



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

EFFECTO DEL CONSUMO DE 3 ACEITES VEGETALES SOBRE LA SALUD CARDIOVASCULAR

Alumno: Espinosa Martínez, Antonio

Director/a: José Juan Gaforio Martínez y

Cristina Sánchez Quesada

Dpto.: Ciencias de la Salud

Tutor/a:

Fecha

Julio 2022



José Juan Gaforio Martínez, Catedrático de Universidad del Departamento de Ciencias de la Salud de la Universidad de Jaén y Cristina Sánchez Quesada, Profesora Sustituta Interina del Departamento de Ciencias de la Salud de la Universidad de Jaén.

Como **Directores y/o Tutores** de D. Antonio Espinosa Martínez, en el Máster Universitario en Olivar y Aceite de Oliva, durante el curso 2021-2022.

INFORMAN: Que el presente trabajo fin de máster, *“Efecto del consumo de 3 aceites vegetales sobre la salud cardiovascular”* ha sido realizado por D./D^a. Antonio Espinosa Martínez, para la obtención del Título de Máster Universitario en Olivar y Aceite de Oliva por la Universidad de Jaén, bajo la dirección de la Dra. Dña. Adoración Mozas Moral.

Jaén, a 16 de Junio de 2022

Fdo.: Alumno/a

Fdo.: José Juan Gaforio Martínez

Fdo.: Cristina Sánchez Quesada

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. JUSTIFICACIÓN DEL TFM	7
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.3. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO DEL TFM	8
1.4. SECUENCIA DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER	9
2. MARCO TEÓRICO O CAPÍTULO TEÓRICO EN EL QUE SE BASA EL TFM	10
2.1. ACEITE DE OLIVA	10
2.2. ACEITE DE GIRASOL	13
2.3. ACEITE DE CÁNOLA	17
2.4. PROCESO DE FRITURA CON ACEITES VEGETALES	19
2.5. ENFERMEDAD CARDIOVASCULAR.....	21
3. METODOLOGÍA.....	25
4. ESTUDIOS EMPÍRICOS	27
4.1. ACEITES DE OLIVA VÍRGENES	28
4.1.1. Composición química: fracción lipídica y componentes minoritarios	28
4.1.2. Efecto sobre el sistema cardiovascular	32
4.2. ACEITES DE GIRASOL	38
4.2.1. Composición química: fracción lipídica y componentes minoritarios	38
4.2.2. Efecto sobre el sistema cardiovascular	41
4.3. ACEITES DE CÁNOLA.....	42
4.3.1. Composición química: fracción lipídica y componentes minoritarios	42
4.3.2. Efecto sobre el sistema cardiovascular	45
4.4. EFECTOS SOBRE EL SISTEMA CARDIOVASCULAR TRAS SER CALENTADOS A ALTAS TEMPERATURAS	48
5. CONCLUSIONES.....	56
BIBLIOGRAFÍA	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de aceite de oliva.....	12
Tabla 2. Pérdidas (%) de componentes minoritarios durante cada etapa del proceso de refinación.....	14
Tabla 3. Mortalidad por enfermedades coronarias y otras cardiovasculares e ingestas de grasas (%) de un adulto en distintos países.....	24
Tabla 4. Composición ácidos grasos (%); aceite de oliva.....	28
Tabla 5. Composición compuestos minoritarios; aceite de oliva.....	30
Tabla 6. Composición ácidos grasos (%); aceite de girasol.....	38
Tabla 7. Composición compuestos minoritarios; aceite de girasol.....	40
Tabla 8. Composición ácidos grasos (%); aceite de cáno la.....	42
Tabla 9. Composición compuestos minoritarios; aceite de cáno la.....	44
Tabla 10. Efectos sobre la salud cardiovascular según el aceite vegetal consumido.....	47
Tabla 11. Productos mayoritarios de la oxidación lipídica y su perjuicio a la salud cardiovascular.....	53
Tabla 12. Usos más comunes en aceites.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resumen proceso de extracción centrado en AOVE.....	11
Figura 2. Etapas de extracción y refinación del aceite de girasol.....	16
Figura 3. Procesos principales y productos formados durante el proceso de fritura a altas temperaturas.....	20
Figura 4. Relación entre los aceites de fritura con la enfermedad cardiovascular...	49

RESUMEN

Los lípidos son uno de los conjuntos de macromoléculas biológicas más importantes para los seres vivos. Los aceites vegetales son un tipo de alimento constituidos en su gran mayoría por componentes lipídicos, así como de componentes minoritarios. La combinación de ambas fracciones es la que proporciona las cualidades nutritivas a cada aceite. Dentro de los lípidos, los ácidos grasos son un tipo de ellos, y los que forman la fracción lipídica del aceite.

