca debe ser calentado a la flama o en un sistema abierto en una placa caliente⁴

³ [R4, Vol I]

⁴ [R9, pp 842]

6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un experimento factorial en el que se estudió el efecto de dos factores; el factor A tiempo de agitación y el factor B la cantidad de semilla molida en 100 ml de éter; es importante no sólo determinar si los dos factores influyen sobre la respuesta, sino también si existe una interacción significativa entre ellos.

El diseño experimental que se utilizó es factorial con un arreglo combinatorio y una distribución completamente al azar con 27 tratamientos y 3 repeticiones; en el experimento, se realizaron pruebas experimentales con todas las combinaciones factoriales, con tres niveles en cada uno de los factores y $n = 3$ corridas en cada una de las nueve combinaciones.

Si la suposición del modelo es correcta, esto es, si los tratamientos son los únicos efectos reales y la interacción entre ellos no existe, el valor esperado del cuadrado medio del error es la varianza del error experimental.

Los efectos de los factores A y B, llamados efectos principales, toman un significado diferente ante la presencia de interacción; en general, podrían existir situaciones experimentales en las cuales el factor A tenga un efecto positivo sobre la respuesta en un nivel del factor B, mientras que en un nivel diferente de este último el efecto de A sea negativo. Se utiliza el término efecto positivo para indicar que el rendimiento o la respuesta aumenta conforme los niveles de un factor determinado se incrementan de acuerdo con algún orden definido. En el mismo sentido, un efecto negativo corresponde a una disminución del rendimiento para niveles crecientes del factor⁵.

⁵ [R8, pp 373]

6.1 ANÁLISIS DE VARIANZA.

La mayoría de los experimentos consisten en el estudio de los efectos de una o más variables independientes sobre una respuesta; estas variables independientes que pueden controlarse en un experimento se denominan factores.

El análisis de datos generados por un experimento multivariable requiere la identificación de las variables del experimento; éstas no solamente serán factores (variables independientes controladas), sino que pueden ser también instrucciones para la formación de bloques.

Como su nombre lo indica, el procedimiento de análisis de varianza trata de analizar la variación de una respuesta y de asignar porciones de esta variación a cada variable, de un conjunto de variables independientes.

El razonamiento es que las variables de respuesta varían sólo debido a la variación de un conjunto de variables independientes desconocidas. Puesto que el experimentador difícilmente podrá incluir todas las variables que afectan la respuesta en su experimento, la respuesta presentará una variación aleatoria, aún si todas las variables aleatorias independientes consideradas se mantienen constante; el objetivo del análisis de varianza es identificar las variables independientes importantes en un estudio, y determinar cómo interactúan y afectan a la respuesta.

Dado que la variabilidad de un conjunto de n observaciones es proporcional a la suma de cuadrados de las desviaciones, $SC_y = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$, y esta cantidad se usa para calcular la varianza muestral.

El análisis de varianza divide a SC_y , llamada *suma total de los cuadrados de las desviaciones*; en partes, cada una de las cuales se atribuye a una de las variables independientes en el experimento, más un residuo que se asocia con el error aleatorio; y se puede esto se puede mostrar mediante un diagrama, según se indica en la figura 5.1⁶ para dos variables independientes.

⁶ [R6, pp 443]

