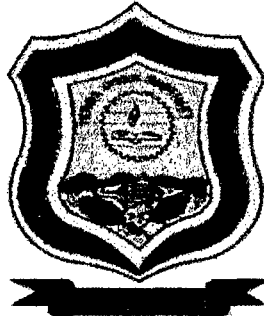


Universidad Nacional Agraria de la Selva

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**Departamento Académico de Ciencia, Tecnología e
Ingeniería de Alimentos**



**“Extracción de aceite esencial a partir de cáscara de
naranja Valencia (*Citrus sinensis*) por dos métodos:
Arrastre de vapor y solvente orgánico.”**

T E S I S

**PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

PRESENTADO POR:

Gilbert Pérez Pezo

Tingo María – Perú

2000



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

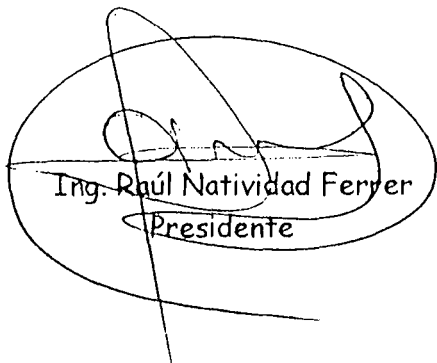
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el jueves 21 de diciembre del 2000, a horas 9:00 am., en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentada por el Bachiller en Ciencias Industrias Alimentarias: **Gilbert PÉREZ PEZO**.

“Extracción de aceite esencial a partir de cáscara de naranja valencia (*Citrus sinensis*) por dos métodos: arrastre de vapor y solvente orgánico”

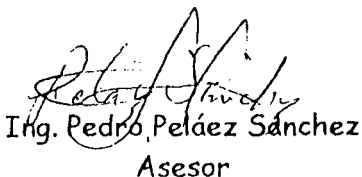
Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, la declaran aprobada con el calificativo de **Bueno**, en consecuencia el Bachiller: : **Gilbert PÉREZ PEZO**, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art.22° de la Ley Orgánica de la Universidad Peruana 23733; con los artículos 43° y 45° del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; con los artículos 95° y 96° del Reglamento General de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, diciembre 27 del 2000


Ing. Raúl Natividad Ferrer
Presidente




Ing. Sergio Rodríguez Rubio
Vocal


Ing. Pedro Peláez Sánchez
Asesor

Al Dios Eterno, por su provisión y sustento durante la culminación de mi carrera profesional.

A la memoria de mis padres: **ERNESTO y ANGELICA**, por el cariño y ayuda, para hacer de mi un profesional.

A mi amada esposa: **MELITA** é hijos: **JUAN, DANIEL y KELCY** , por su compañía, comprensión y apoyo moral en la culminación de mi carrera.

A mis hermanos: **SEGUNDO, WASHINGTON, ROSA, VICTOR Y JULIO**, con el cariño y aprecio de siempre que significaron un estímulo para mi superación.

AGRADECIMIENTO

- A la UNAS, por ser parte de mi formación profesional.
- Al Ing. Pedro Peláez Sánchez, Patrocinador del presente trabajo de investigación.
- Al Lic. Víctor Mallqui Suárez, por su apoyo moral y consejos oportunos.
- A los esposos Estalino y Victoria, por su apoyo en la ejecución del presente trabajo de investigación.
- Al Colegio Particular Amazonas, por el financiamiento en la ejecución del presente trabajo de investigación.
- A la Iglesia Las Asambleas de Dios de Tingo María, por su apoyo con sus equipos de impresión.
- Al Ing. Roberto Dávila Trujillo, por su colaboración en el presente trabajo.
- Al Ing. Juan Choque Ticacala, por su valioso apoyo en la parte estadística.
- Al Bach. Alfredo Flores Buendía, por su colaboración en el presente trabajo.
- A la Bach. Ines Zegarra Aliaga, por su colaboración en el presente trabajo.
- Al Sr. Quinto Estelo Celestino, por su colaboración en el presente trabajo.
- Al personal de los Laboratorios de: Química, Nutrición, Microbiología y Análisis de Alimentos por su colaboración en la realización de los respectivos análisis.
- A todas aquellas personas que de una y otra forma me apoyaron en la culminación de mi carrera profesional.

INDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISION DE LITERATURA	2
	A. Características Generales de la Naranja	2
	1. Descripción botánica	2
	2. Clasificación botánica	3
	3. Variedades	3
	4. Importancia	4
	5. Utilización	4
	6. Composición química de la cáscara de naranja dulce.....	5
	B. Los aceites esenciales	6
	1. Generalidades	6
	2. Clasificación de los aceites esenciales	7
	3. Origen de los aceites esenciales	7
	4. Distribución de los aceites esenciales	8
	5. Función de los aceites esenciales	9
	6. Composición de los aceites esenciales	9
	C. Cítricos Productores de Aceites Esenciales	11
	1. Generalidades	11
	2. La naranja valencia	12
	3. Partes de la fruta cítrica	12

D. Características del Aceite Esencial de Cáscara de Naranja ..	13
1. Composición química	13
2. Constituyentes más importantes	14
3. Características físico-químicas	14
E. Extracción de Aceites Esenciales	15
1. Generalidades	15
2. Métodos de extracción de aceites esenciales	16
3. Envasado	18
4. Aplicaciones de los aceites esenciales	18
III. MATERIALES Y METODOS	20
A. Lugar de Ejecución	20
B. Materiales y Equipos	20
1. Materia prima	20
2. Insumos	20
3. Equipos, materiales y reactivos utilizados	21
C. Métodos de Análisis	23
1. Caracterización de la naranja valencia	23
2. Caracterización del aceite esencial de cáscara de naranja Valencia	26
D. Metodología Experimental	28
1. Caracterización de la naranja valencia	28
2. Proceso de obtención de aceite esencial de cáscara de naranja valencia	28
3. Pruebas finales	35

E. Diseño Experimental	36
1. Determinación de los parámetros por el método arrastre de vapor	36
2. Determinación de los parámetros por el método solvente orgánico	37
F. Análisis Estadístico	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
A. Caracterización de la naranja valencia	40
1. Grado de madurez	40
2. Determinación de los componentes	41
3. Composición químico proximal de la cáscara de naranja	41
4. Análisis físico químico de la cáscara de naranja valencia	43
B. Proceso de obtención de aceite esencial de cáscara de naranja valencia	44
1. Extracción por arrastre de vapor	44
2. Extracción por solvente orgánico	52
C. Pruebas finales	59
1. Flujogramas de operaciones óptimos y balance de materia del proceso de obtención de aceite esencial	59
2. Caracterización del aceite esencial	66
V. CONCLUSIONES	71
VI. RECOMENDACIONES	73
VII. BIBLIOGRAFÍA	74

RESUMEN

Se obtuvo aceite esencial de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), variedad valencia, utilizando dos métodos de extracción: arrastre de vapor y solvente orgánico; variando tres tamaños diferente de partículas y tres cantidades de muestra : para el método de arrastre de vapor (0,5 ; 1,0 y 2,0 cm² por 0,35 cm de espesor aprox. y 300, 600 y 900 g de carga); para el método del solvente orgánico (tamaños de 0,425 ; 1,0 y 1,8 mm. y 3,0002 , 6,0004 y 9,0003 g de carga).

Para obtener el aceite esencial por el método arrastre de vapor se realizaron las siguientes operaciones: selección, pelado, cortado, pesado, extracción; y para el método del solvente orgánico: selección, pelado, cortado, secado, molido, tamizado, pesado, extracción.

Como resultado de la evaluación estadística, conduciendo el experimento en un diseño bloque completo al azar con arreglo factorial combinatorio 3 x 3; el mejor tratamiento, con un rendimiento de 0,26% para el método de arrastre de vapor fue: tamaño de partícula : 0,50 cm² x 0,35 cm de espesor y para el método del solvente orgánico, con un rendimiento de 0,32%; tamaño de partícula 1,0 mm con 9,0003 g de muestra.

El aceite esencial obtenido por arrastre de vapor presentó las siguientes características: residuo de evaporación 4 %, índice de peróxido 0,8790 meq/kg, densidad 0,8412 g/ml, índice de refracción 1,4702, índice de acidez 0,1970 %. El aceite esencial obtenido por solvente orgánico presentó las siguientes características: residuo de evaporación 2,43 %, índice de peróxido 0,0 meq/kg, densidad 1,2345 g/ml, índice de refracción 1,4400, índice de acidez 4,27 %.

Como resultado de la evaluación sensorial del aceite esencial obtenido por arrastre de vapor fue calificado como: transparente; **color**: incoloro; **olor**: ligeramente penetrante; **sabor**: ligeramente picante. Por solvente orgánico presentó las siguientes características: ligeramente opaco; **color**: ligeramente claro verdoso; **olor**: ligeramente penetrante; **sabor**: ligeramente picante.

La evaluación microbiológica del producto indicó ausencia de microorganismos contaminantes.

ABSTRACT

It was obtained essential oil from peel orange (*Citrus sinensis*), Valencia variety, using two methods of extraction: steam distillation and organic solvent method; selecting three particle sizes and three amount of charge; for method steam distillation (0,5; 1,0 and 2,0 for 0,35 cm of thickness and 300, 600 and 900 g of charge) ; for organic solvent method (0,425; 1,0 and 1,8 mm and 3,0002; 6,0004 and 9,0003 g of charge)

In order to obtain essential oil by the method of steam distillation it executes: selection, peel, cut, weight, extraction; for the organic solvent method it executes: selection, peel, cut, dry, ground, screened, weight, extraction.

As a result of stadistical evaluation conducing the experiment as a randomized complete design with factorial experiments (combination) 3 x 3, the best treatment with a yield of 0,26% for steam distilaltion was: size of particule: 0,50 cm² x 0,35 cm of thickness and for the organic solvent method with a yield of 0,32%: size of particule 1,0 mm with 9,0003 g of sample.

The essential oil obtained by steam distillation presented the following characteristics: residue of distillation 4%, peroxide index 0,8790 meq/Kg, density 0,8412 g /ml, refraction index 1,4702, acidity index 0,1970%. The oil obtained for organic solvent method presented the following characteristics :

residue of distillation 2,43 %, peroxide index 0,0 meq/Kg, density 1,2345 g/ml, refraction index 1,4400, acidity index 4,27%.

As result of sensorial evaluation, the essential oil obtained by steam distillation presented the following characteristics : Transparent, **color** : colorless; **odor**: light odor; **flavor** : light piquant. The one obtained for organic solvent presented the following characteristics : light opaque ; **color** : light clear green ; **odor** : light pierce ; **flavor** : light piquant.

Microbiological evaluation of product indicated absence of pollutant microorganisms.

I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país se han desarrollado industrias que procesan naranja; sin embargo la cáscara no ha sido aprovechada racionalmente, constituyéndose en producto de desecho, utilizándose en un mínimo porcentaje en la elaboración de mermeladas.

En la zona de Tingo María, las cáscaras de naranja son desechadas después del pelado, utilizándose únicamente el jugo; esto indica que no se aprovecha integralmente desperdiciando el subproducto presente en la cáscara, que es el aceite esencial, que tiene gran demanda en nuestro País y en el exterior.

El aceite esencial de la cáscara de naranja es un producto que se utiliza en la industria de gaseosas para preparar bebidas, también se usa en la industria panificadora como esencia y otras aplicaciones.

A través de la ciencia y tecnología se buscan alternativas de solución integral, por lo que en este trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Obtener los parámetros tecnológicos óptimos para la extracción del aceite esencial de la cáscara de naranja Valencia.
- Comparar el rendimiento y la calidad del aceite esencial de cáscara de naranja Valencia extraídas por arrastre de vapor y por solvente orgánico.
- Evaluar las características físico químicas, microbiológicas y organolépticas del aceite esencial obtenido.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA NARANJA

1. Descripción botánica

Según Praloran (1977), el árbol es de gran talla y vigoroso, con porte a veces erecto. El fruto, de forma más o menos esférica, es de tamaño mediano. La piel esta bien coloreada pero puede reverdecer en verano, y es lisa y regularmente espesa.

Las hojas son de lámina ancha, lámina de la hoja más o menos 10% mas gruesa. Apice aguda, base redondeada, peciolo corto, alas angostas, color claro, olor poco intenso debido a la ausencia de antramilato de metilo, muchos estomas (Aguilar, 1989).

Sus frutos son inicialmente de forma esférica pero en el momento de la recolección adquieren una forma ligeramente ovalada por la elongación de su epidermis en las proximidades del pedúnculo. Su peso es alrededor de 170 g su corteza, firme y resistente, y de un espesor de unos 4 mm, que lo protege de golpes durante su manipulación.

De color naranja claro, tiende a reverdecer al final de la primavera, sobre todo con la aparición de los primeros colores. Su pulpa apenas tiene semillas y es muy rica en zumo (Loussert, 1992).

Según Rebour (1969), el fruto presenta, forma: redonda, a veces ligeramente oval, piel: de firmeza media, firme resistente; ligeramente granulosa, poco coloreada. Círculo de un centímetro de radio, deprimido en el polo pistilar.

Tendencia a retornarse verde en el verano. A menudo sin pepitas a veces hasta seis; pulpa: muy jugosa, acidulada, sabor agradable, bien coloreada en la madurez; piel de los gajos, cariácea.

2. Clasificación botánica

Morin (1980), presenta la siguiente clasificación:

Reyno	:	Vegetal
División	:	Traqueofita
Subdivisión	:	Angiospermas
Clase	:	Dicotiledóneas
Subclase	:	Arquiclamídeas
Orden	:	Geraniales
Suborden	:	Geraniineas
Familia	:	Rutáceas
Subfamilia	:	Aurantioideas
Género	:	Citrus
Especie	:	<i>Citrus sinensis</i>

3. Variedades

Entre las variedades de Naranja, la “valencia late” no sólo es la más tardía, sino también la que tiene mayores facultades de adaptación.

“Valencia Campbell” Clon micelar de “valencia” .

“Valencia Olinda”. Clon micelar de valencia descubierto por Webber y batchelor en olinda en 1939.

“Valencia Frost”. Clon micelar de valencia obtenido en 1915 por Frost.

“Vernia”. Naranja tardía española de frutos ovalados, a menudo de calidad inferior a la de “valencia” (Praloran, 1977).

Según Loussert (1992), las variedades mas cultivadas en el mediterráneo son: Salustiana, Hamlin, cadenera, shamouti y valencia late.

4. Importancia

Según Formoso (1992), la naranja es comercializada en forma de jugos, considerando las esencias, huesos, pulpa y cortezas como subproductos.

Rebour (1969), califica a la naranja como una excelente fruta de mesa, rica en vitaminas C , en calcio y en fósforo. Su corteza la preserva de las manchas y hace que su consumo pueda ser realizado con la máxima higiene. Cocida con azúcar, mezclada con la amarga, da buenas mermeladas y confituras.

5. Utilización

El jugo de naranja puede ser consumido puro o en forma de naranjada. La corteza, seca o confitada, se utiliza en confitería. La corteza da un

aceite esencial, solicitado por los licoreros, perfumistas y farmacéuticos (Rebour, 1969).

Según Yufera (1979), en los Estados Unidos, el 60 por 100 de la dieta recomendada, de la vitamina C, esta cubierta por el jugo de naranja.

6. Composición química de la cáscara de naranja dulce

En el Cuadro 1, se muestra los componentes y sus porcentajes de la cáscara de naranja dulce.