De los aceites vegetales existentes, tres de los más conocidos e importantes en los países desarrollados son el de oliva, girasol y cáñola o colza, obtenidos respectivamente del fruto del árbol olivo, de las semillas de la planta girasol, y de las semillas de la flor colza. A pesar de ser aceites vegetales, difieren en cuanto a su contenido en el tipo de ácidos grasos y de componentes minoritarios, por lo que se podría pensar *a priori* que su impacto en la salud cardiovascular será diferente también. Precisamente, la salud cardiovascular ha sido un tema de preocupación en el ámbito de la investigación, sanitario y social por el creciente impacto en muchos países del mundo, especialmente en Occidente, de las enfermedades relacionadas con el sistema cardiovascular u otras afecciones ligadas a ellas. En este hecho influyen varios factores, siendo uno de ellos la dieta, en la que los aceites vegetales podrían jugar un papel importante bien en sentido positivo con propiedades cardioprotectoras o en sentido negativo favoreciendo diversas causas sintomáticas de una enfermedad cardiovascular. En este aspecto, no sólo influye la composición del aceite, sino también el proceso sufrido por el aceite previo al consumo, derivado del uso que el consumidor puede darle, ya que además de poderse ingerir “en frío” se puede hacer mediante una fritura, durante la cual el aceite sufre diversas modificaciones en su composición y la aparición de nuevas sustancias dañinas por el efecto de condiciones extremas de temperatura y otros factores externos.

ABSTRACT

Lipids are one of the most important groups of biological macromolecules for living creatures. Vegetable oils are a type of food made up mostly of lipid components, as well as minor components. The combination of both fractions is what provide the nutritional qualities of each oil. Within the lipids, fatty acids are a type of them, and those that form the lipid fraction of the oil.

Of the existing vegetable oils, three of the best known and most important in developed countries are olive, sunflower and canola or rapeseed, obtained respectively from the fruit of the olive tree, from the seeds of the sunflower plant, and from the seeds of the rapeseed flower. Despite being vegetable oils, they differ in terms of their content in the type of fatty acids and minor components, so it could be thought that their impact on cardiovascular health will also be different. Precisely, cardiovascular health has been a topic of concern in a research, health and social way due to the growing impact in many countries of the world, especially in the West, of diseases related to the cardiovascular system or other conditions linked to them. Several factors influence this fact, one of them being diet, in which vegetable oils can play an important role, either in a positive sense with cardioprotective properties or in a negative sense, favoring various symptomatic causes of a cardiovascular disease. In this aspect, not only the composition of the oil influences, but also the process undergone by the oil previous to consumption, derived from the use that the consumer can give to it, since in addition to being able to be ingested without other preparation it can be done by frying, during which the oil experiences several changes in its composition and the appearance of new harmful substances due to the effect of extreme temperature conditions and other external factors.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL TFM

Este TFM persigue el estudio de la enorme importancia en nuestra salud de algo tan cotidiano como la dieta. En concreto, dentro de la dieta mediterránea, posiblemente una de las dietas más conocidas en nivel mundial, que rápidamente se asocia ésta a buena salud. Dentro de la misma, uno de sus constituyentes fundamentales es el aceite de oliva. Sin embargo, existen otros tipos de grasas vegetales, cuyo uso culinario es muy común y que con bastante frecuencia destierran al aceite de oliva de la mesa de muchos hogares, como el aceite de girasol, también ampliamente usado en varios países mediterráneos como sustituto del aceite de oliva. Además, en los países anglosajones está ampliamente extendido otro tipo de aceite vegetal, el de cáñola o colza. Debido a su importancia a nivel global, estos 3 aceites vegetales están muy presentes en la cultura occidental y presentan un gran interés en el ámbito científico.