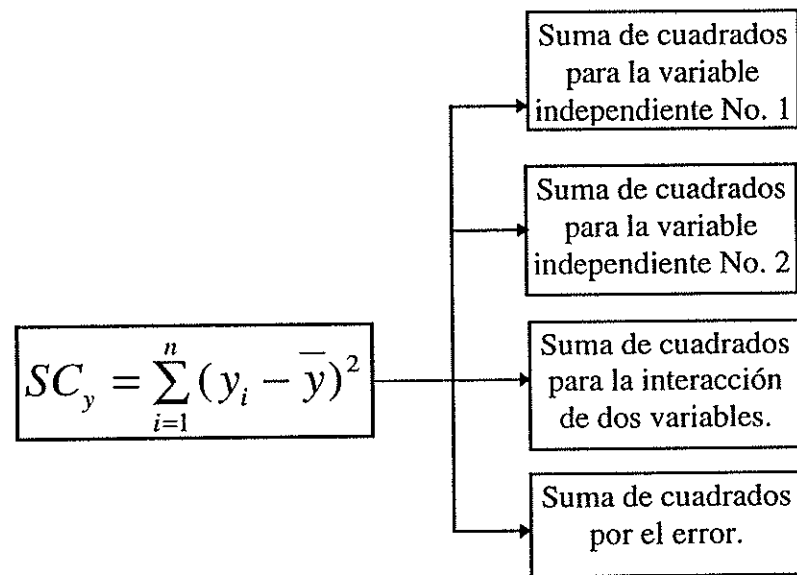


FIGURA 5.1
*Partición de la suma
 total de los cuadrados*

Para el análisis de varianza del experimento de dos factores, se realizaron tres réplicas de las combinaciones de tratamientos determinados por 3 niveles del factor A (tiempo de agitación) y 3 niveles del factor B (cantidad de la semilla molida en 100 ml de éter); las observaciones se clasificaron por medio de un arreglo rectangular en el cual los renglones representan los niveles del factor A y las columnas los del factor B; cada combinación de tratamiento define una celda en el arreglo, entonces se tienen ab celdas y cada una contiene 3 repeticiones para un total de 27 observaciones, como se muestra en la tabla 5.1 del apéndice B

6.2 MODELO ESTADÍSTICO

Si $(\alpha\beta)_{ij}$ denota el efecto de interacción del i -ésimo nivel del factor A, y del j -ésimo nivel del factor B, α_i el efecto del i -ésimo nivel del factor A, β_j el efecto del j -ésimo nivel del factor B y μ la media total, se puede escribir

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

y_{ijk} = Variable respuesta, rendimiento del aceite esencial de la semilla de Ambrette.

μ = Efecto de la media general.

α_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor A, tiempo de agitación (min.)

β_j = Efecto de j -ésimo nivel del factor B, cantidad de semilla molida en 100 ml éter etílico.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Interacción del i -ésimo nivel del factor A y j -ésimo nivel del factor B

ε_{ij} = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

sobre la cual se impone las restricciones

$$\sum_{i=1}^a \alpha_i = 0, \quad \sum_{i=1}^b \beta_i = 0, \quad \sum_{i=1}^a (\alpha\beta)_{ii} = 0, \quad \sum_{i=1}^b (\alpha\beta)_{ii} = 0$$

6.3 HIPÓTESIS ESTADÍSTICAS:

Las tres hipótesis comprobadas son las siguientes:

1. $H'_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0,$

H'_1 : al menos una de las α_i 's no es igual a cero.

2. $H''_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0,$

H''_1 : al menos una de las β_i 's no es igual a cero.

3. $H'''_0: (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{aa} = 0,$

H'''_1 : al menos una de las $(\alpha\beta)_{ij}$'s no es igual a cero.

Cada una de estas pruebas se basó en una comparación de estimaciones de σ^2 , la cual es proporcionada por la división de la suma total de cuadrados de los datos en cuatro componentes.

Cada una de las sumas de cuadrados se divide entre su correspondiente número de grados de libertad, para así obtener los cuatro estadísticos siguientes:

$$s_1^2 = \frac{SSA}{a-1}, \quad s_2^2 = \frac{SSB}{b-1}, \quad s_3^2 = \frac{SS(AB)}{(a-1)(b-1)}, \quad s^2 = \frac{SSE}{ab(n-1)}$$

Para probar la hipótesis H'_0 , de que los efectos de los factores A son todos igual que cero, se calcula la razón.

$$f_1 = \frac{s_1^2}{s^2},$$

la cual es un valor de la variable aleatoria F_1 que tiene la distribución **F** con $a - 1$ y $ab(n-1)$ grados de libertad cuando H'_0 es verdadera; se rechaza la hipótesis nula de significancia α cuando $f_1 > f_\alpha [a-1, ab(n-1)]$.

Para probar la hipótesis H''_0 , de que los efectos del factor B son todos iguales que cero, se calcula la relación :

$$f_2 = \frac{s_2^2}{s^2} ,$$

la cual es un valor de la variable aleatoria F_2 que tiene la distribución **F** con $b - 1$ y $ab(n-1)$ grados de libertad cuando H''_0 es verdadera. Se rechaza la hipótesis nula a nivel de significancia α cuando $f_2 > f_{\alpha} [b-1 , ab(n-1)]$.

