

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**Caracterización parcial del aceite de semillas de melón chino
(*Cucumis melo* L.) como factor de agregación de valor**

POR

SARAHÍ CISNEROS VILLARREAL

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Febrero de 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Caracterización parcial de aceite de semillas de melón chino (*Cucumis melo* L.)
como factor de agregación de valor

TESIS

Presentada por

SARAHÍ CISNEROS VILLARREAL

y que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para
obtener el título profesional de

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

A P R O B A D A



M.P. Francisco Hernández Centeno
Presidente



Dra. María Hernández González
Vocal



M.C. Haydeé Yajaira López De la Peña
Vocal



Ing. Jesús Alfonso Mercado Silva
Vocal suplente



Dr. José Dueñez Alanís
COORDINADOR DE CIENCIA
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Febrero de 2022

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

**Caracterización parcial de aceite de semillas de melón chino (*Cucumis melo* L.)
como factor de agregación de valor**

T E S I S

Presentada por

SARAHÍ CISNEROS VILLARREAL

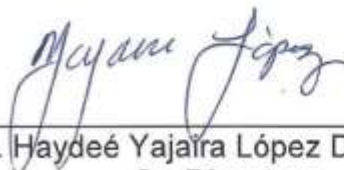
y que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para
obtener el título profesional de

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Fue dirigida por el siguiente comité:



M.P. Francisco Hernández Centeno
Director



Dra. Haydeé Yajaira López De la Peña
Co-Directora



Dra. María Hernández González
Co-Directora



Ing. Jesús Alfonso Mercado Silva
Co-Director

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Febrero de 2022

DEDICATORIAS

A mi familia
con mucho amor y cariño
le dedico todo mi esfuerzo
y trabajo puesto para
la realización de esta tesis.

“You only fail when you stop trying”

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a mi familia en general por darme todo el apoyo del mundo para seguir por el buen camino, por todas aquellas veces en las que ya no podía y me dieron fuerzas para seguir para la realización de esta tesis, le agradezco a aquellos familiares que siempre me hicieron sentir segura de mí misma. Agradezco a mi madre Laura Verónica Villarreal Moreno por ayudarme y alentarme en lograr mis sueños, por ayudarme a conseguir algunos materiales que necesitaba para poder realizar esto. Agradezco a mi hermano Alejandro Cisneros Villarreal por estar conmigo cada noche que me quedaba a estudiar, a mi abuela María Luisa Moreno Chacón por siempre estar para mí cuando más lo necesitaba.

Le agradezco a la persona que más estuvo conmigo, a José Manuel Morales Xicohtencatl por estar siempre apoyándome en laboratorio en las diversas pruebas que realice, por siempre tenerme fe y motivarme a ser mejor persona, le agradezco por aparecer en mi vida y ayudarme a pasar las materias requeridas para llegar hasta aquí, agradezco cada día que está conmigo y para mí.

Le agradezco a mis amigos que estuvieron toda la carrera conmigo, Daniela Espinoza, Alonso Prado, Mónica Alvarado, Alfonso Salas, Ángel Mendoza y Alexia Domínguez, que me ayudaron en cada materia, por siempre ser el mejor equipo, cada uno con sus aptitudes y su amistad incondicional que encontré en cada uno de ellos.

Agradecimiento especial para el Dr. Uriel Alejandro Sierra Gómez del Laboratorio Nacional de Materiales Grafénicos del Centro de Investigación en Química Aplicada en Saltillo, Coahuila, por las facilidades para algunos análisis de laboratorio.

CONTENIDO

DEDICATORIAS	iv
AGRADECIMIENTOS	v
CONTENIDO	vi
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS	x
RESÚMEN	xi
1. INTRODUCCIÓN	12
2. JUSTIFICACIÓN	13
3. HIPÓTESIS	14
4. OBJETIVOS	15
4.1. General.	15
4.2. Específicos.	15
5. REVISIÓN DE LITERATURA	16
5.1. Lípidos	16
5.1.1. Definición	16
5.1.2. Estructura	16
5.1.3. Función biológica y nutricional	17
5.1.4. Usos en la industria de los alimentos	17
5.1.5. Fuentes de obtención	18
5.1.5.1. Aceites de origen vegetal	18
5.1.5.2. Semillas oleaginosas	19
5.1.5.3. Frutos	19
5.1.6. Lípidos de origen animal	20
5.2. Oferta y demanda de aceites de origen vegetal	21

5.2.1.	En el mundo.....	21
5.2.2.	En México.....	22
5.3.	Importancia biológica de los lípidos.....	23
5.3.1.	Funciones de los lípidos en las células.....	23
5.3.2.	Ácidos grasos esenciales	24
5.3.3.	Lípidos como alimentos funcionales	24
5.4.	Fuentes no convencionales de aceite vegetal.....	25
5.5.	El melón (<i>Cucumis melo</i> L.)	26
5.5.1.	Orígenes.....	26
5.5.2.	Clasificación taxonómica	27
5.5.3.	Usos	28
5.5.4.	Importancia económica.....	28
5.5.4.1.	Producción mundial	28
5.5.4.2.	Producción nacional	29
5.5.5.	Problemática de venta del cultivo y desperdicio	29
6.	MATERIALES Y MÉTODOS	31
6.1.	Obtención del material biológico	31
6.2.	Secado	31
6.3.	Reducción de tamaño de partícula.....	31
6.4.	Determinación del rendimiento de aceite	32
6.5.	Extracción y refinación del aceite crudo	32
6.5.1.	Extracción del aceite crudo.....	32
6.5.2.	Refinación del aceite	33
6.5.2.1.	Proceso de desgomado y neutralización	33
6.5.2.2.	Proceso de decoloración y desodorización.....	33
6.6.	Estudio del aceite crudo y refinado de semillas de melón chino (<i>C. melo</i> L.)....	34

6.6.1. Determinación del perfil de ácidos grasos	34
6.6.2. Análisis por espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR/ATR)	35
6.6.3. Determinación de la estabilidad térmica por espectroscopía UV (coeficientes de extinción específica K_{232} y K_{270})	35
6.6.4. Determinación de clorofilas y carotenoides	36
6.7. Análisis estadístico.....	36
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
7.1. Rendimiento de aceite.....	37
7.2. Perfil de ácidos grasos	37
7.3. Espectrograma IR	39
7.4. Coeficientes de extinción específica K_{232} y K_{270}	41
7.5. Clorofilas y carotenoides	44
8. CONCLUSIONES	46
9. LITERATURA CITADA	47
10. ANEXOS	54

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura general de los lípidos	16
Figura 2. Fuentes de aceite vegetal.....	18
Figura 3. El aguacate y el coco como frutos oleaginosos.....	19
Figura 4. Mantequilla y manteca, las grasas de origen animal más utilizadas.....	20
Figura 5. Proyecciones de disponibilidad de aceite vegetal per cápita hasta 2030	22
Figura 6. Producción de semillas oleaginosas y de aceites vegetales en México, 2011 – 2014 (LEGISCOMEX, 2015).	23
Figura 7. Tipos de ácidos grasos por la estructura de sus enlaces.	24
Figura 8. Melón chino (<i>C. melo</i> L.)	27
Figura 9. Espectrogramas de aceite crudo y refinado de semilla de melón a las diferentes temperaturas de tratamiento.....	40
Figura 10. Comportamiento de los coeficientes de extinción específica K_{232} de aceite crudo y refinado de semillas de melón chino (<i>C. melo</i> L.) a las diferentes temperaturas de tratamiento	41
Figura 11. Comportamiento de los coeficientes de extinción específica K_{270} de aceite crudo y refinado de semillas de melón chino (<i>C. melo</i> L.) a las diferentes temperaturas de tratamiento	42
Figura 12. Comportamiento del contenido de clorofilas y carotenoides en aceite crudo y refinado de semilla de melón chino (<i>C. melo</i> L.) a las diferentes temperaturas de tratamiento	44

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del melón chino (<i>C. melo</i> L.)	27
Tabla 2. Perfil de ácidos grasos del aceite crudo y refinado de semillas de melón (<i>C. melo</i> L.)	38

RESUMEN

Los lípidos son un nutriente esencial en la alimentación animal, incluyendo al ser humano, pues cumplen una variedad de funciones que van desde lo estructural, fisiológico y energético en el organismo. La obtención de aceite a partir de semillas oleaginosas se ha realizado desde hace milenios, lo que ha provocado serias problemáticas, sobre todo de índole ambiental, para seguir procurando una oferta suficiente en el mercado. Es por ello ha buscado optimizar la producción, o bien, buscar nuevas fuentes de obtención de aceite vegetal. En este trabajo se tomó en cuenta la subutilización de las semillas de melón chino, al ser consideradas un desperdicio. Se obtuvieron semillas de los residuos en las fruterías y hogares de la ciudad, se acondicionaron, lavaron y molieron, se obtuvo el aceite por extracción con solvente y se refinó el aceite por método fisicoquímico. Se obtuvo un rendimiento del 28.35 ± 0.22 %, superior al de otras semillas oleaginosas comerciales, como la soya y el girasol. Se analizó el aceite crudo y el refinado, encontrándose que los ácidos grasos predominantes fueron el oléico y linoléico, semejante a otros aceites vegetales, con trazas de ácidos grasos esenciales omega-6. Se evaluó también el contenido de clorofilas y carotenoides residuales. Se evaluó su estabilidad térmica y su degradación a través del seguimiento de la formación de dienos y trienos a temperaturas de 25, 50, 100, 150, 200 y 240 °C, encontrándose que la presencia de carotenoides y clorofilas residuales pueden tener un efecto antioxidante o pro-oxidante, dependiendo de la concentración en el aceite. Del análisis de los espectrogramas IR se pudo deducir que ambos aceites no se alteran en su estructura química en las condiciones experimentales evaluadas. La obtención de aceite de semillas de melón chino podría ser una opción para agregar valor al cultivo de este fruto.

Palabras clave: *caracterización, FTIR, ácidos grasos, K_{232} , K_{270}*

1. INTRODUCCIÓN

El ser humano es un ser con necesidades ampliadas y, aunque la alimentación es primordial, su capacidad de transformar el medio que lo rodea a partir del aprovechamiento de los recursos naturales de su entorno provoca que estos sean cada vez más escasos aún para satisfacer las necesidades más elementales.

El caso de los aceites vegetales, necesarios tanto para nutrirse, como para utilizarlo como materia prima en la elaboración de otros productos, por ejemplo el biodiesel, es un foco de atención por las implicaciones ambientales que su obtención provoca. El ejemplo más palpable es la deforestación de selvas tropicales para el cultivo de palma aceitera, principal fuente de esta materia prima en el mundo.

La demanda de esta materia prima irá en franco aumento, de la mano del incremento poblacional humano y, si se quiere dejar de afectar negativamente el entorno ambiental mundial, al menos desde este problema, es necesario optimizar la producción de aceites vegetales o la agregación de valor a cultivos o residuos agropecuarios o agroindustriales que hoy son subutilizados o totalmente desaprovechados. Es el caso de las pepitas de melón (*Cucumis melo* L.), consideradas casi en su totalidad como un desperdicio en los centros de procesamiento, o bien, un subproducto rescatable cuando el cultivo pierde valor por efecto de la sobre oferta del fruto en los mercados.

A partir del aprovechamiento de las pepitas de melón se podría obtener un aceite comestible, con características similares a las de otros aceites vegetales obtenidos de cultivos oleaginosos. Este proyecto buscó caracterizar el aceite de pepitas de melón chino, del que México es uno de los primeros 10 productores mundiales, para agregar valor y evitar hasta cierto punto el desperdicio de este alimento.