Cuadro 1. Composición química de la cáscara de naranja

COMPONENTES	PORCENTAJE
Humedad	78,00
Acidos Libre	0,12
Glucosa	7,35
Sacarosa	2,25
Lípidos	0,42
Proteínas	1,24
Celulosa	1,84
Lionina	0,84
Ceniza	0,05

Fuente: Praloran (1977).

En el Cuadro 1, vemos que la piel solo contiene un 78 % de agua, en tanto que la pulpa contiene casi un 90%.

Las determinaciones del contenido acuoso de los limones han revelado la presencia de un 81 % de agua en la piel y de un 90% en la pulpa, cifras que en poco difieren de las de naranja.

B. LOS ACEITES ESENCIALES

1. Generalidades

Según Adrián (1990), los aceites esenciales son mezclas volátiles, solubles en alcohol y en los solventes orgánicos y las grasas, utilizados por sus propiedades organolépticas.

Gordon (1982), manifiesta que los aceites esenciales son mezclas de productos químicos, muchos de los cuales no se producen a partir de glicerol y ácidos, y que, por lo tanto, no está justificada su inclusión en el grupo químico de las grasas.

Como producto industrial estos aceites ya se conocían antiguamente en Egipto, Persia y la India (Rafols, 1964).

Según Berk (1990), los aceites esenciales son mezclas de varias sustancias orgánicas volátiles y algunos materiales cerosos no volátiles. El término "aceite" en su denominación no se refiere a característica química alguna, sino que implica que estas sustancias son insolubles en agua pero solubles en solventes no polares.

2. Clasificación de los aceites esenciales

Los aceites esenciales ó los extractos aromáticos que contienen terpenos, se pueden clasificar en no oxigenados (hidrocarburos) y fracciones oxigenadas, respectivamente. Frecuentemente los terpenos oxigenados exhiben un flavor mas deseable que los terpenos no oxigenados y, por tanto, los primeros se prefieren para algunas aplicaciones del flavor. Por ejemplo, el aceite esencial de naranja "sin terpenos", contiene principalmente la fracción de terpenos oxigenados de los aceites esenciales de naranja (Fennema, 1993).

Según Hawthorn (1983), los aceites esenciales se dividen en dos grandes grupos:

- Aceites esenciales que son usualmente volátiles, obtenidos por destilación en corriente de vapor de agua o por extracción por prensado.
- Oleorresinas, que se obtienen normalmente mediante extracción con solventes de los tejidos vegetales y que pueden contener una cantidad sustancial de componentes no volátiles.

3. Origen de los aceites esenciales

Según Rafols (1964), el origen de los aceites esenciales en las plantas no se conoce todavía con exactitud. La secreción aparece en distintos grupos de células en las glandulares exteriores, el aceite se acumula entre la pared y una película finísima que se rompe al menor roce; en

cambio, las células glandulares interiores, distribuidas por toda la planta, no siempre producen aceite de idéntica composición.

Fennema (1982), menciona que los aceites esenciales se hallan en glándulas de esencia, como en las pieles de los frutos cítricos ó las hojas de menta. No obstante lo mas corriente es que estas sustancias estén repartidas uniformemente por el tejido.

En algunos frutos, el material oloroso puede estar de hecho disuelto en el jugo; sin embargo, en muchos casos en los frutos y en las hojas, los aceites esenciales se encuentran en numerosos y pequeños receptáculos ó glándulas, localizados en el epicarpio adyacente a los cromoplastos. Estas glándulas ó receptáculos intercelulares, con aspecto de canales, no tienen conducto excretor ni paredes celulares normales, sino que se hallan limitadas por los desechos de los tejidos degradados (Berk, 1990).

4. Distribución de los aceites esenciales

Según Berk (1990), los aceites esenciales, las sustancias odoríferas presentes en prácticamente todo los vegetales son muy numerosas y ampliamente distribuidas en muchas partes distintas del mismo vegetal: en las raíces, tallos, hojas, flores y frutos.

Austin (1988), manifiesta que los aceites esenciales se encuentran en brotes, flores, corteza, hojas, tallos, frutos, semillas, madera, raíces y rizomas y en algunos árboles en exudados oleorresinosos.

5. Función de los aceites esenciales

Según Rafols (1964), los aceites esenciales no vuelvan al tronco al perder la planta sus hojas cabe inferir que esta sustancia no desempeña un papel muy importante en su metabolismo.

Al buscar las razones de su existencia se ha supuesto que ejercen un efecto atractivo para los animales ó quizá se confieren una protección contra ellos. Otra teoría les atribuye la facultad de cicatrizar las lesiones o la de constituir una capa que evita la evaporación excesiva de agua.

Según Berk (1990), aún permanece oscura la función fisiológica de los aceites esenciales en el metabolismo de los vegetales. Mientras que el principio oloroso en las hojas o las flores puede suponerse de utilidad para la atracción de insectos al polen, no puede atribuirse el mismo fin al aceite presente en otras partes del vegetal. El aceite puede actuar posiblemente como una protección frente al ataque de los insectos.

6. Composición de los aceites esenciales

Según Fennema (1982), la mayoría de las sustancias odoríferas de las frutas son compuestos oxigenados (ésteres, alcoholes, ácidos, aldehidos y cetonas), muchos de ellos derivados de los terpenoides o ácidos alifáticos inferiores y alcoholes.

Los elementos que componen los aceites esenciales, como fenoles, alcoholes, etc., también pueden entrar en el quimismo de la planta (Rafols, 1964).

Adrián (1990), manifiesta que las esencias vegetales tienen composición muy diversas aunque tienen en común algunas propiedades, como la insolubilidad en agua o el ser arrastrado por el vapor de agua.

Muchos aceites esenciales, tales como los de los frutos cítricos, contienen hidrocarburos terpénicos que contribuyen poco al aroma pero que se autooxidan fácilmente y se polimerizan (forman resinas) (Belitz, 1985).

Según Berk (1990), cuando un vegetal tiene aceites esenciales en varias partes del mismo, siempre difiere en su constitución; así por ejemplo, un naranjo tiene aceites esenciales en sus flores (aceite de azahar), en sus vástagos y hojas nuevas (aceite de petit-grain) en la cáscara amarilla (flavedo), en sus frutos (aceite de naranja), y, finalmente, un olor propio en el jugo de naranja; todos ellos muy diferentes en su olor y su composición química.

Los aceites esenciales de los cítricos (es decir, del fruto entero, incluyendo la piel) constan principalmente de terpenos, de los cuales el monoterpeno d-limoneno, representa normalmente el 80 % como mínimo. Sin embargo, el d-limoneno no es un componente del aroma y sabor tan importante como los terpenoides oxigenados, presentes en el aceite en cantidades mucho más pequeñas (Coúltate, 1984).

Cuadro 2. Principales constituyentes del aceite de la cáscara de cítricos.

Monoterpenos	Acidos	Aldehídos
α -Pinoeno	Acético	Acetaldehído
β -Pinoeno	Cáprico	Citral
α -Terpineno	Caprílico	Decanal
γ -Terpineno	Decílico	Geranial
d-Limoneno	Fórmico	Octanal
Mirceno	Octílico	Esteres
p.Cimeno	Alcoholes	Acet. de geranilo
Terpinoleno	Citronelal	Acet. de Linalilo
Sabineno	Geraniol	Antran. de Metilo
Canfeno	Linalol	Acetato de Octilo
Sesquiterpenos	Nonanol	
Bisaboleno	Octanol	
Cadineno	α -Terpineol	
Cariofileno	Terpinen-4-01	

Fuente: Badui (1994)

C. CÍTRICOS PRODUCTORES DE ACEITES ESENCIALES

1. Generalidades

Según Tarnawiecky, mencionado por Jefferson (1973), en el Perú se cultivan cítricos desde que fueron traídos por los españoles. Se cultivan muchas especies y variedades, pero la naranja dulce y el limón sutil predominan muy marcadamente en los sembríos y en el consumo.

Los cítricos pueden cultivarse en todo el territorio con excepción de las áreas frías de la sierra.

Los 2000 metros constituyen un límite en las quebradas y valles andinos para el cultivo de naranjas, aun cuando a esta altura los frutos son más

ácidos. El limón sutil y las limas pueden cultivarse a alturas un poco mayores.

2. La naranja Valencia

Según Braverman, mencionado por Jefferson (1973), se encuentra clasificada dentro de la especie *Citrus sinensis* (naranja dulce), ocupa una posición dominante en la industria de cítricos, ya que ningún otro fruto es tan apreciado y consumido.

Esta variedad de valencia es la más cultivada en el mundo. Es apreciada por ser tardía (se recolecta desde abril-mayo a junio-principios de julio) y por su adaptación (Loussert, 1992).

3. Partes de la fruta cítrica

a. Cáscara ó piel

Según Gerhardt (1975), la corteza de naranja está constituido por limoneno, citral, citronelal y pineno.

En la cáscara se distingue dos zonas: una externa coloreada y mas compacta, el flavedo, y otra interna, blanca y esponjosa, el albedo (León, 1987).

b. Flavedo

Tejido exterior en contacto con la epidermis y en él abundan vesículas, que contienen lípidos, aceites esenciales, y cromoplastos (Yufera, 1979). Está constituido por el epicarpio propiamente dicho, que se forma de epidermis, con paredes externas muy gruesas que tienen numerosos estomas, e hipodermis,

compuesta de clorénquima, con células ricas en cloroplastos amarillos y una gruesa capa de parénquima acuoso. Lo más notable en el flavedo son las glándulas de aceite en la superficie de la fruta como puntos redondos, más oscuros y hundidos. Estas glándulas tienen origen y estructura semejantes a las hojas (León, 1987).

c. Albedo

Es un tejido esponjoso, blanco y celulósico que constituye la mayor parte de la corteza.

El mismo tejido forma el corazón o eje central del fruto y ambos contienen los vasos que proporcionan al fruto el agua y los materiales nutritivos (Yufera, 1979).

Está constituido por células de paredes delgadas, que dejan entre ellas muchos espacios vacíos. Los tejidos blancos y esponjosos del albedo se prolongan hacia el interior de la fruta y forman los tabiques que separan los carpelos o gajos de la naranja y que se unen en el centro de la fruta con el eje vascular que parte del pedúnculo (León, 1987).

D. CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE CÁSCARA DE NARANJA

1. Composición química

En el Cuadro 3, se presenta la composición química del aceite esencial de cáscara de naranja.

Cuadro 3. Composición química del aceite esencial de cáscara de naranja.

Componentes	%
Fenoles :	0,09
Acidos :	0,05
Terpenos :	92,00
Sesquiterpenos :	0,03
Aldehidos :	0,78
Alcoholes :	0,37
Esteres :	2,10

Fuente: Guenter (1953).

2. Constituyentes mas importantes

Según Rafols (1964), la esencia de naranja dulce está constituida principalmente por d-limoneno, un compuesto blanco amorfo no volátil poco conocido y el resto, en una proporción de 1-1,58, de sustancias oxigenadas que determinan su calidad y aroma. Entre las más importantes se citan: d-linalool 40%, d-terpineol 30%, aldehido decílico 5%, aldehido nonílico 7%, eter caprílico 8%, alcohol nonílico 8%, indicios de antranilato de metilo.

3. Características físico químicas

En el cuadro 4 se presenta las Características físico-químicas del aceite esencial de naranja.

Cuadro 4. Características fisico-químicas de un buen aceite esencial según la farmacopea de EE.UU y Francia

Componentes	Características
Color	: amarillento
Densidad	: No menor de 0,842 ni mayor de 0,8460
Índice de Refracción	: No menor de 1,4723 ni mayor de 1,4737 a 20°C.
Residuos de evaporación	: No menor de 1 % ni mayor de 4%.

Fuente : Jefferson (1973).

E. EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

1. Generalidades

Según Fennema (1982), la técnica de extracción ejerce gran influencia sobre la calidad y cantidad del aceite esencial final.

Corrientemente se utiliza la destilación en corriente de vapor para obtener los aceites esenciales. Se destila el material vegetal en corriente de vapor o con vapor sobrecalentado, se condensa el destilado y la mayor parte del aceite forma una capa superficial que se espuma y almacena como aceite esencial.

Kirk Donal y Othmer, mencionados por Guevara (1982), manifiestan que existen diversos métodos mediante el cual se logra extraer las esencias

de los materiales que lo contienen. La elección del método depende de lo siguiente:

- Características de la materia prima.
- Volatilidad de la esencia.
- El porcentaje de esencia en la planta.
- Las características de pureza y calidad que se desea obtener.

2. Métodos de extracción de aceites esenciales

Frits Ullman, mencionado por Guevara (1982), manifiesta que en la actualidad se conocen los siguientes métodos para obtener aceites esenciales:

- Extracción por prensado
- Extracción por solución:
 - (●) con grasas sólidas frías
 - (●) con grasas líquidas calientes
 - (●) con solventes orgánicos volátiles
- Extracción por destilación mediante arrastre de vapor:
 - (●) destilación con agua.
 - (●) destilación con agua y vapor de agua.
 - (●) destilación con vapor directo (saturado ó vapor seco).

a. Método de extracción por destilación

Según Torres Carbajal, mencionado por Guevara (1982), la destilación se fundamenta en que el vapor mediante su acción

térmica físico química e incluso química (sobre todo el vapor húmedo), hincha las paredes de los tejidos y de las células, facilitando el paso de la esencia al exterior por medio de la ósmosis; una vez aislada la esencia, ésta destila o evapora a temperaturas muy inferiores a su punto de ebullición para condensarse posteriormente.

Existen 3 métodos básicos de destilación de aceites esenciales, que se diferencian por el grado de contacto entre el agua y el material de la planta, siendo los siguientes:

Destilación con agua: Es la forma mas simple de destilación de aceites esenciales, en el cual el material es completamente sumergido en agua en ebullición. Consiste en sobrecalentar un recipiente conteniendo agua con materia prima y luego hacer hervir.

Destilación con agua y vapor de agua: En este tipo de destilación, el material es colocado encima del nivel de agua en ebullición por medio de una rejilla. La carga no está expuesta directamente a la fuente de calor; alternativamente la carga y el agua, pueden ser calentada por un serpentín por el cual circula vapor o fuego directo.

Destilación con vapor directo: Este tipo de destilación constituye la técnica mas avanzada de destilación. La carga es mantenida sobre una rejilla que va dentro del alambique y el vapor procedente de un caldero es alimentado por intermedio de un serpentín cribado (planta industrial) ó por la parte inferior de la rejilla (laboratorio); el vapor puede ser saturado ó seco.

b. Método de extracción por solventes

Según Rafols (1964), es el proceso mas moderno para obtener aceites esenciales.

Sin embargo, este proceso ofrece ciertos inconvenientes, como el de presentar extractos mucho mas obscuro a causa de disolverse al mismo tiempo pigmentos de la planta o de las flores. Además, la solubilidad en alcohol diluido es mucho menor que la de los aceites destilados. Otro inconveniente de la manipulación con disolventes es la instalación, muy costosa, y el originarse ciertas pérdidas de aquellos durante el proceso.

3. Envasado

Según Siervers, mencionado por Guevara (1982), recomienda envasar el aceite esencial en materiales que reúnen ciertos requisitos como: que no reaccione con la esencia, siendo los mas recomendables en orden de prioridad, el acero inoxidable, aluminio, vidrio color ámbar, acero galvanizado y estaño; en todos los casos deben ser llenados completamente (para disminuir la presencia de oxígeno) y ser cerrados en forma hermética.

