



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR**

TESIS

**EXTRACCIÓN DE ACEITE A PARTIR DE
SEMILLA DE GRANADILLA (*Passiflora ligularis*)
POR PENSADO EN FRÍO Y SOLVENTE
ORGÁNICO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR**

Autor:

Bach. Torres Meléndez Alex Frang

Asesor:

Mg. Aurora Vigo Edward Florencio

Línea de investigación:

Ingeniería de procesos productivos

**Pimentel – Perú
2018**

**Extracción y Caracterización de aceite a partir de semilla de granadilla
(*Passiflora ligularis*) obtenido por prensado en frío y solvente orgánico**

Aprobación de tesis

Presentado por: Bach. Alex Frang Torres Meléndez

Ing. Ms. Castillo Martinez William Esteward
Presidente del Jurado de Tesis

Ing. Ms. Solano Cornejo Miguel Ángel
Secretario del Jurado de Tesis

Ing. Ms. Aurora Vigo Edward Florencio
Vocal del Jurado de Tesis

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis padres José Torres Córdova que en paz descanse y mi madre Elizabeth Meléndez Tapia, y a mi hermano Roberto Carlos Torres Meléndez y a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y comercio Exterior de la Universidad Señor de Sipán.

Alex Frang Torres Meléndez

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a la largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mi madre por haberme apoyado con amor y sacrificio en mi formación personal y profesional.

Al MSc. William Esteward Castillo Martínez y el MSc. Walter Bernardo Símpalo Lopez, quienes me brindaron su apoyo en las diferentes etapas del desarrollo de esta tesis.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron para la realización de este trabajo de investigación.

Índice

Resumen	1
Abstract	2
CAPITULO I: INTRODUCCION	3
1.1. Situación problemática	4
1.2. Formulación del problema	5
1.3. Delimitación de la Investigación	5
1.4. Justificación e importancia de la investigación	5
1.5. Limitaciones de la investigación	6
1.6. Objetivos de la investigación	7
1.7. Marco Teórico	8
1.7.1. Antecedentes de estudio	8
1.7.2. Estado del arte	11
1.8. Base teórica científicas	15
1.8.1. Generalidades de la <i>Passiflora ligularis</i>	15
1.8.5. Lípidos	19
1.8.6. Ácido graso	19
1.8.7. Aceites extraídos de semillas.	23
1.8.8. Método de extracción	24
1.9. Definición de los términos básicos	39
CAPITULO II: MATERIAL Y METODOS	40
2.1. Tipo y Diseño de la Investigación	40
2.1.1. Tipo de Investigación	40
2.1.2. Diseño de la investigación:	40
2.1. Población y Muestra	40
2.3 Hipótesis	41
2.4. Variables	41
2.5. Operacionalización de las variables	41
2.6. Abordaje metodológico, técnicas e instrumentos de Recolección de datos	42
2.7. Procedimientos para recolección de datos	43
2.8. Principios Éticos	48
2.9. Principios de rigor científico	

CAPITULO III: RESULTADOS	50
3.1. Acondicionamiento de la materia prima	50
3.2. Caracterización fisicoquímica de la semilla Seca de granadilla	51
3.3. Extracción y caracterización del aceite de la Semilla seca de granadilla	52
3.3.1. Análisis de varianza para el rendimiento de aceite de Semilla de granadilla	53
3.3.2. Análisis de varianza para el porcentaje de acidez del aceite extraído de la semilla de granadilla	56
4.3.3. Análisis de varianza para el índice de peróxidos del aceite Extraído de la semilla de granadilla	57
3.3.4. nálisis de varianza para el contenido de ácido oleico Del aceite extraído de la semilla de granadilla	58
3.3.5. análisis de varianza para el contenido de ácido Estearico del aceite extraído de la semilla de granadilla	58
CAPITULO IV: DISCUSIONES	60
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
6.1. Conclusiones	62
6.2. Recomendaciones	62
Referencias	63
Anexos	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.	Valor nutritivo de la granadilla (<i>Passiflora ligularis</i>)	17
Tabla 2.2.	Condiciones agroclimatológicas que requiere la granadilla (<i>Passiflora ligularis</i>)	18
Tabla 2.3	Ácidos grasos saturados más comunes	20
Tabla 2.4:	Tipos de extracción de los aceites vegetales comestibles, técnicas empleadas, ventajas y desventajas	25
Tabla 2.5	Variables dependientes e independientes en el proceso de extracción continúa	32
Tabla 2.6:	Comparación de la extracción de aceites de forma mecánica y con solventes en semillas con bajo, medio y alto contenido de aceites	34
Tabla 3.1.	Operacionalización de variables independientes	41
Tabla 3.2.	Operacionalización de variables independientes	42
Tabla 4.1.	Contenido de Humedad de la semilla de granadilla	51
Tabla 4.2.	Composición fisicoquímica de la semilla seca de granadilla	51
Tabla 4.3.	Rendimiento y propiedades fisicoquímicas del aceite de semilla de granadilla según método de extracción	52
Tabla 4.4.	Perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de granadilla según método de extracción.	53
Tabla 4.5.	Análisis de varianza para la variable dependiente rendimiento de aceite (porcentaje) de semilla de granadilla.	54
Tabla 4.6.	Análisis de varianza para la variable dependiente porcentaje de acidez del aceite extraído de la semilla de granadilla	55
Tabla 4.7.	Análisis de varianza para la variable dependiente índice de peróxidos del aceite extraído de la semilla de granadilla	57
Tabla 4.8.	Análisis de varianza para la variable dependiente contenido de ácido Oleico del aceite extraído de la semilla de granadilla	58
Tabla 4.9.	Análisis de varianza para la variable dependiente contenido de ácido esteárico del aceite extraído de la semilla de granadilla	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Granadilla en buen estado mostrando sus semillas	16
Figura 2.2.	Se observa la apertura de la flor de granadilla	16
Figura 2.3.	Se observa que el ácido Palmítico contiene 16 carbonos unidos por enlace simple.	20
Figura 2.4.	Se observa que el ácido Oleico contiene una molécula de alcohol y en una estructura que cuenta con un enlace doble.	21
Figura 2.5.	Ácidos grasos esenciales para el ser humano	22
Figura 2.6.	Etapas metabólicas de la biosíntesis de ácidos grasos ω -6 y ω -3 a partir de sus precursores.	23
Figura 2.7.	Esquema de una prensa hidráulica artesanal	26
Figura 2.8.	Esquema de dispositivos de cajetines para el empleo en prensas de tipo abierto	27
Figura 2.9.	Prensa de jaula tipo cerrado	28
Figura 2.10.	Esquema de la prensa filtro utilizada para la extracción de aceites vegetales comestibles	29
Figura 2.11.	Esquema de la prensa cilindro con agujeros utilizada para la extracción de aceites vegetales comestibles.	30
Figura 2.12.	Esquema de la estructura celular de las semillas Oleaginosas	31
Figura 2.13.	Esquema del equipo de extracción por solventes (Soxhlet)	35
Figura 2.14.	Proceso de extracción de aceites vegetales mediante fluidos supercríticos	38
Figura 3.1.	Diagrama de bloques del acondicionamiento de semilla de granadilla para la extracción de aceite por prensado en frío y solvente orgánico	44
Figura 3.2.	Diagrama de bloques de la obtención de aceite de la semilla de granadilla por el método de prensado en frío.	46
Figura 3.3.	Diagrama de bloques de la obtención de aceite de la semilla de granadilla por el método de solvente orgánico.	47
Figura 4.1.	Resultados del acondicionamiento de la semillas de granadilla.	50
Figura 4.2.	Efecto del método de extracción en el rendimiento de aceite de semilla de granadilla.	54
Figura 4.3.	Efecto del método de extracción en el porcentaje de acidez del aceite extraído de la semilla de granadilla.	56
Figura 4.4.	Efecto del método de extracción en el índice de	57

peróxidos del aceite extraído de la semilla de granadilla

RESUMEN

En el presente proyecto se investigó las semillas de granadilla como materia prima para la extracción de su aceite, se aplicó dos métodos de extracción. Uno por solventes, usando como reactivo el hexano y Prensado en frío utilizando una prensa hidráulica, ya que estos métodos son utilizados en la industria. Se caracterizó como afectan en el método de extracción en el rendimiento, propiedades fisicoquímicas (acidez e índice de peróxido), perfil de ácidos grasos y su calidad. Se obtuvo mayor rendimiento en el aceite extraído con solvente $23.475 \pm 1.18\%$, teniendo este mayor acidez 3.4526% e índice de peróxido 15.372 (meq O₂/kg) y una mayor concentración de ácido linoleico 81.3385% . En el caso del aceite obtenido por prensado presenta menor acidez 1.756% e índice de peróxidos 6.662 meq O₂/kg y mayor contenido de ácido araquidónico 84.249% . Estos ácidos grasos obtenidos corresponden a los llamados omega 6.

Palabras claves: Semilla de granadilla, Aceite, extracción por prensado, extracción por Solvente, Omega 6.

ABSTRACT

In the present project the seeds of granadilla as raw material for the extraction of its oil were investigated, two extraction methods were applied One for solvents, using hexane and cold pressing as a reagent using a hydraulic press as these methods are used in the industry. The physicochemical properties (acidity and peroxide index), fatty acid profile and their quality were characterized in the extraction method in the yield. It was obtained a higher yield in the oil extracted with solvent $23.475 \pm 1.18\%$, having this higher acidity 3.4526% and peroxide index 15.372 (meq O₂ / kg) and a higher concentration of linoleic acid 81.3385% . In the case of oil obtained by pressing, it has a lower acidity of 1.756% and a peroxide index of $6,662$ meq O₂ / kg and a higher arachidonic acid content of 84.249% . These fatty acids obtained correspond to the so-called omega 6.

Key words: Seed of granadilla, Oil, extraction by pressing, extraction by Solvent, Omega 6.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La familia de las pasifloráceas está compuesta por 12 géneros distribuidos por todo el mundo. El género de las pasifloras es el mayor y cuenta con alrededor de 400 especies conocidas siendo las especies de mayor interés comercial en nuestro país, por sus frutos comestibles, la maracuyá (*P. edulis*) y la granadilla (*P. ligularis* Juss.). La granadilla es una fruta de clima templado, de sabor agridulce agradable y que posee excelentes características nutritivas.

Para la extracción del aceite a partir de las semillas es posible emplear tres métodos: extracción mecánica (Prensado), extracción con solventes y una combinación de los dos métodos anteriores, los solventes más comúnmente empleados son las fracciones ligeras de petróleo, en donde se encuentra el hexano.

El proceso de extracción requiere de conocimientos de las propiedades físicas y físico químicas de las semillas y sus ácidos grasos. Las propiedades físicas permiten dimensionar los equipos de almacenamiento, transporte y procesamiento de las semillas. También es necesario caracterizar este aceite para incentivar el consumo e industrialización.

El principal objetivo de este trabajo fue caracterizar el mejor método de extracción del aceite de semilla de granadilla; evaluando su calidad desde el punto de vista de sus propiedades fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos.

1.1. Situación Problemática

La historia de la humanidad, las plantas es una fuente importante de productos beneficiosos. (Bandoni et al., 2009). En el pasado se utilizaron especias vegetales como parte de la alimentación, en la medicina y en la cosmética. En la actualidad se prestó más interés en el campo aplicativo como en la farmacia y biotecnología y gracias a las varias investigaciones científicas se ampliaron los beneficios de los aceites. (Lucero, 2004)

El Perú productor de frutas exóticas por excelencia y una de ellas es la granadilla (*Passiflora ligularis*), donde su cadena de productiva y agroindustrial viene incrementando, pero con deficiencias en el aprovechamiento de algunas características del fruto.

La granadilla se cultiva en el área andina y su consumo es fresco sin procesamiento alguno además que no hay muchas investigaciones realizadas al fruto en mención.

Con el fin de satisfacer las necesidades alimentarias se plantean nuevas estrategias para el desarrollo sostenible aplicando nuevas biotecnologías, tecn0ologos combinadas como las tradicionales y las recientemente investigadas, para lograr un desarrollo integrado como parte de la solución a los problemas de producción a nivel nacional.

El objetivo principal para la producción de aceite de granadilla esta en establecer cuál será el método adecuado para la extracción, debido a que de acuerdo al método se podrá obtener calidades de aceite de granadilla además de ver la viabilidad para la producción comercial (Quintana et all, 2014).

Hay varios procedimientos para la extracción de aceites, siendo el más utilizado el prensado no siendo el más eficiente debido a la perdida de aceite que queda en la tela de la prensa, el método de arrastre por solvente (hexano y éter de petróleo) los cuales entran en contacto con la muestra y por polaridad arrastran las fracciones lipídicas, tienen problemas con el

tiempo y temperaturas de extracción. (Quintana et all, 2014).

12. Formulación del problema

¿Cómo afecta el método de extracción en el rendimiento, características físico químicas y perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de granadilla (*Passiflora ligularis*)?

13. Delimitación de la Investigación

La investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Nacional del Santa, en el laboratorio de Análisis y Composición de productos agroindustriales y en los laboratorios del Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial de la UNS ubicado en el Distrito de Nuevo Chimbote- Ancash.

14. Justificación e importancia de la investigación

El dinamismo de la agricultura en la actualidad lo hace atractivo y grandes perspectivas de crecimiento en muchos países. Aunque aún no se puede tener resultados concretos de su desarrollo potencial ya muchos países ven tentador conquistar una parte de del mercado productivo.

La granadilla (*Passiflora ligularis*), de origen sudamericano, crece en regiones como Colombia, Ecuador y el Perú específicamente en zonas cálidas como la amazonia. En el Perú la producción de granadilla fue 31,533 Tm. En el 2011. Siendo las ciudades de Pasco, Cajamarca, Huánuco y La Libertad los máximos productores (Sierra exportadora, 2013).

La granadilla es consumida en estado fresco, se exporta de la misma manera, así como también se puede exportar en jugo para la elaboración de bebidas envasadas, teniendo como uno de sus desechos sus semillas, esta investigación permitirá darle a la semilla de granadilla un valor agregado, conocer sus características físico-químicas, su cantidad de ácidos grasos y si son beneficiosos para los humanos y principalmente establecer si la semilla de granadilla es una fuente viable de aceite natural.

Las Investigaciones realizadas a las semillas de diferentes frutas no indican que su aceite tiene baja presencia de ácidos grasos saturados y un nivel aceptable de ácidos grasos insaturados por lo que la investigación propone caracterizar físico-químicamente el aceite de semilla de granadilla (*Passiflora ligularis*) y así contribuir a ampliar la información sobre este fruto y aprovechar un recurso natural disponible en nuestro país.

Se eligió este tema de investigación por la poca industrialización que tiene la granadilla (*Passiflora ligularis*) en el país, la demanda histórica de este producto se da por consumo directo y en el presente se incrementó la exportaciones desde el 2008 al 2012 se incrementó en un 82 % (Sierra exportadora, 2015). Asimismo este trabajo servirá de base a futuras investigaciones, debido a que no se han desarrollado muchas investigaciones de esta fruta en nuestro país y mucho menos se han llevado investigaciones sobre aceite extraído de su semilla y así dejar un conocimiento teórico y experimental para poder sacar provecho de esta variedad vegetal con la que cuenta nuestro país y lograr mayor explotación e industrialización de esta fruta.

El presente proyecto es importante porque se pretende utilizar la semilla de la granadilla (*Passiflora ligularis*) para extraer aceite, el cual pueda ser utilizado en la industria alimentaria y no alimentaria favoreciendo y aportando en a la cadena de producción de la fruta.

15. Limitaciones de la investigación

En la actual ciudad de Chiclayo, departamento de Lambayeque no se cuenta con los equipos necesarios para la extracción de aceite de semilla de granadilla (*Passiflora ligularis*) y para la cuantificación de ácidos grasos presentes en la semilla, es por este motivo que recurrimos a la Universidad Nacional del Santa y Universidad Nacional la Agraria La Molina para poder realizar los análisis de nuestros tratamientos experimentales

16. Objetivos de la investigación

Objetivos Generales

Extraer y caracterizar el aceite de semilla de granadilla (*Passiflora ligularis*) obtenido por prensado en frío y solvente orgánico.

Objetivos Específicos

- a. Caracterizar fisicoquímicamente la semilla de granadilla.
- b. Extraer el aceite de granadilla (*Passiflora ligularis*) por el método de solvente orgánico y prensado en frío.
- c. Determinar los rendimientos de extracción de aceite por prensado en frío y solvente orgánico.
- d. Caracterizar fisicoquímicamente el aceite de la semilla de granadilla extraído por prensado y solvente.
- e. Identificar los ácidos grasos presentes en el aceite de granadilla extraído por prensado y solvente.

17. Marco teórico

1.7.1 Antecedentes de estudios

Los investigadores Lafont J., Paez M., Portacio A. (2010), Extrajeron y caracterizaron el aceite de la semilla de (Almendra) del Marañón (*Anacardium occidentale* L) evaluaron la metodología para la extracción de aceite es someter las muestras a una extracción mecánica por medio del prensado y a una extracción por arrastre con solvente orgánico. Se estudió métodos de extracción como el de inmersión y el de inmersión percolación con solvente orgánico como el n-hexano siendo el último método más eficiente. Dando como resultado una eficiencia de (97.78 ± 1.32) %. Siendo el ácido oleico el que más rendimiento alcanzó 61.36% en el análisis de perfil lipídico realizado en un HPLC. Por lo que se concluye que lo extraído por arrastre con solvente sea derivado para la elaboración de jabones, cosméticos y la extracción por prensado para la industria de alimentos. La investigación arroja que se obtuvo un gran rendimiento de ácido oleico que es un ácido

graso insaturado y un rendimiento aceptable de aceite.