2. JUSTIFICACIÓN

El consumo de aceites vegetales en el ámbito mundial irá incrementándose a la par del crecimiento poblacional, y su producción es cada vez más limitada debido a la promulgación de leyes y normas que pretenden proteger el medio ambiente, sobre todo en el aspecto de la deforestación para el cultivo de oleaginosas comerciales, tales como la palma aceitera, principal fuente de aceite vegetal en el mundo, o el frijol de soja, ya que ambos cultivos prosperan en climas tropicales.

Por otro lado, el desperdicio de alimentos frescos es un problema que afecta a toda la humanidad, principalmente a los países más desfavorecidos y, dentro de los países ricos, a las poblaciones menos favorecidas desde el punto de vista económico, así como al medio ambiente, al emplear recursos naturales para producir alimentos que luego no se comercializarán y se perderán por ser perecederos, debido a distintas circunstancias. Es el caso de las frutas, como el melón (*C. melo* L.).

Tomando en cuenta ambas problemáticas, es necesario optimizar la producción de cultivos oleaginosos, o bien, buscar aprovechar otras fuentes no convencionales para la obtención de aceites vegetales dirigidos a agregar valor en ambos casos, y con ello mejorar las opciones de satisfacción de la oferta de un producto de primera necesidad en la canasta básica de las familias, así como una materia prima esencial en la elaboración de otros derivados, como los biocombustibles.

Este proyecto busca agregar valor a las pepitas de melón chino (*C. melo* L.) como una opción de aprovechamiento del fruto, ya sea como un residuo no aprovechado hasta ahora y/o como un subproducto rescatable en épocas donde el precio de este fruto cae por efecto de una sobre oferta en los mercados.

3. HIPÓTESIS

H₀: El aceite de semillas de melón chino (*Cucumis melo* L.) posee propiedades nutricionales y/o tecnológicas de interés que pueden ser factor de agregación de valor a este cultivo.

H_a: El aceite de semillas de melón chino (*Cucumis melo* L.) no posee propiedades nutricionales y/o tecnológicas de interés que puedan ser factor de agregación de valor a este cultivo.

4. OBJETIVOS

4.1. General.

Obtener, purificar, refinar y caracterizar parcialmente aceite vegetal a partir de semillas de melón chino (*C. melo* L.), con enfoque en sus propiedades fisicoquímicas y nutricionales.

4.2. Específicos.

- 4.2.1.** Obtener semillas de melón chino y establecer condiciones de su acondicionamiento para la extracción de aceite.
- 4.2.2.** Obtener aceite a partir de las semillas de melón chino acondicionadas.
- 4.2.3.** Refinar el aceite obtenido de las semillas de melón chino.
- 4.2.4.** Determinar estructura molecular del aceite por FTIR.
- 4.2.5.** Determinar el perfil de ácidos grasos del aceite a obtener.
- 4.2.6.** Determinar las características físicas: color y perfil de viscosidad.
- 4.2.7.** Determinar parámetros de calidad estandarizados para aceite vegetal comestible.

5. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Lípidos

5.1.1. Definición

Los lípidos conforman un grupo grande y heterogéneo de sustancias de origen biológico, los cuales son fácilmente solubles en disolventes orgánicos como el metanol, la acetona, el cloroformo y el bencol. Son bloques de construcción moleculares que forman las estructuras más fundamentales en biología (Yaegle, 2020).

5.1.2. Estructura

Los lípidos son ésteres de ácidos monocarboxílicos que generalmente llevan una cadena hidrocarbonada larga (Figura 1); la mitad alcohólica puede poseer un grupo OH^- , que generalmente corresponde al glicerol o propanotriol.

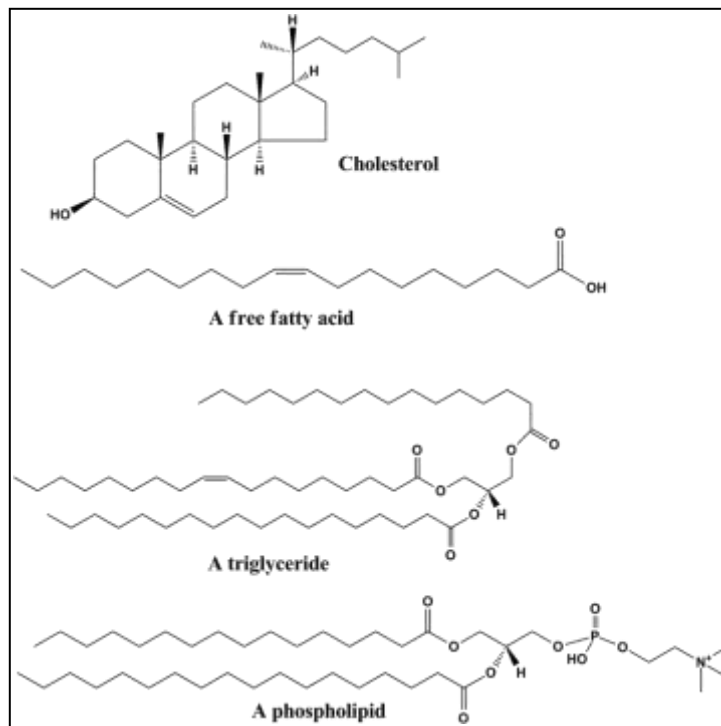


Figura 1. Estructura general de los lípidos.

Los lípidos simples son aquellos que cuya estructura molecular es unitaria, solo incluye esteroides de ácidos grasos y un alcohol. En este grupo se incluyen los ácidos grasos, los terpenoides, los esteroides y las prostaglandinas.

Los lípidos compuestos son aquellos cuya molécula presenta dos o más componentes claramente diferenciados, presentan un alcohol, ácidos grasos y otro u otros compuestos.

Otro tipo de lípido son los derivados estos no se pueden clasificar como simples o compuestos; los esteroides, las prostaglandinas, los laucocontrineos, los tromboxanos, los carotenoides y las vitaminas lipídicas (Cumatzi, 2004).

5.1.3. Función biológica y nutricional

Las funciones biológicas de los lípidos consisten en el almacenamiento de energía, la composición estructural de membranas, así mismo como ser moléculas de señalización.

La clasificación de los lípidos los concentra en dos grandes grupos, tomando en cuenta su comportamiento frente a la reacción de hidrolisis en medio alcalino (Delgado, 2015).

La principal función nutricional de los lípidos es aportar una reserva de energía, siempre serán utilizados en primera línea después de los glúcidos. Aportan 9 Kcal/g, deben aportar energía al organismo aproximadamente 30% (Leyva, 2009).

5.1.4. Usos en la industria de los alimentos

Los aceites y las grasas pueden ser consumidos por varias formas directa e indirectamente, son consumidos de forma natural o como ingredientes o insumos para una enorme variedad de alimentos (Franco, 2011).

El uso de estos aceites crudos es transformado como materia prima en la industria oleoquímica, ya que a su alta biodegradabilidad se convierte en un producto ideal para la

fabricación de surfactantes, lubricantes, combustibles (Diesel), detergentes, productos fitosanitarios, jabones, cosméticos y velas (Garces, 1997).

5.1.5. Fuentes de obtención

Las grasas que pueden ser de origen vegetal, animal o marino ejercen en los alimentos un importante papel funcional o nutritivo, las de origen vegetal se conocen dos tipos solidas que entrarían las mantecas de cacao o de cacahuete en cambio las liquidas se distinguen como los aceites, las de origen animal existen las sólidas, como la manteca de cerdo, el sebo de vacuno y la mantequilla de la leche y finalmente las marinas que esas se encuentran en estado líquido que es el caso del aceite de hígado de bacalao y el aceite de ballena (Morato, 2007).

5.1.5.1. Aceites de origen vegetal



Figura 2. Fuentes de aceite vegetal.

El aceite de origen vegetal es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de la planta, está compuesto por lípidos de diferentes tipos, son extraídos de

semillas oleaginosas de frutas y pepitas (Fig. 2), tiene una amplia variedad de aplicaciones en la alimentación. Por otra parte, forman parte de procesos industriales, dando así origen a los jabones, detergentes, ácidos grasos, pintura, barniz, resinas etc. (FAO, 2000).

5.1.5.2. Semillas oleaginosas

Las semillas oleaginosas son una serie de semillas y frutos de los cuales se obtiene el aceite, entre ellos los ácidos grasos poliinsaturados, siendo principal representante el ácido graso linoleico (Franco, 1988). Estas semillas son una fuente de energía y además aportan calcio, fosforo, zinc, omega 3 y 6, vitaminas A, D, E y K (Peralta, 2018).

5.1.5.3. Frutos

Existen muchos frutos que se consideran oleaginosos; dentro de estos frutos se encuentra la nuez la almendra, las avellanas, los pistachos y las aceitunas, en semillas podemos encontrar las semillas de calabaza, de lino y de uva, mencionando algunas. (FAO, 2000).



Figura 3. El aguacate y el coco como frutos oleaginosos.

Por ejemplo, para el caso del aguacate (Fig. 3) constituyen el 23% de su peso por cada 100 gramos del fruto, su valor nutricional es de 15g de grasas totales. El aguacate es una

fruta libre de colesterol y gracias a su consumo podemos reducir el colesterol sanguíneo en personas que padecen hipercolesterolemia (MFMER, 2022).

Por otro lado, el coco (Fig. 3) varía a medida que este madura, la grasa constituye el ingrediente principal junto con el agua, el coco es un alimento alto en grasas, principalmente en grasas saturadas (88.6%) (Moreu-Burgos, 2021). El aceite de coco tiene beneficios para la salud humana, este retiene componentes como los tocoferoles y los compuestos fenólicos (Abdul Rohman, 2021).

5.1.6. Lípidos de origen animal

Las grasas de origen animal (Fig. 4) se utilizan fundamentalmente en la producción de margarinas, grasas para cocinar y grasas compuestas, también se incorporan a numerosos productos alimenticios elaborados. Las grasas compuestas están conformadas por la manteca de cerdo obtenida mediante la fusión de la grasa de cerdo en bruto y el sebo obtenido de la grasa en bruto de otras especies (FAO, 2000).



Figura 4. Mantequilla y manteca, las grasas de origen animal más utilizadas.

5.2. Oferta y demanda de aceites de origen vegetal

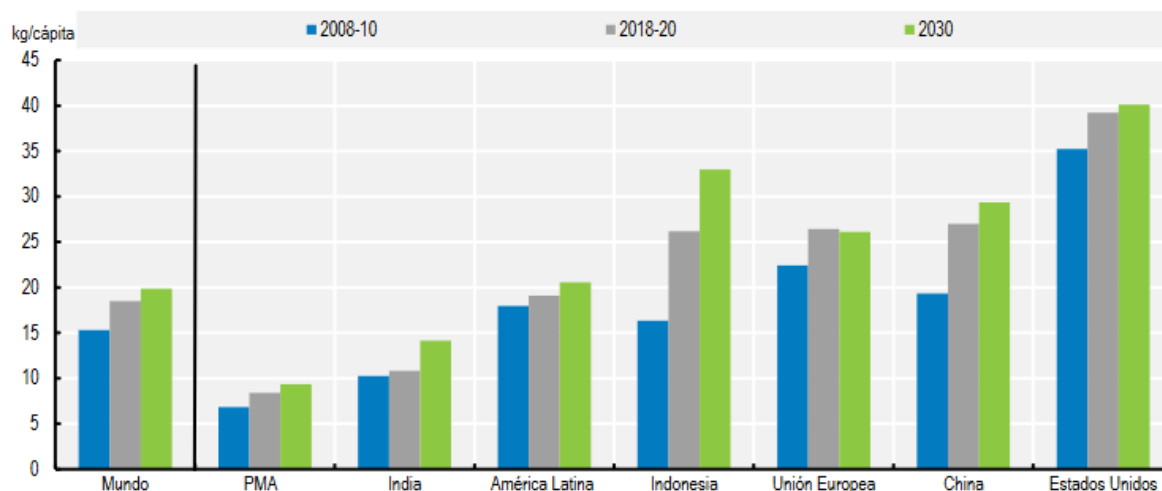
Durante el 2019, los precios de las semillas oleaginosas y sus productos se establecieron en su nivel más bajo en comparación con los años anteriores, esto reflejó la desaceleración de la demanda mundial de aceites.