Finalmente para probar la hipótesis H'''_0 , de que los efectos de interacción AB son todos iguales que cero, se calcula la razón :

$$f_3 = \frac{s_3^2}{s^2} ,$$

la cual es un valor de la variable aleatoria F_3 que tiene la distribución **F** con $(a - 1)(b-1)$ y $ab(n-1)$ grados de libertad cuando H'''_0 es verdadera. Se concluye que la interacción está presente cuando $f_3 > f_{\alpha} [(a-1)(b-1) , ab(n-1)]$.

Los cálculos del problema de análisis de varianza , para el experimento de 2 factores con 3 réplicas, se resume en la tabla 5.2 apéndice B

6.4. FÓRMULAS PARA CALCULO DE SUMA DE CUADRADOS⁷

$$SST = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{T_{...}^2}{abn}$$

$$SSA = \frac{\sum_{i=1}^a T_{i..}^2}{bn} - \frac{T_{...}^2}{abn}$$

$$SSB = \frac{\sum_{j=1}^b T_{.j.}^2}{an} - \frac{T_{...}^2}{abn}$$

$$SS(AB) = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b T_{ij.}^2}{n} - \frac{\sum_{i=1}^a T_{i..}^2}{bn} - \frac{\sum_{j=1}^b T_{.j.}^2}{an} + \frac{T_{...}^2}{abn}$$

$$SSE = SST - SSA - SSB - SS(AB)$$

⁷ [R8, pp 375 - 502]

7 RESULTADOS

TABLA 7.1

Datos originales del experimento de dos factores con observaciones triplicadas de la cantidad del aceite esencial de la semilla de Ambrette, y sus respectivos totales.

Tiempo de Agitación (min.)	Cantidad de semilla molida (gr. / 100 ml de éter)			
	10	20	30	Total
60	0.8965	1.6593	2.0363	13.5729
	0.8783	1.6021	1.9873	
	0.8872	1.6245	2.0014	
120	0.7187	1.2785	1.7534	11.197
	0.7034	1.2695	1.7696	
	0.7131	1.2725	1.7483	
180	0.6778	1.1533	1.3991	9.727
	0.6972	1.1625	1.4025	
	0.6731	1.1597	1.4018	
Total	6.8453	12.1816	15.4697	34.4966

TABLA 7.2

Tabla de totales del experimento de dos factores con tres repeticiones de las cantidades de aceite esencial obtenido.

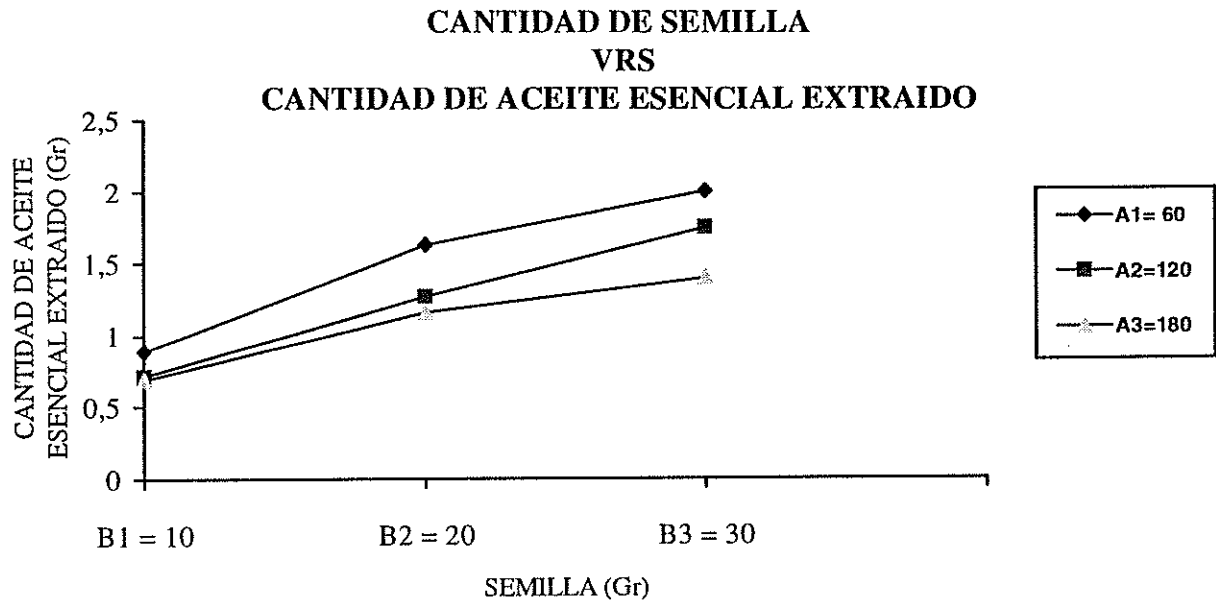
	b1	b2	b3	TOTAL
a1	2.662	4.8859	6.025	13.5729
a2	2.1352	3.8202	5.2413	11.1967
a3	2.0481	3.4755	4.2034	9.727
TOTAL	6.8453	12.1816	15.4697	34.4966