La extracción, purificación y caracterización del aceite de la semilla de mamey a escala piloto en un equipo Soxhlet, fue investigada por Modroño M., Rodríguez M., Yamal E., Velasquez I. (2010). Aplicaron un diseño factorial para la extracción establecieron las variables en condiciones óptimas dentro del proceso de operación. Las características proximales de la semilla registran: fibra cruda 1,768%; proteínas 19,2996%; calcio 0,0267%; humedad 6,744%; grasa libre 43,5335% y cenizas 2,842%. El rendimiento aproximado para 1 kg de semilla se obtendrá 28 % y se utilizará 6,0 L. de solvente orgánico (n-hexano). En el proceso de extracción la cantidad de semilla utilizada con respecto al volumen de solvente orgánico usado influyen entre si mas no interactúan entre ellas. Los resultados arrojados en la investigación sobre la caracterización del aceite son: yodo 71,4 g.l/gr. aceite; índice de refracción 1,4721; acidez 1,23; peróxido 1,8 meq O₂/g; viscosidad dinámica 71,6 cP; densidad relativa 0,89844; color 2,5 rojo/ 25 amarillo; pH 5,5 y índice de saponificación 181,8 mg KOH/g. El análisis realizado para la determinación de ácidos grasos reporta como ácido graso esencial al aceite linoleico la investigación concluye que se estableció los diferentes porcentajes de los componentes del mamey y también los porcentajes de la caracterización del aceite del mamey.

En este trabajo desarrollado por Tapia M., Perez B., Cavazos J., Mayett Y. (2013), donde se trabajó con 2 solventes orgánicos (éter de petróleo y éter etílico) y muestras (semilla de mango), con un peso de 3 y 6 g. Para optimizar la extracción de aceite de la semilla de mango se usó un diseño factorial. Caracterizaron fisicoquímicamente la materia etérea obtenida. Se obtuvo como resultados que el éter etílico tuvo mejor eficiencia de extracción de aceite con respecto a los demás solventes orgánicos, lo cual resulto con una significancia importante. Caso contrario con el tamaño de

partícula de la muestra no hubo significancia con respecto a la eficiencia de extracción, los porcentajes de extracción de grasa en promedio para las muestras fueron del 5.5 %. Las grasas saturadas del aceite de la semilla de mango fueron de (45.2%) que de grasas insaturadas (53.7%). El ácido graso oleico se encontró en mayor cantidad (45.6%). El aceite tuvo concentración de ácidos grasos libres del 2% y humedad 0.2%. Se concluye que el tipo de solvente influye ya que con el éter etílico se obtuvo un mayor rendimiento de aceite crudo.

La *Salvia hispánica* L. o chía, quien tiene un alto contenido de aceite (27%) y calidad nutricional importante, tienen un alto contenido de omega 3 y omega 6. Quintana J. y Valencia J. (2014), indican que en la producción de chía un factor importante es el procedimiento de extracción de aceite de chía que afecta en el rendimiento y calidad del aceite. Esta tesis refiere que la evaluación de proceso para la extracción del aceite de semilla de chía de variedades negra y blanca se usaron dos métodos, prensado en frío por expeler y el método de arrastre con solvente orgánico utilizando soxhlet, donde se pusieron las muestras de chía de ambas variedades. Siendo el método de prensado en frío por expeler quien presento mayor eficiencia obteniéndose un rendimiento de 27% de aceite y contenidos de omega 6 de 15.48% y omega 3 de 73.28 %, para la chía negra y para la chía blanca el rendimiento de aceite fue 25%, mientras el contenido de omega 6 fue de 15.79% y omega 3 de 74%. Mientras que con el método por arrastre con solvente se obtuvo como resultados un rendimiento de 13.50% de aceite de chía blanca mientras que el contenido de omega 3 (61.55%) y omega 6 (14.42%), mientras que el rendimiento de la chía blanca fue de (8.88%), y los omegas fueron omega 3 (64.62%) y omega 6 (14.80%). (Quintana J., 2014)

En el 2013, Sihuayro D. evaluó el efecto del tamaño de partícula y presión de trabajo sobre el rendimiento y características físico –

químicas del aceite de sachá inchi obtenido por prensado mecánico en frío. Para esta investigación aplico la superficie de respuesta donde se estudió un diseño factorial centrado para dos variables independientes con respecto a las variables de respuesta. Se aplicaron 11 tratamientos como diseño experimental siendo las variables independientes: presión de trabajo (160, 180, 200 bar) y tamaño de partícula (2, 4, 6 mm), donde se estudió el rendimiento, índice de acidez e índice de peróxidos como variables dependientes. Las mejores condiciones de operación fueron: tamaño de partícula 3,9 mm, presión de trabajo 192,72 bar. Estos valores reportan un rendimiento de 0,145 l/kg; índice de acidez de 0,092286 g de ácido oleico/100g de aceite e índice de peróxidos 0,892 m-eq O₂/kg aceite. Esta investigación demostró que las partículas de 3,9 mm generan mejores condiciones de extracción de aceite con un rendimiento de 0,145 l/kg.

El Agüire (*Couepia dolichopoda* Prance) es una especie nativa del Amazonas que se crece entre Perú, Brasil y Colombia. Es un árbol de madera dura de frutos comestibles, el investigador V. Sanchez y J. Barrera (2006), estudiaron la semilla de la cual se puede extraer y obtener aceite para la elaboración de tintas y barnices. En el Laboratorio de alimentos de la Universidad de la Amazonia se utiliza este fruto proveniente de la ciudad Solano Caqueta, para determinar el rendimiento de aceite y sus características fisicoquímicas empleando tres tipos de disolventes: Éter de petróleo, acetona y n-hexano, con el fin de brindar alternativas para su utilización y comercialización. El rendimiento de la semilla fue 74.46 %, para la extracción de aceite utilizando solvente orgánico como la acetona para la extracción, y tiene parámetros fisicoquímicos como índice de yodo similares al aceite de oliva y maní. Es importante en futuras investigaciones realizar estudios fisicoquímicos del aceite obtenido por métodos de prensado. Con el solvente éter de petróleo y n-hexano se obtuvieron rendimientos mucho más bajos oscilando entre 35 y 57%, con respecto a la

cantidad de aceite obtenido con acetona (75%) existiendo una diferencia entre ambos solventes orgánicos. Debido a la afinidad del solvente con la sustancia. La mejor apariencia fue obtenida con el éter de petróleo con un color amarillo claro, mientras que con la acetona mostro un color amarillo oscuro. La densidad promedio fue de 0,963 g/l. El índice de refracción el valor promedio es de 1,3476.

La extracción de aceite de quínoa de carácter orgánico con etanol como solvente, no es viable y esto lo dice la autora Y. Rubio (2005), quien concluyo que no era posible aplicar este método usando etanol como solvente ya que este no extrae grasas sino sustancias no grasas como pigmentos, ceras, azúcares, fosfátidos, etc. (Zamorano, 2005). El aceite de quínoa se extrajo aplicando dos solventes como el hexano y éter de petróleo, cuyo rendimiento de contenido etéreo fue de 6%. El aceite de quínoa en términos de calidad se determina exponiendo la semilla mediante un pulido a esta lo que incrementa la inestabilidad del aceite y deterioro. El perfil de ácidos grasos muestra ácido linoleico con un 56%, Oleico con un 21%, Linolénico con un 5% para cada una de las muestras. Con respecto a la protección de la rancidez oxidativa se determinó que el alto contenido de tocoferoles totales, alrededor de 1300 ppm le confiere una protección deseable.

1.7.2 Estado del arte

Hay una infinidad de investigaciones sobre el proceso de extracción de aceite de palma africana con el objetivo de mejorar los procesos y obtener mayor cantidad de aceite. Siendo la extracción por prensado unos de los métodos de mayor eficiencia. (Balboa, 2015).

En la empresa Alcopalma S.A. la perdida de aceite por el método de prensado va depender de una buena digestión con una presión adecuada para reducir perdidas. (Balboa, 2015). La eficiencia de

extracción por el método de prensado que está en relación al tamaño de partículas de la muestra en la torta y a la pérdida de fibra siendo factores importantes a considerar la composición del producto y la presión a ejercer así como el espesor de la corteza o cascara. (Balboa, 2015). Determinar las pérdidas de aceite en las fibras y la ruptura de nuez en el prensado para la extracción de aceite rojo de palma en la extractora Alcopalma S.A. fue uno de los objetivos principales, donde se evaluó la relación entre el consumo de la corriente (amperaje) de prensado con la pérdida de aceite en fibra de prensa para reducir las pérdidas y evaluar la relación que existe entre la humedad y las pérdidas de aceite en las fibras. Se logró identificar los porcentajes de aceite retenido, de humedad en las fibras de palma, y de nueces rotas. Por lo que se utilizó tres digestores con sus respectivas prensas, 4, 3, 2; se trabajó con un tiempo fijo de cocción de la fruta, y como variables: la temperatura de vapor: 90, 95, 100 ° C, y el nivel de llenado: 70, 85, 100 %, de los digestores, y la intensidad de corriente (amperaje) de las prensas: 55, 63, 70 A. Las muestras obtenidas de cada prensa fueron analizadas determinando la influencia de las variables en los porcentajes de aceite retenido, de humedad, y de nueces rotas. Se realizó el diseño estadístico desarrollando una superficie de respuesta, determinándose mayor influencia en el prensado es la intensidad de corriente, con una relación inversa para la humedad y el contenido de aceite. Se concluye que a las siguientes condiciones de temperatura 100 °C, nivel de llenado 100 %, e intensidad de corriente de 70 A, se obtuvieron para la prensa cuatro (4), las menores pérdidas: 3,25% de aceite retenido, 30,6 % de humedad en la torta, y 16,25% de nueces rotas.

El consumo de aceite vegetal se estima que está cerca de 90%, siendo el aceite de oliva uno de los más consumidos se cita en la investigación para la obtención del aceite virgen de la semilla de ajonjolí. F. Giler y F. Farfán (2008), se han estudiados métodos diversos para obtener aceite y se han mejorado con el tiempo

logrando hacer más eficiente. A fines de los años sesenta la extracción de aceite se obtenía por el método tradicional el sistema de prensas y el molino de rulos (empiedro). La obtención de aceite en el sistema continuo, se hace por acción de la fuerza centrífuga sobre la pasta de ajonjolí usando decanters (máquinas rotativas horizontales de elevada velocidad). Esta investigación concluye que la semilla de ajonjolí tiene un rendimiento de 55% de materia grasa, para optimizar el proceso de extracción y por ende el rendimiento de materia grasa la semilla no debe pasar de 7 % de humedad caso contrario se tendrá que pasar por un secado. El aceite virgen de ajonjolí tiene OMEGA 3 y OMEGA 6, además 7.3 mg de Vitamina E por cada 100 mg y ácidos saturados en cantidades elevadas (85%).

Aplicar nuevas tecnologías para el proceso de extracción lipídica infiere en evaluar y formular nuevos parámetros de control para la producción como se explica en esta investigación de diseño de una planta para la extracción del aceite vegetal comestible de las semillas de chía (*salvia hispanica l.*) mediante prensado. (Miranda, 2015). Realizando el perfil físico químico de la materia prima utilizada en la extracción. Las semillas presentaron un humedad 9,07 %, extracto etéreo 29,57 %, carbohidratos 40,10 %, valor calórico de 446 kcal/100g, proteína 16,04 % adicionalmente mostro 86.6 % de semillas oscuras y 13,2 % semillas blancas y 0,011 % de impurezas.

La extracción se realizó con la prensa expeller con una capacidad de ,280 kg durante 4 minutos aproximadamente. Las variables estudiadas fueron la temperatura y el diámetro de la boquilla de la prensa expeller, para una temperatura de 64°C y una boquilla cuyo diámetro fue 0,010 m, se obtuvo un rendimiento de extracción de 24,8% y con una temperatura de 40 °C

Y una boquilla cuyo diámetro fue 0,014 m., el rendimiento de extracción fue de 18,76 %. Los resultados del análisis proximal fueron las siguientes: la caracterización química se determinó;

índice de yodo de 157; Índice de saponificación de 183 mg.KOH/g; índice de refracción de 1,4809; acidez de 3,0 mg.KOH/g; índice de peróxido de 2,3 Meq. O₂/kg y índice de yodo de 157 cgl/g. Se realizó un perfil de ácidos grasos obteniendo los siguientes resultados: ácido palmítico (3,73 %), ácido oléico (3,61 %), ácido linoléico (7,60 %), ácido linolénico (82,82 %), ácido esteárico (1,79 %), omega-3 (82,82 %), omega-6 (7,60 %) y omega-9 (3,77 %). La calidad fisicoquímica de la semilla de chía dependerá de características climatológicas y de labores agrícolas. El rendimiento de materia grasa dependerá de la humedad adecuada. Concluyendo que el aceite comestible de chía extraído por prensado se obtiene el 24,80 % a 64 °C y con una boquilla de la prensa de 0,010 m. El aceite presenta altas concentraciones de ácido linolénico (omega-3) 7,6 %, ácido linoleico (omega-6) 82,8 % y ácido palmítico (omega-9) 3.7 %.

S. Almeida, J. Alves, E SILVA y W. Rodríguez (2016), en el su trabajo la extracción de aceite de las semillas de maracuyás (*Passiflora Edulis*) por solvente. Buscó evaluar la obtención de aceite a partir de la semilla de maracuyá utilizando disolventes orgánicos. Se puede destinar el aceite de maracuyá como materia prima para elaborar productos para la alimentación. En esta investigación para el proceso de extracción del aceite se secó las semillas hasta alcanzar una humedad entre 5 % y 8 %, y seguidamente se usó el disolvente (acetona), para la extracción del aceite.

En túneles de secado se logró reducir la humedad de la semilla de maracuyá usando un rango de temperatura de 40°C ± 2°C, por un lapso de 3h. 45 min. Con un caudal de aire convectivo de 1,1 m³/s. durante este proceso se tomaron muestras para ser pesadas para así poder construir la curva del comportamiento de secado representando la pérdida de masa con respecto al tiempo. Se usó acetona como solvente para el proceso de extracción del aceite, ya que tiene una gran capacidad para extraer grandes cantidades de

aceite de la semilla de maracuyá.

18. Base teórica científicas

1.8.1 Generalidades de la *Passiflora ligularis*

Origen

La grandilla (*Passiflora ligularis*) crece silvestremente en regiones de clima tropical de origen americano se encuentra en países como Perú, México, Venezuela, etc., familia passifloracea crece a nivel del mar hasta los 2000 msnm, tiene una gran variedad de especies.

Su diversidad en las forma de hojas y de flores de extremada belleza y con características especiales para cada una de sus especies. Podremos mencionar el tamaño, color de las flores, aroma y forma que producen (Mag, 2014).

La granadilla (*Pasiflora ligularis*) es la especie más importante de las tierras altas de América Tropical arriba de los 1000 (León, 1987 y Morton, 1987).

1.8.2 Descripción botánica

La planta de granadilla tiene características trepadoras y enredadas, con raíces ramificadas y fibrosas con profundidades de 20 a 40 cm. EL tallo tiene forma cilíndrica con una coloración amarilla - verdosa (inicial) y marrón claro en su estado adulto. (Sierra exportadora, 2013)

De color verdoso en algunos casos ligeramente amarillo, el fruto de forma semi esférica de 6 – 8 cm de diámetro. En su interior el fruto cuenta con semillas (200 – 250 semillas), envueltas en musilago acidulado de color traslucido algo grisáceo lo cual es comestible. Las semillas de coloración negra, con forma de escudo semi planas

con pequeñas cavidades circulares, son de tamaño pequeño y duras. (Sierra exportadora, 2013)

Para exportación se requiere que la fruta tenga los parámetros recomendados, con un diámetro de 4 y 8 cm y un peso aproximado de 125 a 170 gr. (Sierra exportadora, 2013)



Figura 2.1: Fruta de la granadilla

Granadilla en buen estado mostrando sus semillas

Fuente: <http://peru21.pe/vida21/conoce-10-beneficios-comer-granadilla-2184133>



Figura 2.2: Flor de la granadilla

Se observa la apertura de la flor de granadilla

Fuente: <https://www.flickr.com/photos/jhoyos/5820642694>

De distintos tamaños (6 a 8 cm), las flores de color blanco y amarillento y la corona con bandas alternas moradas y blancas. Se

comprara con la maracuyá (*Passiflora edulis*), da frutos en 36 meses se desarrolla con más rapidez alcanzando su madurez en 80 días después de polinizar. (Mag, 2014).

Según INCAP-OPS (1996), el valor nutritivo del jugo de granadilla en 100 gramos de porción comestible se da en la tabla 2.1.

1.8.3 Requerimientos Agro climatológicos

En a tabla 2.2 se muestra las características agro climatológicas Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador :

Tabla 2.1.