5.2.1. En el mundo

Durante 2021 la oferta y la demanda, según la FAO, se situó en el 1.7% durante los últimos meses, incrementando así un 60% más que en septiembre del 2020, el precio del aceite de palma aumentó durante los últimos 10 años debido a la fuerte demanda mundial de importaciones. Los precios mundiales del aceite de canola se revalorizó notablemente, sin embargo, las cotizaciones del aceite de soja y de girasol disminuyeron (OCDE-FAO, 2021).

El aceite vegetal tiene uno de los porcentajes comerciales más altos de la producción de todos los productos agrícolas básicos, la exportación mundial de aceite vegetal se espera que llegue a los 91 millones de toneladas en el 2026, la exportación seguirá a mando de Indonesia y Malasia, estos son países que se encuentran enfocados a la exportación (FAO, 2000).

En términos generales, se prevé que la producción mundial de aceite vegetal aumentará 1.3% anual, tasa más alta que la de la mayoría de los productos básicos agrícolas, impulsada sobre todo por la demanda para uso alimentario en los países en desarrollo, resultado de su crecimiento demográfico y el aumento de sus ingresos. Se prevé que la demanda mundial de aceite vegetal crecerá 33 Mt para 2030 y el uso alimentario equivaldrá a 68% de la demanda total (OCDE-FAO, 2021). En la Figura 5 se muestra la proyección de disponibilidad per cápita de aceite hasta 2030.



Fuente: OCDE/FAO (2021), "OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas", *Estadísticas de la OCDE sobre agricultura* (base de datos), <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>.


StatLink  <https://stat.link/ps9kq2>

Figura 5. Proyecciones de disponibilidad de aceite vegetal per cápita hasta 2030.

5.2.2. En México

En México el 65.6% de la producción de aceites vegetales corresponde a aceite de soya. En el 2014, la balanza comercial de aceites vegetales en el mercado mexicano fue deficitaria en USD 5619, 81 millones, debido a que las compras en el exterior que totalizaron en USD 728, 37 millones fueron superiores a las exportaciones que sumaron USD 108, 55 millones. México cuenta con una amplia infraestructura tecnológica para el procesamiento de las semillas utilizadas en la fabricación de estos productos, las semillas que más se destacan en la producción mexicana se encuentra el maíz, la soya y el cártamo (FAO, 2000). Durante el 2014 la producción de semillas para realizar aceites vegetales fue de 27.09 millones de toneladas (Fig. 6) y registró un crecimiento en los últimos cuatro años del 12,4% promedio anual, al tiempo que la producción de aceite vegetal en este periodo tuvo un crecimiento anual del 5.4% (LEGISCOMEX, 2015).

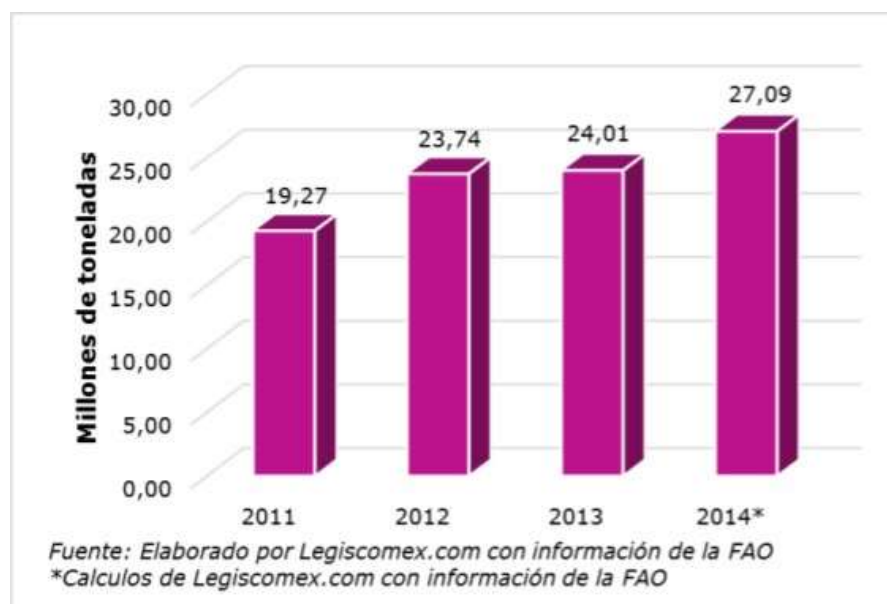


Figura 6. Producción de semillas oleaginosas y de aceites vegetales en México, 2011 – 2014 (LEGISCOMEX, 2015).

5.3. Importancia biológica de los lípidos

5.3.1. Funciones de los lípidos en las células

Los lípidos no solo son importantes por los nutrientes de mayor densidad energética, estos son un grupo de moléculas biológicas que comparten dos características: son insolubles en agua y son ricas en energía debido al número de enlaces carbono-hidrogeno (Álvarez, 2021).

5.3.2. Ácidos grasos esenciales

Un ácido graso (Fig. 7) es una biomolécula de naturaleza lipídica formada por una larga cadena hidrocarbonada lineal, puede ser de diferente longitud o número de átomos de carbono, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo. Para esto existen dos tipos de AGE los derivados de la serie omega-3 cuyo precursor es el ácido α -linolénico (ALA) y los de la serie omega-6 formada a partir del ácido linoleico (LA) (Adames, 2019).

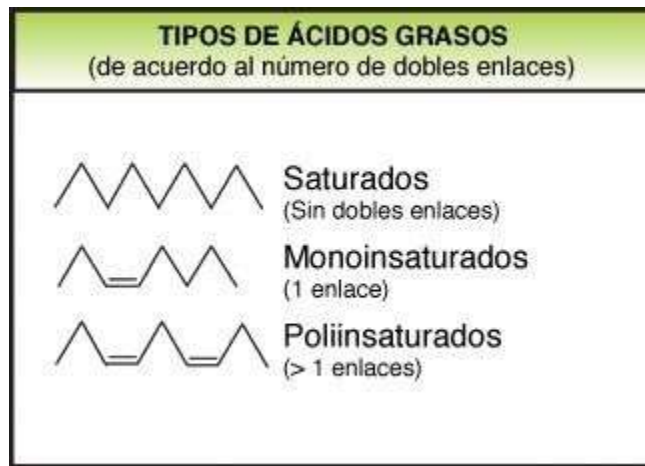


Figura 7. Tipos de ácidos grasos por la estructura de sus enlaces.

5.3.3. Lípidos como alimentos funcionales

Las grasas poliinsaturadas incluyen grasas omega-3 y omega-6. Los ácidos grasos son esenciales para el crecimiento de nuestras células y el funcionamiento del cerebro, hay que tomar en cuenta que estos ácidos grasos el cuerpo no los produce hay que obtenerlos de alimentos (Bridges, 2020).

Su aporte en la alimentación es necesario para el mantenimiento de las membranas celulares y son sustratos de compuestos con alta actividad biológica (mediadores en procesos inflamatorios, respuesta inmune o en el sistema nervioso central).

Los OMEGA-3 se encuentran en pescado azul, mariscos de agua frías, semillas de lino, semillas de chía, nueces, vegetales de hoja verde y aceites vegetales como la linaza, colza y de soja, el OMEGA-6 en aceites de semillas de girasol, sésamo, frutos secos, aguacate, aves de corral, huevos, soja y cereales (Vega *et al.*, 2021).

5.4. Fuentes no convencionales de aceite vegetal.

Para los países no desarrollados o en desarrollo, como México, la problemática de la importación de oleaginosas para satisfacer su demanda interna no pasa desapercibida. Varios han sido los esfuerzos que se han estado desarrollando para intentar dar solución a dicha problemática en cuanto a la exploración de fuentes no convencionales de aceites vegetales comestibles que posean iguales o mejores características que ampliamente explotados alrededor del mundo.

Por ejemplo, se han evaluado los aceites obtenidos de las semillas de linaza, uva, de piñón (Navas-Hernández, 2010) y aguacate (Jiménez *et al.*, 2001). Las especies promisorias como el inchi o cacay (*Caryodendron orinocense*), el seje (*Oenocarpus bataua*), la tamaca (*Acrocomia acuelata*) e importantes nueces como el marañón (*Anacardium excelsum*), el camajón (*Sterculia apetala*), el castaño (*Pachira aquatica*) y otras, están destinadas a resolver el problema de los aceites comestibles en el trópico (Vega-Turizo, 2004).

Varias especies de la familia de las Cucurbitáceas también han sido estudiadas, como las reportadas por Oloyede *et al.* (2012); Al-Okbi *et al.* (2014); Nederal, *et al.* (2014); Petkova & Ankova (2015); Seymen *et al.*, (2016) y Shaban & Sahu (2017) en diversos países de África y Europa del este.

En Norteamérica no ha sido excepción la búsqueda de fuentes alternativas no convencionales, y una de las especies que podrían utilizarse como fuente alternativa de aceite vegetal podría ser el melón (*C. melo* L.) tomando en cuenta que en su aprovechamiento, transformación y procesamiento, así sea mínimo, sus semillas son un residuo que pocas veces se utiliza, abriendo la posibilidad de agregar valor a éste tomando en cuenta el incremento constante en la demanda de aceites vegetales destinados a la alimentación en el mundo.

5.5. El melón (*Cucumis melo* L.)

Este fruto pertenece a la familia de las cucurbitáceas, frutas tropicales adaptadas a climas templados (Pitrat, 2008). México ocupa el octavo puesto en la producción mundial de este fruto, donde la región de Torreón, Coahuila, destaca como la zona productora más importante del país (SAGARPA, 2017).

5.5.1. Orígenes

El melón es una especie originaria de las zonas tropicales de África y Asia, no se ha podido localizar sitios con presencia de plantas silvestres; sin embargo, se dice que los primeros cultivos se remontan hacia el año 2 400 a.C., en territorio egipcio (Zapata, 1989).

El melón es una planta anual herbácea tendida o rastrera provista de zarcillos, perteneciente a la familia de las cucurbitáceas. Crece satisfactoriamente en zonas tropicales y subtropicales, desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm. La temperatura óptima de desarrollo es de los 22°C a los 30°C y requiere de 80 a 120 días de temperaturas calurosa preferentemente con clima seco y buena iluminación (Cheverri & Cujó, 1989).

5.5.2. Clasificación taxonómica

De acuerdo con la literatura, la clasificación taxonómica del melón (*Cucumis melo* L.) es la que se muestra en la Tabla 1, y en la Figura 8 se muestra esta planta y su fruto.