TABLA 7.3

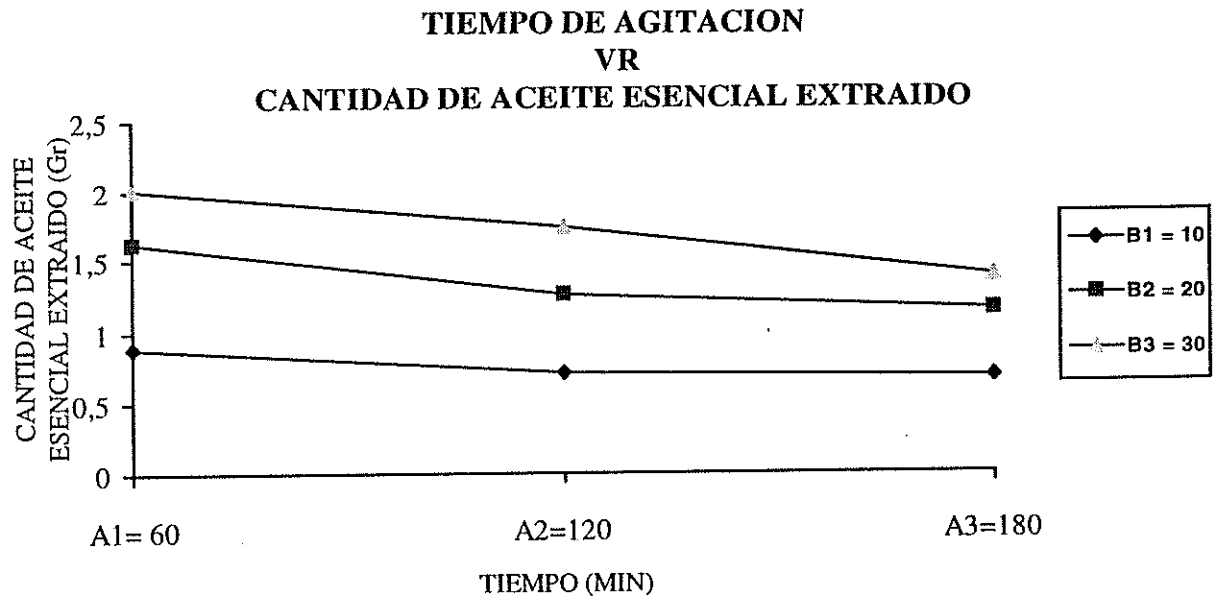
Análisis de varianza para el experimento de dos factores con tres repeticiones de la extracción del aceite esencial de la semilla de Ambrette.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculada	Probabilidad	Valor crítico para F
Tiempo de agitación	0.8369	2	0.4185	2014.647	6.807E-22	3.555
Cantidad de semilla molida	4.2099	2	2.1049	10133.997	3.409E-28	3.555
Interacción	0.1537	4	0.0384	184.945	2.355E-14	2.928
Error estadístico	0.0038	18	0.0002			
Total	5.2042	26				

Grafica No 1.



Grafica No 2.



8

DISCUSION DE RESULTADOS

Para la extracción del aceite esencial de la semilla de Ambrette (Hibiscus abelmoschus, Linn), se desarrolló el método de extracción por solventes volátiles, y se utilizó éter etílico. Se evaluó el comportamiento de la extracción del aceite esencial, para determinar las condiciones óptimas la cual se hizo con tres tiempos de agitación y tres cantidades de semilla diferentes a un volumen constante de 100 ml. de éter etílico .

Como se muestra en la tabla 7.1, se obtuvieron observaciones triplicadas de cantidad de aceite esencial en cada combinación de los tratamientos; en la tabla 7.2 se encuentran tabulados los totales de cada tratamiento; como se puede observar en esta tabla, con 30 gr de semilla se obtiene mayor cantidad de aceite esencial con un tiempo de agitación de 60 min, por lo tanto, ésta es la condición óptima del método desarrollado.