Si la dieta es capaz de tener una influencia importante en la salud, de más interés resultarán sus efectos sobre el sistema cardiovascular. No en vano, las enfermedades cardiovasculares están muy presentes en muchos países en el mundo, especialmente en Occidente. Así pues, la dieta puede influir en la salud, pero existen otros muchos aspectos en la vida diaria que provocan un alto impacto en el sistema cardiovascular.

Por todo ello, resulta de gran utilidad poder englobar en un mismo estudio de investigación bibliográfica las implicaciones que puedan tener los diferentes aceites vegetales más consumidos mundialmente (en función de sus componentes lipídicos y minoritarios) sobre la salud cardiovascular.

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los objetivos del presente TFM son los siguientes:

- Estudiar el efecto del consumo de distintos aceites vegetales como el aceite de oliva, aceite de girasol y aceite de colza sobre la salud cardiovascular,

mediante el análisis de los componentes minoritarios que conforman a cada tipo de aceite y el efecto que tienen sobre la salud cardiovascular.

- Estudiar el efecto del consumo de distintos aceites vegetales como el aceite de oliva, aceite de girasol y aceite de colza después de someterlos a condiciones de temperaturas extremas para la fritura sobre la salud cardiovascular.

1.3. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO DEL TFM

La metodología de este TFM está orientada a una tipología bibliográfica.

En el inicio, los tutores indicaron la imposibilidad de la realización de un TFM de tipo experimental porque se requería de un tiempo muy superior para realizar el trabajo de laboratorio pertinente y necesario dentro de la temática elegida del trabajo (más de 12 meses si no hay experiencia científica biomédica previa). Por tanto, la parte troncal de este trabajo se basó en una búsqueda bibliográfica de composición lipídica de los aceites vegetales seleccionados y su relación con la salud cardiovascular.

El planteamiento de la búsqueda se basó en utilizar una base de datos en la cuál se introducían las palabras clave o “keywords” relacionadas con el tema de búsqueda. Esto permitía la aparición de una gran cantidad de información en forma de artículos o “reviews” de investigación publicados bajo ciertas editoriales. Si se trataba de una editorial recogida dentro del Q1 del JCR (Web of Knowledge) se procedió a leer y revisar el artículo en cuestión, para posteriormente decidir si incluirlo en el estudio.

La gran mayoría de los artículos, así como las palabras clave empleadas en la búsqueda fueron en inglés debido al número mucho mayor de resultados de búsqueda obtenidos y la variedad de éstos, además de que a nivel global las editoriales más reconocidas son de origen anglosajón y sus artículos están publicados en dicho idioma.

Durante la búsqueda no se estableció como criterio un rango de años concreto para la publicación de los artículos para el estudio de la composición lipídica de cada aceite, debido a que los estudios de composición de los aceites han sufrido cambios menos llamativos y profundos a lo largo del tiempo, pero sí se concretó un rango para la parte de la salud cardiovascular y componentes que conforman los aceites,

ya que la evolución a lo largo de los años de las conclusiones de los estudios dedicados a este aspecto y del impacto de los aceites vegetales sobre la misma ha ido actualizándose continuamente.

Todos los datos concretos del proceso de búsqueda antes mencionados, se detallan más adelante en el apartado de metodología.

1.4. SECUENCIA DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Al inicio, los tutores plantearon el tipo de TFM a realizar, en este caso bibliográfico. Al ser un TFM que estaba en la línea de investigación de “aceite de oliva y salud”, se optó por abordar un tema relacionado con el mismo. Se decidió no sólo enfocarse en exclusiva en el aceite de oliva, sino ampliar la búsqueda a otros tipos de aceites vegetales como girasol y cáñola o colza. Una vez acordado esto, se estableció una búsqueda de los componentes mayoritarios y minoritarios de cada tipo de aceite y cuál es el impacto de su consumo a la salud humana. Al comenzar a buscar artículos sobre ello, la mayoría de los que se encontraban en las fuentes bibliográficas abordaban su impacto en la salud desde un enfoque a la salud cardiovascular. En consecuencia, en lugar de explicar sus consecuencias sobre la salud en general, se optó por centrarse sobre su impacto en el sistema cardiovascular.