Figura 8. Melón chino (*C. melo* L.)

Tabla 1. Clasificación taxonómica del melón chino (*C. melo* L.).

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Cucurbitales
Familia	Cucurbitáceas
Tribu	Benincaseae
Genero	<i>Cucumis</i>
Especie	<i>Cucumis melo</i> Linneo

(Fuller, 1997)

5.5.3. Usos

Uno de los usos del melón es en el ámbito medicinal. La vitamina A es un nutriente esencial y cuando es consumido ayuda a mantener los ojos sanos y evita problemas de deterioro de la visión relacionados con la edad. El potasio que contiene ayuda a aliviar el nivel de estrés en el cuerpo, es bueno para limpiar los vasos sanguíneos y regula los niveles de la presión arterial, ayuda a proteger el hígado y el riñón de diversas dolencias y con la vitamina C que contiene ayuda al sistema nervioso (Estz, 2018).

5.5.4. Importancia económica

El melón es uno de los cultivos de gran importancia económica y social en México, por la magnitud de la superficie sembrada en el país, además de altos volúmenes de producción, fuente de empleo e ingresos de los productores (SIAP, 2017).

5.5.4.1. Producción mundial

La producción mundial del melón está distribuida en todo el mundo. Las condiciones agroecológicas para el crecimiento de este cultivo se encuentran en muchas regiones (FAO, 2000). En el año 2017 se produjeron 26.6 millones de toneladas teniendo en cuenta que China es el principal productor de melón; en las últimas décadas se ha comprobado que existen cinco países importantes: China, Turquía, Estados Unidos, España e Irán, los cuales aportan el 60% de la producción mundial; además, existen exportadores latinos de melón, y entre ellos sobresalen México, Honduras, Costa Rica y Chile, así como Venezuela y Ecuador (Dally, 2020).

5.5.4.2. Producción nacional

La producción nacional del melón para 2019 fue de 627 135 Ton, según datos de la SAGARPA en 2021. Se genera alrededor de 120 jornales los cuales han sido solamente de siembra y cosecha, cuenta con una cantidad similar en las actividades de acarreo, clasificación, empaque y comercialización. Según la SAGARPA (Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación, ahora SADER), la comarca lagunera cuenta con el 25% de la producción nacional y se constituye como el principal en la región (SAGARPA, 2017).

5.5.5. Problemática de venta del cultivo y desperdicio

En México el melón se convirtió en uno de los cultivos más redituables en el campo, entre el 2005 y 2016 su producción aumento más de 21 mil toneladas. La generación de este fruto representa un alza a tasa anual de cuatro por ciento y tiene un valor estimado de dos mil 321 millones de pesos. Los principales productores de este fruto son Coahuila, con 21 por ciento de la producción nacional; Sonora, con 19; Michoacán, con 16.5; Guerrero, con 16.5, y Durango, con 9.6 por ciento (Mercados, 2017).

Después de años de problemas con el aumento y disminución de precios de los productos como el melón, el desperdicio de fruta cosechada por una baja demanda afecta a los productores de las comunidades de cosecha (UPROHMA, 2019).

Los alimentos desperdiciados podrían alimentar durante semanas a 7.4 millones de personas que padecen de pobreza extrema y carencia alimentaria, se desperdicia alrededor de 41% de melón, Eduardo Benítez, representante de la FAO en México, señaló que en el mundo se pierde o desperdicia una tercera parte de la producción de alimentos, lo que suma alrededor de mil 300 millones de toneladas, y con ellas se

descomponen el suelo, agua, la biodiversidad y se generan gases de efecto invernadero, se identificarán áreas de mejora en las cadenas productivas, con el fin de disminuir las cifras de pérdida y merma de alimentos (NTX, 2013).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Obtención del material biológico

Se realizó la recolección de semillas en locales de expendio de fruta fresca en la ciudad de Saltillo, Coahuila, en los cuales este material se desecha. Así mismo, también se realizó recolección doméstica donde también las semillas de melón se desechan por desconocimiento de sus posibles usos. Las semillas se trasladaron al laboratorio del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro para su acondicionamiento.

6.2. Secado

En esta etapa del proceso se acondicionaron las semillas de melón recolectadas, las cuales se sometieron a un lavado con agua potable a temperatura ambiente para la eliminación de material extraño y residuos propios del mismo fruto. Una vez lavadas, se escurrieron en tela muselina y posteriormente se secaron en estufa de convección suave a 40 °C por 24 h. Posteriormente, la materia prima se guardó en bolsas de cierre hermético hasta su utilización.

6.3. Reducción de tamaño de partícula

Para continuar con el acondicionamiento de las semillas, el producto seco se sometió a molienda en licuadora Oster® a velocidad máxima intermitente, con la finalidad de aumentar la superficie de contacto con el solvente en la posterior etapa de extracción del aceite. Las semillas molidas fueron tamizadas en malla de 1 mm de abertura para eliminar la mayor parte de la fibra correspondiente al pericarpio de las semillas. El producto resultante se guardó en bolsas de cierre hermético hasta su posterior procesamiento.

6.4. Determinación del rendimiento de aceite

Para esta determinación se empleó el método de la AOAC 920.39 (2005): se sometieron 3 matraces bola a peso constante durante 24 h a 150 °C agregando 6 perlas de vidrio a cada uno para facilitar el control de la ebullición, posteriormente se pesó 1 g de la muestra por repetición y se envolvió en papel filtro de poro cerrado, posteriormente se introdujo el cartucho en el sifón del equipo soxhlet.

Se agregaron 300 mL de éter etílico anhidro ACS a cada matraz bola y se colocó el sistema sobre una mantilla de calentamiento para iniciar el proceso de lavado durante 6 h a 60 °C.

Al término de este tiempo se recuperó el éter por medio del sifón hasta obtener por completo el reactivo. Los matraces se sometieron nuevamente a peso constante en estufa a 150 °C por 24 h y el contenido de aceite de la muestra se obtuvo por diferencia de peso.

6.5. Extracción y refinación del aceite crudo

6.5.1. Extracción del aceite crudo

La extracción del ASCL se realizó por triplicado, en extractores soxhlet, de acuerdo con la metodología descrita por Calvo-Grajales (2003). Se colocaron 20 g de material crudo en cartuchos de papel filtro de poro cerrado, los cuales fueron colocados su vez en la recámara de los sifones. Se agregaron 300 mL de éter de petróleo anhidro, grado reactivo, en los matraces bola y se llevó a cabo la extracción a reflujo durante 30 min a 60 °C.

6.5.2. Refinación del aceite

La refinación del aceite crudo de semillas de melón se llevó a cabo de acuerdo con la metodología reportada por Cavo-Grajales (2003), con algunas modificaciones.

6.5.2.1. Proceso de desgomado y neutralización

Para la primera etapa de la refinación: en 2 matraces erlenmeyer de 500 mL se colocaron 250 mL de NaOH al 3 %, a cada matraz se agregaron 12.5 g de aceite crudo, seguido de un calentamiento a reflujo durante 30 min, posteriormente se realizó un decantado para retirar los jabones formados (ácidos grasos libres saponificados). La fase de aceite se recuperó en embudo de separación. El aceite se lavó en 5 ocasiones con 150 mL de agua destilada a 75 °C. La micela se filtró a través de papel filtro de poro cerrado adicionando 25 g de sulfato de sodio anhidro, con la finalidad de eliminar toda el agua. Finalmente se destiló la micela para obtener la fase oleosa pura.

6.5.2.2. Proceso de decoloración y desodorización

Para la segunda parte del proceso de refinación se siguieron los siguientes pasos:

Para la segunda parte del proceso de refinación: en el matraz utilizado para la destilación de la micela, se agregó 7 % p/p de carbón activado. Se colocó la mezcla en una mantilla de calentamiento y se sometió a tratamiento térmico de 85 °C por 30 min, agitando manualmente con una varilla de vidrio. Se filtró en embudo de vidrio y papel filtro de poro cerrado. La muestra se guardó a temperatura ambiente (25 ± 5 °C) en frasco ámbar para posteriores análisis.

6.6. Estudio del aceite crudo y refinado de semillas de melón chino (*C. melo* L.)

La siguiente batería de análisis se realizó tanto para aceite crudo como para aceite refinado de semillas de melón chino. Excepto para la determinación del perfil de ácidos grasos, el resto de los análisis se realizaron a muestras de 1 mL de cada aceite sometidas a temperaturas de 25, 50, 100, 150, 200 y 240 °C.

6.6.1. Determinación del perfil de ácidos grasos

Se realizó la esterificación de los ácidos grasos de acuerdo con la metodología de Haas *et al.* (2003) con modificaciones: se agregaron 200 µL de ASCL crudo a un tubo de ensaye con rosca seco, previamente acondicionado con solvente (hexano); posteriormente se añadieron 100 µL de solución de HCl 0.2N y metanol (50:50), en seguida se agitaron por 10 s, seguido de calentamiento en un equipo CHARM PROCESS® a 60 ± 1 °C por 4 h, cerrándolos con un tapón de plástico, procurando no apretarlo.

Una vez concluido el tiempo de reacción, los tubos se atemperaron a 25 ± 1 °C, se agregaron 2 mL de hexano grado reactivo A.C.S. y se agitaron por 15 s; enseguida se agregaron 200 µL de agua destilada y se volvió a someter a agitación por 15 s. Los tubos se dejaron reposar a fin de que se separaran las fases, manteniendo la temperatura a 25 ± 1 °C.

Se transfirió el 50% del volumen de la fase superior a un vial de vidrio seco, acondicionado previamente con solvente; se agregaron 0.1 g de tiosulfato de sodio anhidro y se agitó por 15 s, los tubos se dejaron reposar para dejar precipitar los cristales de la citada sal a fin de que pudieran absorber la humedad residual en la muestra y evitar interferencia en el cromatógrafo de gases.

Se realizó la esterificación de los ácidos grasos de acuerdo con la metodología reportada por Haas *et al.* (2003), con modificaciones. Se inyectó 1 μL de muestra esterificada diluida (1:10 en hexano A.C.S) en un cromatógrafo de gases Perkin Elmer[®] modelo AutoSystem XL con detector FID a 300 °C, utilizando una columna capilar Alltech[®] EC-100 de 30m x 0.32mm x 0.25 μm y una rampa de calentamiento de 90 hasta 240 °C con incremento de 5 °C/min por 15 min. El tiempo de análisis fue de 31 min. Se utilizó nitrógeno como gas acarreador. La identificación y cuantificación de los ácidos grasos se realizó comparando las características cromatográficas de los picos desconocidos con los de la mezcla estándar de ácidos grasos certificada SUPELCO[®] FAME mix C4–C24 (Anexo 10.1).

6.6.2. Análisis por espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR/ATR)

La caracterización del aceite por FTIR/ATR se realizó con un espectrofotómetro de infrarrojo Spectrum Two (Perkin Elmer Inc., Waltham, Massachusetts, EUA) equipado con un módulo universal ATR (Reflectancia total atenuada, attenuated total reflectance) con cristal diamante. Se colocó muestra suficiente en el detector, Las frecuencias de transición vibracional se reportaron en números de onda (cm^{-1}) dentro del infrarrojo medio. Se registró un promedio de 30 barridos con una resolución de 4 cm^{-1} en la región de 450 a 4000 cm^{-1} . El análisis se realizó a temperatura ambiente (25 ± 2 °C).