4. Aplicaciones de los aceites esenciales

Los aceites esenciales de cítricos se utilizan principalmente como saborizantes en la fabricación de bebidas carbonatadas, productos de pastelería, repostería, caramelería y similares (Morin, 1980).

Según Rafols (1964), los aceites esenciales también se utilizan en la elaboración de perfumes y jabones, en numerosas industrias, en medicina y en la preparación de determinados alimentos.

III. MATERIALES Y METODOS

A. LUGAR DE EJECUCIÓN

El trabajo fue realizado en los laboratorios de Análisis de Alimentos, Química, Análisis Sensorial y Análisis Microbiológico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la Provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, a una altitud de 670 msnm, temperatura promedio anual de 24° C. Latitud Sur: 09°17'58'', Longitud Oeste: 70°01'07'', con una humedad relativa de 80%, precipitación pluvial promedio anual de 3200 mm.

B. MATERIALES Y EQUIPOS

1. Materia prima

Para los experimentos preliminares y finales se utilizó Cáscara de Naranja Valencia (*Citrus sinensis*) procedente del Fundo "Lévano" entrada a Picuruyacu en la localidad de Castillo Grande.

2. Insumos

Para la extracción del aceite esencial utilizando cáscara de naranja valencia se utilizaron los siguientes insumos:

- Vapor
- Eter de petróleo

3. Equipos, materiales y reactivos utilizados

a. Equipos

- Equipo extractor de aceites esenciales por arrastre de vapor de agua.
- Equipo extractor Soxhlet de 100 ml
- Balanza de precisión marca Ohaus, modelo AP210S
- Peladora manual de naranja, marca FABREX; modelo PS-31
- Estufa de secado con corrientes de aire
- Refractómetro de mesa tipo ABBE – Hungría, graduado de 0 a 100 % de sacarosa
- Cocina eléctrica
- Agitador eléctrico
- PH-metro, Modelo pH-meter CG840, marca SCHOTT
- Micro digestor eléctrico
- Micro destilador al vapor por calentamiento eléctrico con reostato (Powerstat)
- Micro bureta automática

b. Materiales

- Cuchillo de acero inoxidable
- Probeta de 10 ml
- Jeringas de plástico de 3 y 4 cc
- Jeringa de vidrio de 10 ml
- Vaso de 1000 ml

- Matraz de 200, 500, 750 ml
- Fiola de 50 y 100 ml
- Vaso pp. de 50 , 100 y 250 ml
- Probetas de 10 y 50 ml
- Pipetas de 0,5 ml
- Picnómetro de 5 ml
- Bureta de 1 ml
- Balones micro kjeldahl

c. Reactivos

- Éter de petróleo
- Cloroformo
- Acido acético 1N
- Cloruro de calcio 1N
- Nitrato de plata 1%
- Yoduro de potasio
- Almidón al 1 %
- Solución de H_2SO_4 0,1N
- HgO libre de nitrógeno ($CuSO_4$)
- Na_2SO_4 (anhidro) pulverizado.
- Solución de hidróxido de sodio (NaOH)
- Solución de ácido bórico al 4%
- Solución indicadora
- Solución de HCl 0,1N

C. MÉTODOS DE ANÁLISIS

1. Caracterización de la naranja valencia

a. Características físicas

- 1) **Grado de madurez**, se evaluaron los frutos ligeramente verde, pintón y sobremaduro; determinándose el índice de madurez, que se expresa por la relación °Brix/Acidez.

Por esto la razón °Brix/acidez valorable aumenta cuando avanza la maduración y se toma universalmente, como índice de madurez (Yufera, 1979).

- 2) **Determinación biométrica**, se tomaron al azar 9 naranjas medianas clasificándolos en ligeramente verde, pintona y sobremadura determinándose los pesos de la naranja, cáscara y pulpa.

El porcentaje de cáscara y pulpa, se determinó separando la pulpa de la cáscara, luego por diferencia de pesos de las muestras se llevaron a porcentajes cada una de las partes del fruto con las siguientes formulas:

$$\% \text{ cáscara} = (Wc / Wt) \times 100$$

$$\% \text{ pulpa} = (Wt - Wc / Wt) \times 100$$

donde: Wt: peso total del fruto

Wc: peso de la cáscara

b. Composición químico proximal de cáscara de naranja valencia**1) Humedad**

Por el método de la estufa con recirculación de aire caliente a 70°C (N° 925,10, AOAC, 1997).

2) Proteína

Mediante el método microkjeldahl, empleando el factor 6,25 para los cálculos (N° 976,05, AOAC, 1990).

3) Grasa

Consiste en extraer la grasa por solvente (hexano) a muestras secas y molidas, depositadas en un matraz previamente tarado y por diferencia de pesos se obtiene la cantidad de grasa de la muestra, la que es llevada a porcentajes (N° 13,74, AOAC, 1984).

4) Fibra

La determinación de fibra bruta se basa en la digestión ácido-alcalina (Hart y Fisher, 1991).

5) Cenizas

Consiste en la incineración de la muestra a 500°C en una mufla por cinco horas, se enfría en desecador para ser pesado y es llevado a porcentajes (N° 923,03, AOAC, 1997).

6) Carbohidratos

Se determinó por diferencia de porcentajes.

c. Análisis físico químico de la cáscara de naranja valencia

1) pH

Mediante el potenciómetro (Nº 981, 12E, G, AOAC, 1997).

2) Sólidos solubles

Se determinó mediante el refractómetro de mano a 20°C, previo acondicionamiento de la muestra.

3) Sólidos totales

Este resultado se encuentra mediante diferencia del 100% y la humedad (Nº 925,10, AOAC, 1997).

4) Azúcares reductores

Mediante el procedimiento indicado por (Hart y Fisher, 1991).

5) Pectina

Se determinó siguiendo el método de Carre y Haynes, citado por (Egan, 1987).

2. Caracterización del aceite esencial de cáscara de naranja Valencia

a. Caracterización físico química

1) Residuo de evaporación

El método consiste en pesar el residuo de la fracción volátil del aceite esencial, que queda después de la evaporación al baño-maría (Indecopi, 1974).

2) Índice de peróxido

El método consiste en medir la facilidad de enranciamiento del aceite. Expresa el contenido en oxígeno reactivo según miliequivalentes de oxígeno peroxídico por Kg. de aceite.

3) Color

Se determinó organolépticamente, a través de un panel semientrenado.

4) Índice de acidez

Este método consistió en determinar la cantidad necesaria de miligramos de hidróxido de potasio, para neutralizar los ácidos libres contenidos en 1 g de aceite esencial (Indecopi, 1974).

5) Índice de refracción

Este método mide el ángulo de refracción del aceite esencial, mantenido en condiciones de transparencia (Indecopi, 1974).

6) Densidad

Este Método mide la relación entre el peso (masa) de un volumen dado de aceite esencial y su volumen, determinados a 20°C (Indecopi, 1974).

b. Análisis microbiológico

Se determinó este análisis con la finalidad de comprobar las condiciones higiénicas y sanitarias del manipuleo, extracción y envasado.

Los análisis realizados fueron:

- Numeración de microorganismos aeróbicos viables mesófilos (ICMSF, 1980)
- Numeración de mohos y levaduras (ICMSF, 1980)
- Numeración de coliformes totales (ICMSF, 1980)
- Numeración de staphylococcus aureus (ICMSF, 1980)
- Investigación de salmonella (ICMSF, 1980)

c. Análisis sensorial

Se realizaron pruebas de degustación utilizándose una escala hedónica de 5 puntos con un panel de evaluación organoléptica con dos repeticiones. En el panel intervinieron 10 personas semientrenadas, los que estuvieron presentes en todas las pruebas; el presente análisis tiene por finalidad evaluar la calidad del aceite

esencial de cáscara de naranja, al término de la prueba se seleccionaron las hojas de las pruebas de degustación, rechazando aquellos que presentaron anomalías.

Los resultados de los panelistas se sometieron al análisis de varianza, en el que se determinaron la existencia o no de diferencias significativas entre las muestras con un nivel de probabilidad de 5% de error (Natividad, 1988).

Al existir diferencias significativas se realizó la prueba de Tukey.

D. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

1. Caracterización de la naranja valencia

Se realizaron las siguientes determinaciones:

- Análisis físico químico de la naranja valencia
- Análisis químico proximal de la cáscara de naranja valencia
- Análisis físico químico de la cáscara de naranja valencia

2. Proceso de obtención de aceite esencial de cáscara de naranja valencia

a) Por el método arrastre de vapor

Este método consiste en la destilación, condensación y separación, que por su efecto físico químico se solubiliza y volatiliza la esencia formando una mezcla azeotrópica la cual es condensada por un flujo de agua que actúa en contracorriente, y finalmente es separada la mezcla líquida por su diferencia de densidades,

permaneciendo la esencia en la parte superior del matraz, debido a su menor densidad y su inmisibilidad con el agua (Oliva, 1982).

Las operaciones realizadas en la extracción de aceite esencial de cáscara de naranja se indica en el flujograma, de la Figura 1. Se muestran allí las operaciones fundamentales para la obtención del aceite esencial utilizando cáscara de naranja valencia, por el método de extracción por arrastre de vapor.

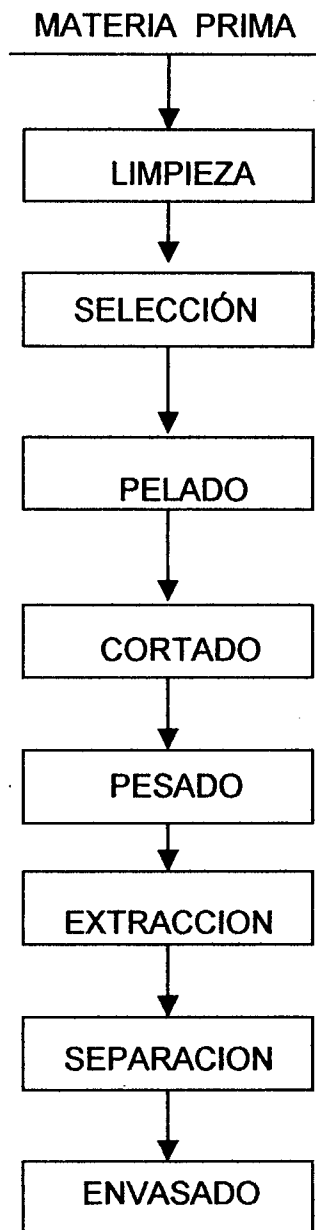


Figura 1. Flujo general para la extracción de aceite esencial de cáscara de naranja por el método de arrastre de vapor.

- **Limpieza**, el fruto fue limpiado mediante frotamiento con un mantel de tela remojado en agua fría con el objeto de eliminar toda materia extraña adherida a la fruta.
- **Selección**, se seleccionaron las frutas pintonas de óptimo estado sanitario, aproximadamente con 15,83 °Brix y acidez de 0,36 %, expresado en ácido cítrico.
- **Pelado**, los frutos seleccionados fueron pelados con una máquina peladora manual marca Fabrex, modelo: PS-31, con cuchilla especial.
- **Cortado**, La cáscara fue cortada transversalmente en forma manual con un cuchillo de acero inoxidable en trozos de 0,5 cm, 1,0 cm y 2,0cm; con 0,35 cm de espesor.
- **Pesado**, una vez obtenida la cáscara cortada se procedió al pesado en una balanza marca Ohaus, con capacidad de 1 Kg.
- **Extracción**, la cáscara pesada con cargas de 300 g, 600 g y 900 g se alimentaron al equipo de destilación a vapor de agua, colocados en el nivel intermedio entre el agua del calderín y el equipo de destilación a contracorriente. El vapor de agua generado hinchó las glándulas de aceite permitiendo salir hacia la superficie y mezclándose con el vapor para luego condensarse en una mezcla agua y aceite.
- **Separación**, esta mezcla de agua condensada y aceite fue recepcionada en un matraz de 750 ml, en donde por diferencia de densidades se separan en dos fases, el aceite se ubicó en la fase

superior. Con la ayuda de una jeringa se extrajo el aceite, quedando el agua condensada.

- **Envasado**, el aceite obtenido fue envasado en frascos de vidrio, color ámbar con capacidad de 15 ml, los cuales fueron llenados hasta el máximo posible y luego cerrados herméticamente con el fin de evitar la acción dañina del oxígeno del aire; en este aceite esencial se hizo la caracterización físico química: residuo de evaporación, índice de peróxido, índice de acidez, índice de refracción, densidad (Indecopi, 1974).

b) Extracción por el método solvente orgánico

Este método consiste en exponer a la materia prima en contacto con el solvente basándose en la difusión del aceite y el solvente a través de la materia prima (Bailey, 1964).

Las operaciones realizadas en la extracción de aceite esencial de cáscara de naranja se indica en el flujograma, de la Figura 2. Se muestran allí las operaciones fundamentales para la obtención del aceite esencial utilizando cáscara de naranja valencia, por el método de extracción por solvente orgánico.

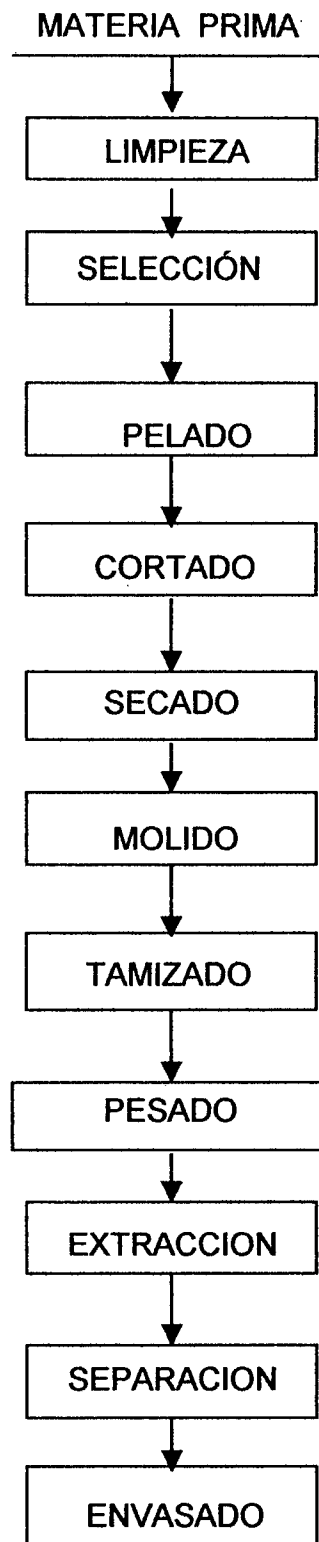


Figura 2. Flujo general para la extracción de aceite esencial de cáscara de naranja por el método solvente orgánico.

- **Limpieza**, el fruto fue limpiado mediante frotamiento con un mantel de tela remojado en agua fría con el objeto de eliminar toda materia extraña adherida a la fruta.
- **Selección**, se seleccionaron las frutas pintonas de óptimo estado sanitario, aproximadamente con 15,83 °Brix y acidez de 0,36 %, expresado en ácido cítrico.
- **Pelado**, los frutos seleccionados fueron pelados con una máquina peladora manual marca Fabrex, modelo: PS-31, con cuchilla especial.
- **Cortado**, la cáscara pelada fue cortada en pequeños trocitos, con la finalidad de facilitar el secado.
- **Secado**, la cáscara cortada fue secada en una estufa con corrientes de aire caliente, con la finalidad de evitar la volatilización de los aceites esenciales contenidos en la cáscara.
- **Molido**, la muestra seca de cáscara de naranja valencia fue molida con un molino manual marca corona.
- **Tamizado**, con la finalidad de darle el tamaño adecuado y uniforme a la cáscara molida se uniformizó con un juego de tamices, quedando los tamaños en estudio 0,425 mm, 1,0 mm, 1,8 mm.
- **Pesado**, la muestra tamizada fue pesada en una balanza marca Ohaus, con capacidad de 1 Kg, de acuerdo a los tamaños seleccionados en cargas de 3,0002 g, 6,0004 g, 9,0003 g.