Valor nutritivo de la granadilla (Passiflora liguralis)

Composición	Cantidad en 100 gr
Energía (Kcal)	94.0
Fibra dietética (g)	10.9
Proteínas (g)	2.4
Cenizas (g)	1.2
Carbohidratos (total)	17.3
Grasa (g)	2.8
Potasio (mg)	348.0
Magnesio (mg)	29.0
Sodio (mg)	28.0
Calcio (mg)	10.0
Ácido fólico (mg)	20.0
Vitamina B6	0.06
Vitamina C (mg)	20.0
Hierro (mg)	0.9
Niacina (mg)	1.6
Fosforo (mg)	64.0

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganaderia de El Salvador (2014)

Tabla 2.2.

Condiciones agro climatológicas que requiere la granadilla (Passiflora ligularis)

Factor	Rango
Altura	1.500-2.200 m.s.n.m
Suelos	Franco-arenosos, bien drenados, buena aireación y alto contenido de materia orgánica
Temperatura	16-24°C
Vientos	Moderados
pH	5,5 - 6,5
Precipitación mínima anual	1.500 mm
Horas luz	5- 7 diarias
Humedad Relativa	75-85%

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (2014)

1.8.4 Principales usos y propiedades medicinales

La granadilla *la granadilla (Passiflora ligularis)*, comúnmente se consume en fresco, como jugos o refresco y en helados de pulpa de granadilla los cuales son muy deliciosos al paladar. También son usados para la preparación de jaleas y mermeladas siendo opciones en la transformación dentro de un proceso agroindustrial. (Mag, 2014).

Las propiedades medicinales con la que cuenta la *granadilla (Passiflora ligularis)*, son muy interesante ya que sirve como diurético. Sus flores, tallos y raíces también cuenta con propiedades medicinales haciendolas hervir se obtiene una infusión que tranquiliza y relaja, es usada para bajar temperaturas corporales. (Mag, 2014).

1.8.5 Lípidos

Con una estructura de cadena hidrocarbonada larga con poca solubilidad de agua los lípidos son ésteres de ácidos mono carboxílicos, no solubles en disolventes polares y solubles en solventes orgánicos como el éter de petróleo, hexano, éter etílico, cloroformo o acetona. Se encuentra en la naturaleza en distintos alimentos en membranas vegetales y animales. (Toro et all, 2012).

Se clasifican en compuestos formados por cadenas abierta con cabezas polares y largas colas no polares. Incluye una clase de compuestos poliprenílicos donde se encuentran los esteroides y terpenos (Toro et all, 2012).

1.8.6 Ácido graso

De cadena hidrocarbonada no polar y con un extremo polar los ácidos grasos del grupo carboxilo. Son anfipáticos ya que es hidrofílico en el grupo carboxilo además de ser hidrofóbica en la cola hidrocarbonada. Se ioniza en condiciones óptimas. En la figura 8 se observa la estructura de un ácido graso (Toro et all, 2012)

1.8.6.1 Ácidos grasos saturados

Son ácidos con 4 carbonos como el butírico a los 35 carbonos de ceroplastico. Siendo comunes los que tienen 14 a 18 átomos de carbono. Son químicamente estables (Calvo, 2004).

Estructura de un ácido graso saturado



Figura 2.3: Se observa que el ácido Palmítico contiene 16 carbonos unidos por enlace simple.

Fuente: Instituto de Ciencias y Humanidades

Tabla 2.3

Ácidos grasos saturados más comunes

Estructura	Nombre común	Se encuentra en
C 4:0	Butírico	Leche de rumiantes
C 6:0	Caproico	Leche de rumiantes
C 8:0	Caprílico	Leche de rumiantes, aceite de coco
C 10:0	Cáprico	Leche de rumiantes, aceite de coco
C 12:0	Láurico	coco, aceite de nuez
C 14:0	Mirístico	Coco, nuez, aceites vegetales
C 16:0	Palmítico	Abundante en todas las grasas
C 18:0	esteárico	Grasas animales,

Fuente: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/lipidos/acidosgrasos.html>

1.8.6.2 Ácidos grasos insaturados

Con cadena de dobles enlaces desde 1 al 6. Se llaman monoinsaturados debido a que poseen solo una insaturación, y el resto son poliinsaturados, (Calvo, 2004).

Estructura de un ácido graso insaturado

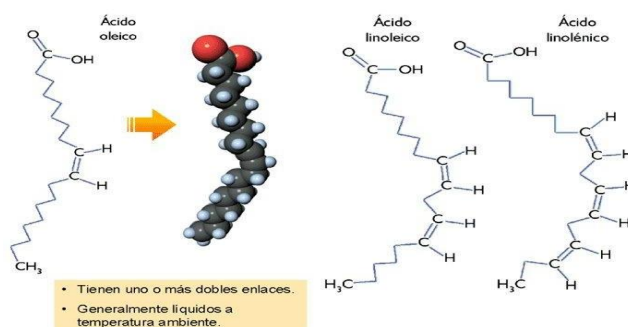


Figura 2.4: Se observa que el ácido Oleico contiene una molécula de alcohol y en una estructura que cuenta con un enlace doble.

Fuente: <https://lidiakonlaquimica.wordpress.com/tag/ácidos-grasos/>

1.8.6.3 Ácidos grasos Poliinsaturados

El ácido linoleico (AL, 18:2 ω 6) y el ácido α linolénico (AAL, 18:3 ω 3), esencial para el consumo humano, donde el primer doble enlace está situado a seis o tres carbonos, respectivamente, del metilo terminal (VALENZUELA y NIETO, 2003).

Algunos presentan cadenas más insaturadas y largas como son docosahexaenoico (DHA, 22:6 ω 3), ácidos araquidónico (AA, 20:4 ω 6), etc. Se obtienen por síntesis de saturación y elongación. (VALENZUELA y NIETO, 2003).

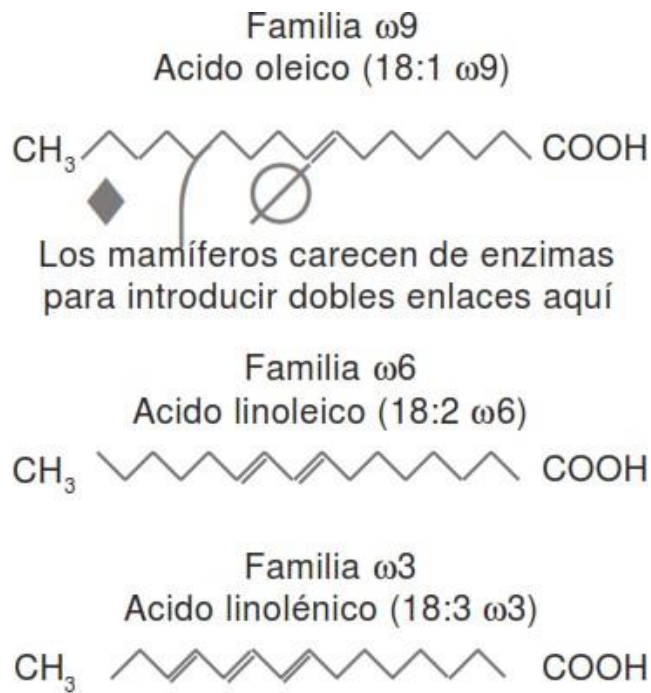


Figura 2.5. Ácidos grasos esenciales para el ser humano
(Jumpsen J, Clandinin MT.)

En el hígado se lleva a cabo el proceso de saturación y elongación de los ácidos ω -6 y ω -3. (VALENZUELA y NIETO, 2003).

Por alargamiento y desaturación se metaboliza los ácidos α -linolénico y linoleico, las cuales dan lugar a ácidos de cadena larga como dos familias de ácidos ω -6 y ω -3. FAO/OMS (1997)

Nuestro organismo puede sintetizar ácidos grasos ω -9 por lo cual no es esencial, caso contrario con ácidos grasos ω -6 y ω -3. (VALENZUELA y NIETO, 2003).

La Figura 2.6, se presenta etapas metabólicas de la biosíntesis de ácidos Grasos ω -6 y ω -3 a partir de sus precursores.

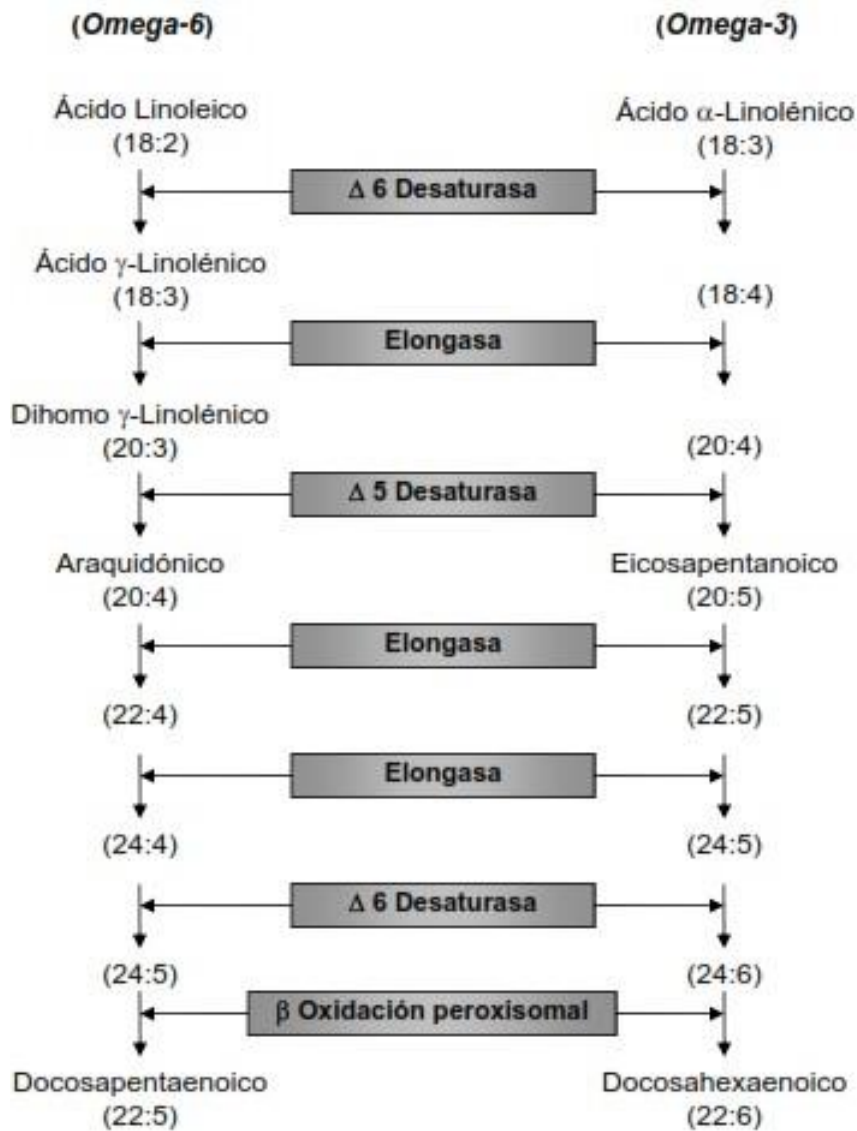


Figura 2.6: Etapas metabólicas de la biosíntesis de ácidos grasos ω -6 y ω -3 a partir de sus precursores.

FUENTE: VALENZUELA y NIETO (2001).

1.8.7 Aceites extraídos de semillas.

Hay muchas fuentes para la obtención de aceites y una de estas fuentes son las semillas oleaginosas o con alto contenido de aceite. Algunos aceites vegetales son reconocidos por codex Stan 210-1999:

- ✓ Aceite de semilla de soja (semillas de *Glycine max*, L., Merr.)
- ✓ Aceite de semilla de algodón.
- ✓ Aceite de salvado de arroz (*Oryza sativa* L).

- ✓ Aceite de semilla de uva, (*Vitis vinifera* L.).
- ✓ Aceite de nuez del coco (*Cocos nucifera* L.). comúnmente llamado aceite de coco.
- ✓ El aceite de semilla de girasol (*Helianthus annuus* L.)
- ✓ Aceite del germen de maíz, (embriones de *Zea mays* L.).
- ✓ Aceite de semilla cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). contiene un alto contenido de ácido oleico.
- ✓ Aceite de la semilla de maní (*A rachis hypogaea* L.).
Estas son las semillas oleaginosas más conocidas y comercializadas. (G. Alba, 2015)

1.8.8 Método de extracción

Se conoce de muchos métodos de extracción de aceites vegetales comestibles unos industrializados, otros a nivel de laboratorio y plantas piloto para extracción de grasas. Si bien cada método de extracción es aplicable de acuerdo a la materia prima que se utilice y esta consideración se aplica para cada método de extracción existente por lo que la obtención de aceites de calidad y eficiencia en la extracción va depender de la extracción adecuada de aceites.

En la siguiente tabla 2.4 presentamos los tipos de extracción de los aceites vegetales, las ventajas y desventajas de los mismos.

1.8.8.1 Extracción por Prensado

La extracción de aceite en los años 90s no era de común práctica debido al bajo rendimiento, en la actualidad el proceso de extracción toma fuerza e interés siempre guardando la seguridad y consideraciones ambientales. (Bockisch, 1998).

El uso de equipos como la prensa común es muy utilizada en la industria aceitera básicamente en la industria que trabaja con la oliva, para las semillas oleaginosas, se usan casi exclusivamente las prensas de tornillo sinfín (Bockisch, 1998).

Tabla 2.4: Tipos de extracción de los aceites vegetales comestibles, técnicas empleadas, ventajas y desventajas

TIPO DE EXTRACCIÓN	TÉCNICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Prensado de las semillas	Técnica de prensado en frío y almacenamiento a baja temperatura (4 °C) en la oscuridad Prensa de tornillo y utiliza calentamiento mediante una resistencia eléctrica	Los aceites presentan mejor conservación de los componentes antioxidantes (quercetina y miricetina), comparada con la extracción con solventes	Rendimientos bajos en la producción del aceite
Extracción con solventes	Método Soxhlet usando generalmente hexano	Favorece las características funcionales del aceite como la retención de agua y la estabilidad de emulsión	Provoca pérdidas ligeras de antioxidantes, además cuestiones de salud y seguridad al medio ambiente por el uso del hexano
Extracción con fluidos supercríticos	Uso del CO ₂ en estado supercrítico	Rendimientos altos de extracción del aceite, no se requiere eliminar solventes del aceite o de la torta residual	Instalaciones muy costosas

Fuente: Ali, N., Keong, S., Ho, W., Kee, B., Tan, S. y Guan, S. (2012)

Está distribuida por una jaula con un solo diámetro de comienzo a fin, con un tornillo sin fin en un solo eje con dirección continua para así lograr la presión como retribución al poco material usado causada por la pérdida del aceite extraído. (Bockisch, 1998).

La presión dentro de la torta se debe al diámetro de salida de la torta y su diseño. Se puede lograr presiones de 3000 bar provocando temperaturas de 170°C dependiendo del tipo de prensa. (Bockisch, 1998).

En el pre-prensado se alcanzan 30-40 bar en combinación con una temperatura de aproximadamente 95°C; el objetivo del prensado directo es llegar a 400 bar en combinación con 115-125°C todo en condiciones de normal desempeño el tipo de prensado con estas características toma el nombre de PRENSADO EN FRIO

Los parámetros de extracción como la capacidad de la prensa, la potencia aplicada y el contenido de humedad de la semilla son importantes para obtener excelentes rendimientos de extracción. Se debe realizar tratamientos de refinación al aceite usando decantadores, separadores y filtros. (Bockisch, 1998).

a) Prensado Discontinuo

Tipo de prensa utilizado en la antigüedad, prensa que permitía extraer aceites vegetales de consumo humano, aplicando presión a la masa de materia prima empaquetadas en mallas, bolsas u otros envases. Las prensas antiguas estuvieron diseñadas con tornillos, cuñas, palancas, etc.; pero el más utilizado fue el sistema hidráulico (Valderrama, 1994, p. 92). Se clasifican en dos grupos: tipo abierto y tipo cerrado.

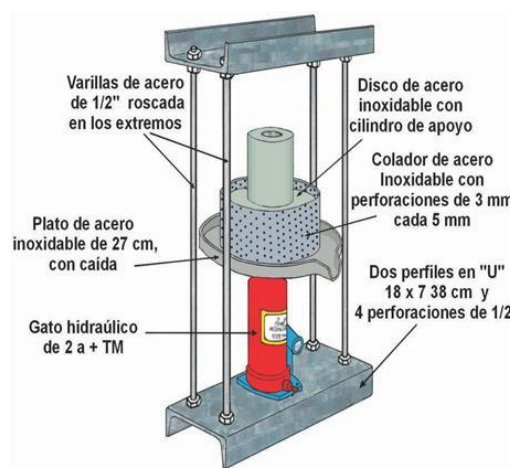


Figura 2.7. Esquema de una prensa hidráulica artesanal (ITACAB, 2013, p. 1)

➤ Prensas discontinuas tipo abierto

Prensa que tiene por característica colocar las semillas en filtros de tela. Conformada por 4 columnas verticales dentro de una jaula abierta, con placas horizontales, espaciadas entre 0,075 a 0,125 m. en la parte posterior existe una placa de fondo, más pesada.

La presión se ejerce cuando se levanta el vástago haciendo fluir el aceite recepcionandose en una bandeja debajo del bloque. (Bailey, 2001, p. 442; Valderrama, 1994, p. 92).