6.6.3. Determinación de la estabilidad térmica por espectroscopía UV (coeficientes de extinción específica K_{232} y K_{270})

El coeficiente de extinción se determinó en concordancia con el método reportado por Paz-Antolín & Molero-Meneses (2000), utilizando la ecuación $K_{\lambda} = D_{\lambda}/C$, en la cual K_{λ} representa el coeficiente de extinción específica para cada longitud de onda (232 y

270nm, respectivamente), D_{λ} se refiere al valor de la absorbancia obtenida en el espectrofotómetro, y C es la concentración de la disolución del aceite en g/100 mL.

6.6.4. Determinación de clorofilas y carotenoides

Este análisis se realizó de acuerdo con la metodología reportada por Chtourou *et al.* (2013) con algunas modificaciones: se tomaron 30 μ L de aceite y se diluyeron en 1000 μ L de hexano. Se leyó la absorbancia a 670 nm para determinar clorofilas y a 470 nm para los carotenoides, utilizando como blanco hexano puro. El contenido de ambos fitoquímicos se calculó utilizando las ecuaciones (1) y (2), de acuerdo con los mismos autores.

$$\text{Ec. (1)} \quad \text{clorofilas} \left(\frac{\text{mg}}{\text{Kg}} \right) = \frac{(A_{670} \times 106)}{(613 \times 100 \times d)}$$

$$\text{Ec. (2)} \quad \text{carotenoides} \left(\frac{\text{mg}}{\text{Kg}} \right) = \frac{(A_{470} \times 106)}{(2000 \times 100 \times d)}$$

Donde A es la lectura de absorbancia de la muestra preparada a la longitud de onda correspondiente y d es el grosor de la celda (1 cm).

6.7. Análisis estadístico

El experimento se realizó en un diseño completamente al azar, utilizando como testigo el aceite a temperatura ambiente (25 °C), y como tratamientos a las temperaturas de 50, 100, 150, 200 y 240 °C. Las determinaciones se realizaron por triplicado, y los resultados se analizaron utilizando ANOVA de una sola vía y prueba de medias por prueba de Tukey, con una significancia de $P \leq 0.05$, utilizando para ello el software JMP™ versión 5.0.1.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Rendimiento de aceite

En cuanto al rendimiento de aceite en las semillas de melón recolectadas, se obtuvo un promedio de 28.35 ± 0.22 % respecto a la masa total muestreada. Este rendimiento es más bajo que para otras semillas de cucurbitáceas, como *Cucurbita pepo* Linn. (Oloyede *et al.*, 2012), pero más alto que para algunas semillas oleaginosas como el girasol o la soya (Seymen *et al.*, 2016). El contenido de aceite en las semillas de cualquier cultivo de oleaginosas depende también de factores bióticos y abióticos, como el fenotipo de la variedad de la planta, el tipo de suelo, la disponibilidad de agua, el tiempo de radiación solar, entre otros.

7.2. Perfil de ácidos grasos

En cuanto al perfil de ácidos grasos, en la Tabla 2 se desglosan los presentes en ambas muestras de aceite de semilla de melón chino (crudo y refinado). Así mismo, en el Anexo 10.1, 10.2 y 10.3 se muestran los cromatogramas correspondientes a la mezcla de ácidos grasos estándar utilizada (FAME), del perfil de ácidos grasos del aceite de melón crudo y del refinado, respectivamente.

En los perfiles de ácidos grasos obtenidos se pudo observar predominancia los aquellos que son típicos de las semillas oleaginosas: el oléico y el linolenico, cuya concentración aumentó en el perfil del aceite refinado probablemente como efecto de la eliminación de ácidos grasos libres durante la refinación.

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos del aceite crudo y refinado de semillas de melón (*C. melo* L.).

Principales ácidos grasos	Aceite crudo (%)	Aceite refinado (%)
Undecanoico (C11:0)	0.05±0.012 ^a	0.03±0.023 ^a
Palmitoléico (C16:1)	1.49±0.043 ^b	7.39±0.056 ^a
Heptadecanoico (C17:0)	0.13±0.023 ^b	0.80±0.072 ^a
Elaídico (C18:1n9t)	0.00±0.000 ^b	2.99±0.043 ^a
Oléico (C18:1n9c)	4.68±0.029 ^b	15.54±0.075 ^a
Linoléico (C18:2n6c)	19.75±0.038 ^b	30.66±0.156 ^a
γ-linolenico (C18:3n6)	0.00±0.000 ^b	0.87±0.041 ^a
Linolenico (C18:3n3)	0.00±0.000 ^b	0.87±0.038 ^a
Cis-11-Eicosenoico (C20:1)	0.06±0.002 ^b	0.36±0.005 ^a
Heneicosanoico (C21:0)	0.97±0.008 ^a	0.45±0.003 ^b
Cis-13,16-docosadienoico (C22:2)	0.00±0.000 ^b	0.17±0.020 ^a
Lignocerico (C18:2)	0.06±0.012 ^b	0.17±0.010 ^a
Total ác. grasos saturados	4.45±0.000^a	2.427±0.095^b
Total ác. grasos insaturados	95.55±0.020^a	97.573±0.044^a

Promedios ± error experimental, letras diferentes indican diferencia significativa entre valores de cada aceite (prueba LSD de Fisher, $p \leq 0.05$).

Los resultados muestran que el proceso de refinación tuvo un efecto positivo en la concentración de ácidos grasos insaturados y disminución de los saturados; sin embargo, también hubo un efecto negativo al promover la formación de un ácido graso trans (ácido elaídico) no presente en el aceite crudo, lo que pudo resultar de una transformación del ácido oléico durante el tratamiento térmico necesario para esta operación, como sucede en otros procesos de transformación de aceites, como es la hidrogenación. Así mismo, el incremento en la concentración de ácido linolénico es positivo debido a que es precursor de ácidos grasos omega-3 y omega-6, esenciales en diferentes etapas de la vida del ser humano (Aires *et al.*, 2005).

En el perfil de ácidos grasos del aceite refinado se obtuvo, además, trazas del ácido graso omega-6 (γ-linolenico), considerado dentro de los ácidos grasos esenciales, el cual

probablemente estuvo en una proporción menor en el aceite crudo. Otro ácido graso que se encontró en cantidades traza fue el Cis-13,16-docosadienoico. Ambos se han encontrado presentes en cantidades traza en el aceite de otras semillas, como la chía (Mosquera-Quelal *et al.* 2017).

La presencia de gran cantidad de ácidos grasos insaturados hace vulnerables a los aceites a las reacciones de oxidación, por lo que se hace necesario el estudio de su estabilidad al tratamiento térmico si se desea prospectar su uso en aplicaciones de procesamiento de alimentos.

7.3. Espectrograma IR

Los espectros IR resultantes de los tratamientos a diferente temperatura (Fig. 9), tanto para aceite crudo como para el refinado, no evidenciaron alteraciones de consideración en la estructura de los esqueletos químicos. La única banda que se percibe débil y diferente en el aceite crudo se pudo observar alrededor de los 3450 cm^{-1} , que correspondería a grupos -OH de posibles restos de agua después del proceso de extracción. Para todos los casos se presentaron las mismas bandas: a los 3009 cm^{-1} una banda de tensión atribuida a enlaces C=CH correspondiente a los ácidos grasos insaturados presentes; bandas intensas a los 2923 y 2852 cm^{-1} asociadas a la tensión de los enlaces C-H simétrico y C-H asimétrico en -CH₂. Después, se presentó una banda intensa a los 1742 cm^{-1} , típica de los enlaces C=O correspondiente a los enlaces en los triglicéridos, y entre los 1460 y 1235 cm^{-1} se apreciaron distintas bandas que corresponderían a la flexión de enlaces C-H en -CH₂ y -CH₃; y a los 1158 cm^{-1} hubo presencia de una banda de tensión que se atribuyó al enlace C-O, así como otra banda a los 1097 cm^{-1} que correspondería a la tensión del enlace O-CH₂. Por último, se detectó

una banda a los 723 cm^{-1} que se relacionó con la flexión del enlace $(\text{CH}_2)_n$ con $n > 4$, propia de esqueletos carbonados de cadena larga (Hernández & Zacconi, 2009, Lerma-García, 2011; Rohman *et al.*, 2011; Castorena-García *et al.*, 2011; Vasconcelos *et al.*, 2015).

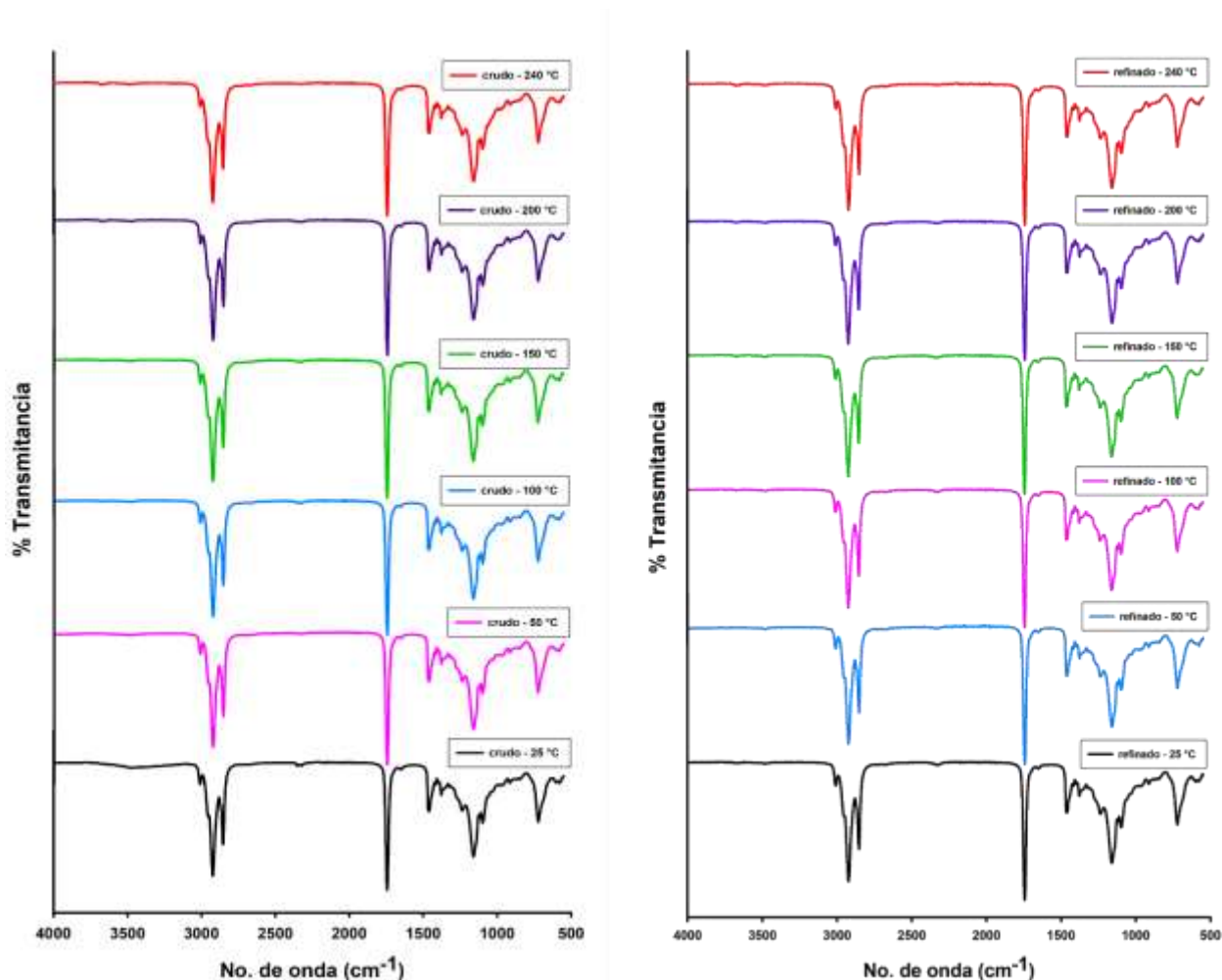


Figura 9. Espectrogramas de aceite crudo y refinado de semilla de melón a las diferentes temperaturas de tratamiento.