Utilizando las fórmulas para el cálculo de sumas de cuadrados y un nivel de confianza $\alpha = 0.05$; se obtuvieron los resultados del análisis de varianza tabulados en la tabla 7.3, de la cual se comprueban las siguientes hipótesis:

- a) Se rechaza H_0 y se concluye que diferentes tiempos de agitación , implican diferentes cantidades de aceite esencial.
- b) Se rechaza H_0 y se dice que la cantidad de aceite esencial obtenido se ve afectado por las tres diferentes cantidades de semilla.
- c) Se rechaza H_0 y se concluye que la interacción entre ambos factores es significativa, es decir, el tiempo de agitación y la cantidad de semilla afecta la cantidad de aceite esencial obtenido.

De acuerdo con el resultado del análisis de varianza de los factores A (Tiempo de agitación) y B (Cantidad de semilla molida) , se determinó que los factores, sobre la variable respuesta (Cantidad de aceite esencial obtenido) y la interacción que existe entre ambos es *significativa*. Por lo tanto, se procede a inferir acerca de los efectos principales de los factores.

En los resultados de la tabla 7.2, se muestran los efectos de los factores principales A y B.

El factor A presenta un efecto negativo sobre la variable, en respuesta del experimento en los niveles del factor B, ya que se observa una disminución de la cantidad de aceite esencial para los niveles crecientes del factor B.

El efecto del factor B es positivo, e indica que la cantidad de aceite esencial extraído aumenta conforme los niveles crecientes del factor A.

Como indica el gráfico No.1, la cantidad de semilla molida Vrs. Cantidad de aceite esencial; la cantidad de aceite esencial obtenido varía en forma directamente proporcional a la cantidad de semilla utilizada; a mayor cantidad de semilla, se obtiene mayor cantidad de aceite esencial. Tomando un tiempo de agitación constante de $A_1 = 60$ min, se tiene que con 10 gr de semilla se obtiene 0.883 gr de aceite, y con 30 gr de semilla se obtiene la máxima cantidad de 2.00 gr. de aceite esencial.

El gráfico No. 2. Tiempo de agitación Vrs. Cantidad de aceite esencial, muestra que la cantidad de aceite esencial extraído varía en forma inversamente proporcional al tiempo de agitación. A una cantidad determinada de semilla, conforme aumenta el tiempo de agitación, así disminuye la cantidad de aceite obtenido.

9 CONCLUSIONES

1. La condición óptima del método de extracción, por solventes volátiles desarrollado, se obtiene con la mayor cantidad de semilla de Ambrette (Hibiscus abelmoschus, Linn), 30 gr y el menor tiempo de agitación de 60 min.
2. El tiempo de agitación, la cantidad de semilla molida y la iteración de ambos factores influye significativamente sobre la cantidad de aceite esencial obtenido de la semilla de Ambrette.
3. La cantidad de aceite esencial obtenido de la semilla de Ambrette varía en forma directamente proporcional respecto a la cantidad de semilla utilizada, e inversamente proporcional al tiempo de agitación.

10 RECOMENDACIONES

1. Se debe continuar con la investigación del análisis del aceite esencial de la semilla de Ambrette (Hibiscus, abelmoschus, Linn), y encontrar sus diferentes aplicaciones en el área de cosméticos y usos medicinales.
2. Hay que tomar en cuenta las condiciones óptimas encontradas en la extracción del aceite esencial de la semilla de Ambrette.