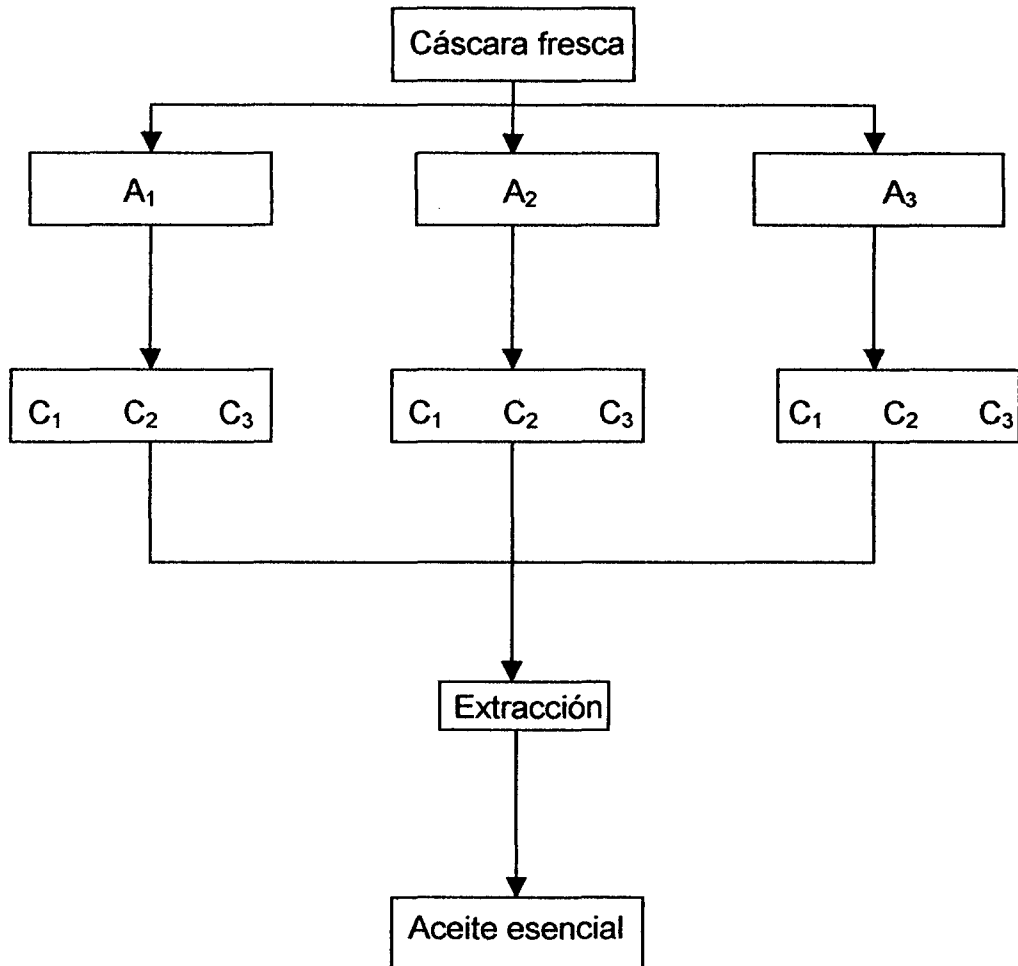
- **Extracción**, las cargas de 3,0002 g, 6,0004 g, 9,0003 g, fueron envueltas en cartuchos de papel filtro simple y colocados en el extractor tipo soxhlet, para luego ser expuesto cada tamaño de muestra indistintamente por 5 horas al poder extractor del éter de petróleo (Bernardini, 1986).
- **Separación**, el aceite mas los restos del solvente contenidos en el balón fueron llevados a la estufa con una temperatura de 70°C por 2 horas, para eliminar los restos del solvente.
- **Envasado**, el aceite esencial obtenido fue envasado en frascos de vidrio, color ámbar con capacidad de 15 ml, los cuales fueron llenados hasta el máximo posible y cerrados herméticamente con el fin de evitar la acción dañina del oxígeno del aire. En este aceite se hizo la caracterización fisico química: residuo de evaporación, índice de peroxido, índice de acidez, índice de refracción y densidad (Indecopi, 1974).

3. Pruebas finales

Se realizaron todos los análisis descritos en la caracterización del aceite esencial de cáscara de naranja valencia, siguiendo las metodologías del Indecopi, (1974). Así mismo se realizaron los análisis microbiológico y sensorial.

E. DISEÑO EXPERIMENTAL

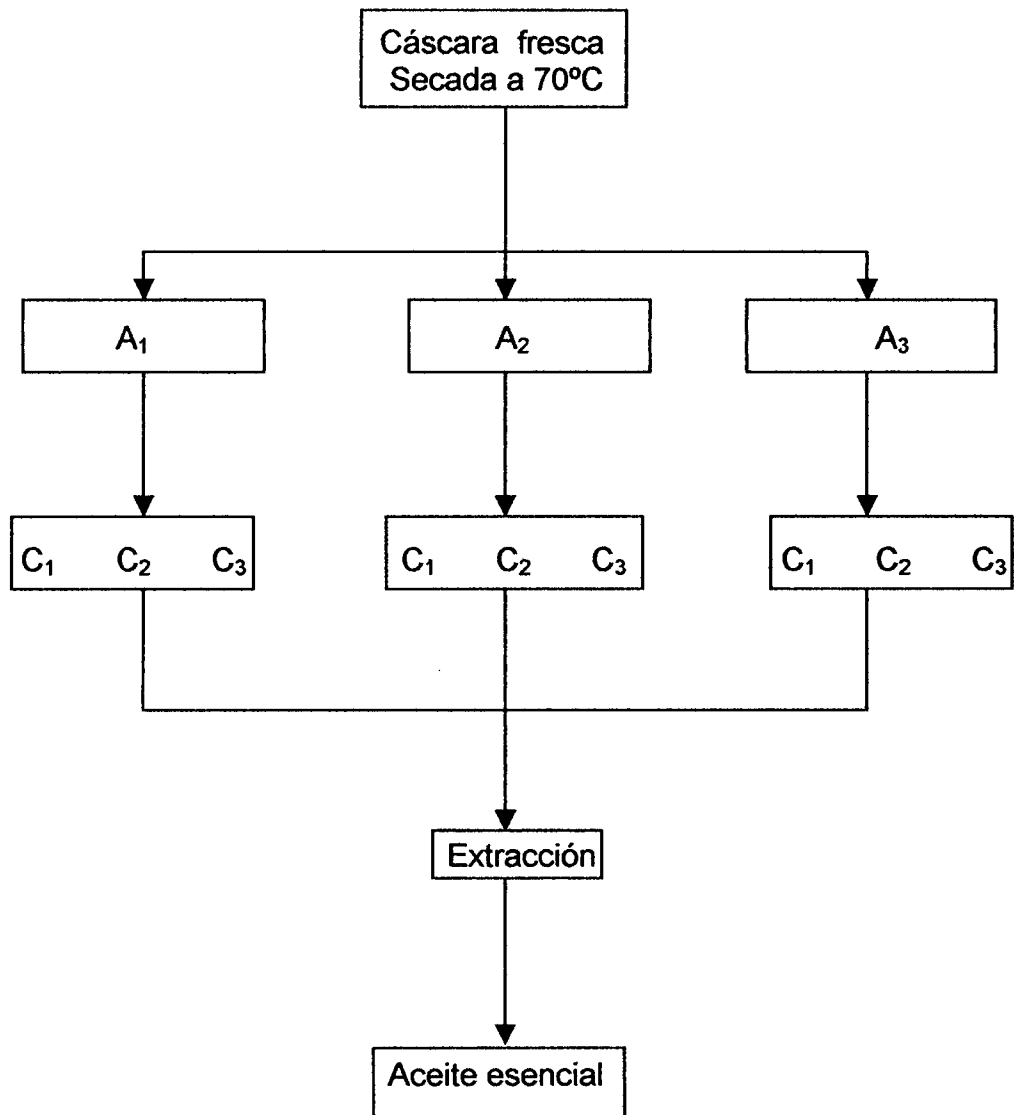
1. Determinación de los parámetros por el método arrastre de vapor.



A_1	: Area $0,5 \text{ cm}^2$	C_1	: carga 300 g
A_2	: Area $1,0 \text{ cm}^2$	C_2	: carga 600 g
A_3	: Area $2,0 \text{ cm}^2$	C_3	: carga 900 g

Figura 3. Diseño experimental para la extracción de aceite esencial a partir de cáscara de naranja por el método de arrastre de vapor.

2. Determinación de los parámetros por el método solvente orgánico.



A ₁	:	Tamaño 0,425 mm	C ₁	:	Muestra 3,0002 g
A ₂	:	Tamaño 1,0 mm	C ₂	:	Muestra 6,0004 g
A ₃	:	tamaño 1,8 mm	C ₃	:	Muestra 9,0003 g

Figura 4. Diseño experimental para la extracción de aceite esencial a partir de cáscara de naranja por el método solvente orgánico.

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados experimentales (% de extracción de aceite), fueron evaluados organolépticamente mediante un arreglo factorial en DCA de 3 x 3, con 2 repeticiones cuyos factores fueron: tamaños de partículas y cantidades de muestras (Vásquez, 1990).

Cuadro 5. Croquis experimental para el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3 x 3 con 2 repeticiones

T r a t a m i e n t o s	Repeticiones
A ₁ B ₁ (0,5 cm ² - 300 g) = T-1	2
A ₁ B ₂ (0,5 cm ² - 600 g) = T-2	2
A ₁ B ₃ (0,5 cm ² - 900 g) = T-3	2
A ₂ B ₁ (1,0 cm ² - 300 g) = T-4	2
A ₂ B ₂ (1,0 cm ² - 600 g) = T-5	2
A ₂ B ₃ (1,0 cm ² - 900 g) = T-6	2
A ₃ B ₁ (2,0 cm ² - 300 g) = T-7	2
A ₃ B ₂ (2,0 cm ² - 600 g) = T-8	2
A ₃ B ₃ (2,0 cm ² - 900 g) = T-9	2

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Rendimiento de aceite esencial de la k-ésima unidad experimental correspondiente al i-ésimo nivel del factor "A" (área); y al j-ésimo nivel del factor "B" (cantidad).

μ = Media poblacional

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor "A" (área, cm^2)
($i = 1,2,3$)

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor "B" (cantidad, g)
($j = 1,2,3$)

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción AxB (área x cantidad)

E_{ijk} = Error experimental.

Cuadro 6. ANVA para el rendimiento en la obtención de aceite esencial de cáscara de naranja

Fuentes de variación		Grados de libertad	
Tamaño de partícula	: A	(a-1)	2
Cantidad de muestra	: B	(b-1)	2
Interacción	: AB	(a-1)(b-1)	4
Error		(ab-1)(r-1)	9
Total		abr-1	17

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. CARACTERIZACIÓN DE LA NARANJA VALENCIA

1. Grado de madurez

En el Cuadro 7, se muestran los indicadores de madurez de la naranja valencia.

Cuadro 7. Indicadores de madurez de la naranja valencia.

Color Fruta	pH	°Bx	A.T (%)	I.M
Ligeramente verde	3,10	10,45	0,94	11,12
Pintona(anaranjado)	3,80	11,50	0,91	12,64
Sobremaduro	3,00	13,20	1,23	10,73

A.T = Acidez Titulable

I.M = Índice de Madurez

La relación °Bx/acidez titulable aumenta cuando avanza la maduración, a esta relación se le denomina índice de madurez. Para el desarrollo experimental del presente trabajo, se utilizó naranja pintona cuyo índice de madurez fue 12,64, este índice coincide con el rango del índice de madurez de 5,5 – 10 ó mayor a 10, reportado bibliográficamente por Yufera (1979).

2. Determinación de los componentes

En el Cuadro 8, se muestran los pesos promedios de 3 naranjas, en tres estados de madurez (ligeramente verde, pintona y sobremadura) escogidos al azar de un lote de 30 naranjas.

En este cuadro se aprecia que el contenido de cáscara es mayor para la naranja que se encuentra en estado de madurez pintona con un contenido de 14,58 % y el menor contenido de cáscara corresponde a la naranja sobre madura con 12,68 %.

Cuadro 8. Componentes de la naranja valencia por grado de madurez en gramos

ESTADO DE MADUREZ	$\overline{W X}$	$\overline{W X}$	%	%
	Pulpa	Cáscara	Pulpa	Cáscara
Ligeramente verde	204,81	32,94	86,14	13,85
Pintona	205,92	34,66	86,61	14,58
Sobre madura	190,87	30,16	80,28	12,68

$\overline{W X}$ = Peso Promedio de 3 muestras de naranja

3. Composición químico proximal

En el Cuadro 9, se muestran los resultados del análisis químico proximal de la cáscara de naranja valencia.

Cuadro 9. Composición química proximal de la cáscara de naranja valencia

COMPONENTE	% BH	% BS
Agua	70,44	—
Materia seca	29,56	—
Proteína (N x 6.29)	0,58	1,96
Grasa	0,65	2,20
Fibra	8,06	27,27
Cenizas	1,16	3,92
Carbohidratos	19,11	64,65

BH = Base húmeda

BS = Base seca

Del cuadro anterior, se puede afirmar que la cáscara de naranja Valencia tiene 1,96 % de proteína, mayor a lo obtenido por Prarolan (1977), quién reporta un valor de 1,24 %. También contiene 0,65 % de grasa, mayor a lo reportado por Prarolan (1977), quién reporta un valor de 0,42 %, confirmado por Yufera (1979), quién manifiesta que la cáscara de naranja posee bajo contenido en grasa.

Así mismo contiene 3,94 % de ceniza, igual porcentaje a lo reportado por Yufera (1979).

Finalmente un contenido de fibra del 8,06 % , y carbohidratos de 19,11 %.

4. Análisis físico químico de la cáscara de naranja valencia

En el Cuadro 10, se presentan los resultados del análisis físico químico efectuado en la materia prima.

Cuadro 10. Composición físico química de la cáscara de naranja Valencia

ANALISIS	CANTIDAD
pH	5,23
Sólidos solubles (°Brix)	12,75
Sólidos totales (%)	29,56
Acidez total (%) *	0,29
Azúcares reductores (%)	1,43
Pectina (%)	0,31

* Expresado en % de ácido cítrico

En el Cuadro, se observa un pH de 5,23 valor mayor al zumo de naranja y un contenido de sólidos solubles de 12,75 °Brix, lo que indica una concentración de azúcar en la cáscara reportado, también por Yufera (1979).

La acidez total expresado en ácido cítrico es de 0,29 %, comparado con otras frutas es relativamente bajo (Praloran, 1977).

B. PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CÁSCARA DE NARANJA VALENCIA

Los resultados que a continuación se describen sirvieron para determinar los parámetros tecnológicos óptimos de extracción de aceites esenciales de cáscara de naranja valencia, como son: Tamaño de partícula y Cantidad de muestra.