Ya decidido el tema central de desarrollo del TFM, continuó el progreso mediante la elaboración de un esquema o ideas generales sobre cómo organizar los epígrafes del mismo, partiendo de los puntos fijos que vienen recogidos en la estructura oficial del TFM. Los tutores indican si ven correctamente esta parte, y ya se puede proseguir en la búsqueda de un mayor número de artículos de investigación.

Una vez que los tutores señalaron que con los artículos que había encontrado eran suficientes para ir empezando la redacción. Puesto que como se comentó antes que este TFM tiene dos partes importantes diferenciadas, por un lado la composición lipídica y de componentes minoritarios de cada tipo de aceite y por otro lado sus efectos sobre la salud cardiovascular, dicha redacción se comenzó por la parte de composición, además de la parte metodológica también.

Después de las correcciones oportunas indicadas por los tutores a esa parte, se comenzó a la redacción de la parte de salud cardiovascular.

El siguiente paso, teniendo las partes anteriores revisadas y corregidas, se completa con la redacción del resto de puntos de la introducción, marco teórico, resumen/abstract y conclusiones.

Finalmente, se ajusta la extensión del TFM por si fuese necesario ampliar al mínimo de páginas requeridas, se implantan las normas de estilo que estén recogidas por la coordinación del máster y una revisión de faltas ortográficas y de las tablas adjuntas.

2. MARCO TEÓRICO O CAPÍTULO TEÓRICO EN EL QUE SE BASA EL TFM

2.1. ACEITE DE OLIVA

La *Olea europaea L.*, comúnmente conocido como el olivo, es una especie pequeña de árbol distribuida mayormente por los países mediterráneos. El aceite de oliva, su principal producto derivado, ha experimentado un incremento en su popularidad debido a sus características organolépticas y sus asociados efectos beneficiosos para la salud. El olivo es una de las especies que primero se cultivó. De hecho, hay registros de los primeros árboles cultivados que datan de 6000 años en las regiones de Asia Menor según el Consejo Oleícola Internacional (COI). Su origen está ligado a las civilizaciones y regiones mediterráneas, caracterizadas por inviernos suaves y lluviosos, y veranos calurosos y secos. Aunque su industria utiliza grandes superficies para el cultivo de olivos, hoy en día, su cultivo se ha extendido a regiones de todos los continentes (excluyendo la Antártida). Aun así, los países mediterráneos siguen siendo los principales productores, encabezados por España, Italia y Grecia. En consecuencia, la Unión Europea (UE) es responsable del 70% de la producción olivarera mundial, generando un valor de producción de 7000 millones de euros cada año, convirtiéndose en un factor clave para el desarrollo del sector agroindustrial y, por lo tanto, un motor social y económico para las regiones del sur de la UE. [Jiménez-López et al., 2020]