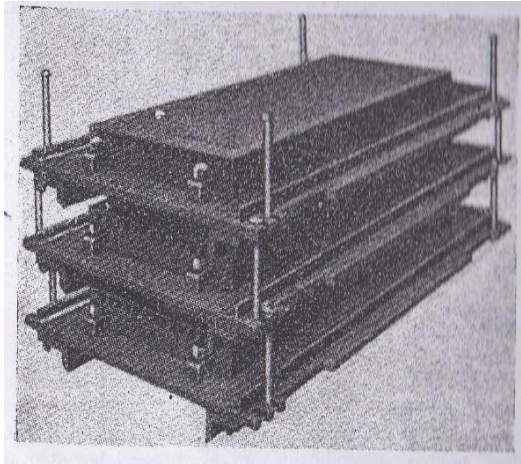


Figura 2.8. Esquema de dispositivos de cajetines para el empleo en prensas de tipo abierto (Bailey, 2001, p. 442)

➤ Prensas discontinuas tipo cerrado

Prensa en la cual la muestra o semilla no están en filtros o bolsas, por lo que son colocadas en la jaula. Alcanza altas presiones que las tipo abiertas, ideales para semillas de corteza dura, con alto contenido de aceite y baja fibra como son la copra y el palmiste (Bailey, 2001, p. 444; Plank, 2005, p. 460).

Posee jaulas redondas o cuadradas, en su estructura tiene barras muy próximas entre sí o de placas con ranuras. Tiene

un ducto por donde se receptiona el aceite extraído. Este ducto aumenta su diámetro de dentro hacia afuera, para evitar la obstrucción con residuos sólidos de la materia prima. Funciona presionando un pistón de abajo hacia arriba infringiendo presión por medio de un vástago que trabaja hidráulicamente. Las jaulas pueden soportar presiones del orden de 420 kg/cm³ (Bailey, 2001, p. 440).

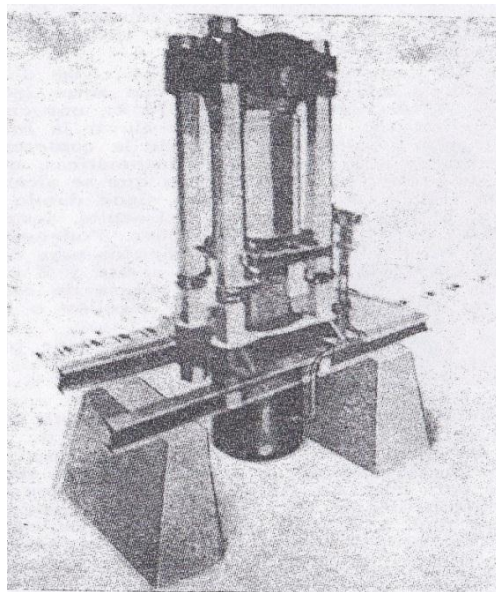


Figura 2.9.

Prensa de jaula tipo cerrado (Bailey, 2001, p. 444)

b) Prensado continuo

Las prensas expeler o de tornillo son las más comunes, soportan altas presiones normalmente se puede dar 2 o 3 prensadas a la muestra incrementando la presión en cada una de las repeticiones. (Bailey, 2001, p. 446).

Hay variedades de prensas continuas siendo las principales dos diseños de prensa diferenciándose una de la otra por la forma del tornillo el tipo de boquilla, la salida del aceite y de la torta residual (Beerens, 2007, p. 14).

➤ Prensa filtro (Strainer press)

Prensa que se asemeja a un colador, llena de orificios y con un tornillo que gira en una jaula de acero, el aceite sale por un espacio que se ubican entre las barras de acero. (Beerens, 2007, p. 22)

El tornillo esta diseñado para evacuar el aceite por el extremo de la alimentación hacia la descarga. La torta sale en forma de escamas por la boquilla. (Beerens, 2007, p. 22)

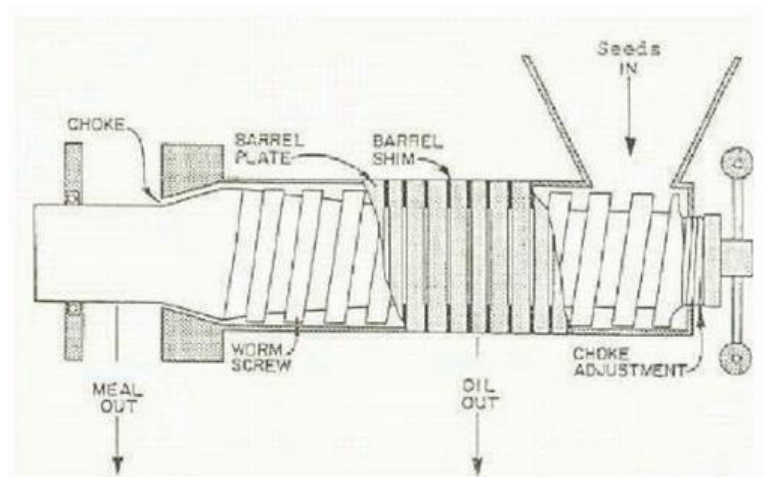


Figura 2.10:

Esquema de la prensa filtro utilizada para la extracción de aceites vegetales comestibles (Beerens, 2007, p. 22)

➤ Prensa cilindro con agujeros (Cylinder-hole press)

Prensa que tiene casi las mismas características que la prensa antes mencionada, difiriendo en que tiene agujeros que expulsa el aceite hacia la parte exterior como se muestra en la Figura 2.11. Al incrementar la presión la torta es expulsada por la boquilla del tornillo con el fin de evitar atoramientos. En necesario calentar el extremo de la boquilla y la carcasa del tornillo antes de la operación. (Shahidi, 2005, p. 206).

La eficiencia de recuperación de aceite alcanza hasta el 90-95 %, mientras la extracción por solventes orgánicos es de 99 %.

El método de prensado por tornillo es más usado, ya que el proceso es más sencillo, flexible y seguro. El diseño de una prensa de tornillo va a depender de las capacidades de procesamiento y se encuentran en el mercado de acuerdo a la capacidad de producción que van desde 10 kg/h. hasta decenas de toneladas por hora (Shahidi, 2005, p. 206).

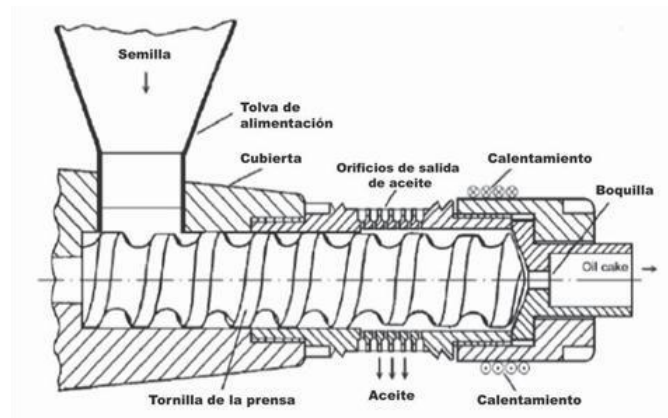


Figura 2.11:

Esquema de la prensa cilindro con agujeros utilizada para la extracción de aceites vegetales comestibles (Beerens, 2007, p. 22)

Un expeller funciona de la siguiente manera: se alimenta por una tolva la materia prima, el tornillo sin fin transporta y comprime la materia prima; están equipadas con sistemas de calentamiento (resistencias eléctricas), para incrementar la temperatura de la muestra logrando reducir la viscosidad del aceite de las semillas, el diámetro por donde pasa el tornillo sin fin se incrementa ocasionado que las semillas trituradas se compacten y aumente la presión; luego se expulsa la torta por la boquilla del cilindro y el aceite es

expulsado por agujeros perforados en el cilindro de la prensa. (Beerens, 2007, p. 12; Valderrama, 1994, p. 93).

Dentro de la estructura celular se encuentra el material lipídico junto a otros componentes como se muestra en la figura 10. Hay que romper la estructura celular de la materia prima para liberar los elementos contenidos. Esto sucede con la presión que se ejerce con la fricción generada por el tornillo y el barril de la prensa expeller (Beerens, 2007, p. 13).

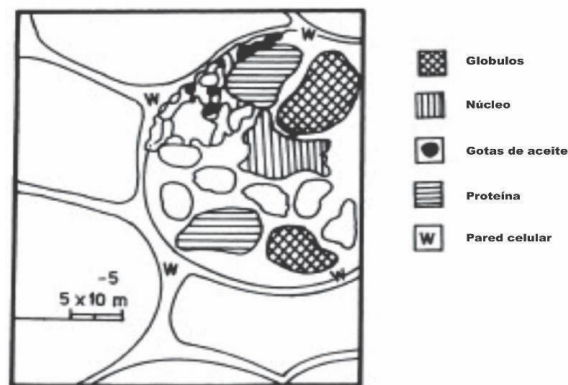


Figura 2.12:

Esquema de la estructura celular de las semillas oleaginosas

(Beerens, 2007, p. 12)

Para el prensado las semillas deben de alcanzar una humedad mínima a 5 % aproximadamente, por lo que muchas semillas o granos ajustan su humedad cuando son altas. Esto ya que el agua contenida en el producto ablandan los tejidos celulares facilitando los cambios por la presión que se ejerce. Por lo que la optimización de la humedad favorezca los procesos de extracción (Valderrama, J. 1994, p. 93).

Como regla general de uso, se recomienda utilizar la prensa expeller para semillas que contengan entre el 5 y 6 % de aceite (Beerens, 2007, p. 15).

Hay que considerar algunos parámetros para optimizar la extracción del aceite vegetal, a continuación, en la Tabla 2.5, se describen las variables dependientes e independientes a ser consideradas en el proceso de extracción:

Tabla 2.5

Variables dependientes e independientes en el proceso de extracción continúa

TIPOS DE VARIABLES	PARÁMETRO	CONDICIONES
Independientes	Velocidad del tornillo	A mayor velocidad del tornillo se obtiene mayor rendimiento y mayor contenido de aceite en la torta, ya que se tiene menor tiempo para que el aceite drene de los sólidos
	Contenido de humedad	Se requiere un nivel de humedad óptimo para la extracción, el cual oscila entre el 7 y el 10%
	Cocción	La cocción produce la ruptura de las células facilitando la salida del aceite.
	Temperatura	La fricción que se genera en el tornillo produce calor que se traspasa al aceite
Dependientes	Presión	Por lo general, se espera que a mayor presión, mayor cantidad de aceite recuperado
	Requerimiento de energía	El requerimiento de energía está relacionado con la presión en la prensa, la viscosidad del material y la velocidad de rotación

Fuente: Beerens, 2007, pp. 16-17

Una de las características de la prensa continuas es que con respecto a la prensa hidráulica se el recurso humano es mínimo y la eficiencia de extracción es superior, además de poder trabajar con distintos tipos de materias primas. Su principal desventaja es que presentan un elevado consumo de energía (Bailey, 2001, p. 447).

El porcentaje de sólidos en aceites extraídos se da en el procedimiento de extracción por expeller caso contrario ocurre en la prensa hidráulica es por eso que es útil que el aceite pase por un filtro. La eficiencia de trabajo de este equipo de gran tamaño alcanzan a procesar diario entre 18 a 32 t de semillas (Bailey, 2001, p. 447).

Prensado en frio

Proceso que se realiza a muestras vegetales y son sometidos a altas presiones ejercidas mecánicamente para separar aceite y ser recolectado y filtrado. (Rodriguez et all, 2012).

En el prensado en frio al no someterse a calentamiento permite conservar antioxidantes además de compuestos fitoquímicos.

1.8.8.2 Extracción con solventes

➤ **Solvente orgánico**

El alcohol o cloroformo son solventes que al poner en contacto con muestras secas solubilizan el aceite extrayéndolo pero además extraen grasas y ceras, estos tipos de solvente se usan a nivel de laboratorio siendo costoso para el uso industrial además de obtener sustancias impuras. (Rodriguez et all, 2012).

➤ **Extracción con solventes**

La extracción con solventes es muy eficiente obteniendo hasta el máximo contenido de aceite dejando en la semilla solo el 1% de su contenido etéreo. Es usado cuando la materia prima tiene poco contenido de materia lipídica. (Bailey, 2001, p. 448; Valderrama, 1994, p. 93).

Al trabajar con un sistema continuo en contra corriente el rendimiento es mucho mayor entrando en contacto las semillas con el solvente. (Bailey, 2001, p. 448; Valderrama, 1994, p. 93).

A continuación, en la Tabla 2.6, se presenta una comparación entre la extracción mecánica y disolventes, en semillas con contenidos en aceite, bajo, medio y alta.

Tabla 2.6:

Comparación de la extracción de aceites de forma mecánica y con solventes en semillas con bajo, medio y alto contenido de aceites

Parámetro		Contenido bajo (%) (Soya)	Contenido medio (%) (Algodón)	Contenido alto (%) (Cacahuete)
Extracción mecánica				
Torta o harina	Aceite	15,0	29,8	48,0
	Aceite	3,6	2,7	2,0
	Sólidos	69,0	60,0	44,0
	Humedad	9,0	5,0	4,0
Extracción con disolventes				
Torta o harina	Aceite	18,0	32,0	49,65
	Aceite	0,6	0,5	0,35
	Sólidos	69,0	60,0	44,0
	Humedad	9,0	5,0	4,0

Fuente: Bailey, 2001, p. 449

La eficiencia de extracción cuando es a escala de laboratorio es mucho mejor a cuando se hace de manera piloto o industrial debido a las grandes cantidades de solvente que se utiliza con respecto al aceite obtenido.

El solvente se separa una vez terminada la extracción, lo cual incrementa los costos de producción (Plank, 2005, 460). En la Figura 2.13, se indica el esquema del proceso de extracción de aceites mediante solventes.

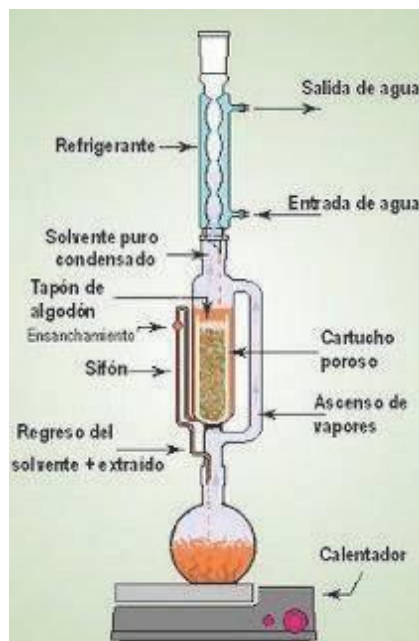


Figura 2.13: Esquema del equipo de extracción por solventes (Soxhlet) (Gracia, 2001, p. 112)

Este método no es recomendado para obtener aceites vegetales para consumo humano ya que además de tener costos elevados los problemas que ocasiona este método es el de separar el disolvente con el aceite incrementando los costos de producción y alterando la

calidad mediocre del aceite (Plank, 2005, p. 460; Valderrama, 1994, p. 93).

La temperatura influye en la extracción por que disminuye la viscosidad incrementando la solubilidad. A Menores viscosidades mayores solubilidades, resultando acelerar la extracción. La proporción entre los componentes lipídicos y no-lipídicos del aceite crudo son afectados por la temperatura (Bockisch, 1998; Demarco, 2009).

El, hexano, éter etílico, pentano, metanol, éter dimetilico, diclorometano, heptano, acetona, etanol, octano, cloroformo, son los disolventes más utilizados a nivel industrial pero el más usado por cuestiones económicas es la nafta tipo hexano. (Valderrama, 1994, p. 93).

Siempre en la torta residual se obtiene de 7 a 10% de aceite luego del prensado. Por lo que se puede usar una extracción combinada ya que se puede realizar una extracción mediante arrastre con solvente. Procedimiento común en industrias que procesan grandes cantidades de semillas (más de 15 000 t/año) (Valderrama, 1994, p. 93).

1.8.8.3 Extracción con fluido supercrítico

Método novedoso y desarrollado recientemente, la materia prima se troza y se empaca en una cámara de acero inoxidable y circulando sobre muestra un fluido en estado supercrítico (por ejemplo CO₂). Arrastrando las esencias, se elimina el fluido super crítico cuando se descomprime el sistema hasta alcanzar la temperatura y presión de ambiente.

Las ventajas de este proceso es un alto rendimiento, de fácil separación del solvente (reutilizable), conserva sus características fisicoquímicas por las bajas temperaturas usadas pero la

desventaja es el costo de los equipos es demasiado elevado. Por el uso de equipos de elevado costo como bombas de alta presión y sistemas de extracción de alta resistencia. (Rodriguez et all, 2012).

Técnica basada en la separación de sustancias por ciertos fluidos en estado súper críticos que pueden alterar su poder disolvente. La temperatura y la presión deben tener condiciones manejables para así aumente o disminuya la capacidad del disolvente. (Bandoni, 2002, p. 155).

Los fluidos supercríticos son gases o líquidos llevados a condiciones de temperaturas moderadas y altas presiones. Presenta un poder disolvente elevado en un estado supercrítico. (Bandoni, 2002, p. 156).

El CO₂ es a presión de 72,85 atm y con temperatura de 31°C cuando están en estado supercrítico es el disolvente más utilizado. (Raventós, 2010, p. 131).

El proceso de extracción es el siguiente:

- Disolver la materia prima con CO₂.
- Mezclar en un extractor usando variables como temperatura y presión.
- Pasar al separador para su refinado con el fluido supercrítico.
- Se la presión para disminuir el disolvente del fluido supercrítico y se produce la separación del extracto y del fluido.
- Recuperamos el CO₂ con el compresor presurizando y despresurizando Adicionalmente.