1. Extracción por arrastre de vapor

Los rendimientos de los tratamientos en estudio se expresan en porcentajes, tal como se muestran en el Cuadro 11, donde los rendimientos de extracción de aceite aumentan a medida que se incrementa la cantidad de cáscara de naranja, obteniendo mayores rendimientos las muestras con cargas de 900 g de cáscara de naranja.

Así mismo se presentan los resultados de los rendimientos de extracción de aceite, en función a los tamaños, apreciándose que a medida que aumenta el tamaño los rendimientos disminuyen.

Cuadro 11. Resultado de los rendimientos de los tratamientos en estudio. (%)

A		B	
TAMAÑO	S.E ¹	CANTIDAD	S.E ¹
A ₁ 0,5 cm ² = 0,203	a	B ₃ 900 g = 0,230	a
A ₂ 1,0 cm ² = 0,200	a	B ₂ 600 g = 0,225	a
A ₃ 2,0 cm ² = 0,158	b	B ₁ 300 g = 0,107	b

1/. = Letras diferentes en una misma columna, significan que existen diferencias significativas a la prueba de tukey (P<0,05)

Al realizar el análisis de variancia de los rendimientos bajo un arreglo factorial en DCA, en función a los niveles de tamaño (A) y cantidad (B). Tal como se aprecia en el cuadro 12.

Cuadro 12. Análisis de variancia de los rendimientos obtenidos por el método arrastre de vapor, en función de los tratamientos en estudio: tamaño de partícula y cantidad de muestra.

F.V	G.L	SC	CM	Fc
A	2	0,00754444	0,00377222	6,47 **
B	2	0,05847778	0,02923888	50,12 **
A*B	4	0,00108890	0,00027222	0,47 n.s.
Error	9	0,00525000	0,00058333	
Total	17		0,07236111	

CV = 12,9 %

Coefficiente de variabilidad

R² = 0,927

Coefficiente de determinación

Se encontró diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre los diferentes tamaños de muestras, y ($P < 0,01$) entre las diferentes cantidades influyentes sobre los rendimientos de extracción de aceite. Por otro lado se aprecia que la interacción resultó no ser significativo ($P > 0,05$) entre los tamaños (A) y las cantidades (B), sobre los rendimientos de aceite; lo cual indica que tanto los tamaños y cantidades actúan en forma independiente sobre la variable en estudio.

En el cuadro 13, se muestra la prueba de Tukey para el factor A (tamaño de partícula), en el cual no se detectó diferencia estadística ($P > 0,05$) entre los tamaños A_1 ($0,5 \text{ cm}^2$) y A_2 ($1,0 \text{ cm}^2$), sobre los rendimientos de aceite esencial extraído por arrastre de vapor; sin embargo, al compararse entre los tamaños A_1 ($0,5 \text{ cm}^2$) con A_3 ($2,0 \text{ cm}^2$) y A_2 ($1,0 \text{ cm}^2$) con A_3 ($2,0 \text{ cm}^2$), existen evidencias estadísticas ($P < 0,05$).

Estos resultados encontrados en el presente estudio son concordantes a los obtenidos por Brennan (1980), quién manifiesta que la reducción del tamaño de partícula debe resultar en un incremento de la velocidad de extracción debido al aumento del área y a la reducción de la distancia que el soluto tiene que migrar en el interior del sólido para alcanzar la superficie; y Mafart (1986), quién afirma que en las partículas finas los intercambios osmóticos serán tanto más importantes cuanto mayor sea la superficie total expuesta por las partículas y cuanto menor sea el radio de ellas.

Cuadro 13. Medias de la extracción de aceite esencial por el método de arrastre de vapor, en función del tamaño de partícula, cm²

Promedios de Areas			S.E. ¹
A ₁	=	0,203	a
A ₂	=	0,200	a
A ₃	=	0,158	b

S.E. = Significación estadística

1/. = Letras diferentes en una misma columna, significan que existen diferencias estadísticas a la prueba de tukey ($P < 0,05$)

Con respecto al factor B (cantidad de muestra), sobre la variable en estudio, en el cuadro 14, se aprecia que la prueba de Tuckey no mostró diferencias estadísticas ($P > 0,05$) entre las cantidades de muestras B₃ (900 g) y B₂ (600 g); sin embargo, se detectó diferencias con respecto a B₁ (300 g), sobre los rendimientos de aceite esencial extraído por arrastre de vapor.

Cuadro 14. Medias de la extracción de aceite esencial por el método arrastre de vapor, en función a las cantidades, g

Promedios de Cantidades		S.E. ¹
B ₃	= 0,230	a
B ₂	= 0,225	a
B ₁	= 0,107	b

S.E. = Significación estadística

1/. = Letras diferentes en una misma columna, significan que existen diferencias estadísticas a la prueba de tukey (P<0,05)

El comportamiento de los rendimientos de la extracción de aceite (%), por el método arrastre de vapor, con cantidades de muestras (300; 600 y 900 g), en función a los diferentes tamaños de partículas (0,5; 1,0 y 2,0 cm²), se aprecian en el cuadro 15; y en las figuras 5 y 6. Se encontró un mayor rendimiento de extracción de aceite, cuando la cantidad de muestra es de 900 g y un área de 0,5 cm²; siendo este valor de 0,255 %; seguido con rendimientos de 0,245 %, cuando la muestra tiene una cantidad de 600 g, y un área de 1,0 cm²; y de 0,125 %, cuando la muestra tuvo una cantidad de 300 g con a un área de 1,0 cm².

Cuadro 15. Promedios de la extracción de aceite esencial de la cáscara de naranja Valencia (%) por arrastre de vapor, en función a tamaños (cm²) y cantidades (g)

Tamaños (Cm ²)	Cantidades de muestra (g)			Medias
	300	600	900	
0,5	0,120	0,235	0,255	0,203
1,0	0,125	0,245	0,230	0,200
2,0	0,075	0,210	0,190	0,158
Medias	0,107	0,230	0,225	

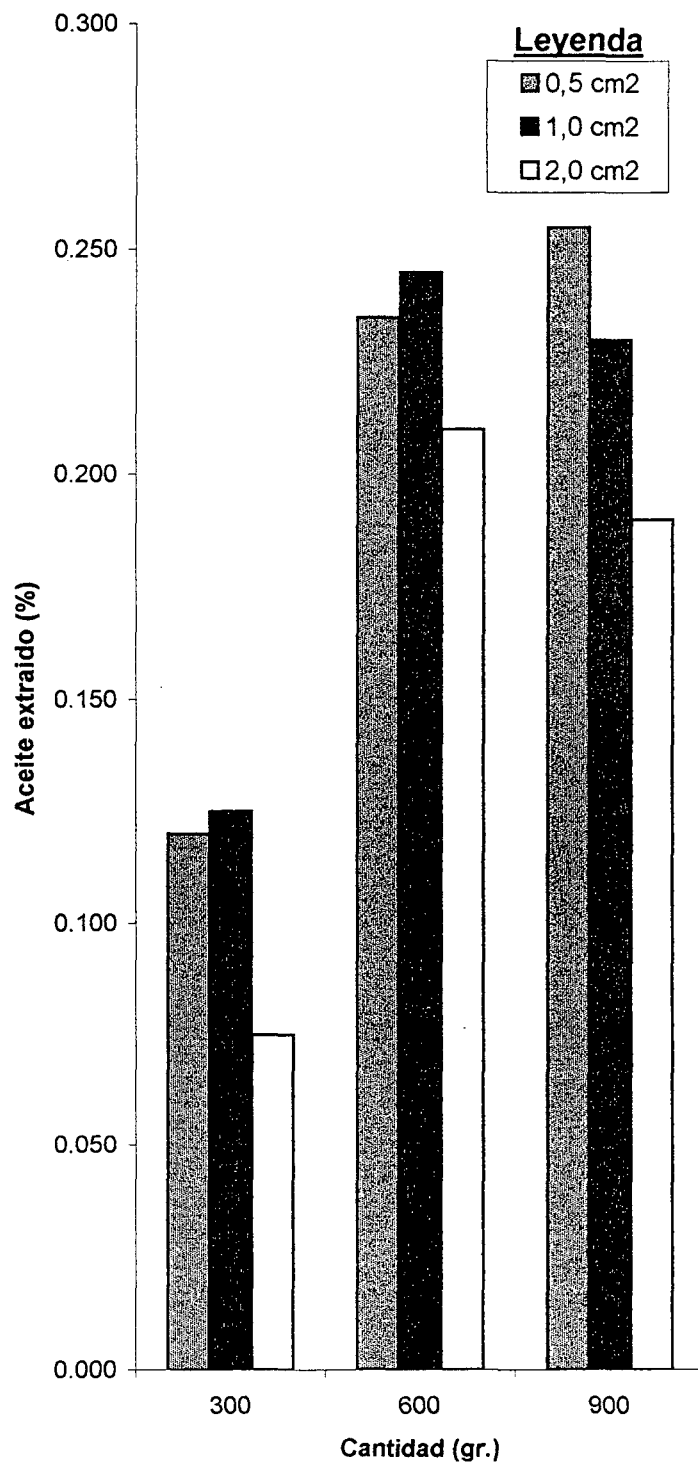


Figura 5. Comportamiento de los rendimientos de aceite esencial de cáscara de naranja valencia en porcentaje, con cantidades de 300,600,900 g.a diferentes tamaños 0,50cm² 1,0 cm², 2,0 cm., extraídos por arrastre de vapor.

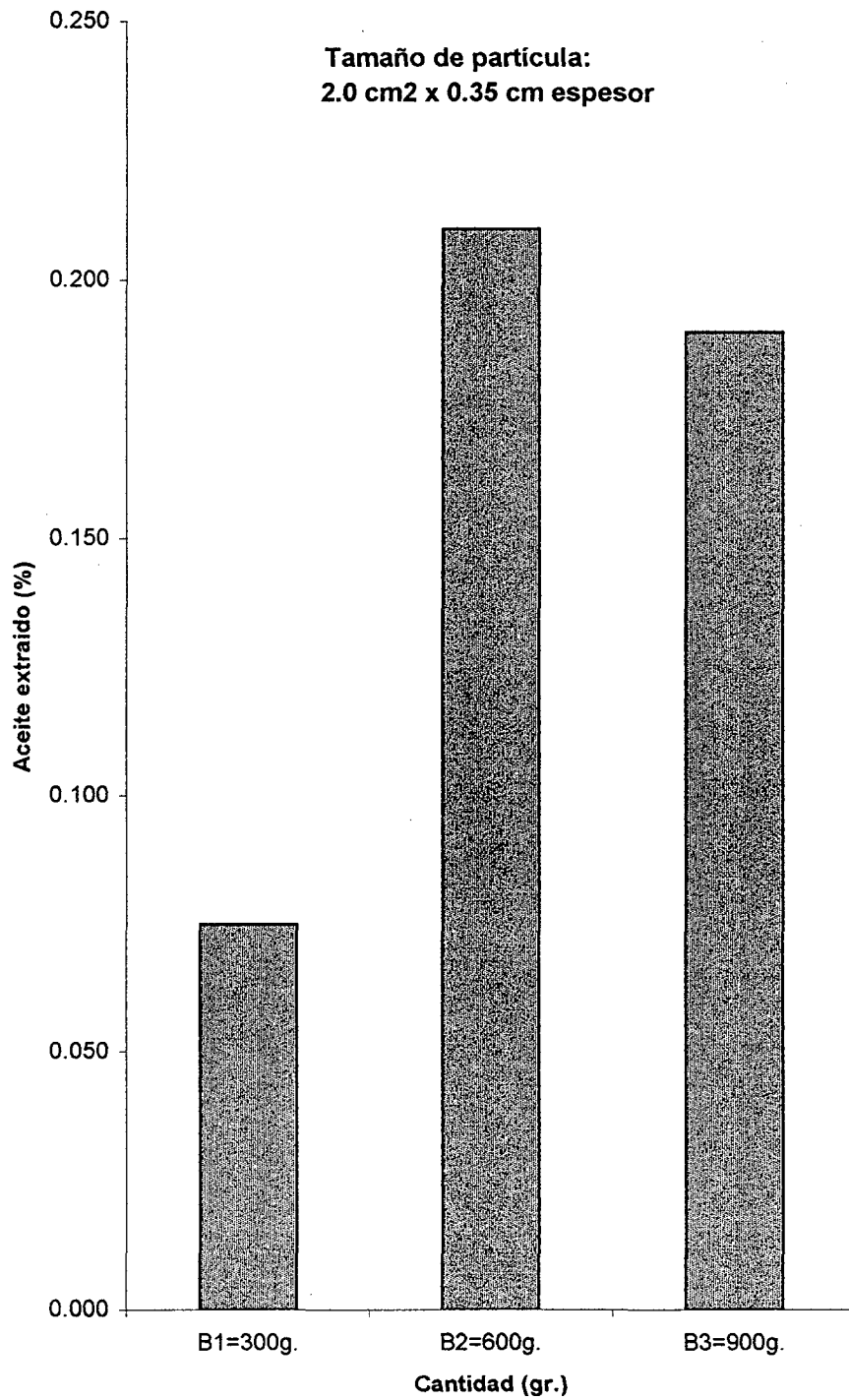


Figura 6. Volumen extraído de aceite esencial de cáscara de naranja valencia por arrastre de vapor con cantidades de 300, 600, 900 g. y un Tamaño de 2.0cm² x 0.35 cm de espesor.

2. Extracción por solvente orgánico

Los rendimientos de los tratamientos en estudio se expresan en porcentajes, tal como se muestran en el Cuadro 16, donde los rendimientos de extracción de aceite aumentan a medida que se incrementa la cantidad de cáscara de naranja, obteniendo mayores rendimientos las muestras con cargas de 9,0003 g de cáscara de naranja.

Así mismo se presentan los resultados de los rendimientos de extracción de aceite, en función a los tamaños, apreciándose que a medida que aumenta el tamaño los rendimientos disminuyen.

Cuadro 16. Resultado de los rendimientos de los tratamientos en estudio. (%)

A		B	
TAMAÑO	S.E ¹	CANTIDAD	S.E ¹
A ₂ 1,0 mm =	0,261 a	B ₃ 9,0003 g =	0,235 a
A ₁ 0,425 mm =	0,180 a	B ₂ 6,0004 g =	0,191 a
A ₃ 1,8 mm =	0,145 b	B ₁ 3,0002 g =	0,160 b

1/. = Letras diferentes en una misma columna, significan que existen diferencias significativas a la prueba de Tukey (P<0,05)

El análisis de variancia de los rendimientos bajo un arreglo factorial en DCA, en función a los niveles de tamaño (A) y cantidad (B) se aprecia en el cuadro 17.

Cuadro 17. Análisis de variancia de los rendimientos obtenidos por el método solvente orgánico, en función de los tratamientos en estudio: tamaño de partícula y cantidad de muestra.

F.V	G.L	SC	CM	Fc
A	2	0,04229211	0,02114606	268,62 **
B	2	0,01724878	0,00862439	109,55 **
A*B	4	0,01663822	0,00415956	52,84 **
Error	9	0,00070850	0,00007872	
Total	17	0,07688761		

CV = 4,5 %

Coeficiente de variabilidad

R² = 0,99

Coeficiente de determinación

Se encontró diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre los diferentes tamaños de muestras, y ($P < 0,01$) entre las diferentes cantidades influyentes sobre los rendimientos de extracción de aceite. Por otro lado, se aprecia que la interacción resultó ser significativa ($P < 0,05$) entre los tamaños (A) y las cantidades (B), sobre los rendimientos de aceite; lo cual indica que tanto los tamaños y cantidades actúan en forma dependiente sobre la variable en estudio.