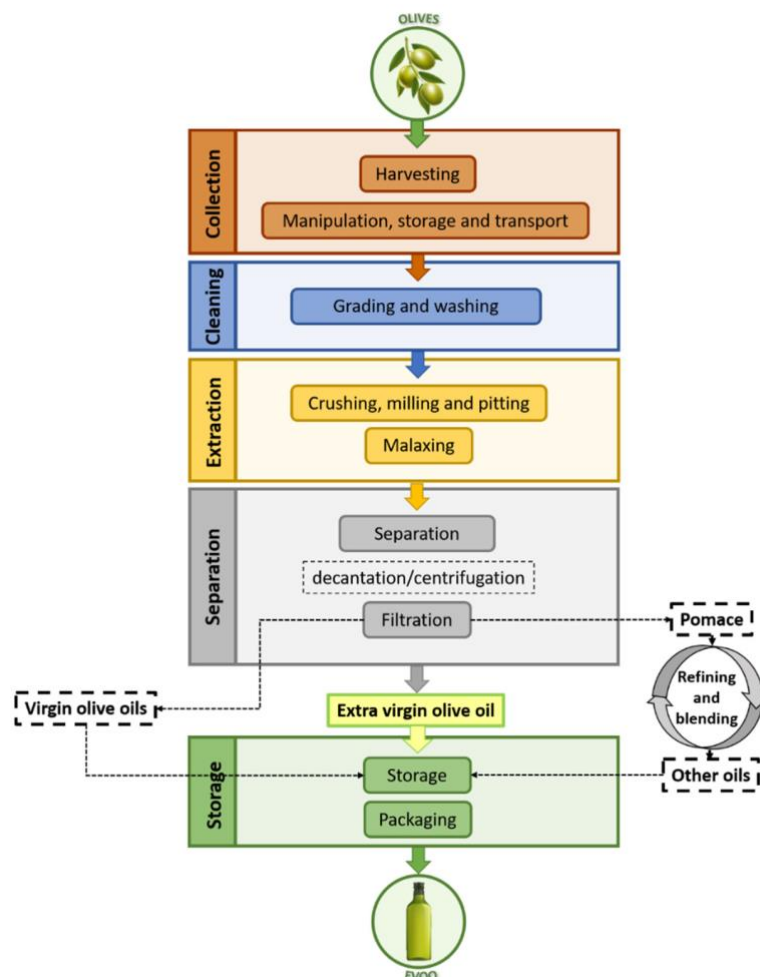
El aceite de oliva es un elemento esencial de la comúnmente conocida como “dieta mediterránea”. Esta dieta consiste en una combinación equilibrada de un bajo consumo de proteína animal junto con un alto consumo de frutas, verduras, cereales

y aceite de oliva como principal fuente de grasa en muchos alimentos. [Jiménez-López et al., 2020]

El proceso de extracción del aceite de oliva sigue un proceso de extracción común a las diferentes variedades del mismo, formado por estas etapas: recolección, clasificación, lavado, trituración, batido, separación y centrifugación, almacenamiento y envasado. Este proceso no está centrado en mejorar la calidad; sin embargo, se debe prestar atención a su desarrollo para no provocar una pérdida de calidad. [Jiménez-López et al., 2020]

Este proceso se puede observar en la figura 1.

FIGURA 1. RESUMEN PROCESO DE EXTRACCIÓN CENTRADO EN AOVE



Fuente: Tomado de [Jiménez-López et al., 2020]

Se observa cómo el proceso empieza por la cosecha de las aceitunas, manipulación, almacenamiento y transporte (todo dentro de la etapa de recopilación). Después viene la etapa de limpieza, con la calificación del fruto y el lavado del mismo. A continuación, empieza la extracción del aceite mediante la trituración del fruto, su molienda, deshuesado y batido. Por último, se realiza la etapa de separación por centrifugación/decantación y filtración. De aquí se obtiene el AOVE, aceites vírgenes y orujo (éste último se somete a un proceso extra de refinación y mezcla con vírgenes), los cuáles se almacenan y envasan para su comercialización.

En función de las modificaciones de este proceso y de las características organolépticas resultante del producto, entre otras, la UE define seis tipos principales de aceites, que también están definidos por el COI. En la tabla 1 quedan recogidas de forma resumida los tipos de aceite de oliva y sus características [Jiménez-López et al., 2020]:

TABLA 1. TIPOS DE ACEITE DE OLIVA

Tipo de aceite de oliva	Características	Acidez libre
Aceites de oliva vírgenes (aceite de oliva virgen extra AOVE, aceite de oliva virgen AOV, aceite de oliva lampante)	Se caracterizan por ser obtenidos mediante procedimientos mecánicos bajo condiciones térmicas específicas que no causan alteraciones en el aceite y no han sufrido ningún tratamiento más que lavado, decantación, centrifugación o filtración.	AOVE → <0,8 g por 100 g AOV → ≤2 g por 100 g Lampante → > 2 g por 100 g
Aceite de oliva refinado	El aceite de oliva virgen es sometido a un proceso de refinación	≤0,3 g por 100 g
Aceite de oliva (compuesto de aceites de oliva refinados y aceites	Es el resultado de la mezcla de los dos aceites anteriores: aceites de	≤1 g por 100 g

de oliva vírgenes)	oliva vírgenes (lampante no) con aceite de oliva refinado	
Aceite de orujo de oliva crudo	Aceite obtenido del orujo de oliva por el uso de disolventes, tratamientos físicos o aceite del tipo lampante	
Aceite de orujo de oliva refinado	Obtenido de la refinación del aceite de orujo de oliva crudo	≤0,3 g por 10 g
Aceite de orujo de oliva	Resultado de mezclar aceite de orujo de oliva refinado y aceite de oliva virgen diferente al lampante	≤1 g por 100 g