La ausencia de cambios en los espectrogramas IR a diferente temperatura, podrían indicar que tanto el aceite crudo como el refinado son lo suficientemente estables como para soportar un calentamiento en las condiciones y por el tiempo que se evaluaron en este experimento, sin que se generen alteraciones importantes en su estructura que den pie a la generación de compuestos químicos distintos. Sin embargo, son necesarias

pruebas más sensibles a través de las cuales se pueda ratificar dicho resultado o desmentirlo. Debido a ello, se evaluaron los índices de extinción específica K_{232} y K_{270} .

7.4. Coeficientes de extinción específica K_{232} y K_{270}

Los coeficientes de extinción específica K_{232} y K_{270} (Figs. 10 y 11) corresponden a los dienos y trienos conjugados, respectivamente, productos de oxidación y/o de las prácticas de refinería (Vergara *et al.*, 2020) y están relacionados con la estabilidad oxidativa de los aceites (Martínez, 2010).

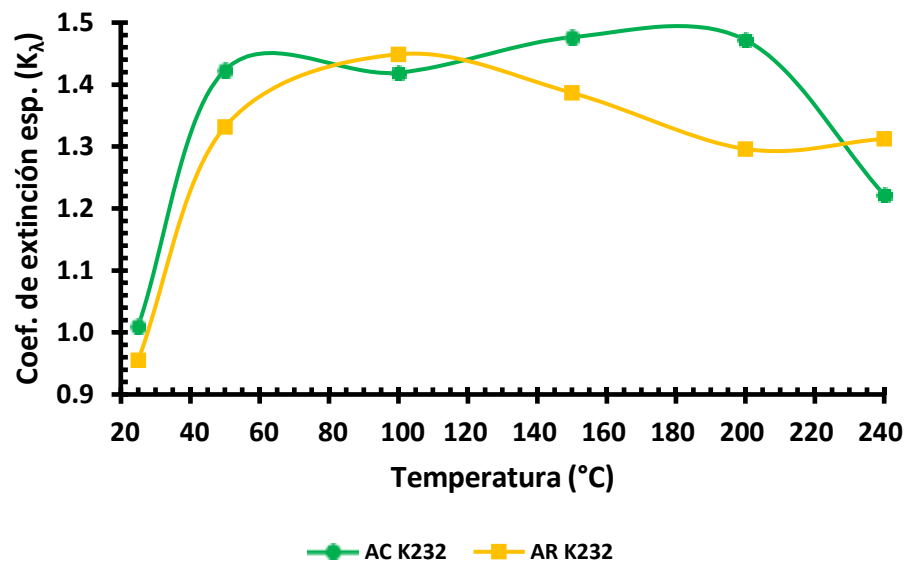


Figura 10. Comportamiento de los coeficientes de extinción específica K_{232} de aceite crudo y refinado de semillas de melón chino (*C. melo* L.) a las diferentes temperaturas de tratamiento.

Los valores iniciales obtenidos para ambos índices en el aceite crudo y refinado (Fig. 10) resultaron semejantes a los reportados para índice K_{232} por Vergara *et al.* (2020) para aceites de oliva extra-virgen, y menores a los reportados por los mismos autores para aceites de maíz, girasol y sésamo; sin embargo, no fue así para el índice K_{270} (Fig. 11), el cual resultó mayor al de los aceites referidos, lo que pudiera indicar una degradación

más acelerada para el aceite crudo de semilla de melón; así mismo, se observó un aumento de ambos índices a los 50 °C, manteniéndose más o menos estables en los índices evaluados hasta los 200 °C, y a los 240 °C se observó un decremento en el valor de ambos parámetros. El aceite crudo mostró, entonces, un comportamiento estable, sin presencia de aumentos importantes en dienos y trienos conjugados, a pesar del aumento de temperatura, al menos a los tiempos y temperatura empleados en el experimento, lo que sugeriría que el aceite crudo de semillas de melón podría emplearse en procesos de freído rápido de alimentos.

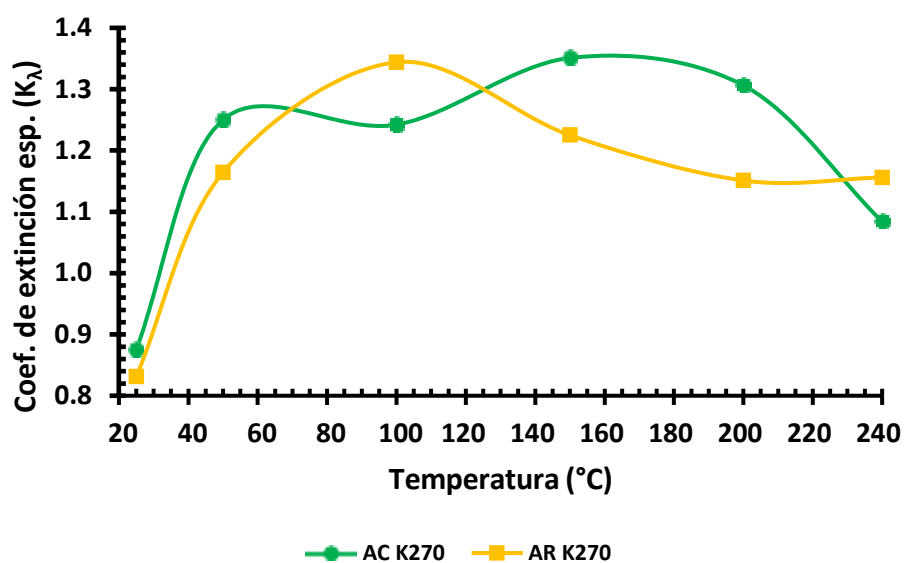


Figura 11. Comportamiento de los coeficientes de extinción específica K_{270} de aceite crudo y refinado de semillas de melón chino (*C. melo L.*) a las diferentes temperaturas de tratamiento.

En cuanto al índice K_{270} resultó con un comportamiento diferente al del aceite crudo durante todo el proceso de calentamiento. El aceite refinado mostró una disminución en los valores de este índice desde los 150 a los 240 °C respecto al aceite crudo, lo que indicaría que el proceso de refinación logró un impacto positivo en la estabilidad térmica del aceite de semilla de melón al eliminarse compuestos que pudieran influir en la formación de dienos y trienos conjugados que son indicativos de degradación de los

aceites, lo que puede llevar a procesos de enranciamiento por efecto de la temperatura. Los valores obtenidos en este ensayo indicarían que el aceite refinado de semillas de melón sería más estable que su fuente cruda al momento de usarlo en procesos de freído de alimentos al no contar con compuestos que pudieran promover la generación y descomposición de los dienos en productos secundarios de descomposición de los hidroperóxidos en condiciones de calentamiento prolongado de los aceites, como lo mencionan Calsin-Cutimbo *et al.* (2016).

Para el aceite crudo, el aumento en los valores de los coeficientes de extinción específica pudiera estar relacionado con la presencia de residuos después del proceso de extracción pues, por ejemplo, la presencia de agua puede promover reacciones de oxidación lipídica (Fagali, 2011), lo que explicaría que los valores de los índices evaluados se estabilizaran después de los 100 °C, como consecuencia de la evaporación del agua presente. Por otro lado, pigmentos como las clorofilas o los carotenos presentes en las semillas pueden actuar como compuestos pro-oxidantes de los aceites donde se encuentran presentes. Debido a ello, se determinó la presencia de estos compuestos en los aceites obtenidos, pues podrían también tener participación en la generación de dienos y trienos conjugados y ocasionar su aumento súbito en los primeros tratamientos térmicos (50 y 100 °C), como se observó para el aceite crudo.

Por otro lado, para el aceite refinado, el incremento en los valores de los índices evaluados podría obedecer más bien a la degradación por efecto de la temperatura, ya que, como se verá más adelante, no cuenta ya con la protección contra la oxidación; o promoción de ésta, por efecto de compuestos que actúan ya sea como antioxidantes y/o pro-oxidantes, como es en el caso del aceite crudo. Sin embargo, a pesar de ello, fue posible observar la disminución de la presencia de trienos conjugados conforme aumentó

la temperatura, lo que podría sugerir que este aceite recuperó en algún grado su estabilidad al aumentar la intensidad el tratamiento térmico.

7.5. Clorofilas y carotenoides

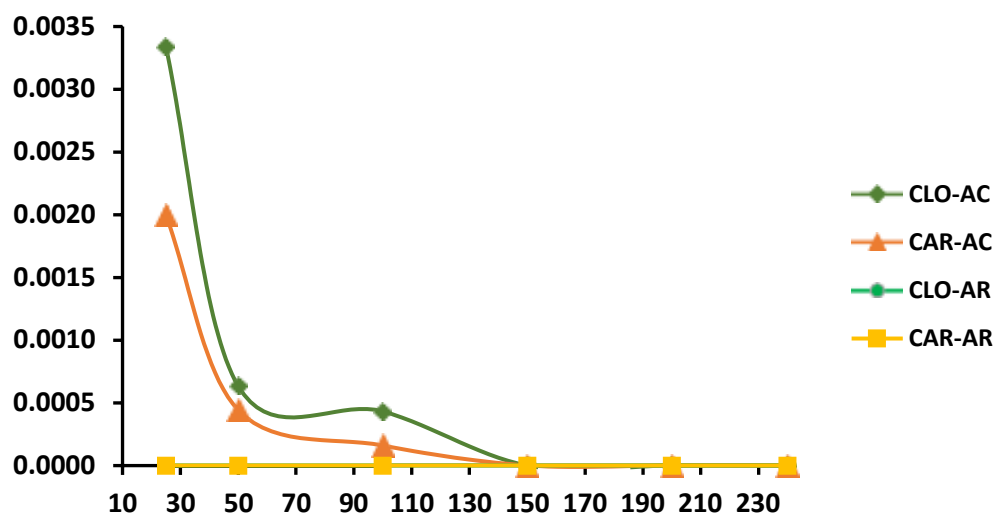


Figura 12. Comportamiento del contenido de clorofilas y carotenoides en aceite crudo y refinado de semilla de melón chino (*C. melo* L.) a las diferentes temperaturas de tratamiento.

Los resultados de la determinación de estos compuestos se muestran en la Figura 12. Para el aceite crudo se pudo observar la presencia de ambos en la matriz oleosa, que disminuyó de manera drástica hasta eliminarse a los 150 °C por efecto de la temperatura. La presencia de estos compuestos a temperatura de 25 °C y su gradual disminución hasta los 100 °C pareciera estar relacionada con el aumento de los valores de los índices de extinción específica K_{232} y K_{270} para el caso del aceite crudo, donde a la concentración más baja de clorofilas y carotenos pareciera observarse un comportamiento antioxidante, al disminuir los valores de los índices mencionados de los 50 °C a los 100 °C (Figs. 10 y 11), incrementándose nuevamente por acción del factor evaluado (la temperatura) a partir de los 150 °C. Mraicha *et al.* (2010) encontraron en su estudio una correlación entre la

disminución de clorofilas y carotenoides con el aumento del valor de los índices de extinción específica K_{232} y K_{270} y de la acidez del aceite que evaluaron.