En el cuadro 18, se muestra la prueba de Tukey para el factor A (tamaño de partícula), en el cual no se detectó diferencia estadística ($P > 0,05$) entre los tamaños A₁ (0,425 mm) y A₂ (1,0 mm), sobre los

rendimientos de aceite esencial extraído por solvente orgánico; sin embargo, al comparar entre los tamaños A_1 (0,425 mm) con A_3 (1,8 mm) y A_2 (1,0 mm) con A_3 (1,8 mm) existen evidencias estadísticas ($P < 0,05$).

Estos resultados encontrados en el presente estudio son concordantes a los obtenidos por Brennan (1980), quien manifiesta que un sólido finamente dividido puede dificultar el flujo de la disolución a través del lecho del sólido presente en el extractor, y algunos casos determinar la liberación a la disolución de sustancias indeseables.

Teóricamente se sabe que partículas muy finas disminuyen la permeabilidad de la capa de sólidos, lo que provoca el establecimiento de corrientes preferenciales, afectando la velocidad de extracción (Mafart, 1994).

Cuadro 18. Medias de la extracción de aceite esencial por el método solvente orgánico, en función del tamaño de partícula, mm

Promedios de Areas	S.E. ¹
$A_2 = 0,261$	a
$A_1 = 0,180$	a
$A_3 = 0,145$	b

S.E. = Significación estadística

1/. = Letras diferentes en una misma columna, significan que existen diferencias estadísticas a la prueba de tukey ($P < 0,05$)

Con respecto al factor B (cantidad de muestra), sobre la variable en estudio, en el cuadro 19, se aprecia que a la prueba de Tuckey no mostró diferencias estadísticas ($P > 0,05$) entre las cantidades de muestras B₃ (9,0003 g) y B₂ (6,0004 g); sin embargo, se detectó diferencias con respecto a B₁ (3,0002 g), sobre los rendimientos de aceite esencial extraído por solvente orgánico.

Cuadro 19. Medias de la extracción de aceite esencial por el método solvente orgánico, en función a las cantidades, g

Promedios de Cantidades			S.E. ¹
B ₃	=	0,235	a
B ₂	=	0,191	a
B ₁	=	0,160	b

S.E. = Significación estadística

1/. = Letras diferentes en una misma columna, significan que existen diferencias estadísticas a la prueba de Tukey ($P < 0,05$)

El comportamiento de los rendimientos de la extracción de aceite (%), por el método de solvente orgánico, con cantidades de muestras (3,0002; 6,0004 y 9,0003 g), en función a los diferentes tamaños de partículas (0,425; 1,0 y 1,8 mm), se aprecian en el cuadro 20; y en las figuras 7 y 8. Se encontró un mayor rendimiento de extracción de

aceite, cuando la cantidad de muestra fue de 9,0003 g, y un área de 1,0 mm; siendo este valor de 0,324 % de rendimiento; seguido con rendimientos de 0,244 %, con una cantidad de muestra de 600 g, a un área de 1,0 cm²; y de 0,181 %, cuando la muestra tiene una cantidad de 300 g, a un área de 1,0 cm², respectivamente.

Cuadro 20. Promedios de la extracción de aceite esencial de la cáscara de naranja valencia (%) por solvente orgánico, en función a tamaños (mm) y cantidades (g)

Tamaños (mm)	Cantidades de muestra (g)			Medias
	3,0002	6,0004	9,0003	
0,425	0,162	0,181	0,198	0,180
1,0	0,181	0,244	0,324	0,261
1,8	0,136	0,149	0,150	0,145
Medias	0,159	0,191	0,235	

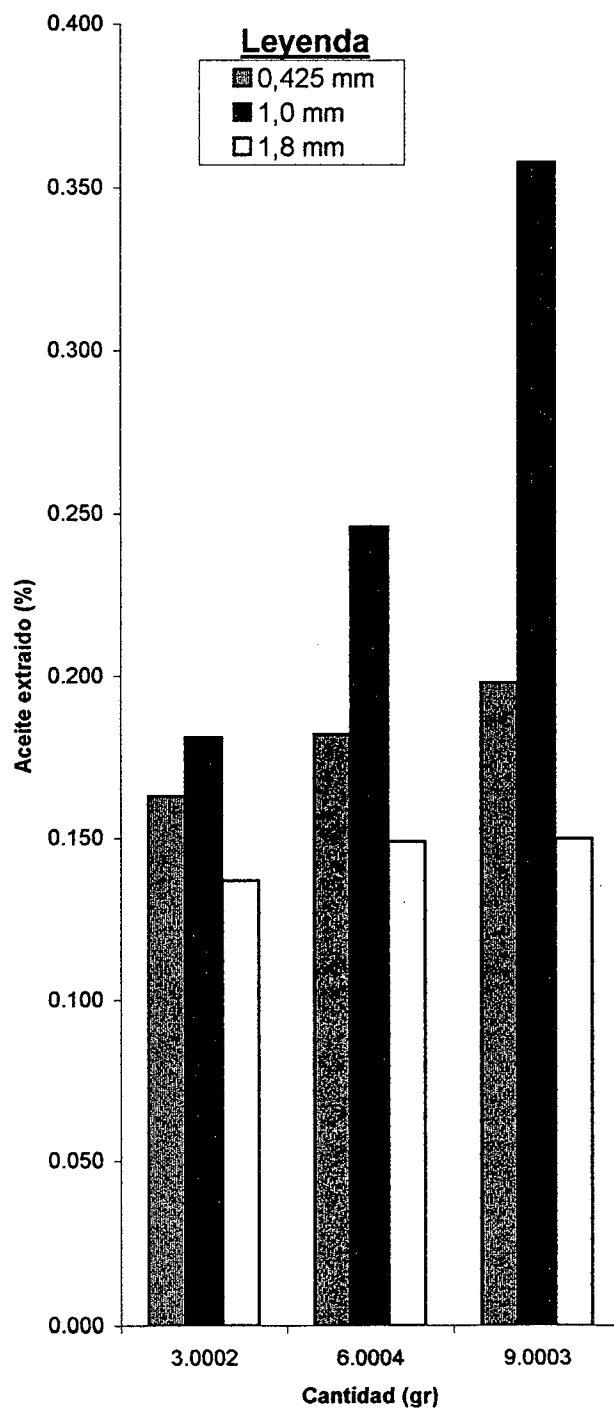


Figura 7. Comportamiento de los rendimientos de aceite esencial de cáscara de naranja valencia, con cantidades de 3,0002; 6,0004; 9,0003 g; con tamaños de 0,425 mm; 1,0 mm; 1,8 mm., extraídos con solvente orgánico.

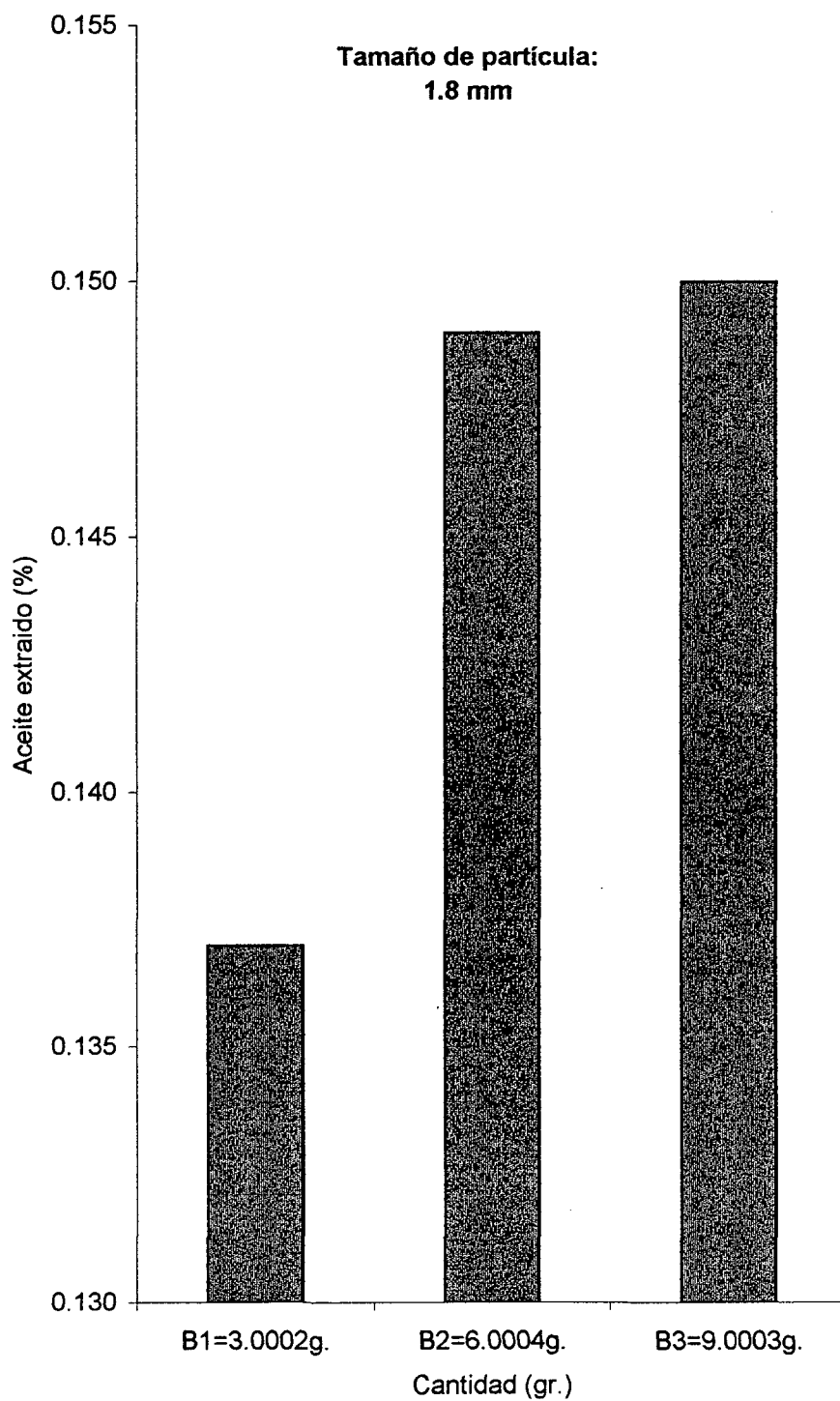


Figura 8. Volumen extraído de aceite esencial de cáscara de naranja valencia por solvente orgánico con cantidades de 3.0002, 6.0004, 9.0003 g. y un tamaño de 1.8 mm.

C. PRUEBAS FINALES

1. Flujograma de operaciones óptima y balance de materia del proceso de obtención de aceite esencial

Las operaciones realizadas en la extracción de aceite esencial de cáscara de naranja Valencia, se indicaron en las Figuras 3 y 4. En estas se mostraron las operaciones fundamentales para la extracción de aceite esencial de cáscara de naranja Valencia.

a. Flujograma de operaciones

En las Figuras 5 y 6, se muestran gráficamente las operaciones de extracción de aceites esenciales por arrastre de vapor y solvente orgánico, en donde notamos que en el método arrastre de vapor la muestra húmeda es cortado en tres diferentes tamaños, para luego ser expuestos a la extracción; mientras que para el método solvente orgánico hay un previo secado de la muestra, para luego ser molido, tamizado y expuesto al proceso de extracción. Así mismo, en el primer método obtenemos aceite mas agua condensada; mientras que en el segundo método obtenemos aceite mas restos de éter.

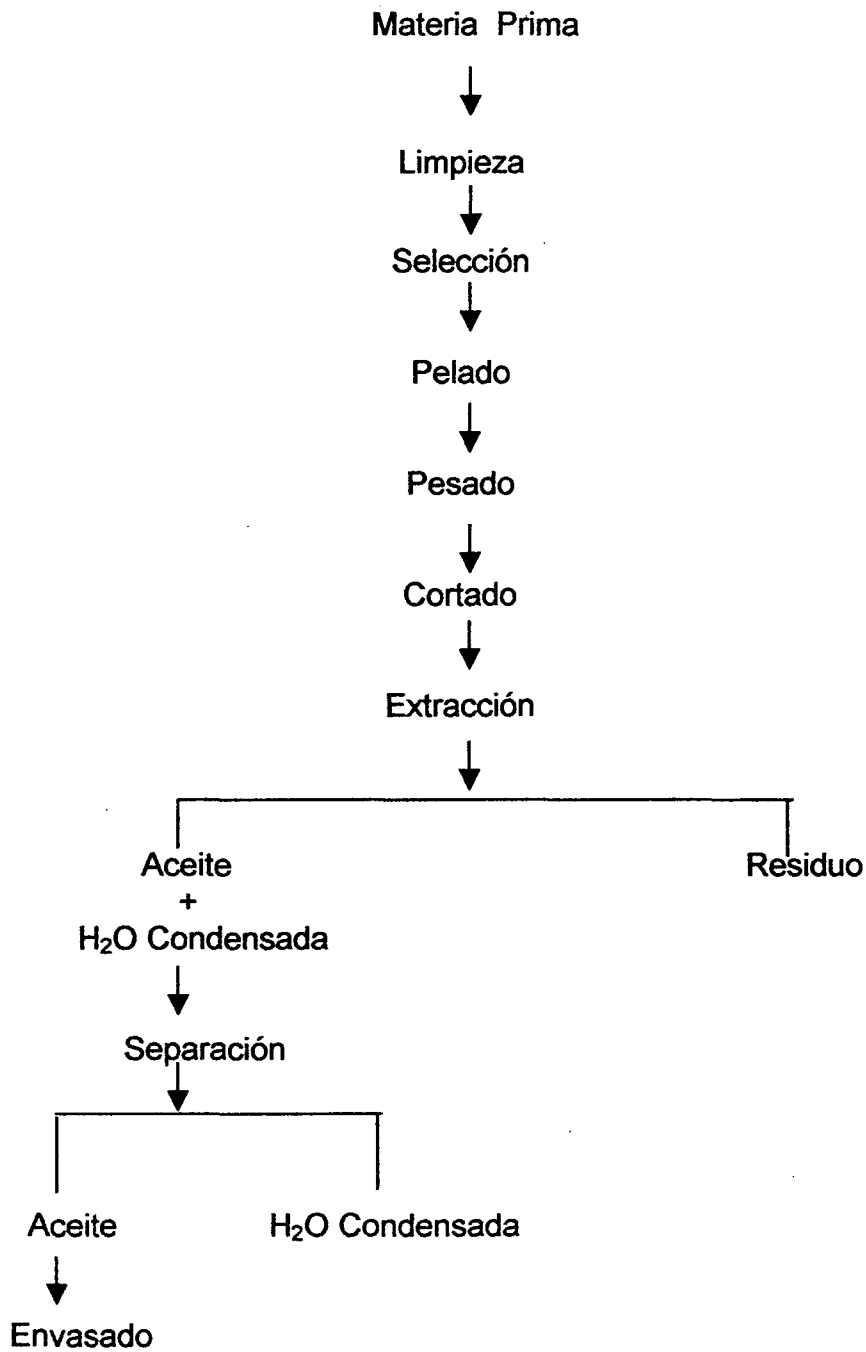


Figura 9. Flujo final para la extracción de aceite esencial de cáscara de naranja valencia , por arrastre de vapor.