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por [Jiménez-López et al., 2020]

De todos estos grupos, el aceite de oliva virgen se destaca por sus características organolépticas y propiedades beneficiosas. Entre los aceites de oliva vírgenes, la UE establece tres tipos de aceites: aceite de oliva virgen extra (AOVE), AOV y aceite de oliva lampante. Son divididos de acuerdo a su acidez, que da una idea del contenido en ácidos grasos libres basado en el porcentaje de ácido oleico. Valores menores de acidez garantiza un aceite de oliva de alta calidad, demostrando que ha sido obtenido de aceitunas sanas y bajo condiciones ideales. Además, se someten a análisis sensoriales para evaluar algunos requisitos. [Jiménez-López et al., 2020]

2.2. ACEITE DE GIRASOL

El aceite de girasol representa casi el 13% del total de las semillas oleaginosas consumidas en el mundo con cerca de 9,5 millones de toneladas en 2011 siendo el cuarto aceite más consumido (FAO, 2015). Posee una alta cantidad de ácido

linoleico en su forma regular, también con las otras cuatro variantes del mismo en cuanto a composición de ácidos grasos: aceite de girasol alto oleico, aceite de girasol medio oleico, aceite de girasol alto oleico y alto esteárico, y aceite de girasol alto oleico y alto palmítico. Estas cuatro variedades, por su composición, resultan interesantes para diferentes usos: biodiésel, lubricante, o su habilidad para reemplazar grasas hidrogenadas. [Gotor et al., 2016]

La extracción mecánica del aceite de girasol es el primer paso para obtener aceite crudo, después de la filtración se obtiene aceite de prensa en frío. Por otro lado, la torta oleosa residual va a ser sometida a una extracción por disolventes y después de cinco etapas sucesivas se obtiene aceite refinado. Hay cinco etapas principales donde existe una posible fuga de componentes minoritarios: desgomado, neutralización, blanqueo; winterización y desodorización. En las industrias se pueden encontrar varias adaptaciones de este esquema simplificado. Cuando el paso de desgomado o la neutralización están ausentes se les llama refinamiento con disolvente o físico. [Gotor et al., 2016]

El objetivo de refinar el aceite de girasol es convertir el aceite crudo, que posee un gran nivel de acidez y/o defectos organolépticos, en uno apto para el consumo humano. El refinado también tiene como objetivo eliminar contaminantes como pesticidas y disolventes del proceso. Por lo tanto, se utilizan varios pasos de procesamiento de refinación para eliminar todas las moléculas no deseables. Sin embargo, son destruidos o eliminados componentes minoritarios valiosos. En la tabla 2, quedan reflejadas estas pérdidas:

TABLA 2. PÉRDIDAS (%) DE COMPONENTES MINORITARIOS DURANTE CADA ETAPA DEL PROCESO DE REFINACIÓN

Etapas del proceso	Tocoferoles totales	Fitosteroles totales	Escualeno	Polifenoles
Proceso de refinación químico				
Desgomado	4	22,4	SD	SD
Neutralización	3,9-14,7	29,3	SD	SD

Blanqueamiento	5,85-7,9	SD	SD	SD
Winterización	0,6-4,6	5,2	SD	SD
Desodorización	3,6-15,7	3,4	SD	SD
Pérdida total	14-34	60,3	SD	90,5
Proceso de refinación físico				
Desgomado	6-8,4	SD	6,9	SD
Blanqueamiento	3,5-15,8	SD	5,3	SD
Winterización	0,8-5,8	SD	4	SD
Desodorización	20,2-25,7	SD	16,9	SD
Pérdida total	24,6-54,8	SD	33,1	SD

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por [Gotor et al., 2016]

El principal objetivo de la etapa de desgomado es eliminar fosfolípidos ya que conducen a un color de aceite oscuro y favorecen sabores desagradables en los aceites procesados. El desgomado podría realizarse con agua cuando el aceite contenga fosfolípidos hidratables o con un tratamiento previo con un ácido como ácido fosfórico o ácido cítrico cuando el aceite contiene fosfolípidos no hidratables.