El equipo tiene bombas para controlar los flujos de trabajo y modificar las velocidades de circulación de los fluidos, equipos de control y seguridad, como controles automáticos en el caso de algún incidente ((Bandoni, 2002, p.151)

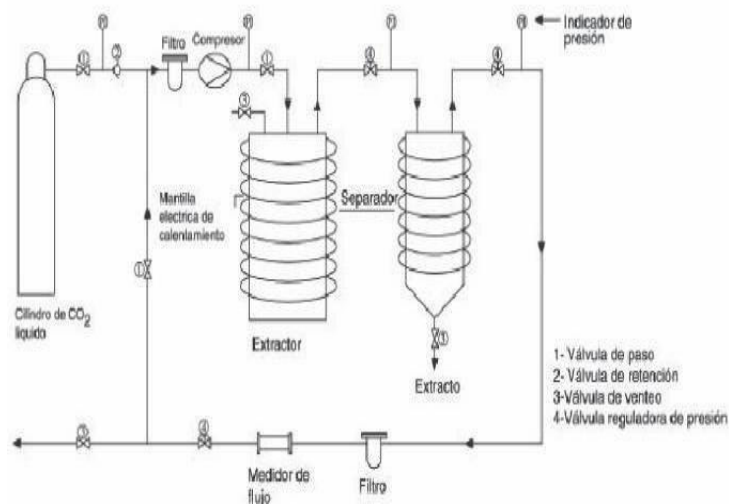


Figura 2.14: Proceso de extracción de aceites vegetales mediante fluidos supercríticos (Bandoni, 2002, p. 156)

Desventaja que presenta este proceso de extracción son los costos de implementación de la planta, las ventajas son el solvente se volatiliza de forma instantánea no produce reacciones indeseadas (Bandoni, 2002, p. 157).

1.8.8.4 Destilación por arrastre de vapor

Este procedimiento no tiene un nombre propio por eso es llamado destilación por arrastre de vapor ya que en el interior del equipo ocurren reacciones desconocidas además de usar condiciones de vapor distintas para el proceso. Al usarse vapor saturado o sobrecalentado, fuera del equipo principal es llamado, destilación por arrastre de vapor (Rodríguez et all, 2012).

Se define como el proceso de extracción de aceite esencial, usando vapor de agua saturado a presión atmosférica. (Rodríguez et all, 2012).

19. Definición de los términos básicos

Aceite

De origen animal o vegetal insoluble en agua formada por esterres de ácidos grasos o de derivados hidrocarbureados.

Ácidos grasos

De naturaleza lipídica formada por cadenas largas hidrocarbonadas de forma lineal, tienen diferentes números de átomos de carbono y diferentes longitudes y en los extremos se encuentran los grupos carboxilos.

Semillas

Se encuentra en el interior del fruto y que en condiciones apropiadas sigue su condición natural como germinar y dar origen a una planta.

Extracción

Separación de sustancias disueltas en dos disolventes miscibles entre sí. La concentración y la temperatura son constantes.

Solvente Orgánico.

Basado en el carbono, es un compuesto orgánico que se puede usar solo mezclado (ejm. Hexano – éter), para disolver productos, materias primas o residuos, se puede modificar la viscosidad, se usa en limpieza o como portador de otras sustancias que una vez depositadas, quedan fijadas evaporándose el disolvente. (Plank, 2005).

CAPITULO II: MATERIAL Y METODOS

2.1. Tipo y diseño de la investigación:

2.1.1. Tipo de Investigación:

Según su finalidad, fue aplicada: se lograra la extracción del aceite de granadilla mediante el proceso de prensado en frio y por solvente orgánico.

Según el control de variables, fue experimental se maneja variables cuantitativas independientes y dependientes en las etapas de extracción (prensado en frio, solvente orgánico).

Según su contexto fue de laboratorio; la investigación se realizara a nivel de laboratorio, donde se crearan las condiciones adecuadas de investigación a través del manejo de las variables independientes con mayor rigor y control de la situación para el logro de una buena respuesta de las variables dependientes.

2.1.2. Diseño de la investigación:

Cuantitativo: Investigación experimental ya que se evaluara variables dependientes como rendimiento y calidad de aceite e independientes como el método de extracción.

2.2. Población y Muestra

Población

La semilla de granadilla (*Passiflora liguralis*) procedió del distrito de Querocoto de la provincia de Chota del departamento de Cajamarca.

Muestra

- Para solvente orgánico: 5 kg de granadilla (450 gr de semilla), requerimiento mínimo del equipo para extracción por bach 50 gr.
- Para prensado en frio: 15 kg de granadilla (900 gr de semilla), requerimiento mínimo del equipo para extracción.

2.3. Hipótesis

H₁: El método de extracción afecta en el rendimiento, propiedades fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos del aceite extraído de la semilla de granadilla (*Passiflora ligularis*), siendo el prensado el mejor método de extracción.

H₀: El método de extracción no influye en el rendimiento, propiedades fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos del aceite extraído de la semilla de granadilla (*Passiflora ligularis*).

2.4. Variables

Variables independientes

- Métodos de extracción (Prensado en frio y solvente orgánico)

Variables dependientes

- Rendimiento (g)
- Calidad del aceite
- Índice de yodo (g/g)
- Índice de acidez (g/g)

2.5. Operacionalización de las variables:

Variable Independiente

Tabla 3.1.

Operacionalización de variables independientes

Variable independiente	Dimensiones, indicadores	Técnica o instrumento
Tipo de extracción	Prensado en frio	Prensa
	Solvente orgánico	Equipo Soxhlet

Fuente: Elaborado por el autor, 2017

Variable dependiente

Tabla 3.2.

Operacionalización de variables independientes

Variable dependiente	Dimensiones, indicadores	Técnica o instrumento
Rendimiento	%	Balance de materia
Calidad de aceite	Ac. Linoleico	Cromatografía
	Ac. Linolenico	Cromatografía
Índice de Peróxido	meq O ₂ /Kg	Análisis Volumétrico
Indice de acidez	g/g	Análisis Volumétrico

Fuente: Elaborado por el autor, 2017

2.6. Abordaje metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.6.1. Abordaje metodológico

Investigación experimental

2.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Descripción de los equipos y reactivo

Eter de petróleo: hidrocarburo saturado, compuesto volátil inflamable.

Balanza analítica: Es un instrumento usado comúnmente usado en los laboratorios para medir la masa, pueden ser digitales o mecánicas.

Equipo soxhlet: material de vidrio utilizado para la extracción de compuestos etéreos o lipídica, contenidos en muestras sólidas, a través de un disolvente afín.

Prensa: Es un instrumento que por acción de fuerza mecánica tritura cualquier solido que se le introduce.

2.7. Procedimientos para recolección de datos

- a. Acondicionamiento de la semilla de granadilla

Recepción de la materia prima

La fruta se recibió en sacos y bolsas de plástico que se compró en el mercado Moshoqueque el cual se recepcióno con mucho cuidado para que la materia prima no se dañe y este en buenas condiciones.

Pesado

Se pesó la totalidad de la materia prima que es necesaria para el desarrollo de la investigación.

Selección y limpieza

Esta operación se realizó para separar cualquier residuo indeseable para asegurar el rendimiento del proceso y la calidad del aceite de granadilla. La selección se realizó para retirar todos aquellos frutos que presentan degradación, esta operación se realizó de forma manual.

Lavado y desinfección

La materia prima se lavó con agua y luego se desinfecto por inmersión en hipoclorito de sodio a 20 ppm y agua.

Pelado y desgranado

Se retiró la epidermis de la fruta para obtener la pulpa completa.

Pulpeado

Se optó por el pulpeado, el cual nos ayudó a separar las semillas de granadilla, se usó una malla de 2mm de diámetro.

Secado

Se realizó mediante secado por estufa a una temperatura de 45 °C hasta alcanzar una humedad del 5%.

Acondicionamiento

Se realizó el trozado en un molino casero para reducir su tamaño hasta una arista de 2mm aprox., para tener un mayor rendimiento de aceite.



Figura 3.1:

Diagrama de bloques del acondicionamiento de semilla de granadilla para la extracción de aceite por prensado en frío y solvente orgánico.

b. Obtención de aceite de granadilla

Extracción por prensado en frío

Pesado

Se pesó de 500 a 650 gramos de semilla seca y trozada (humedad 5%).

Limpieza

Aquí comienza la fase de limpieza donde se eliminó cualquier impureza o residuo que se haya acumulado en el almacenamiento de la semilla.

Acondicionamiento

Se tamizó en una malla de 4 mm y se colocó en una estufa a 45°C por 30 min.

Prensado

Luego se introdujo la semilla en la tolva para que por acción de presión que tiene que ser controlada se pueda extraer el aceite. Durante el prensado se controló y ajustó cuidadosamente la velocidad, presión y temperatura, ya que una alteración en cualquiera de estas variables puede ocasionar que el aceite cambie sus características físicas o químicas.

Filtrado

El aceite prensado se filtró para separar el aceite de los pequeños pedazos de la semilla (torta de prensa).

Centrifugado

El aceite es extraído con todas las impurezas, en esta fase por medio de una centrifuga se separó el aceite virgen de las impurezas que contenía.

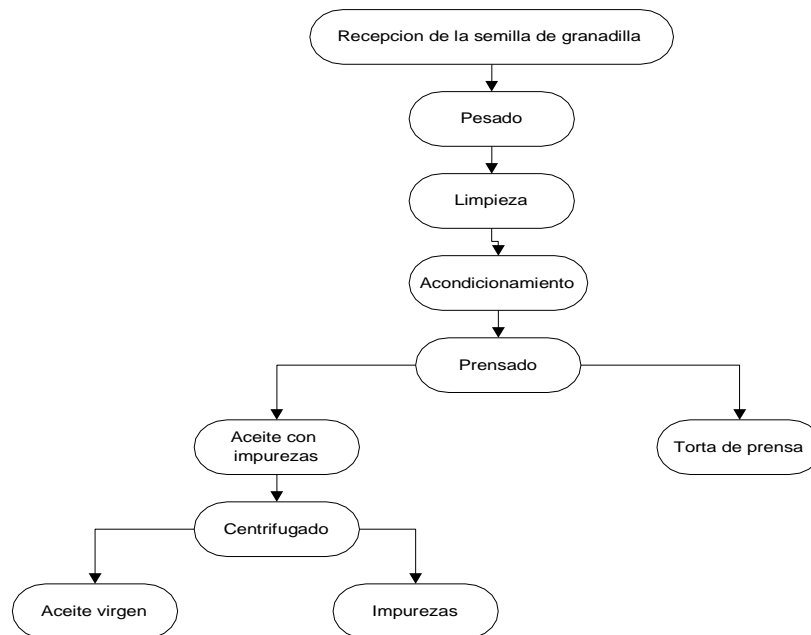


Figura 3.2:

Diagrama de bloques de la obtención de aceite de la semilla de granadilla por el método de prensado en frío.

Extracción por solvente orgánico

Pesado

Se pesaron varias muestras de 10g de semilla de granadilla seca (humedad 5%)

Limpieza

Aquí se eliminó cualquier impureza o residuo que se haya acumulado en el almacenamiento de la semilla.

Reducción de tamaño

En esta fase se redujo el tamaño de las muestras para obtener un mayor rendimiento de aceite, esta acción se realizó mediante un mortero y licuadora, hecho la reducción de tamaño la semilla de granadilla será llevado al equipo sohxlet.

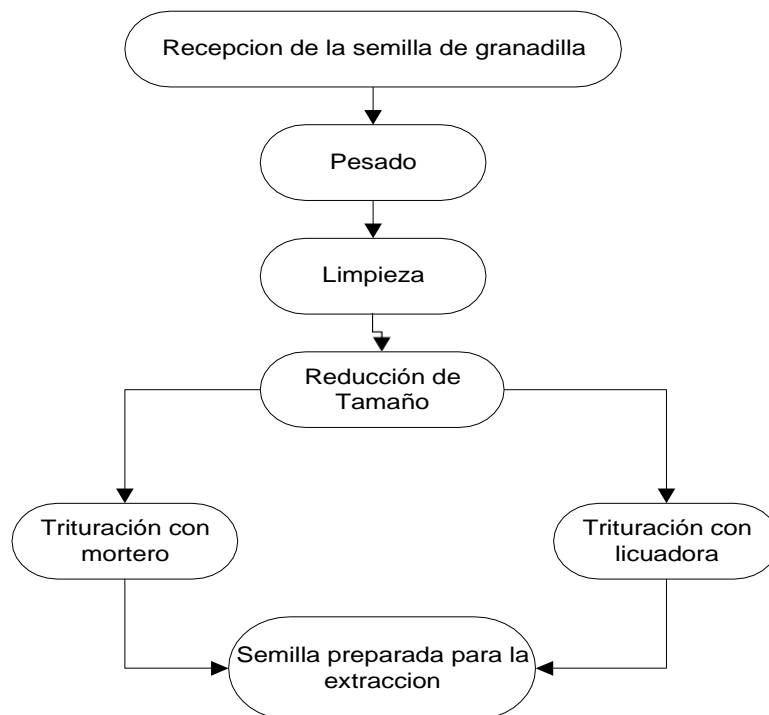


Figura 3.3:

Diagrama de bloques de la obtención de aceite de la semilla de granadilla por el método de solvente orgánico.

c. Técnicas de recolección de datos

Software Utilizado para el Análisis de datos.

Se utilizó el software de Design Expert Software, herramienta de Simulación y Diseño de experimentos.

Rendimiento de aceite

Los aceites obtenidos por ambos métodos de extracción serán pesados y se calculará la eficiencia de extracción por medio de esta ecuación.

$$\text{Rendimiento de extracción (\%)} = \frac{\text{Peso de aceite extraído} \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

Calidad de aceite

La determinación de los ácidos grasos insaturados serán determinados a través del cromatografo. Cromatografo de Gases –

HORNO		COLUMNA CAPILAR	
Temperatura inicial	100 °C	Columna	Restec – 07354
Tiempo a Temp. Inicial	4 min.	Fase Estacionaria	<i>RtTM</i> - 2560
Temperatura Final	240 °C	Diámetro interno	0.25 mmID
Tiempo de Temp. Final	10 min.	Diámetro de fase estacionaria	0.8 µm df
Duración del Cromatograma	63 min.	Longitud	100 mts
Velocidad de Calentamiento	3 °C/ min	Presion de Helio	261.5 Kpa
Detector		Inyector	
Temperatura	200 °C	Temperatura	
Presión del Hidrogeno	40	Split ratio	
Presión de Aire	400 Kpa	Vol. De inyección	1.2 µl

GC 2010-12-13, Columna capilar RtTM – 2560 (Biscyanopropyl polysiloxane) 100 metros, 025 mm ID, 0.2 um df max de temperatura de 250 °C minina temperatura 220 °C.

El estándar utilizado: NLEA FAME MIX 30 mg/ml in Methylene Chloride; lote A054068 contiene 28 ácidos grasos.

Se establecieron las siguientes condiciones de trabajo:

Índice de acidez

Método AOCS Ca 5a-40,(2015).

Índice de peroxidos

Métodos AOCS CD 8b-90 (2015).

2.8. Principios éticos

Se respeta los derechos de autor de los artículos científicos y tesis, y se citaran según la norma APA. No se adultera los resultados obtenidos en la parte experimental. Se respetó la Norma *Técnica Peruana 209.001:1983*

El proyecto cumple por lo establecido por OMPI (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual) por lo cual cada texto extraído de libros, tesis, artículos, que hemos tomado para redactar el mencionado estudio ha sido debidamente citado.

2.9. Principios de rigor científico

De las investigaciones estudiadas y validadas científicamente se tomó la información para la realización de este trabajo, los resultados científicos se obtuvieron sin modificarlos ni alterarlos, generando la credibilidad y confiabilidad del trabajo de investigación.

Se realizó un análisis comparativo con los resultados científicos obtenidos y los datos desarrollados en el proyecto, dando mayor confiabilidad al estudio.

CAPITULO III: RESULTADOS

3.1 ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

Las semillas de la granadilla se tuvieron que separar del fruto (20 Kg.) para lo cual, se lavaron (a y b), se procedió a separar el jugo de la semilla (c y d) y luego las semillas se secaron (45 °C hasta alcanzar 5% de humedad), en una estufa por convección forzada (e), una vez secas las semillas se separaron por fricción con las manos (f) obteniéndose 1800 gr. De semilla de granadilla seca.



Figura 4.1.

Resultados del acondicionamiento de la semillas de granadilla.

En la tabla 4.1 se presenta el contenido de humedad de la semilla de granadilla después de acondicionarla para su posterior extracción de aceite, obteniéndose un resultado de $65.5838\% \pm 1.7898$ de humedad respecto a la semillas fresca.

Tabla 4.1:

Contenido de Humedad de la semilla de granadilla

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio	Desviación estándar
Semilla húmeda	13.63	11.71	9.78	-	-
Semilla seca	4.45	3.99	3.54	-	-
% Humedad semilla	67.37	65.58	63.79	65.58	1.79

Fuente: Elaboración Propia

3.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA SEMILLA SECA DE GRANADILLA

En la tabla 4.2 se presenta la composición fisicoquímica de las semillas secas de granadilla, del cual se puede observar las semillas tienen un contenido de humedad de $12.75 \pm 0.75\%$, cenizas $2.69 \pm 0.43\%$ y proteínas de $13.40 \pm 0.98\%$.