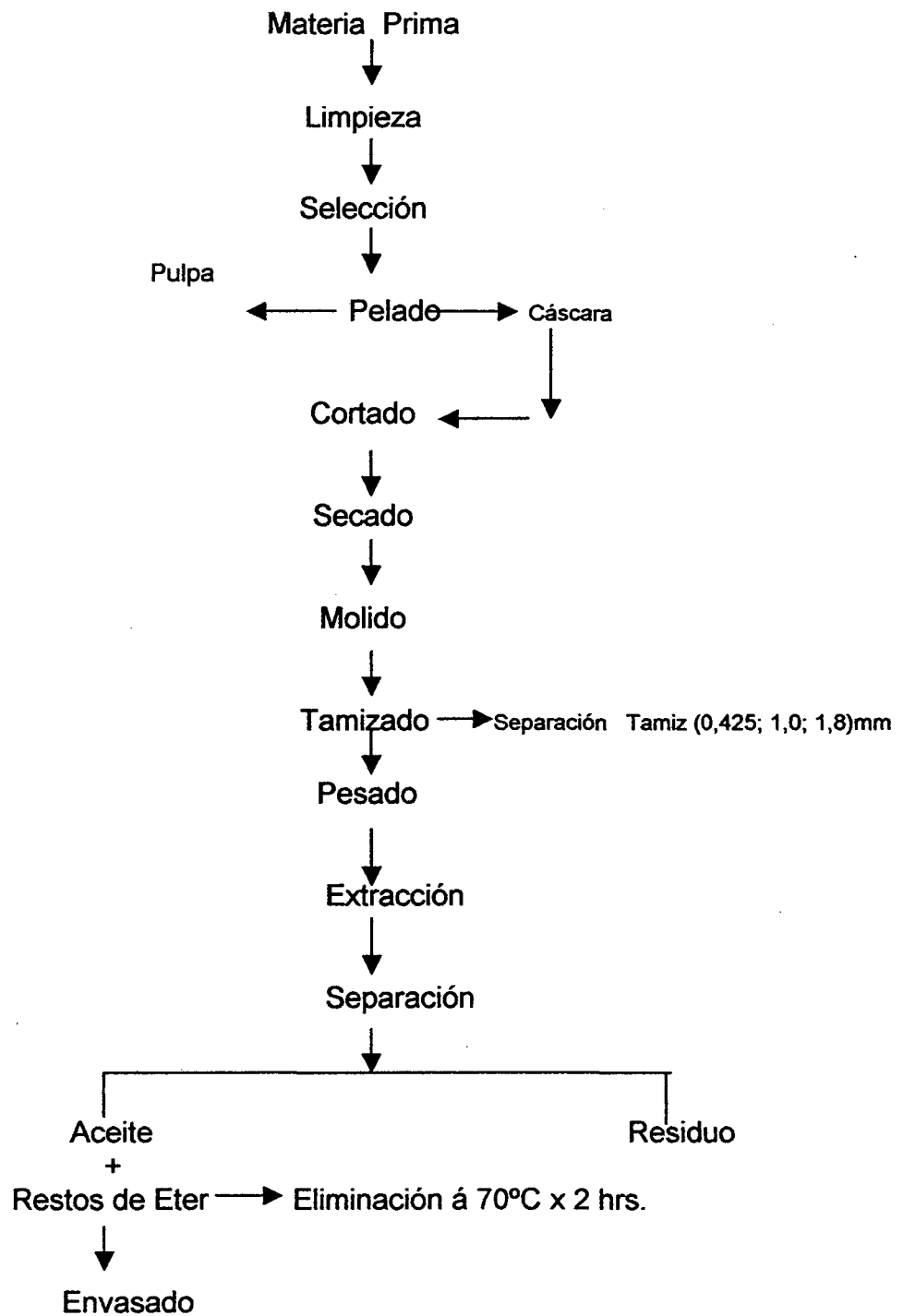


Figura 10. Flujo final para la extracción de aceite esencial de cáscara de naranja valencia, por solvente orgánico.

b. Balance de materia

En el Cuadro 21, se presenta el balance de materia referente a la extracción del aceite esencial de cáscara de naranja Valencia, a partir de 100 Kg de fruta madura (84,43 % de pulpa y 13,57 % de cáscara), por el método arrastre de vapor.

En la operación de limpieza no existe pérdida significativa, mientras que en la selección existe una pérdida del 2 %, ingresando al pelado 98 Kg con 13,57 % de cáscara y 84,43 % en pulpa, otra operación que ocasiona pérdidas es la extracción, al mismo tiempo que ingresa 33,265 kg de H₂O; ingresando a la operación de separación como materia total 46,835 kg; saliendo como H₂O condensada 32,382 kg y como residuo 14,198 kg; obteniéndose finalmente 0,255 kg de aceite esencial para ser envasado, que equivale al 0,26 %, rendimiento mayor a lo obtenido por Jefferson (1973), mediante el método del raspado.

En el Cuadro 22, se presenta el balance de materia referente a la extracción del aceite esencial de cáscara de naranja Valencia, a partir de 100 kg de cáscara de naranja madura.

En la operación de limpieza no existe pérdida significativa, mientras que en la selección existe una pérdida de 2 kg, ingresando al pelado 98 kg, otra operación que ocasiona pérdidas es el secado, perdiéndose 68,6 kg de H₂O, e ingresando a la operación de molido 29,40 kg, como material total, perdiéndose en esta operación 1,47

kg del material total, ingresando a la operación de tamizado 27,93 kg, en esta operación se pierden 8,379 kg, del material total, ingresando a la operación de pesado 19,551 kg, para luego ser envuelto en papel filtro continuo y pasar a la operación de extracción en donde se obtuvo 0,34115 kg, de aceite esencial más éter volátil, más 19,20985 kg de residuo; en la operación de separación se volatilizan 0,0172 kg, quedando 0,32395 kg de aceite esencial, que equivale al 0,32 % de aceite obtenido para ser envasado.

2. Caracterización del aceite esencial

a. Caracterización físico química

En el Cuadro 23, se presentan los resultados de la caracterización físico química, del aceite esencial de cáscara de naranja Valencia extraído por el método arrastre de vapor.

Cuadro 23. Caracterización físico química del aceite esencial extraído por arrastre de vapor.

COMPONENTE	Contenido
Residuo de Evaporación (%)	4,00
Índice de Peróxido (me / kg)	0,8790
Densidad (g/ ml)	0,8412
Índice de Refracción	1,4720
Índice de Acidez (%) *	0,1970

* Expresado en % de ácido cítrico

En el Cuadro 23, se reporta un residuo de evaporación de 4,00 %, valor característico de un buen aceite esencial, según la farmacopea de EE.UU y Francia, mencionado por Jefferson (1973), y así mismo una densidad de 0,8412 (g/ml) y un índice de refracción de 1,4720; similares a los valores encontrados en el aceite esencial de naranja española (Rafols, 1964).

El índice de peróxido tiene un valor de 0,8790 (me/kg), este resultado es menor, a lo considerado para aceites y grasas

comestibles, cuyo valor límite máximo es de 10 (meq/kg), de oxígeno peroxídico (FAO, 1993).

La acidez total en porcentaje es de 0,1970 %, valor que nos indica un bajo índice de ácidos libres, que coincide también con el bajo índice de peróxido.

En el Cuadro 24, se presentan los resultados de la caracterización físico química, una vez extraído el aceite esencial de cáscara de naranja valencia por el método solvente orgánico.

Cuadro 24. Caracterización físico química del aceite esencial extraído por solvente orgánico.

COMPONENTES	S.O
Residuo de Evaporación (%)	2,43
Índice de Peróxido (me/kg)	-----
Densidad (g./ml)	1,2345
Índice de Refracción	1,4400
Índice de Acidez (%) *	4,27

S.O= Solvente orgánico

* Expresado en % de ácido cítrico

En el Cuadro 24, se observa un residuo de evaporación de 2,43 %, así mismo no se detectó la presencia de peróxidos, siendo el valor estipulado para aceites y grasas comestibles de 10 (meq/kg), de oxígeno peroxídico (FAO, 1993).

La densidad fue de 1,2345 (g/ml); índice de refracción 1,4400 y un índice de acidez de 4,27 %, que nos indican un aceite de baja calidad considerando las características físico químicas de la farmacopea de EE.UU y Francia (Jefferson, 1973).

b. Análisis microbiológico

El resultado del análisis microbiológico realizado se indica en el cuadro 25.

Cuadro 25. Resultados del análisis microbiológico del aceite esencial obtenido.

Análisis Límite permisibles	Niveles Encontrados	
	Col/ml	Col/ml.
N.m.a.v.m	1	102 – 4x106
Mohos y levaduras	1	0 – 2 x 102
Coliformes	3	permisibles
Staphylococcus	10 ²	permisibles
Salmonella	Ausencia	ausencia

N.m.a. v.m = Numeración de microorganismos aeróbicos viables mesófilos.

En el cuadro 25, se observa los resultados de los análisis microbiológicos (Mohos y levaduras, Coliformes, Staphylococcus,

Salmonella). Así mismo la presencia de microorganismo aerobios y anaerobios viables es de 0,1 ml.

Realizando una comparación de los resultados con los límites permisibles de las Normas Técnicas para esencias, podemos afirmar que el aceite es apto para el consumo humano.

c. Análisis sensorial

Los tratamientos sometidos al análisis sensorial, fueron aquellos que corresponden a los dos métodos de extracción al final de la etapa de evaluación, y se presentan en el cuadro siguiente.

Los resultados del análisis de varianza (Anexo 8), indican que existe diferencia altamente significativa entre los dos métodos en cuanto a la apariencia; en los atributos de color, olor, sabor no existen diferencias significativas.

Cuadro 26. Tratamientos para la evaluación sensorial.

Tratamientos	Atributos	Muestras
Arrastre de vapor	apariencia, color, olor, sabor	M1
Solvente Orgánico	apariencia, color, olor, sabor	M2

Realizada el análisis de variancia y la prueba de Tukey, se obtuvo los siguientes resultados.

Cuadro 27. Resultados de la evaluación organoléptica de la apariencia por la prueba de significación de Tukey.

Muestras	Promedios del análisis sensorial para el atributo de apariencia de acuerdo a su significación. (Nivel de significación : 0.05)	
M1 (arrastre de vapor)	50	a
M2 (solvente orgánico)	18	b

El Cuadro 27, nos permitió indicar que el método arrastre de vapor (M1), dio como respuesta una mejor apariencia , superando estadísticamente al método de extracción por solvente.

Los ANVA para los atributos: color, olor y sabor (Anexo 8), indican que no hay diferencias estadística significativa entre los dos métodos de extracción de aceites esenciales estudiados.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones de trabajo y a los resultados obtenidos, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Los parámetros tecnológicos óptimos para la extracción de aceite esencial de la cascara de naranja Valencia fueron:

Método arrastre de vapor:

- Tamaño de partícula : 0,50 cm² x 0,35 cm de espesor.
- Cantidad de muestra : 900 g

Método solvente orgánico:

- Tamaño de partícula : 1,0 mm.
- Cantidad de muestra : 9,0003 g

2. El método por arrastre de vapor permitió un rendimiento en aceite esencial de 0,26 % y el método solvente orgánico presentó un rendimiento de 0,32 %.
3. De acuerdo a las evaluaciones físico químicas realizadas en el aceite esencial, para el método arrastre de vapor se obtuvieron valores de Residuo de Evaporación 4 %, Índice de peróxido 0,8790, Densidad 0,8412, Índice de Refracción 1,4720, Índice de Acidez 0,1970 %; para el método por solvente orgánico se obtuvieron valores de Residuo de Evaporación 2,43 %, Índice de peróxido 0,0, Densidad 1,2345, Índice de Refracción 1,4400, Índice de Acidez 4,27 %.

4. Las evaluaciones organolépticas dieron como resultado que el aceite obtenido por arrastre de vapor presentó mejor apariencia general que el obtenido por solvente orgánico; en cuanto a los atributos color, olor y sabor no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Las evaluaciones microbiológicas determinaron que el aceite obtenido por arrastre de vapor se encuentra dentro de los límites permisibles para consumo humano.

VI. RECOMENDACIONES

Considerando que el aceite esencial de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), variedad Valencia, es un producto de gran potencial en la región se recomienda:

1. Utilizar la cáscara de naranja Valencia para la extracción de aceites esenciales, a escala industrial, previo estudio del costo de producción a nivel de planta piloto con los parámetros hallados en el presente trabajo.
2. Ampliar el estudio tecnológico sobre la cáscara de naranja Valencia en la elaboración de otros productos como té filtrante, piensos, melazas y otros.
3. Realizar un estudio de mercado y de costo de producción con la finalidad de crear una industria de aceites esenciales en la zona de Tingo María.
4. Usar el método arrastre de vapor para la extracción de aceites esenciales de la cáscara de naranja en cantidades industriales o semi industrial, previo estudio de costos.

VII. BIBLIOGRAFIA

- ADRIAN, J. 1990. La ciencia de los alimentos de la A a la Z. Edit. Acribia. Zaragoza, España. 100 p.
- AGUILAR, J. H. 1989. Determinación de los parámetros de calidad de la naranja valencia, tipo de suelo y porta injerto en la zona de naranjillo y marona. Tesis. Facultad de Agronomía. UNAS, Tingo María, Perú. 20 p.
- AOAC, 1984 - 1997. Oficial Methods of Análisis of the Association Agricultural Chemists. Washington, USA. Board.
- AUSTIN, G.T. 1988. Manual de procesos químicos en la industria. 1^{ra} Ed. Tomo II. 575 p.
- BADUI, S. 1994. Química de los alimentos. Edit. Alhambra, S.A. México. 447 p.
- BAILEY, A. 1964. Aceites y grasas industriales. Edit. Reverté, S.A. Barcelona, España. 458 p.
- BELITZ, H.D. 1985. Química de los alimentos. Edit. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 2da Ed. Pp. 311-312
- BERK, Z. 1990. Introducción a la bioquímica de los alimentos. Edit. El manual moderno. México, D.F. Pp. 219 – 220
- BERNARDINI, E. 1986. Tecnología de Aceites y grasas. Edit. Alambra, S.A, Madrid, España. Pp. 148 – 149
- BRENNAN, J.G. 1980. Las operaciones de ingeniería de los alimentos. Edit. Acribia, Zaragoza, España. 2da Ed. 189 p.

- COÚLTATE, T.P. 1984. Alimentos, química de sus componentes. Edit. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 143 p.
- EGAN, H. 1987. Análisis químico de alimentos de Pearson. Edit. Continental, S.A, México. 202 p.
- FAO. 1993. Codex alimentarius. Grasas, aceites y productos derivados, 2da ed. Vol. 8. 3 p.
- FENNEMA, O.R. 1993. Química de los alimentos. Edit. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 685 p.
- FENNEMA, O.R. 1982. Introducción a la ciencia de los alimentos. Edit. Reverté, S.A. Barcelona, España. Pags. 504, 506; 797- 798
- FORMOSO, A. 1992. 13ra. ed. Edit. Limusa, S.A y Grupo Noriega. México. 438 p.
- GERHARDT, U. 1975. Especies y condimentos. Edit. Acribia. Zaragoza, España. 68 p.
- GORDON, G. Ciencia De los alimentos. Edit. Hemisferio Sur, S.A. 18 p.
- GUENTHER ERNEST, M. 1953. The essential oils. Vol. III. Toronto, New York. London. Pp. 200-201
- GUEVARA, O. 1982. Contribución al estudio de extracción y caracterización del aceite esencial de citronela. Tesis. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Pp. 62- 63; 81-82
- HART, F.L. y FISHER, H.J. 1991. Análisis moderno de los alimentos. Edit. Acribia. Zaragoza, España.
- HAWTHORN, J. 1983. Fundamentos de ciencia de los alimentos. Edit. Acribia. Zaragoza, España. 152 p.