La neutralización álcali del aceite también se conoce como desacidificación. Se trata de un paso importante en el proceso de refinación y tiene como objetivo eliminar los ácidos grasos libres en el aceite. Neutraliza los ácidos grasos libres usando sosa cáustica y potasa, también descompone pigmentos, elimina compuestos de fósforo, metales traza, proteínas y materiales oxidantes. Este paso es usado solamente en el proceso de refinación químico. [Gotor et al., 2016]

Este tercer paso del proceso de refinación tiene como principal objetivo eliminar los pigmentos colorantes de los carotenoides, clorofilas, y compuestos relacionados que catalizan la oxidación del aceite al reaccionar con la luz, utilizando tierras blanqueadoras (o decolorantes) que puede activarse con ácido o acoplarse con carbón activado para aumentar el poder de adsorción y disminuir las cantidades utilizadas.

El aceite de girasol es el aceite no volátil triturado de las semillas de girasol (*Helianthus annuus*). Supone un 30% del aceite comestible doméstico a nivel mundial. [Ganesan et al., 2018]

2.3. ACEITE DE CÁNOLA

Las semillas oleaginosas son un importante cultivo agrícola en todo el mundo. Específicamente, durante los últimos 40 años, el de cánola se ha convertido en el tercer cultivo de semillas oleaginosas más importante a nivel mundial, y es la tercera fuente más grande de aceite vegetal en el mundo después de la soja y la palma. Entre los diversos tipos de semillas oleaginosas, el aceite de oliva, el aceite de cánola y el aceite de soja son reconocidos como los aceites más saludables. De hecho, se ha informado que estos aceites benefician la piel, la salud del corazón, la diabetes e incluso el control del peso. [Loganes et al., 2016]

La colza es una flor de color amarillo brillante de la familia de las Brassicaceae, cultivada en la Unión Europea, Estados Unidos, Canadá, Australia, China e India. Es una importante especie de cultivo oleaginoso y su cultivo se ha incrementado significativamente durante años recientes. El origen de “cánola” no es bien conocido: probablemente sea el resultado de una hibridación interespecífica natural entre otras dos especies de Brassicaceae, la *B. oleracea* y la *B. rapa*. El género *Brassica* es una planta antigua, los primeros hallazgos históricos datan de 2000 y 1500 a. C. de algunos manuscritos sánscritos que se refieren explícitamente a la colza. Las flores de colza también eran populares en la antigua Roma y Galia, en Alemania y Suiza, y se usaban como elemento decorativo de tumbas y edificios. En Europa, la domesticación de la planta se produjo a principios de la edad media y las plantaciones comerciales de colza se registraron antes del siglo XVI en los Países Bajos. Después de la Segunda Guerra Mundial, como consecuencia de la mejora de la calidad del aceite y la comida, la producción de colza ha aumentado drásticamente tanto en Europa como en Canadá. Junto con China e India, estos dos países son ahora los principales productores: Canadá es actualmente considerado el mayor productor individual de colza, en particular el cultivar cánola, con casi 5 millones de hectáreas cultivadas anualmente. [Loganes et al., 2016]

El aceite de colza se utiliza con fines industriales y comerciales (para la producción de jabones, velas, tintas, lubricantes y biocombustibles), sin embargo no se utiliza para consumo humano y animal, debido al alto contenido de ácido erúxico y glucosinolatos. Los glucosinolatos son un grupo de glucósidos que contienen azufre, presentes en las plantas de Brassica: algunos de sus productos de degradación se han relacionado con efectos negativos para la salud debido a la actividad bociógena, aunque esta evidencia en los humanos sigue siendo incierto. El ácido erúxico es un ácido graso no apto para el consumo: en grandes cantidades este ácido es tóxico para los humanos y se asocian con lesiones cardíacas fibróticas. [Loganes et al., 2016]