Tabla 4.2:

Composición fisicoquímica de la semilla seca de granadilla

Parámetro	Porcentaje			Promedio Porcentaje	Desviación estándar
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3		
Humedad	12.85	13.45	11.96	12.75	0.75
Cenizas	2.75	2.23	3.08	2.69	0.43
Proteína	13.65	12.32	14.24	13.4	0.98

Fuente: Elaboración Propia

3.3 EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE LA SEMILLA SECA DE GRANADILLA

En la tabla 4.3 se presenta los resultados obtenidos por triplicado del rendimiento para ambos métodos de extracción de aceite por solvente y prensado, como se puede observar el método por prensado permitió obtener mayores rendimientos de aceite en promedio $23.475 \pm 1.18\%$. En lo referente a las propiedades fisicoquímica el porcentaje de acidez y el índice de peróxidos es menor para la extracción de aceite por prensado siendo estos en promedio de $1.75 \pm 0.07\%$ y 6.662 ± 1.85 meq O₂/kg

Tabla 4.3:

Rendimiento y propiedades fisicoquímicas del aceite de semilla de granadilla según método de extracción.

Tipo de extracción	Rendimiento de aceite (%)	Acidez (%)	Índice de peróxidos (meq O ₂ /kg)
Prensado	19.46	1.75	4.93
	17.86	1.69	8.60
	18.42	1.83	6.46
	24.35	3.49	15.37
Por solvente	23.95	3.44	13.25
	22.13	3.42	17.50

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 4.4 se observa el perfil de ácidos grasos de aceite de semilla de granadilla, en el cual se puede observar que el método de extracción influye en la composición de los ácidos grasos del aceite. En el método de extracción por prensado se observa que el ácido araquidónico ($84.25 \pm 2.07\%$) se encuentra en mayor porcentaje seguido del oleico ($10.70 \pm 2.42\%$), palmítico (6.56%) y finalmente esteárico ($1.77 \pm 0.14\%$). Para el caso del método de extracción por solvente se observa que el ácido linoleico ($81.34 \pm 2.64\%$) se encuentra en mayor porcentaje, de allí sigue el oleico ($10.81 \pm 1.98\%$), palmítico ($6.24 \pm 0.46\%$) y esteárico ($1.61 \pm 0.20\%$).

Tabla 4.4:

Perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de granadilla según método de extracción.

Tipo de extracción	Ácido Palmítico (%)	Ácido Esteárico (%)	Ácido Oleico (%)	Ácido Araquidónico (%)	Ácido Linoleico (%)
Prensado	-	1.88	12.41	85.72	-
	6.56	1.67	8.98	82.78	-
Por solvente	5.91	1.47	9.41	-	83.21
	6.56	1.76	12.21	-	79.47

Fuente: Elaboración Propia

3.3.1 Análisis de varianza para el rendimiento de aceite de semilla de granadilla

En la tabla 4.5 se presenta el análisis de varianza para la variable dependiente Rendimiento de aceite (%), se puede observar que el método de extracción es estadísticamente significativo ya que tiene un valor p menor a 0.05.

En la figura 4.2 se puede observar que el mayor rendimiento se obtiene para el método de extracción por solvente (23.48%) en comparación con el de prensado (18.58%).

Tabla 4.5:

Análisis de varianza para la variable dependiente rendimiento de aceite (porcentaje) de semilla de granadilla.

Variable	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Modelo	35.956224	1	35.956224	35.00168	0.0041
A-Método de extracción	35.956224	1	35.956224	35.00168	0.0041
Error Puro	4.109086	4	1.0272715		
Cor Total	40.06531	5			
Parámetros estadísticos					
Std. Dev.	1.01354403				
C.V. %	4.820202738				
R-Squared	0.897440304				

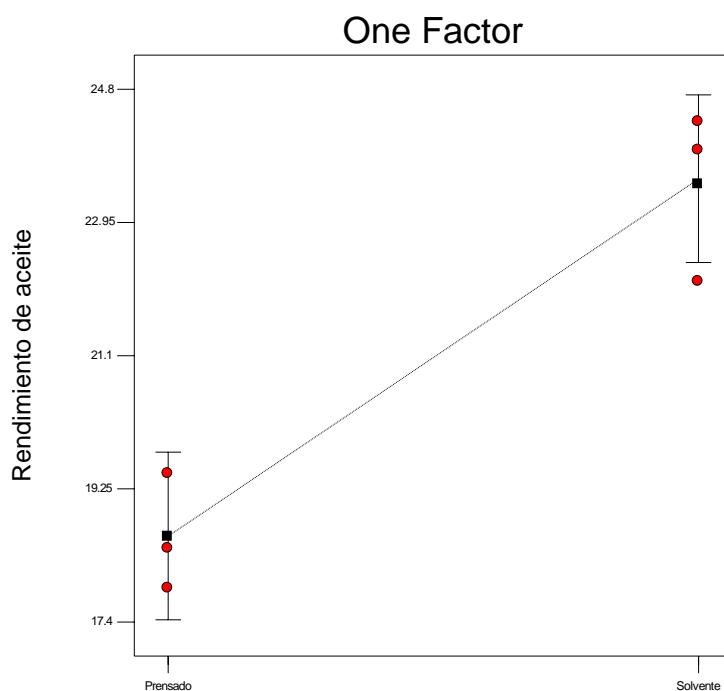
Fuente: Elaboración Propia

Design-Expert® Software

Rendimiento de aceite

● Design Points

X1 = A: Metodo de extraccion



A: Metodo de extraccion

Figura 4.2.

Efecto del método de extracción en el rendimiento de aceite de semilla de granadilla.

3.3.2 Análisis de varianza para el porcentaje de acidez del aceite extraído de la semilla de granadilla

En la tabla 4.6 se presenta el análisis de varianza para la variable dependiente porcentaje de acidez de aceite (%), se observa que el método de extracción es estadísticamente significativo ya que tiene un valor p menor a 0.05.

En la figura 4.3 se puede observar que el mayor porcentaje acidez se obtiene para el método de extracción por solvente (3.452%) en comparación con el de prensado (1.752%).

Tabla 4.6:

Análisis de varianza para la variable dependiente porcentaje de acidez del aceite extraído de la semilla de granadilla

Variable	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Modelo	4.31	1	4.31	1363.35	< 0.0001
A-Método de extracción	4.31	1	4.31	1363.35	< 0.0001
Error Puro	0.013	4	3.164E-003		
Cor Total	4.33	5			
Parámetros estadísticos					
Std. Dev.	0.056				
C.V. %	2.16				
R-Squared	0.9971				

Fuente: Elaboración Propia

Design-Expert® Software

Índice de peróxidos

● Design Points

X1 = A: Metodo de extraccion

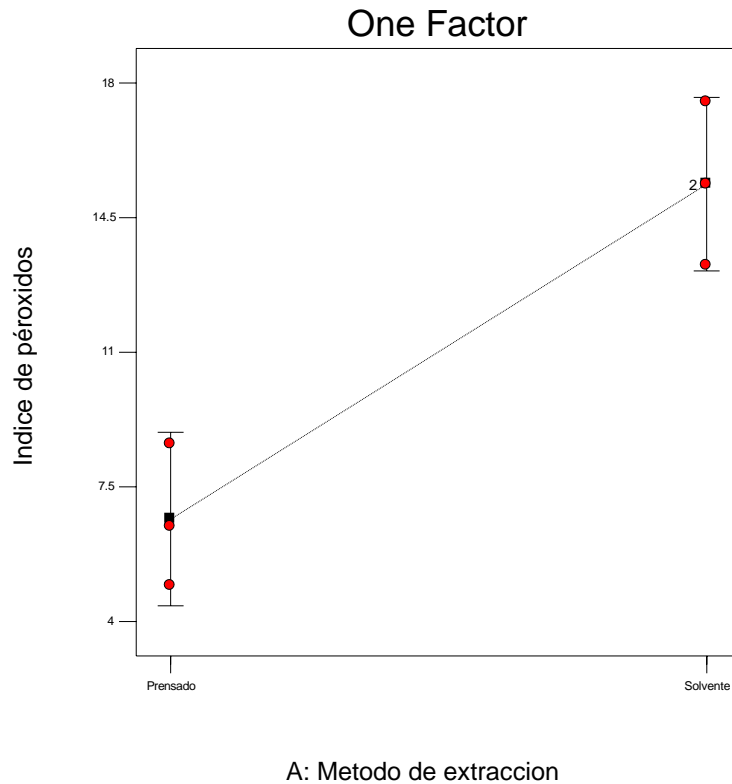


Figura 4.3.

Efecto del método de extracción en el porcentaje de acidez del aceite extraído de la semilla de granadilla.

3.3.3 Análisis de varianza para el índice de peróxidos del aceite extraído de la semilla de granadilla

En la tabla 4.7 se presenta el análisis de varianza para la variable dependiente índice de peróxidos de aceite (%), se puede observar que el método de extracción es estadísticamente significativo ya que tiene un valor p menor a 0.05.

En la figura 4.4 se puede observar que el mayor índice de peróxidos se obtiene para el método de extracción por solvente (15.372 meq O₂/kg) en comparación con el de prensado (6.662 meq O₂/kg).

Tabla 4.7:

Análisis de varianza para la variable dependiente índice de peróxidos del aceite extraído de la semilla de granadilla

Variable	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Modelo	113.80	1	113.80	28.73	0.0058
A-Método de extracción	113.80	1	113.80	28.73	0.0058
Error Puro	15.85	4	3.96		
Cor Total	129.65	5			
Parámetros estadísticos					
Std. Dev.	1.99				
C.V. %	18.07				
R-Squared	0.8778				

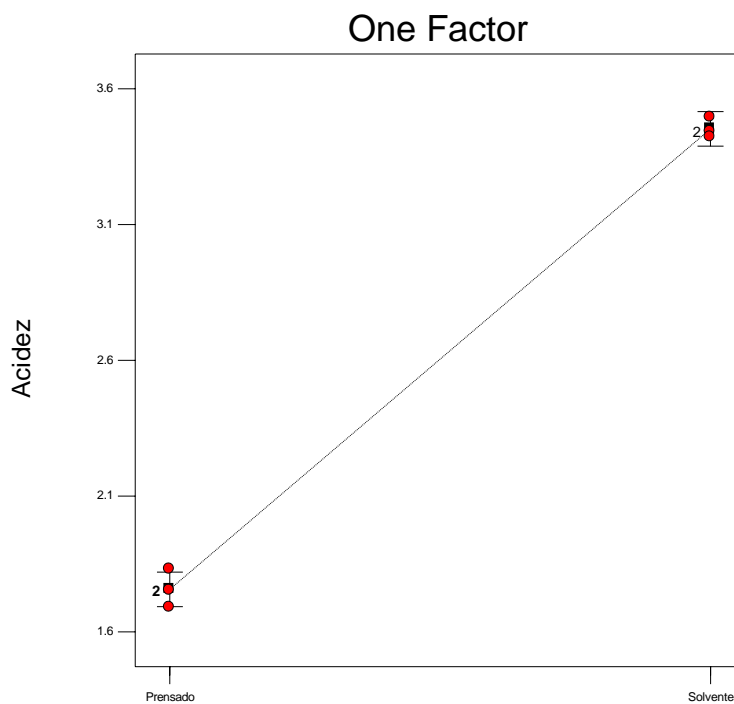
Fuente: Elaboración Propia

Design-Expert® Software

Acidez

● Design Points

X1 = A: Metodo de extraccion



A: Metodo de extraccion

Figura 4.4.

Efecto del método de extracción en el índice de peróxidos del aceite extraído de la semilla de granadilla

3.3.4 Análisis de varianza para el contenido de ácido Oleico del aceite extraído de la semilla de granadilla

En la tabla 4.8 se presenta el análisis de varianza para la variable dependiente contenido de ácido Oleico (%), se puede observar que el método de extracción es estadísticamente No significativo ya que tiene un valor p mayor a 0.05, es decir no influye en el contenido del ácido oleico.

Tabla 4.8:

Análisis de varianza para la variable dependiente contenido de ácido Oleico del aceite extraído de la semilla de granadilla

Variable	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Modelo	0.020	1	0.020	8.015E-003	0.9330
A-Método de extracción	0.020	1	0.020	8.015E-003	0.9330
Error Puro	9.79	4	2.45		
Cor Total	9.81	5			
Parámetros estadísticos					
Std. Dev.	1.56				
C.V. %	14.54				
R-Squared	-				

Fuente: Elaboración Propia

3.3.5 Análisis de varianza para el contenido de ácido Estearico del aceite extraído de la semilla de granadilla

En la tabla 4.9 se presenta el análisis de varianza para la variable dependiente contenido de ácido esteárico (%), se puede observar que el método de extracción es estadísticamente No significativo ya que tiene un valor p mayor a 0.05, es decir no influye en el contenido del ácido esteárico.

Tabla 4.9:

Análisis de varianza para la variable dependiente contenido de ácido esteárico del aceite extraído de la semilla de granadilla

Variable	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Modelo	4.240E-003	1	4.240E-003	0.18	0.6966
A-Método de extracción	4.240E-003	1	4.240E-003	0.18	0.6966
Error Puro	0.096	4	0.024		
Cor Total	0.10	5			
Parámetros estadísticos					
Std. Dev.	0.16				
C.V. %	9.17				
R-Squared	-				

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

Los rendimientos obtenidos por los dos métodos de extracción (tabla 4.3) permiten relacionar que la extracción por solvente es más eficiente ya que permiten extraer mayor cantidad de aceite, esto, se debe a que el proceso por prensado es un proceso de separación físico, en cambio la extracción con solventes es un proceso de separación químico, que son totalmente diferentes, no sólo en el proceso sino también las características del producto que se obtiene. Mientras que la extracción por solvente depende de la afinidad del solvente que facilita la liberación y recuperación del aceite durante el proceso, la extracción por prensado depende de la presión a la que se somete la materia prima, como es el caso para Semilla del Marañón, café, Nuez Macadamia entre otros. (Lafont, Paez & Portacio. 2011; López, Castaño. 1999; Rodríguez, Silva & Carrillo. 2011)

De la tabla 4.3 la acidez resultante para el aceite extraído por ambos métodos fue de $1.75 \pm 0.07\%$ para extracción por prensado y de $3.453 \pm 0.037\%$ por solvente siendo mucho mayor con respecto al extraído por prensado, resultados similares obtuvieron Lafont, Paez & Portacio. (2011) para la semilla de Marañón, en cual por prensado obtuvieron 0.06 ± 0.01 mgKOH/g y por Soxhlet de 1.6 ± 0.2 mgKOH/g siendo mayor el que uso solvente en su extracción. El resultado obtenido tal vez se deba al hecho de que la humedad en el aceite produce una reacción de hidrólisis de los triglicéridos formando ácidos grasos libres; por lo que conviene que estos valores sean bajos ya es un indicador que el aceite es mucho más estable en el tiempo. Para ambos métodos de extracción la acidez está dentro de los parámetros establecidos para la industria alimenticia según el Codex alimentario que indica que debe ser de 4mgKOH/g. (FAO Y OMS, 1999)

En lo referente al índice de peróxidos mide la oxidación del aceite o grado de rancidez del aceite, en la tabla 4.3 se observa que el índice de peróxidos del aceite extraído por prensado es en promedio de 6.662 ± 1.85 meq O₂/kg y por solvente de 15.373 ± 2.124 , de los cuales el aceite extraído por prensado está dentro del rango para aceites vírgenes según el Codex alimentario que

indica que debe ser como máximo 15 meq O₂/kg (FAO Y OMS, 1999), caso contrario sucede del aceite extraído por solvente que un poco mayor al rango máximo permitido. Para el caso del aceite por prensado este valor indica que este aceite puede ser más estable a los procesos oxidativos. Algunos autores como Belén et al (2005) indica que valores superiores a 2 meq O₂/kg hace que los aceites sean altamente propenso a mostrar rancidez.

En lo referente al perfil de ácido grasos de los aceites se puede observar que la extracción por prensado permite obtener un mayor contenido de ácido araquidónico, sin presencia de ácido linoleico, caso contrario sucede en la extracción por solvente donde se obtiene mayo contenido de ácido linoleico sin presencia de ácido araquidónico esto quizás se debe a la afinidad del solvente que facilita la liberación de este acido graso.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- El método que permite obtener mayor rendimiento de extracción de aceite para la semilla granadilla es por solvente orgánico.
- Se obtuvo menor acidez y índice de peróxidos en el aceite extraído por prensado, ya que el método por solvente emplea calor el cual oxida el aceite.
- Desde el punto de vista nutricional se puede observar que el método por solvente permite la extracción de ácido linoleico en un $81.34 \pm 2.64\%$, el cual es un omega 6 importante en nuestra dieta.
- El método por prensado permite extraer un aceite rico en ácido araquidónico ($84.25 \pm 2.07\%$) el cual está dentro del bloque de los omega 6 necesarios en la dieta.

6.2. Recomendaciones

- Se debería evaluar la toxicología del aceite extraído por ambos métodos ya que influye considerablemente el método en los componentes del mismo.
- Evaluar otros tipos de solvente orgánicos para la extracción y ver como estos afectan en la composición de los ácidos grasos así como en su rendimiento.
- Evaluar la estabilidad oxidativa del aceite para poder determinar su vida útil para fines comerciales.

CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anon, (2016). *Perfil comercial de la Granadilla*. [online] Available at: http://www.sierraexportadora.gob.pe/perfil_comercial/PERFIL%20COMERCIAL%20granadilla.pdf [Accessed 18 Sep. 2016].
- Ali, N., Keong, S., Ho, W., Kee, B., Tan, S. y Guan, S. (2012). The promising future of chia, *Salvia hispanica* L. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 12(3), 2-7. doi:10.1155/2012/171956
- Bailey, A. (2001). *Aceites y grasas industriales*. (2da. ed.) Barcelona, España: Reverté S.A.
- Balboa Acero Nancy María, (2015). *Determinación de pérdidas de aceite del proceso de prensado en la extracción de aceite en Alcopalma*. S.A.
- Bandoni, A., (2000). *Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica: Su Aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores*. (1ra. ed.). Buenos Aires, Argentina: CYTED
- Beerens, P. (2007). *Screw-pressing of Jatropha seeds for fuelling purposes in less developed countries*. (Tesis de maestría no publicada). Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, Países Bajos.
- Bockisch M (1998). *Extraction of vegetable oils*. En *Fats and oils handbook*. AOCS Press, Champaign, USA.
- C. Sánchez *, R. Oria y A.C. Sánchez- Gimeno - Efecto de la temperatura en las propiedades reológicas de purés de guayaba (*Psidium Guajaba* L.) - Grupo de Investigación en Alimentos de Origen Vegetal. Universidad de Zaragoza (España)
- Caballero Ospino, and Rodriguez Dominguez, M. (2014). *OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES A PARTIR DE CÁSCARA DE MANGO (*Mangifera indica* L.) MEDIANTE TÉCNICA DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR*. Licenciatura. Universidad de san buenaventura.
- Calvo, M. (2016). *ACIDOS GRASOS*. [online] Milksci.unizar.es. Available at: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/lipidos/acidosgrasos.html> [Accessed 9 Oct. 2016].
- Delgado R, M., Modroño Alonso, M., Mujica F, V., Ramírez S, M., Rodriguez, M., Yamal T, E. and Velásquez N, I. (2010). Evaluation of pilot scale cashew (*Anacardium occidentale* L.) oil extraction process in Laboratorio de

Ingeniería Química. Revista Técnica Ing. Universidad Zulia, [online] 33(1, 39 - 47), p.1. Available at: <http://www.scielo.org.ve/pdf/rtfiuz/v33n1/art06.pdf> [Accessed 16 Sep. 2016].

Demarco A (2009). Capítulo III: Extracción por solvente. En Temas Selectos en Aceites y Grasas. Eds. JM Block y D Barrera Arellano, Editorial Blücher, San Pablo, Brasil, pp. 67-95.

Flores Hernández, A., Hernández Herrera, J., López Medrano, J., Valenzuela Núñez, L., Martínez Salvador, M. and Madinaveitia Ríos, H. (2011). Producción y extracción de aceite de orégano (*Lippia graveolens kunth*) bajo cultivo en la comarca Lagunera. Universidad Autónoma Chapingo.

F. Giler y F. Farfan (2008), "Obtención del Aceite Virgen de la Semilla de Ajonjolí", Universidad de Guayaquil. 2008.

G. Alba P. (2015), Aceites vegetales, hacia una producción sostenible, La Habana, Cuba.

Itacab. (2013). Elaboración artesanal de aceite. Recuperado de http://www.itacab.org/adminpub/web/index.php?mod=ficha&ficha_id=37 (Noviembre, 2014).

King, J. y List, G. (1996). Supercritical Fluid technology in oil and Lipid Chemistry. Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=W65QMeQPOB4C&pg=PA132&dq=extraction+of+edible+oils&hl=es&sa=X&ei=EzdBVPe5F6nksASN4oGIDw&ved=0CCIQ6AEwADgK#v=onepage&q=extraction%20of%20edible%20oils&f=false> (Noviembre, 2014)

Lafont, J., Páez, M. and Portacio, A. (2010). Extracción y caracterización fisicoquímica de la semilla de almendra. Universidad de Cordova.

Lafont J, Paez M, Portacio A. 2011. Extracción y Caracterización Fisicoquímica del Aceite de la Semilla (Almendra) del Marañón (*Anacardium occidentale* L). Información tecnológica. Vol. 22(1), 51-58

López F.; Castaño C. 1999. Extracción de aceite a partir de subproductos de la trilla de café pergamino. Cenicafé 50(1):66-77.

Lucas Quimiz, C. (2013). ESTUDIO TÉCNICO - ECONÓMICO PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ACEITE A BASE DE SEMILLAS DE MARACUYÁ. Universidad de Guayaquil. Ecuador.

Lucero Chilingua, I. (2006). Extracción del aceite esencial de las semillas de cardomo (*Elettaria Cardamomun*) para uso en la industria alimenticia. Universidad Técnica de Ambato.

Mag.go.cr. (2016). Manual de Granadilla. [online] Available at:

http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/manual_granadilla_indice.html [Accessed 29 Nov. 2016].

MEJIA, G., MEJIA, G. and perfil, V. (2016). EXTRACCION. [online] Quimica-gabriel.blogspot.pe. Available at: <http://quimica-gabriel.blogspot.pe/2011/08/extraccion.html> [Accessed 7 Nov. 2016].

Manish Dak, R.C. Verma, S.N.A. Jaaff rey - Eff ect of temperature and concentration on Rheological properties of “Kesar” mango juice, - Department of Processing and Food Engineering, College of Technology and Engineering, Maharana Pratap University of Agriculture and Technology, Udaipur 313001, Rajasthan, India

Método AOCS Ca 5a-40,(2015). Ratificación de las disposiciones sobre métodos de análisis en las normas del Codex. Programa conjunto Fao/OMS sobre normas alimentarias comité del Codex sobre métodos de análisis y toma de muestras. Budapest (Hungría)

Métodos AOCS CD 8b-90 (2015).Ratificación de las disposiciones sobre métodos de análisis en las normas del Codex. Programa conjunto Fao/OMS sobre normas alimentarias comité del Codex sobre métodos de análisis y toma de muestras. Budapest (Hungría)

Nielsen, S. and Usón Finkenzerler, M. (2007). Análisis de los alimentos. Zaragoza: Acribia.

Parada Caro, E. (2005). Caracterización del Aceite y la Fibra Dietética Obtenidos a Partir de Semilla de Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). Licencitura. Universidad Austral de Chile. Chile.

Parker TD, Adams DA, Zhou K, Harris M, Yu L (2003). Fatty acid composition and oxidative stability of cold-pressed edible seed oils. *J. Food Sci.* 68: 1240-1243.

Peredo Luna, H., Palou Garcia, E. and Lopez Malo, A. (2009). Aceites esenciales: Metodos de extraccion. Licencitura. Universidad de las Americas, Puebla Mexico.

Plank, R. (2005). El empleo del frío en la industria de la alimentación. (1er. ed.). Barcelona, España: Reverté.

Quintana Vasquez, J. and Valencia Liza, J. (2014). CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE SEMILLA DE CHÍA (*Salvia hispánica* L.), EXTRAÍDO CON SOLVENTE ORGÁNICO Y PRENSADO EN FRIO. Universidad Señor de Sipan.

Raventós, M. (2010). Industria alimentario. Tecnologías emergentes. Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=MNUk-7jKExlC&pg=PA131&dq=extraccion+con+fluidos+supercriticos&hl=es419>

&sa=X&ei=H8VWVISOGMSBsQSo4oGQAg&ved=0CCsQ6AEwAw#v=onepage&q=extraccion%20con%20fluidos%20supercriticos&f=false (Noviembre,2014)

R.C. Verma, G.P. Sharma - Flow characteristics of juice of “Totapuri” mangoes, Manish Dak, - Department of Processing and Food Engineering, College of Technology and Engineering, Maharana Pratap University of Agriculture and Technology, Udaipur 313001, Rajasthan, India

R.D. Andrade, R. Torres, E.J. Montes, O.A. Pérez, L.E. Restan y R.E. Peña Efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de níspero (*Achras sapota* L.) - Departamento de Ingeniería de alimentos, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Montería Kra 6 N° 76-103, Colombia Ingeniería de alimentos, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba.

Ricardo David Andrade Pizarro, Ramiro Torres Gallo, Everaldo Joaquín Montes Montes, Omar Andrés Pérez Sierra, Cindy Elena Bustamante Vargas, Bettyna Beatriz Mora Vargas - Efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de zapote (*Calocarpum sapota* Merr), - Universidad de Córdoba, Carrera 6 No. 76-103, Colombia.

Rodríguez Álvarez, M., Alcaraz Meléndez, L. and Real Cosío, S. (2012). Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. 1st ed. Mexico: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

Rodríguez P, Silva A & Carrillo M. 2011. Caracterización fisicoquímica del aceite de nuez de Macadamia (*Macadamia integrifolia*). *CyTA - Journal of Food* Vol. 9, 1.

Rubio Zamorano Yolanda Paola (2005). Extracción de Aceite de Quinoa (*Chenopodium Quínoa* Willd) y su Caracterización de dos ecotipos provenientes del secano costero de la región VI de Chile. Universidad de Chile.

Sanchez Tobar Vladimir, Barrera Garcia Jaime A. (2006). La Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite obtenido de nueces del fruto de Agüire (*Couepia dolichopoda* Prance) en la zona de planicie amazonica, Municipio de Solano – Caqueta. Universidad de la Amazonia.

Shahidi, F. (2005). *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. (6ta. ed.). California, USA: John Wiley and Sons, Inc.

Sihuayro Larico, D. (2013). EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) DEL ECOTIPO PREDOMINANTE EN EL VALLE DEL RÍO APURÍMAC (AYACUCHO) Y SU CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y SENSORIAL. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna.

- Tapia Santos, M., Pérez Armendáriz, B., Cavazos Arroyo, J. and Mayett Moreno, Y. (2013). OBTENCIÓN DE ACEITE DE SEMILLA DE MANGO MANILA (*Mangifera indica* L.) COMO UNA ALTERNATIVA PARA APROVECHAR SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES EN REGIONES TROPICALES. *Revista Mexicana de Agronegocios*, [online] XVII(32), p.2. Available at: <http://www.redalyc.org/pdf/141/14125584009.pdf> [Accessed 16 Sep. 2016].
- Toro Zapata, N. and Suárez Osorio, L. (2012). Obtención y caracterización del aceite de las semillas de *Vitis Labrusca* L. (Uva Isabella) y evaluación de su actividad antioxidante. Licenciatura. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Valderrama, J. (1994). Industrialización de la higuera o planta de ricino parte II: extracción de aceite. *Información tecnológica*, 5(3), 91-97
- Valenzuela, A. y Nieto, S. 2003. Ácidos grasos omega-6 y omega-3 en la nutrición perinatal: su importancia en el desarrollo del sistema nervioso y visual. *Revista Chilena de Pediatría* 74(2): 149-157.
- Vega Turizo, A. (2004). Guía para la elaboración de aceites comestibles, caracterización y procesamiento de nueces. Bogotá: Convenio Andrés Bello.
- Zavala Giler Fabricio Ignacio y Castillo Farfan Fabian Alcides (2008), "Obtención del Aceite Virgen de la Semilla de Ajonjolí", Universidad de Guayaquil.

ANEXOS

ANEXO 01:
PROCESO DE EXTRACCION DE ACEITE DE SEMILLA DE GRANADILLA



ANEXO 02
RESULTADOS ANALISIS DE PERFIL DE ACIDOS GRASOS DEL
ACEITE EXTRAIDO POR Prensado

INFORME DE ENSAYO N° 003-2017

N° DE OFICIO : 471-2017-UNS-DFI
 N° DE RECIBO DE PAGO 1 : 0259677
 N° DE RECIBO DE PAGO 2 : 0260448
 CLIENTE : Torres Meléndez Alex
 DIRECCIÓN : -----

PRODUCTO DECLARADO : Aceite de granadilla
 TIPO DE ENVASE : Papel aluminio
 TIPO DE EMPAQUE : -----
 INFORMACIÓN DE LA ETIQUETA : M1 y M2

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

LABORATORIO : NYT
 FECHA DE RECEPCIÓN : 22.05.17
 FECHA DE ENSAYO : Inicio: 24.05.17 Término: 25.05.17
 MÉTODO DE ENSAYO

ENSAYO REALIZADO EN

RESULTADOS

ANÁLISIS: QUÍMICOS		
ENSAYOS	CODIGOS	
	M1	M2
Ácidos grasos (%)	Ácido Esteárico: 1.875% Ácido Oléico (cis -9): 12.410% Ácido Araquidónico: 85.716 %	Acido Palmítico: 6.564 % Ácido Esteárico: 1.671 % Ácido Oléico (Cis-9): 8.984 % Ácido Araquidónico: 82.782 %
Observaciones: El análisis de cada muestra se realizó por duplicado y se reportó el promedio.		

Nuevo Chimbote, 02 de Junio del 2017

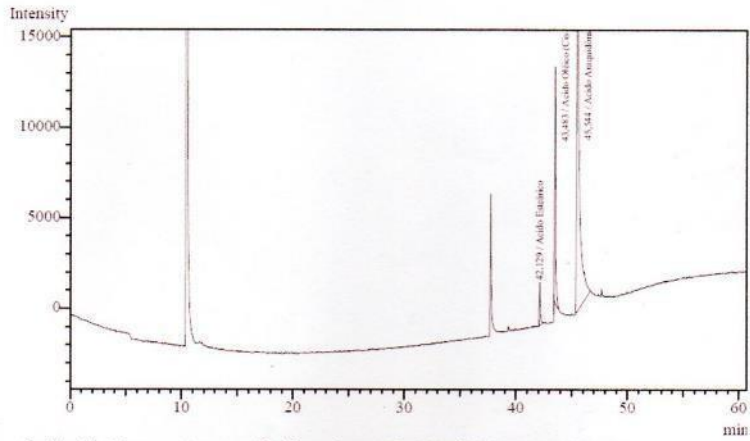


DR. Augusto Castillo Calderón
 Director del IITA

QUEDA ABSOLUTAMENTE PROHIBIDA TODA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN PREVIA Y EXPRESA DEL IITA

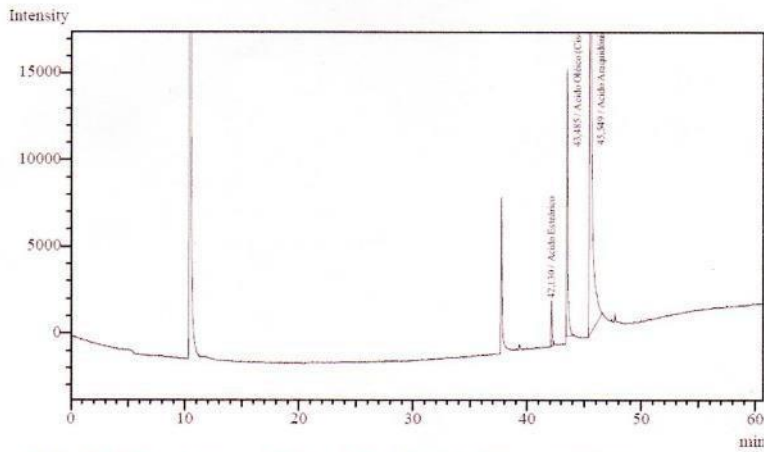
MUESTRA 1:

• **PRIMERA REPETICIÓN:**



Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	42.129	13373	2364	1.953 %	V			14 Acido Estearico
2	43.483	72674	13039	10.537 %				16 Acido Oleico (Cis-9)
3	45.544	568689	64677	87.510 %	S			19 Acido Araquidónico
Total		654736	80080					

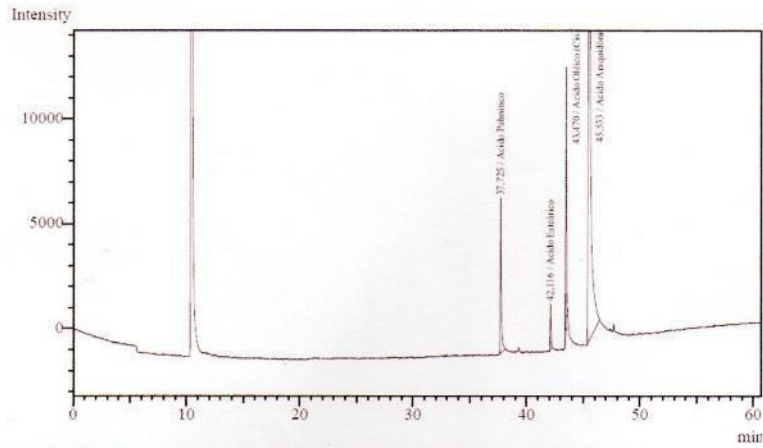
• **SEGUNDA REPETICIÓN:**



Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	42.130	14320	2629	1.839 %				14 Acido Estearico
2	43.485	99084	15344	12.632 %				16 Acido Oleico (Cis-9)
3	45.549	632125	72286	85.529 %	S			19 Acido Araquidónico
Total		745529	90259					