11 REFERENCIA

1. ARCTANDER , Steffen. Perfume and flavor chemicals (aroma chemicals).
Published by the Author 1969, Montclair, N. J. (U.S.A.).
Printed in Denmark. Vol. II , 675 pp.
2. BERNARDINI, E. Tecnología de aceite esenciales y grasas. España:
Editorial Alhambra, s.a. 1981. 125 pp.
3. GREENBERG, León A , et.al. Handbook of cosmetic materials. U.S.A.
Interscience Publishers, inc. 1954. 192 pp.
4. GUENTHER, Ernest. The essential oils. U.S.A.
Vol I pp 118 - 196,140.
Vol. II pp 258 , 689, 156
Vol. IV pp 173.
5. KIRK, Raymond E. et.al. Enciclopedia de Tecnología Química. s.l.i.
Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana. 1961.
Vol. I 60 - 67 pp.
6. MENDEHALL, William. Introducción a la probabilidad y la estadística.
Dr. Carlos segami. Estado Unidos de América: Grupo editorial
Iberoamérica, S.A. de C.V. 1987. 443 pp.
7. STANDLEY, Paul C. et.al. Flora de Guatemala. s.l.i
Fieldiana: Botany. 1949. Parte VI 346 pp.
8. WALPOLE, Ronald E., et.a.l. Probabilidad y estadística. Gerardo Maldonado Vázquez
Cuarta Edición. México: McGRW-HILL/INTERAMERICANA DE
MÉXICO , S.A. de C.V. 1992. 373 - 502 pp.
9. WINGROVE, Alans., et.a.l. Química Orgánica.
Lic. Mei Mei Alicia Chu Pulido. México: Harla S.A. de C.V.
1984. 842 pp.

12 BIBLIOGRAFÍA

1. CANO Morales Telma Maricela. Evaluación del grado de conversión para una reacción de segundo orden (sistema yoduro-persulfato) catalizada, a diferentes concentraciones, realizada en un reactor tubular escala laboratorio, a diferentes temperaturas de operación. (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala), Guatemala, junio de 1989.
2. CARDONA Cabrera Carlos Alberto. Evaluación del proceso de blanqueo de la cera de arrayán (Myrica Cerifera L.) en suspensión con hipoclorito de calcio a diferentes concentraciones y valores de pH (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala), Guatemala, julio de 1994.
3. Enciclopedia universal ilustrada. España
Editorial Espasa - Calpe, S.A. s.f.
Tomo IV.
4. E.O.A. Book of standards and specifications. U. S. A.
Essential oil association of U.S.A. Inc. 1947.
5. Essential oils productions in developing countries. Inglaterra.
(documento de la conferencia presentada en Londres 15 al 19 mayo)
s.p.i. 1967.
6. KENT, James A. Biblioteca Riegel de Química Industrial.
Segunda Edición. s.l.i. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V.
1987. Vol. II.
7. PARRY, E. J. Chemistry of essential oils and artificial perfumes.
Cuarta Edición. Inglaterra. s.p.i. 1992. Vols I - II.
8. URIZAR Pérez Claudia Cristina. Efecto de la concentración del catalizador en el grado de conversión para una reacción homogénea de segundo orden sistema reactor tubular isotérmico, escala laboratorio, yoduro- persulfato) a diferentes concentraciones de reactante, en un reactor tubular isotérmico , (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala), Guatemala, junio de 1994.