Para el caso de este estudio, el factor temperatura sería el promovente de la formación de especies reactivas en el aceite refinado de semillas de melón, ya que la presencia de clorofilas y carotenoides resultó nula para este producto (Fig. 12).

8. CONCLUSIONES

- Fue posible obtener aceite a partir de semillas de melón chino (*C. melo* L.) con un rendimiento superior al de otras semillas oleaginosas, como la soya y el girasol.
- El perfil lipídico del aceite crudo refinado de semillas de melón chino demostró la presencia preponderante de ácidos grasos típicos de aceites de origen vegetal: ácido oléico y ácido linoléico. La refinación tuvo un impacto positivo en la distribución del perfil de ácidos grasos, pues se concentraron ácidos grasos esenciales que no se detectaron en el aceite crudo, lo que mejoraría el perfil nutricional del aceite refinado para usarse, porejemplo, en aderezos para ensaladas.
- Los espectrogramas IR del aceite utilizando diferentes temperaturas de calentamiento no evidenciaron alteraciones significativas en la estructura química de los aceites evaluados, sugiriendo que el aceite de semillas de melón posee estabilidad térmica suficiente para su uso en procesos de freído rápido o cocinado de alimentos.
- Los valores de los índices de extinción específica K_{232} y K_{270} sugieren que el aceite crudo pudiera contar con algunos compuestos que, de acuerdo con su concentración presente pudieran actuar como pro-oxidantes en primera instancia y después como antioxidantes del aceite crudo. Para ambos aceites la temperatura resultó un factor de degradación al inicio del calentamiento, estabilizándose los valores de ambos índices después, e incluso disminuyendo sus valores, lo que podría indicar que la refinación produjo un impacto positivo en la estabilidad térmica del aceite evaluado.
- La presencia de clorofilas y carotenoides en el aceite crudo hasta su degradación térmica parece soportar la conclusión anterior respecto al papel de estos como antioxidantes y/o pro-oxidantes, de acuerdo con la concentración presente en el aceite. Así mismo, su ausencia en el aceite refinado soportaría la sugerencia de que la temperatura es el factor determinante en el inicio de la degradación de los aceites evaluados.

9. LITERATURA CITADA

- Adames, A. M. (2019). Sobre el lugar y la efectividad de los ácidos grasos w3 en la Nutrición artificial. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 29(1), 167-190.
- Álvarez, N. (2021). Las grasas y su importancia biológica para el adecuado crecimiento y desarrollo de los niños. *Boletín El Palmicultor*, 586 (Diciembre), 7-9. Recuperado a partir de: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmicultor/article/view/13308>
- Al-Okbi, S. Y.; Mohamed, D. A.; Kandil, E.; Ahmed, E. K. & Mohamed, S. E: (2014) Functional ingredients and cardiovascular protective effect of pumpkin seed oils. *Grasas y Aceites*, 65(1):1 – 10 DOI: <http://dx.doi.org/10.3989/gya.062813>
- Aires, D., Capdevila, N., & Segundo, M. J. (2005). Ácidos grasos esenciales. *Offarm*, 24(4), 96-102.
- Bisognin, 2002, p.718; Krístková et al., 2003, p.14-16; Lemus & Hernández, 2003, p.26; El Tahir & Taha, 2004, p.36-38).
- Bridges, M. (2020) (Principal, P., médica, E. y poliinsaturadas, R.. Realidades acerca de las grasas poliinsaturadas: MedlinePlus enciclopedia médica. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000747.htm> [Consultado el 6 de enero de 2022].
- Calsin Cutimbo, M., Aro Aro, J. M., & Tipacti Vivanco, Z. L. (2016). Estabilidad oxidativa del aceite de soya con adición de antioxidante de Isaño (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) durante la fritura de papas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 18(4), 395-402.
- Castorena-García, J. H.; Rojas-López, R.; Delgado-Macuil. R. & Robles de la Torre, R. R. (2011). Análisis de pulpa y aceite de aguacate con espectroscopía infrarroja. *Conciencia Tecnológica*, 42(2011):5 – 10

- Chaverri Y, Cujo P. (1989). Compendio de Agronomía Tropical. Editado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura y el Ministerio de Asuntos Extranjeros de Francia. Páginas 191 a 193. Recuperado el 22 de septiembre 2020 de:
https://books.google.com.mx/books/about/Compendio_de_agronom%C3%ADa_tropical.html?id=B4sQgy22YpAC&redir_esc=y
- Chtourou, M., Gargouri, B., Jaber, H., Abdelhedi, R., & Bouaziz, M. (2013). *Comparative study of olive oil quality from Chemlali Sfax versus Arbequina cultivated in Tunisia. European Journal of Lipid Science and Technology, 115(6), 631–640.* doi:10.1002/ejlt.201200234
- Cuamatzi, O. (2004). Lípidos. Bioquímica de los procesos metabólicos (119-120). México: Reverte.
- Delgado, H. P. (2015). Lípidos: de la estructura a la función en un contexto biológico. de apoyo para comprender mejor la Química.
- Estz, M. (2018). Blastingnews. Recuperado el 22 de septiembre 2020 de:
<https://mx.blastingnews.com/salud-belleza/2018/04/melon-fuentes-beneficios-para-la-salud-y-usos-002526415.html>
- Fagali, N. S. (2011). *Peroxidación de diferentes especies lipídicas: efecto de antioxidantes* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2000). Anuarios de producción. Roma Italia. Recuperado el 18 de diciembre de 2020 <http://www.fao.org/3/a->
- FAO. (2000). Anuarios de producción. Roma Italia. Recuperado el 12 de octubre de 2020 <http://www.fao.org/statistics/es/>
- FAO. (2000). Anuarios de producción. Roma Italia. Recuperado el 17 de Diciembre de 2020
<http://www.fao.org/WAICENT/faoinfo/economic/faodef/FAODEFS/H232F.HTM>
- Franco, D. (2011). Aplicaciones de aceites y grasas. Alimentos Argentinos Min Agri, 1-6. Recuperado el 17 de Diciembre 2020

- Franco, J. B. (1988). Extracción de aceite de semillas oleaginosas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado el 18 de diciembre de 2020
- Fuller H. Y Ritchie J. 1967 General Botany 5 edición. Editorial Parnes y Robles USA
- Garcés, I. C., & Cuéllar, M. C. (1997). Productos derivados de la industria de la palma de aceite: usos. *Revista Palmas*, 18(1), 33-48.
- Haas, M.J., Michalski, P.J., Runyon, S., Nunez, A. and Scott, K.M. (2003). Production of FAME from acid oil, a by-product of vegetable oil refining. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80, 97 – 102. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-003-0658-4>
- Hernández, S. A. & Zacconi, F. C. M. (2009). Aceite de almendras dulces: extracción, caracterización y aplicación. *Quim. Nova*, 32(5):1342 – 1345
- Jiménez, M.E.; Aguilar, M.R.; Zambrano, M.L. & Kolar, E. (2001) Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas. *Revista de la Sociedad Química de México*. 45(2):89 – 92
- LEGISCOMEX (2015). Inteligencia de mercados – estudio de aceites vegetales en México. Disponible el 01/02/2022 en: <https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/estudio-sector-aceites-vegetales-mexico-2015-completo-rci295.pdf>
- Lerma García, M. J. (2011). Desarrollo de métodos de caracterización y autenticación de aceites de oliva y de otros aceites vegetales. Tesis doctoral. Universitat de València. España.
- Leyva, I. M. (2009). Nutrientes: Características, Funciones y fuentes. *Nutrición [Internet]*, 2-6.
- Martínez, M. L. (2014). Extracción y caracterización de aceite de nuez (*Juglans regia* L.): influencia del cultivar y de factores tecnológicos sobre su composición y estabilidad oxidativa. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Córdoba, Argentina.

- Mraicha, F., Ksantini, M., Zouch, O., Ayadi, M., Sayadi, S., & Bouaziz, M. (2010). Effect of olive fruit fly infestation on the quality of olive oil from Chemlali cultivar during ripening. *Food and Chemical Toxicology*, 48(11), 3235-3241.
- Mercados. (2017). Los millones que gana México con la venta de melón. 2020, Noviembre 02, de Dinero en imagen Sitio web: <https://www.dineroenimagen.com/2017-05-21/86892>
- MFMER- Mayo Foundation for Medical Education and Research. (2022). Colesterol: los principales alimentos que mejorarán tus niveles. Disponible el 01/02/2022 en: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/high-blood-cholesterol/in-depth/cholesterol/art-20045192#:~:text=Aguacates,personas%20con%20sobrepeso%20u%20obesas.>
- Moreu-Burgos, M.C. (2021). Coco. Disponible el 01/02/2022 en: <https://www.lechepuleva.es/aprende-a-cuidarte/tu-alimentacion-de-la-a-z/c./coco>
- Mosquera Quelal, María; Reinoso García, María; Vásquez Castillo, Wilson Composición lipídica y caracterización de los ácidos grasos de la semilla de chía (salvia hispánica l.) *Industrial Data*, vol. 20, núm. 2, 2017, pp. 15-20. DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v20i2.13952>
- Morato, N. G. (21 de Noviembre de 2007). Consumer. Obtenido de <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/grasas-y-produccion-alimentaria.html> recuperado el 17 de Diciembre 2020
- Navas Hernández, P.B. (2010) Componentes minoritarios y propiedades antioxidantes de aceites vírgenes y tortas residuales obtenidas por presión en frío a partir de fuentes vegetales convencionales y no convencionales. Tesis de doctorado. Universidad de Castillo – La Mancha. España.
- Nederal, S.; Petrović, M.; Vinček, D.; Puček, D.; Skevin, D.; Kraljić, K. & Obranović, M. (2014). Variance of quality parameters and fatty acid composition in pumpkin seed oil during three crop seasons. *Industrial Crop and Products*, 60(2014):15 – 21 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.05.044>

- NTX. (2013). México desperdicia más de 10 mil toneladas de alimentos al año. Noviembre 02, 2020, de Informador.mx Sitio web: <https://www.informador.mx/Mexico/Mexico-desperdicia-mas-de-10-mil-toneladas-de-alimentos-al-ano-20131114-0081.html>
- OCDE – FAO (2021). Perspectivas agrícolas. Disponible el 01/02/2022 en: https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2021-2030_47a9fa44-es
- Oloyede, F. M.; Obisesan, I. O.; Agbaje, G. O. & Obuotor, E. M. (2012) Effect of NPK fertilizer on chemical composition of pumpkin (*Cucurbita pepo* Linn.) seeds. *The Scientific World Journal*. Art. ID 808196(2012):1 – 6
- Petkova, Zh. Y. & Ankova, G. A. (2015) Changes in the composition of pumpkin seeds (*Cucurbita moschata*) during development and maturation. *Grasas y Aceites*, 66(1):1 – 9 DOI: <http://dx.doi.org/10.3989/gya.0706142>
- Paz-Antolín, I. and Molero-Meneses, M. (2000). Application of UV-visible spectrophotometry to study of the thermal stability of edible vegetable oils. *Grasas y Aceites*, 51(6), 424-428. <https://doi.org/10.3989/gya.2000.v51.i6>
- Peralta, A. (2018). ¿Que son las Oleoginosas? El universal. Recuperado el 18 de diciembre 2020
- Pitrat M. (2008). Melón. En: Prohens J., Nuez F. (eds) Vegetables I. Handbook of Plant Breeding, vol 1. Springer, Nueva York, NY. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30443-4_9
- Rohman, A.; Che Man, Y. B.; Hashim, P. & Ismail, A. (2011). FTIR spectroscopy combined with chemometrics for analysis of lard adulteration in some vegetable oils. *CyTA Journal of Food*, 9(2):96 – 101 DOI: 10.1080/19476331003774639
- Rohman Abdul, Irnawati, Yuny Erwanto, Endang Lukitaningsih, Muhamad Rafi, Nurulhidayah A. Fadzilah, Anjar Windarsih, Ainin Sulaiman & Zalina Zakaria (2021) Aceite de coco virgen: extracción, propiedades fisicoquímicas, actividades biológicas y su análisis de autenticación, *Food Reviews International*, 37: 1, 46-66, DOI: 10.1080 / 87559129.2019.1687515