- ICMSF, 1980. Ecología microbiana de los alimentos. Productos alimenticios. Edit. Acribia, Zaragoza, España.
- INDECOPI. 1974 Normas N° 319.089, 319.085, 319.081, 319.075. Lima, Perú.
- JEFFERSON, A. 1973. Extracción de aceites esenciales de naranja. Tesis. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Pags. 3,5,24; 66-67
- LEON, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. 2da Ed. San José, Costa Rica. IICA. 243 p.
- LOUSSERT, R. 1992. Los agrios. Madrid, (España). Mundiprensa. Pp. 72-74
- MAFURT, P. . Ingeniería industrial alimentaria. Extracción. 54 p.
- MORIN, CH. 1980. Cultivo de cítricos. Edit. IICA, 2da ed. Lima, (Perú). Universidad Nacional Agraria la Molina. Pags. 46, 530
- NATIVIDAD, R.E. 1988. Evaluación sensorial de alimentos. Tingo María, (Perú). Universidad Nacional Agraria de la Selva. 35 p.
- PRALORAN, J. C. 1977. Los agrios, técnicas agrícolas y producción tropicales. 1ra. Ed. Barcelona, España. Blume. Pp. 81-82; 373
- RAFOLS, W. 1964. Aprovechamiento industrial de los productos agrícolas. 1ra. ed. Edit. Salvat, S.A. Barcelona, España. Pp. 469-471; 477, 851
- REBOUR, H. 1969. Los agrios. 2da. ed. Madrid, (España). Mundiprensa. Pags. 15, 64

VASQUEZ, A. 1990. Experimentación agrícola. 1ra. ed. Edit. Amaru, S.A. Lima, Perú. 120 p.

YUFERA, P. 1979. Química agrícola III. Alimentos. Edit. Alhambra, S.A. Madrid, España. Pags. 373, 376, 380, 381, 396

ANEXO

Anexo 1. Ordenamiento de los resultados de la extracción de aceite esencial de cáscara de naranja valencia por el método arrastre de vapor en función de los tratamientos del tamaño de partícula y la cantidad de muestra.

Observaciones	Repeticiones	Factor A	Factor B	Respuesta
1	1	A ₁	B ₁	0,11
2	1	A ₁	B ₂	0,22
3	1	A ₁	B ₃	0,26
4	1	A ₂	B ₁	0,11
5	1	A ₂	B ₂	0,22
6	1	A ₂	B ₃	0,21
7	1	A ₃	B ₁	0,07
8	1	A ₃	B ₂	0,18
9	1	A ₃	B ₃	0,18
10	2	A ₁	B ₁	0,13
11	2	A ₁	B ₂	0,25
12	2	A ₁	B ₃	0,25
13	2	A ₂	B ₁	0,14
14	2	A ₂	B ₂	0,27
15	2	A ₂	B ₃	0,25
16	2	A ₃	B ₁	0,08
17	2	A ₃	B ₂	0,24
18	2	A ₃	B ₃	0,20

Factor A: Tamaño de partícula

a₁ : 0,5 cm²
a₂ : 1,0 cm²
a₃ : 2,0 cm²

Factor B: Cantidad de muestra

c₁ : 300 g
c₂ : 600 g
c₃ : 900 g

Anexo 2. Ordenamiento de los resultados de la extracción de aceite esencial de cáscara de naranja valencia por el método solvente orgánico en función de los tratamientos del tamaño de partícula y la cantidad de muestra.

Observaciones	Bloque	A	B	Respuesta
1	1	A ₁	B ₁	0,163
2	1	A ₁	B ₂	0,176
3	1	A ₁	B ₃	0,194
4	1	A ₂	B ₁	0,177
5	1	A ₂	B ₂	0,228
6	1	A ₂	B ₃	0,331
7	1	A ₃	B ₁	0,133
8	1	A ₃	B ₂	0,154
9	1	A ₃	B ₃	0,151
10	2	A ₁	B ₁	0,162
11	2	A ₁	B ₂	0,187
12	2	A ₁	B ₃	0,202
13	2	A ₂	B ₁	0,185
14	2	A ₂	B ₂	0,260
15	2	A ₂	B ₃	0,317
16	2	A ₃	B ₁	0,140
17	2	A ₃	B ₂	0,145
18	2	A ₃	B ₃	0,149

Factor A: Tamaño de partícula

a₁ : 0,425 mm
a₂ : 1,0 mm
a₃ : 1,8 mm

Factor B: Cantidad de muestra

c₁ : 3,0002 g
c₂ : 6,0004 g
c₃ : 9,0003 g

Anexo 3. Cuadros auxiliares para el análisis estadístico

Cuadros auxiliares para el análisis estadístico de la extracción de aceites esenciales por el método arrastre de vapor

Repeticiones	Tratamientos									Total
1	0,11	0,22	0,26	0,11	0,22	0,21	0,07	0,18	0,18	1,56
2	0,13	0,25	0,25	0,14	0,27	0,25	0,08	0,24	0,20	1,81
Total	0,24	0,47	0,51	0,25	0,49	0,46	0,15	0,42	0,38	3,37

Cuadros auxiliares para el análisis estadístico de la extracción de aceites esenciales por el método arrastre de vapor

	A			B		
0,11	0,11	0,07	0,13	0,25	0,25	
0,22	0,22	0,18	0,11	0,22	0,26	
0,26	0,21	0,18	0,14	0,27	0,25	
0,13	0,14	0,08	0,11	0,22	0,21	
0,25	0,27	0,24	0,08	0,24	0,20	
0,25	0,25	0,20	0,07	0,18	0,18	
1,22	1,20	0,95	0,64	1,38	1,35	

Cuadros auxiliares para el análisis estadístico de la extracción de aceites esenciales por el método solvente orgánico

Repeticiones	Tratamientos										Total
1	0,163	0,176	0,194	0,177	0,228	0,331	0,133	0,154	0,151		1,707
2	0,162	0,187	0,202	0,185	0,260	0,317	0,140	0,145	0,149		1,747
Total	0,325	0,363	0,396	0,362	0,488	0,648	0,273	0,299	0,300		3,454

Cuadros auxiliares para el análisis estadístico de la extracción de aceites esenciales por el método solvente orgánico

	A			B		
0,163	0,177	0,133	0,162	0,185	0,202	
0,176	0,228	0,154	0,163	0,177	0,194	
0,194	0,331	0,151	0,187	0,260	0,317	
0,162	0,185	0,140	0,176	0,228	0,331	
0,187	0,260	0,145	0,140	0,145	0,149	
0,202	0,317	0,149	0,133	0,154	0,151	
1,084	1,498	0,872	0,961	1,149	1,344	

Anexo 4.

Características biométricas de la naranja valencia.

NUMERO	LIGERAMENTE VERDE (gr.)			PINTONA (gr.)			SOBREMADURO (gr.)		
	WN	WC	WP	WN	WC	WP	WN	WC	WP
1	221,59	24,93	196,65	256,79	34,63	222,16	219,73	19,51	200,22
2	262,41	33,02	229,39	227,85	35,58	192,27	249,70	39,28	210,42
3	229,27	40,87	188,40	237,11	33,78	203,33	193,65	31,68	161,96
\bar{X}	237,76	32,94	204,81	240,58	34,66	205,92	221,03	30,16	190,87

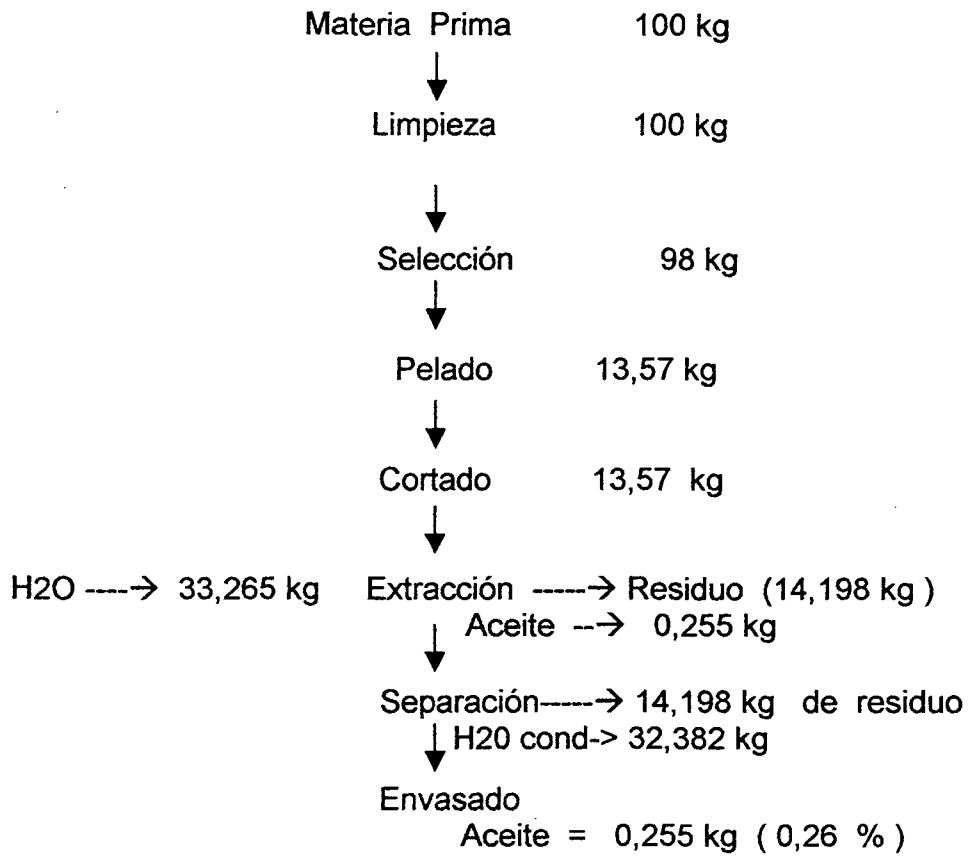
Wn = Peso de la naranja

WC = Peso de la cáscara

WP = Peso de la pulpa

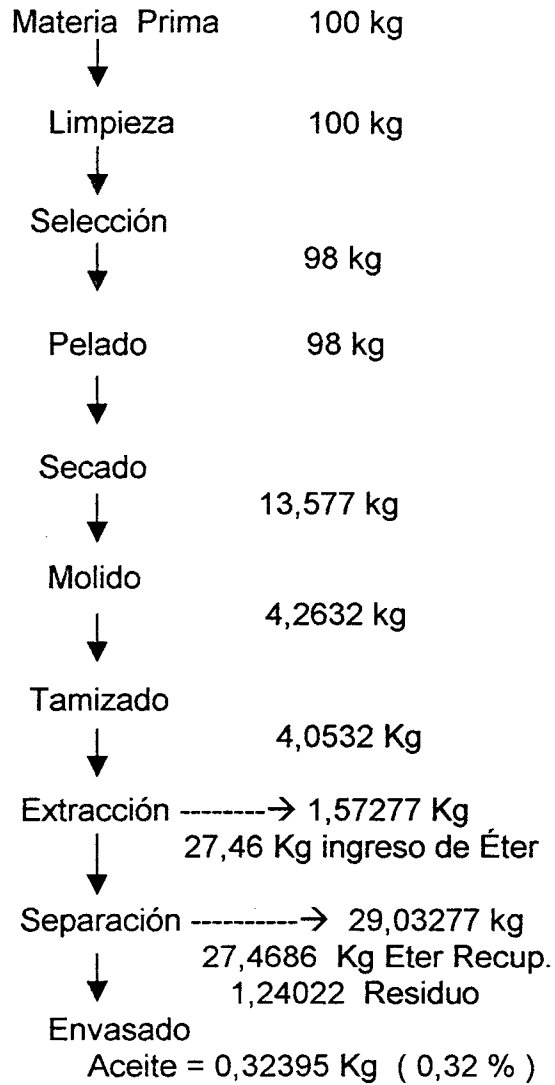
\bar{X} = Promedio

Anexo 5.



Balance de materia en la extracción de aceite esencial de cascara de naranja valencia a partir de 100 kg de fruta madura por el método arrastre de vapor

Anexo 6.



Balance de materia en la extracción de aceite esencial de cáscara de naranja valencia a partir de 100 Kg. de fruta madura por el método solvente orgánico

Anexo 7.

**EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE ACEITE ESENCIAL DE CASCARA
DE NARANJA VALENCIA**

Nombre: _____ Fecha: _____ Hora: _____

Producto: Aceite Esencial de Cáscara de Naranja Obtenido por 2 métodos:
Arrastre de vapor (M1), Solvente Orgánico (M2).

Evalúe cada muestra, marcando con una X, según la escala que cree conveniente para la Apariencia General, Color, Olor y Sabor.

APARIENCIA GENERAL

ESCALA	CODIGO DE LAS MUESTRAS	
	M2	M1
Transparente		
Ligeramente Transparente		
Ni transparente ni opaco		
Ligeramente opaco		
Opaco		

COLOR

ESCALA	CODIGO DE LAS MUESTRAS	
	M2	M1
Claro amarillento		
Ligeramente claro amarillento		
Ni claro amarillento ni claro verdoso		
Ligeramente claro verdoso		
Claro verdoso		

OLOR

ESCALA	CODIGO DE LAS MUESTRAS	
	M2	M1
Penetrante		
Ligeramente penetrante		
Ni penetrante ni rancio		
Ligeramente rancio		
Rancio		

SABOR

ESCALA	CODIGO DE LAS MUESTRAS	
	M2	M1
Picante		
Ligeramente picante		
Ni picante ni extraño		
Ligeramente extraño		
Extraño		

OBSERVACIONES: _____

OLOR

ESCALA	CODIGO DE LAS MUESTRAS	
	M2	M1
Penetrante		
Ligeramente penetrante		
Ni penetrante ni rancio		
Ligeramente rancio		
Rancio		

SABOR

ESCALA	CODIGO DE LAS MUESTRAS	
	M2	M1
Picante		
Ligeramente picante		
Ni picante ni extraño		
Ligeramente extraño		
Extraño		

OBSERVACIONES: _____

c. **Atributo : Olor**

Fuente de variación	g.l	S.C	C.M	Fc
Panelista	9	5,36	0,60	
Tratamiento	1	0,31	0,31	0,42 n.s
Error	9	6,57	0,73	
Total	19	12,24		

d. **Atributo : Sabor**

Fuente de variación	g.l	S.C	C.M	Fc
Panelista	9	7,95	0,88	
Tratamiento	1	1,25	1,25	1,16 n.s
Error	9	9,75	1,08	
Total	19	18,95		

PRUEBA DE TUKEY PARA CUALQUIER ATRIBUTO

- Calculo del Error Standard de la Media

$$\overline{S_x} = \frac{\text{CM error}}{\text{Repeticiones}}$$

- Calculo de la diferencia mínima significativa

$$\text{D.M.S} = q * \overline{S_x}$$

$$q = q(\text{g.l error}; \alpha; \text{N}^\circ \text{ de Tratamientos})$$

$$q = q(\text{g.l error}; \alpha; \text{N}^\circ \text{ de tratamientos}) * \overline{S_x}$$

$$\alpha = \text{porcentaje de seguridad}$$