13 APÉNDICE

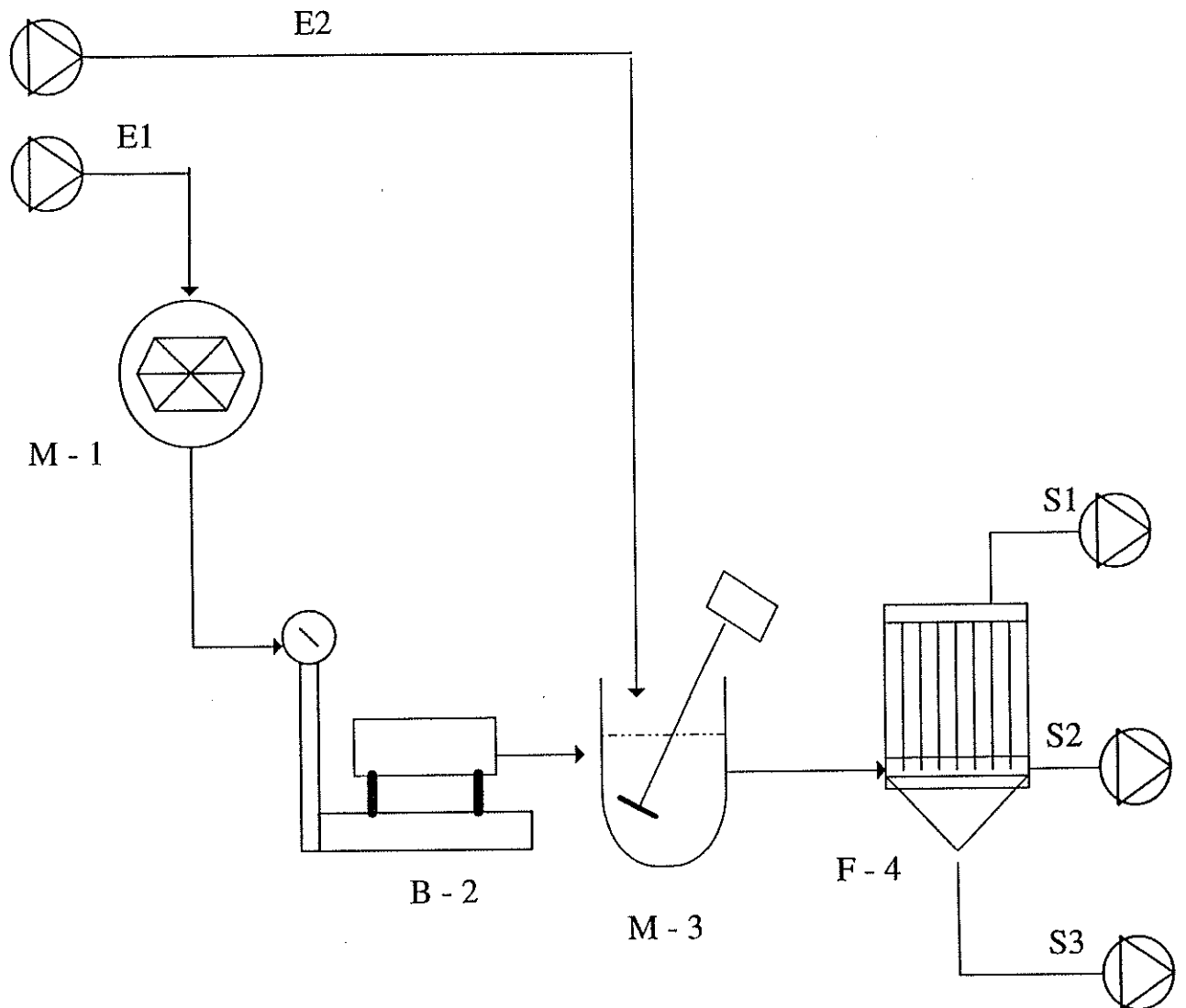
13.1 CARACTERIZACION DEL MODELO DEL PROCESO

El proceso puede ser caracterizado definiendo los flujos de entrada, los flujos de salida, los factores controlables variables, los factores incontrolables variables y la variable respuesta.

- a) Flujos de entrada
 - Semilla molida de Ambrette (Hibiscus abelmoschus, Linn).
 - Éter etílico, solvente.
- b) Flujos de salida
 - Solvente, éter etílico evaporado.
 - Semilla de ambrette tratada.
 - Aceite esencial extraído de la semilla de ambrette.
- c) Factores controlables variables
 - Temperatura
 - Tiempo de agitación
 - Solvente
 - Tamaño de la unidad experimental
 - Velocidad de agitación
- d) Factores incontrolables
 - Variabilidad inherente en las propiedades de las sustancias
 - Falta de uniformidad en la conducción física del experimento
- e) Variable respuesta
 - Cantidad de aceite esencial extraído de la semilla de ambrette (Hibiscus abelmoschus, Linn).

APÉNDICE A

DIAGRAMA DE FLUJO

**Figura 2.**

Esquema del diagrama de flujo para la extracción de aceite esencial de la semilla de ambrette (Hibiscus abelmoschus, Linn)

\bar{y}_j = media de las observaciones para el j-ésimo nivel del factor B
 $\bar{y}_{...}$ = media de todas las abn observaciones.

Tabla 5.2 Análisis de varianza para el experimento de dos factores con 3 réplicas.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	f calculada
EFFECTO PRINCIPAL				
A	SSA	a - 1	$s_1^2 = \frac{SSA}{a - 1}$	$f_1 = \frac{s_1^2}{s^2}$
B	SSB	b - 1	$s_2^2 = \frac{SSB}{b - 1}$	$f_2 = \frac{s_2^2}{s^2}$
INTERACCION DE LOS FACTORES				
AB	SS(AB)	(a-1)(b-1)	$s_3^2 = \frac{SS(AB)}{(a - 1)(b - 1)}$	$f_3 = \frac{s_3^2}{s^2}$
Error	SSE	ab(n-1)	$s^2 = \frac{SSE}{ab(n - 1)}$	
Total	SST	abn - 1		