- SAGARPA-LAGUNA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, Delegación en la Comarca Lagunera. (2017). Servicio de Información Estadística. Delegación Federal de SAGARPA en la Comarca Lagunera. Ciudad Lerdo, Durango. [En línea]. Recuperado el 12 de octubre de 2020 <https://www.gob.mx/sagarpa/regionlagunera>
- Shaban, A. & Sahu, R. P. (2017) Pumpkin seed oil: an alternative medicine. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 9(2): 223 – 227 DOI: 10.25258/phyto.v9i2.8066
- Seymen, M.; Uslu, N.; Türkmen. Ö.; Al-Juhaimi, F. & Öscan, M. M. (2016) Chemical compositions and mineral contents of some hull-less pumpkin seed and oils. *Journal of American Oil Chemistry Society*, DOI 10.1007/s11746-016-2850-5
- SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2017). Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera. (En línea). Recuperado el 12 de octubre de 2020 <https://www.gob.mx/siap/>.
- Thones, P. (2010). Perspectivas de la oferta y la demanda mundiales de aceites y grasas, restos globales e implicaciones para la agroindustria de la palma de la aceite. Food and Agriculture Organization, XXXI, 183-192. Recuperado el 18 de diciembre de 2020
- UPROHMA. (2019). En Matamoros, Coahuila un grupo de productores de melón y sandía, decidieron tomar las riendas de su futuro y hacerse dueños de su trabajo.. 2020, Noviembre 02, de Walmart Mexico Sitio web: <https://www.walmartmexico.com/cuentas-con-nosotros/uphroma>
- Vasconcelos, M.; Coelho, L.; Barros, A. & Marques Martins de Almeida, J. M. (2015). Study of adulteration of extra virgin olive oil with peanut oil using FTIR spectroscopy and chemometrics. *Cogent Food & Agriculture*, 1(2015):1 – 13 DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/23311932.2015.1018695>
- Vega García, L., Garay Ruiz, I., Hernando Diéguez, A. y Ganado Miguélez, E., 2021. Beneficios de los ácidos grasos esenciales. [online] El Farmacéutico. Disponible en: <<https://www.elfarmacéutico.es/tendencias/te->

[interesa/beneficios-de-los-acidos-grasos-esenciales_111480_102.html](#)>
[Consultado el 7 de enero de 2022].

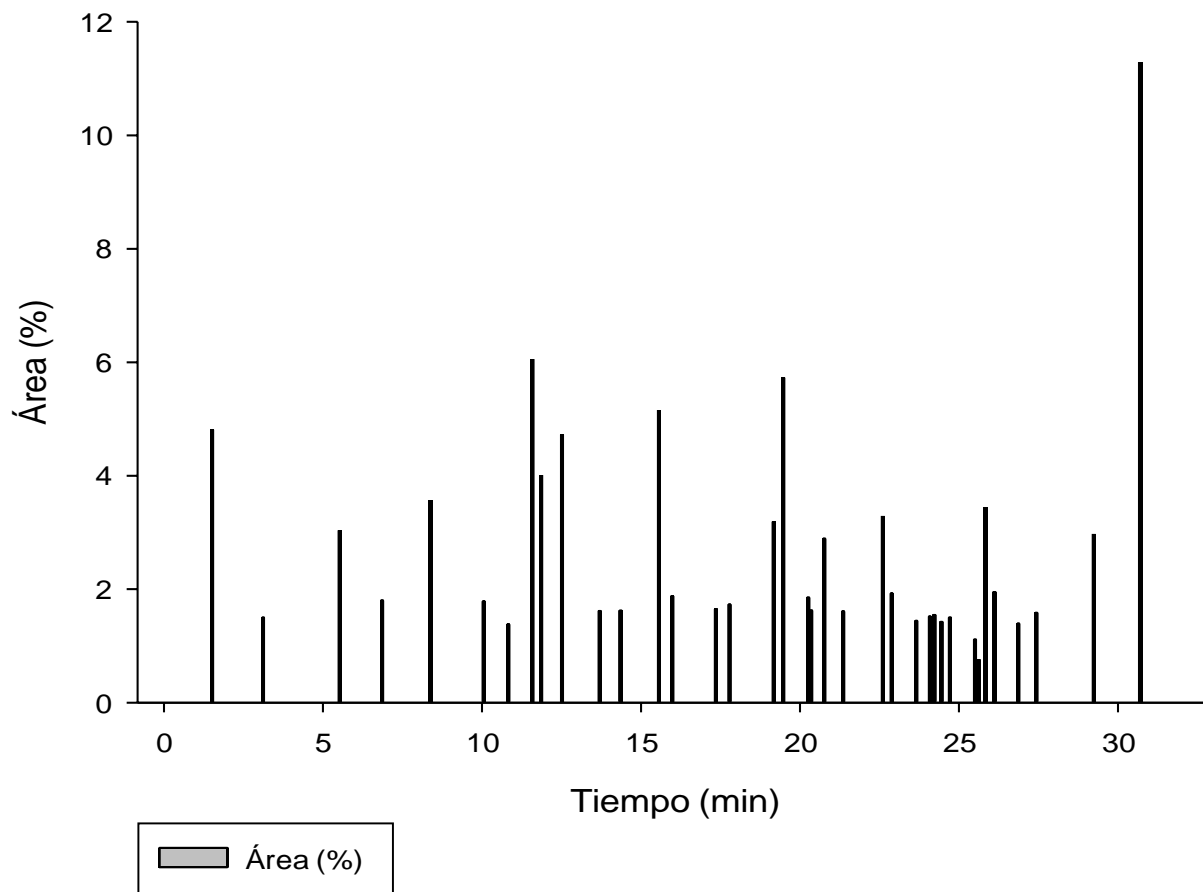
Vega Turizo, A. (2004) Guía para la elaboración de aceites comestibles, caracterización y procesamiento de nueces. Convenio Andrés Bello, serie Ciencia y Tecnología No. 139. Bogotá, Colombia. 86 p.

Vergara, M., Jiménez, Y. C., González, M. D., Barroso, C. G., Igartuburu, J. M., & Moreno, M. G. (2020). Estudio de parámetros analíticos en aceites vegetales alimentarios como índices de discriminación según su origen varietal. In *XLI Jornadas de viticultura y enología Tierra de Baños* (pp. 233-251). Centro Cultural Santa Ana.

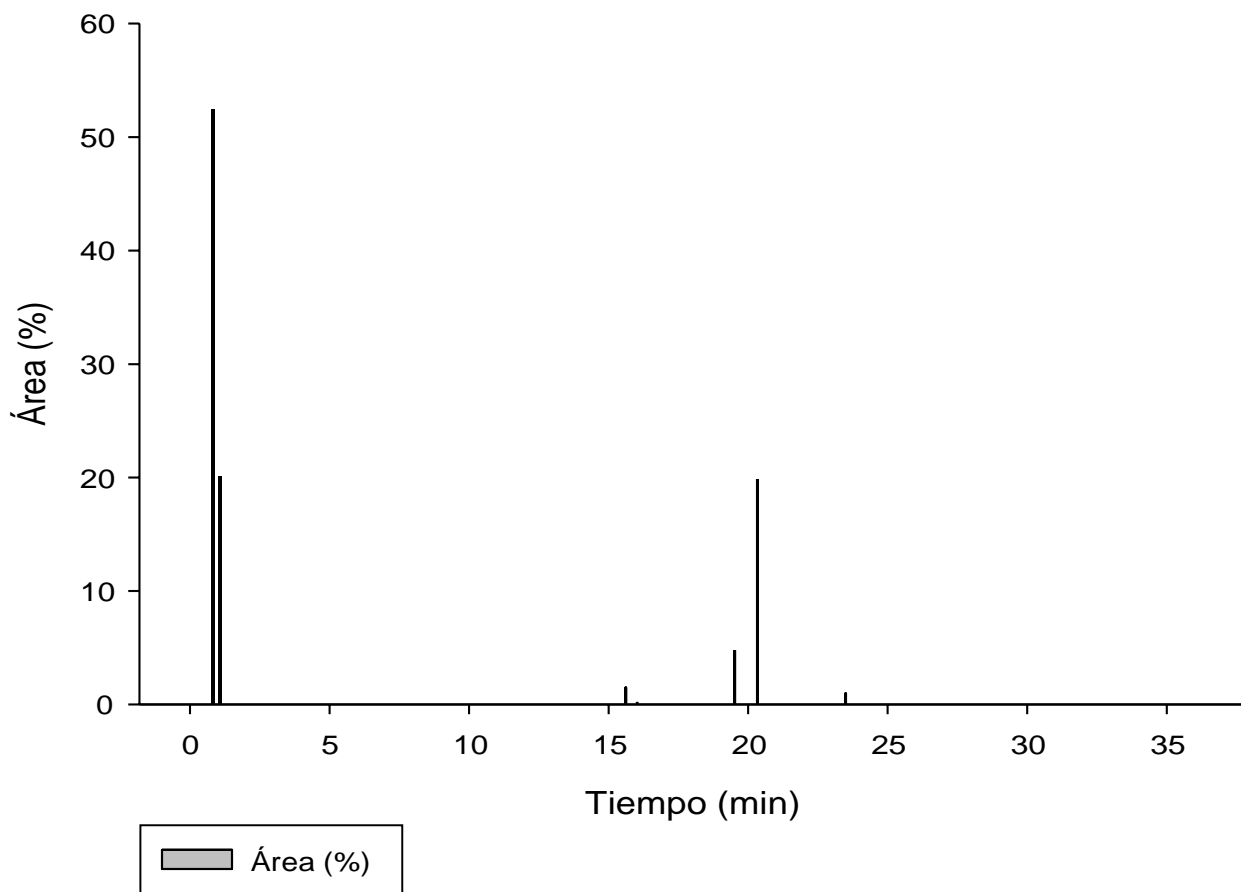
Yeagle, PL (2020). Lípidos En eLS, John Wiley & Sons, Ltd (Ed.). doi: 10.1002 / 9780470015902.a0000711.pub4

10. ANEXOS

10.1. Cromatograma del estándar de ácidos grasos (FAME).



10.2. Cromatograma del perfil de ácidos grasos de aceite crudo de semillas de melón chino (*C. melo* L.).



10.3. Cromatograma del perfil de ácidos grasos de aceite refinado de semillas de melón chino (*C. melo* L.).