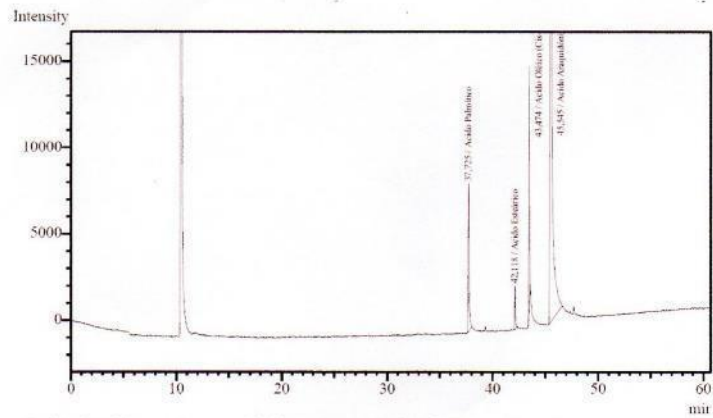
MUESTRA 2:

• **PRIMERA REPETICIÓN:**



Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	37.725	43950	7398	6.629 %			11	Acido Palmítico
2	42.116	10819	2198	1.608 %			14	Acido Estearico
3	43.470	61075	12482	9.014 %			16	Acido Oleico (Cis-9)
4	45.533	528306	63108	82.749 %	S		19	Acido Araquidónico
Total		644150	85186					

• **SEGUNDA REPETICIÓN:**



Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	37.725	49254	8544	6.498 %			11	Acido Palmítico
2	42.118	13333	2506	1.733 %			14	Acido Estearico
3	43.474	69366	14124	8.954 %			16	Acido Oleico (Cis-9)
4	45.545	604518	70863	82.815 %	S		19	Acido Araquidónico
Total		736471	96037					

ANEXO 03
RESULTADOS ANALISIS DE PERFIL DE ACIDOS GRASOS DEL
ACEITE EXTRAIDO POR SOLVENTE

INFORME DE ENSAYO N° 002-2017

N° DE OFICIO : 277-2017-UNS-DFI
 N° DE RECIBO DE PAGO 1 : 02259730-4-Z
 N° DE RECIBO DE PAGO 2 : 02259729-4-Z
 CLIENTE : Torres Meléndez Alex
 DIRECCIÓN :

PRODUCTO DECLARADO : Aceite de granadilla
 TIPO DE ENVASE : Papel aluminio
 TIPO DE EMPAQUE :

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

LABORATORIO : NYT
 FECHA DE RECEPCIÓN : 10.03.17
 FECHA DE ENSAYO : Inicio: 13.03.17 Término: 17.03.17
 MÉTODO DE ENSAYO

RESULTADOS

ENSAYOS	ANÁLISIS: QUIMICOS	
	CODIGOS	
	M1	M2
Ácidos grasos (%)	Ácido Palmítico: 5.910 %	Acido Palmítico: 6.562 %
	Ácido Esteárico: 1.469 %	Ácido Esteárico: 1.758 %
	Ácido Oléico (cis -9): 9.414 %	Ácido Oléico (Cis-9): 12.213 %
	Ácido Linoléico cis(9,12): 83.208 %	Ácido Linoléico (Cis-9-12): 79.469 %

Observaciones: El análisis de cada muestra se realizó por duplicado y se reportó el promedio.

Nuevo Chimbote, 29 de marzo del 2017

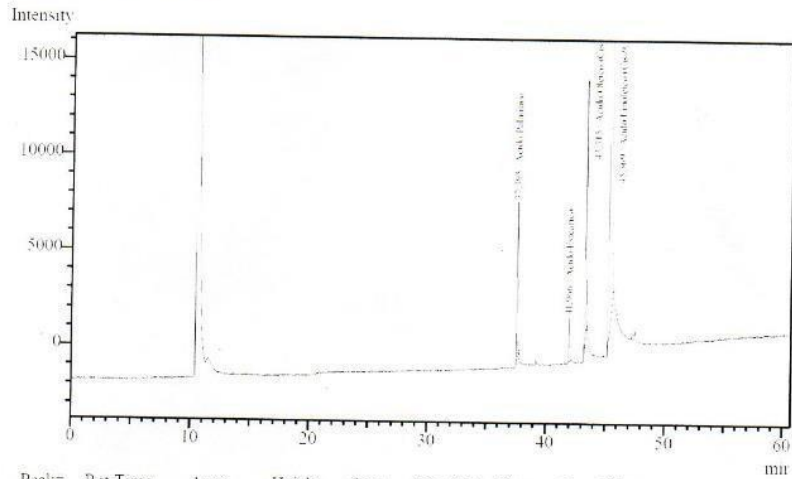


.....
 Dr. Augusto Castillo Calderón
 Director (e) del IITA

QUEDA ABSOLUTAMENTE PROHIBIDA TODA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN PREVIA Y EXPRESA DEL IITA

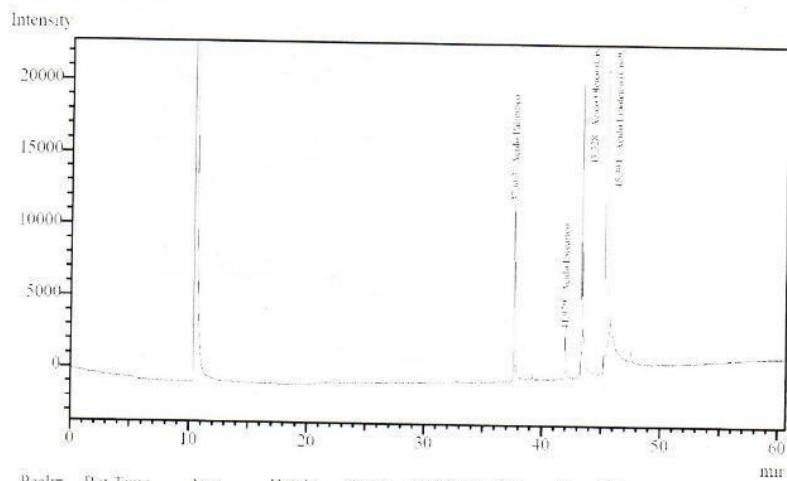
MUESTRA 1:

• **PRIMERA REPETICIÓN:**



Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	37.365	39740	8236	5.634	%		11	Acido Palmítico
2	41.966	11813	2305	1.651	%		14	Acido Estearico
3	43.315	68042	13756	9.438	%		16	Acido Oleico (Cis-9)
4	48.369	525525	69338	83.278	%		18	Acido Linoleico (C1-
Total		648120	93635					

• **SEGUNDA REPETICIÓN:**

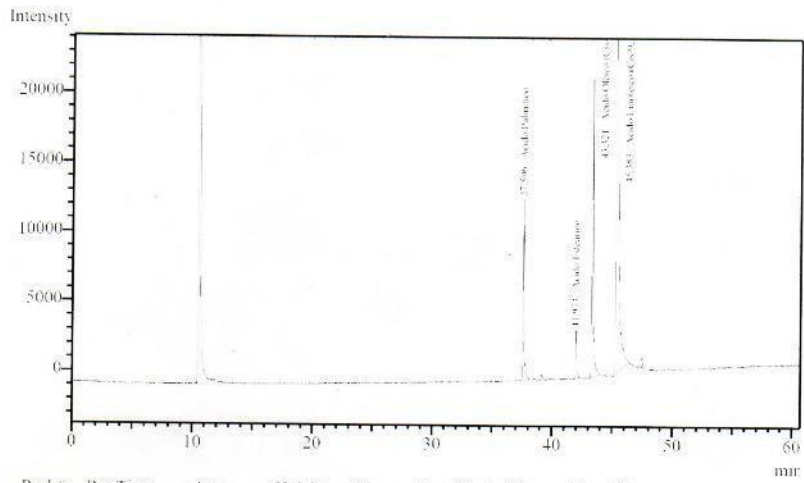


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	37.603	62394	11985	6.186	%		11	Acido Palmítico
2	41.979	13169	2842	1.287	%		14	Acido Estearico
3	43.328	96791	18777	9.390	%		16	Acido Oleico (Cis-9)
4	48.391	750146	93128	83.137	%		18	Acido Linoleico (C1-
Total		922500	126732					

QUEDA ABSOLUTAMENTE PROHIBIDA TODA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN PREVIA Y EXPRESA DEL IITA

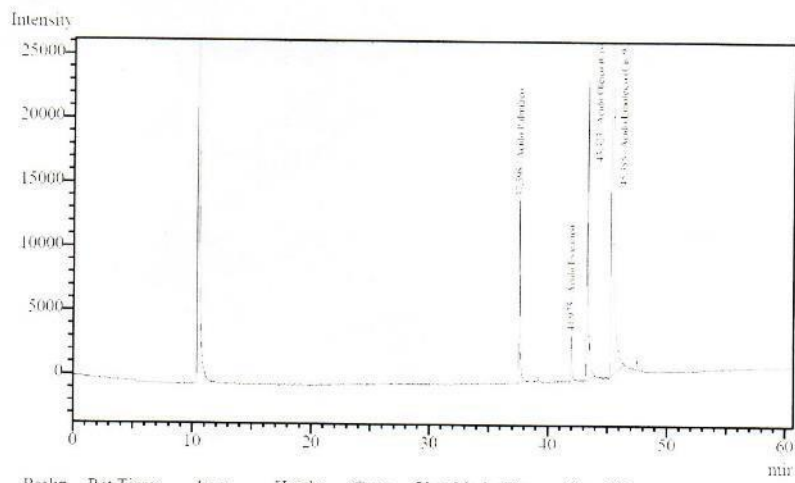
MUESTRA 2:

• **PRIMERA REPETICIÓN:**



Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Compd Name
1	37.596	76522	12987	6.499	%		11	Acido Palmítico
2	41.973	20962	3467	1.755	%		14	Acido Estearico
3	43.321	146754	21495	12.196	%	S	16	Acido Oleico (Cis-9)
4	45.383	837902	97573	79.550	%	S	18	Acido Linoleico (C18)
Total		1082140	135522					

SEGUNDA REPETICIÓN:



Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Compd Name
1	37.598	84901	14568	6.624	%		11	Acido Palmítico
2	41.975	22889	3725	1.760	%	S	14	Acido Estearico
3	43.323	160196	23294	12.229	%	S	16	Acido Oleico (Cis-9)
4	45.385	910249	104900	79.387	%	S	18	Acido Linoleico (C18)
Total		1178235	146287					

QUEDA ABSOLUTAMENTE PROHIBIDA TODA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN PREVIA Y EXPRESA DEL IITA

ANEXO 04 EVALUACION ESTADISTICA DE LOS RESULTADOS CON EL SOFTWARE DESIGN EXPERT V.7

A. Análisis de varianza para el rendimiento de aceite de semilla de granadilla

The screenshot displays the ANOVA results for the response variable 'Rendimiento de aceite'. The software interface includes a menu bar (File, Edit, View, Display Options, Design Tools, Help) and a toolbar with icons for Transform, Effects, ANOVA, Diagnostics, and Model Graphs. A left-hand pane shows a project tree with folders for Design (Actual), Summary, Graph Columns, Evaluation, Analysis, and Optimization, with sub-items for various chemical and process parameters.

The main window shows the following ANOVA table:

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	Prob > F	
Model	35.96	1	35.96	35.00	0.0041	significant
<i>A-Metodo de ex</i>	35.96	1	35.96	35.00	0.0041	
Pure Error	4.11	4	1.03			
Cor Total	40.07	5				

Below the table, the software provides several diagnostic messages:

- "The Model F-value of 35.00 implies the model is significant. There is only a 0.41% chance that a "Model F-Value" this large could occur due to noise."
- "Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant. In this case A are significant model terms."
- "Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model."

Summary statistics are also displayed:

Std. Dev.	1.01	R-Squared	0.8974
Mean	21.03	Adj R-Squared	0.8718
C.V. %	4.82	Pred R-Squared	0.7692
PRESS	9.25	Adeq Precision	8.367

Additional diagnostic messages:

- "The "Pred R-Squared" of 0.7692 is in reasonable agreement with the "Adj R-Squared" of 0.8718."
- "Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio greater than 4 is desirable. Your ratio of 8.367 indicates an adequate signal. This model can be used to navigate the design space."

B. Análisis de varianza para el porcentaje de acidez del aceite extraído de la semilla de granadilla

The screenshot shows the Minitab ANOVA window for a selected factorial model. The response variable is 'Acidez' (pH) with a value of 2. The ANOVA table shows that the model and the factor 'A-Metodo de ex' are highly significant, with F-values of 1363.35 and p-values less than 0.0001. The model explains 99.71% of the variance (R-Squared = 0.9971). The Adeq Precision is 52.218, indicating a strong signal-to-noise ratio.

ANOVA for selected factorial model

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	Prob > F
Model	4.31	1	4.31	1363.35	< 0.0001	significant
A-Metodo de ex	4.31	1	4.31	1363.35	< 0.0001	
Pure Error	0.013	4	3.164E-003			
Cor Total	4.33	5				

Std. Dev. 0.056 R-Squared 0.9971
Mean 2.60 Adj R-Squared 0.9963
C.V. % 2.16 Pred R-Squared 0.9934
PRESS 0.028 Adeq Precision 52.218

The "Pred R-Squared" of 0.9934 is in reasonable agreement with the "Adj R-Squared" of 0.9963.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio greater than 4 is desirable. Your ratio of 52.218 indicates an adequate signal. This model can be used to navigate the design space.

C. Análisis de varianza para el índice de peróxidos del aceite extraído de la semilla de granadilla

The screenshot displays the Minitab ANOVA results for a selected factorial model. The response variable is 'Indice de peróxidos' (Index of peroxides). The analysis shows a significant model with an F-value of 28.73 and a p-value of 0.0058. The ANOVA table is as follows:

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	Prob > F
Model	113.80	1	113.80	28.73	0.0058	significant
A-Metodo de ex	113.80	1	113.80	28.73	0.0058	
Pure Error	15.85	4	3.96			
Cor Total	129.65	5				

Additional statistics provided:

Std. Dev.	1.99	R-Squared	0.8778
Mean	11.02	Adj R-Squared	0.8472
C.V. %	18.07	Pred R-Squared	0.7250
PRESS	35.65	Adeq Precision	7.580

Interpretation notes from the software:

- The Model F-value of 28.73 implies the model is significant. There is only a 0.58% chance that a "Model F-Value" this large could occur due to noise.
- Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant. In this case A are significant model terms.
- Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.
- The "Pred R-Squared" of 0.7250 is in reasonable agreement with the "Adj R-Squared" of 0.8472.
- "Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio greater than 4 is desirable. Your ratio of 7.580 indicates an adequate signal. This model can be used to navigate the design space.

D. Análisis de varianza para el contenido de ácido Oleico del aceite extraído de la semilla de granadilla

File Edit View Display Options Design Tools Help

Notes for diseño.dx7

- Design (Actual)
 - Summary
 - Graph Columns
 - Evaluation
 - Analysis
 - Rendimiento de acei
 - Acidez (Analyzed)
 - Indice de péroxidos
 - Acido Oleico (Ana
 - Acido Estearico (An
 - Acido Palmítico
 - Optimization
 - Numerical
 - Graphical
 - Point Prediction

Transform Effects ANOVA Diagnostics Model Graphs

Use your mouse to right click on individual cells for definitions.

Response 4 Acido Oleico

ANOVA for selected factorial model

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	Prob > F
Model	0.020	1	0.020	8.015E-003	0.9330	not significant
A-Metodo de ex	0.020	1	0.020	8.015E-003	0.9330	
Pure Error	9.79	4	2.45			
Cor Total	9.81	5				

The "Model F-value" of 0.01 implies the model is not significant relative to the noise. There is a 93.30 % chance that a "Model F-value" this large could occur due to noise.

Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant.
In this case there are no significant model terms.

Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant.
If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

Std. Dev.	1.56	R-Squared	0.0020
Mean	10.76	Adj R-Squared	-0.2475
C.V. %	14.54	Pred R-Squared	-1.2455
PRESS	22.02	Adeq Precision	0.127

A negative "Pred R-Squared" implies that the overall mean is a better predictor of your response than the current model.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio of 0.13 indicates an inadequate signal and we should not use this model to navigate the design space.

E. Análisis de varianza para el contenido de ácido Estearico del aceite extraído de la semilla de granadilla

File Edit View Display Options Design Tools Help

Notes for diseño.dx7

- Design (Actual)
 - Summary
 - Graph Columns
 - Evaluation
 - Analysis
 - Rendimiento de acei
 - Acidez (Analyzed)
 - Indice de péroxidos
 - Acido Oleico (Analy
 - Acido Estearico (A
 - Acido Palmítico
 - Optimization
 - Numerical
 - Graphical
 - Point Prediction

Transform Effects ANOVA Diagnostics Model Graphs

Use your mouse to right click on individual cells for definitions.

Response 5 Acido Estearico

ANOVA for selected factorial model

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	Prob > F
Model	4.240E-003	1	4.240E-003	0.18	0.6966	not significant
A-Metodo de ex	4.240E-003	1	4.240E-003	0.18	0.6966	
Pure Error	0.096	4	0.024			
Cor Total	0.10	5				

The "Model F-value" of 0.18 implies the model is not significant relative to the noise. There is a 69.66 % chance that a "Model F-value" this large could occur due to noise.

Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant.
In this case there are no significant model terms.

Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant.
If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

Std. Dev.	0.16	R-Squared	0.0421
Mean	1.69	Adj R-Squared	-0.1974
C.V. %	9.17	Pred R-Squared	-1.1553
PRESS	0.22	Adeq Precision	0.593

A negative "Pred R-Squared" implies that the overall mean is a better predictor of your response than the current model.

"Adeq Precision" measures the signal to noise ratio. A ratio of 0.59 indicates an inadequate signal and we should not use this model to navigate the design space.