Para evitar el efecto tóxico del aceite, los fitomejoradores de colza utilizaron técnicas de cultivo convencionales para eliminar gran parte del ácido erúxico y glucosinolatos de las flores. Para describir un cultivo con bajo nivel de ambos compuestos, en Canadá se acuñó el término “cánola” (una abreviatura de “CANadian Oilseed Low Acid”) en 1979. El nombre de cánola se utiliza actualmente para indicar tres especies del género *Brassica* que producen aceite con bajo nivel de ácido erúxico (menos de 2 %), y menos de 30 $\mu\text{mol/g}$ de alimento de glucosinolatos totales: *Brassica rapa*, *Brassica napus* y *Brassica juncea*. La aplicación de técnicas agrícolas capaces de reducir las sustancias indeseables y mejorar las propiedades funcionales ha sido un paso fundamental para introducir este aceite para el consumo humano y animal: hoy en día el aceite de cánola se puede utilizar en la dieta, ya que no representa un peligro, sino una fuente alternativa de alimentación saludable. [Loganes et al., 2016]

El aceite de cánola se extrae tanto mediante prensado en frío de las semillas o mediante métodos con disolventes. Una vez extraído, el aceite se emplea principalmente para necesidades culinarias, como aceite de cocina, en manteca y margarina y para preparar aderezos para ensaladas. Este aceite se utiliza en la cocina para freír porque tiene un sabor neutro y es más resistente a temperaturas más altas que muchos otros aceites, sin humeo. [Loganes et al., 2016]

2.4. PROCESO DE FRITURA CON ACEITES VEGETALES

En el proceso de fritura, los aceites empleados se calientan hasta temperaturas extremas de 180 °C o más. Ello, junto a la exposición a la humedad y el aire, provoca un amplio espectro de reacciones químicas colectivamente conocidas como oxidación lipídica. Puesto que los productos primarios de esta oxidación como los peróxidos e hidroperóxidos son inestables, reaccionan rápidamente entre ellos para formar productos de oxidación secundarios. Estos productos incluyen compuestos volátiles (alcoholes, aldehídos, ácidos, cetonas, etc.) y no volátiles (carbonilos o ácidos grasos diméricos, triméricos, poliméricos y cíclicos, etc.). Mientras que los compuestos volátiles pueden perderse durante el proceso de fritura, los compuestos polares no volátiles potencialmente peligrosos, sin embargo, se depositan en el aceite cocinado, empeorando la seguridad nutricional del aceite. Desde el punto de vista nutricional, los productos no volátiles de la oxidación de lípidos pueden desempeñar un papel más importante en las enfermedades cardiovasculares porque permanecen en el aceite y luego son absorbidos por los alimentos e ingeridos. La mayoría de estos productos se conocen colectivamente como compuestos polares. Aunque la mayoría del público en general (70,0%) es consciente de que la calidad del aceite de cocina no sigue siendo la misma después de freír, el reciclaje del aceite para freír todavía es una práctica generalizada en la sociedad. [Chun-Yi Ng et al., 2014]

La concienciación pública sobre el peligro de usar aceite de cocina reciclado todavía no es satisfactoria en los países en desarrollo y subdesarrollados. Entre el 40% y 63% de las personas admitieron usar la misma porción de aceite para cocinar repetidamente. Un análisis químico de los aceites mostró la presencia de valores altos de ácidos grasos libres (rango de 0,84-1,4112 en comparación con 0,42 en el aceite fresco) y peróxido (rango 14,7-16,6 en comparación con 9,0 en el aceite fresco). Alrededor del 91,0% de los encuestados no habían sido educados en temas de calidad y seguridad de los alimentos. [Chun-Yi Ng et al., 2014]

Las enfermedades cardiovasculares son conocidas como la principal causa de muerte en los países desarrollados y en vías de desarrollo. El progreso de la disfunción endotelial e inflamación del vaso sanguíneo provoca una lesión aterosclerótica en las arterias que además causa accidente cerebrovascular e infarto

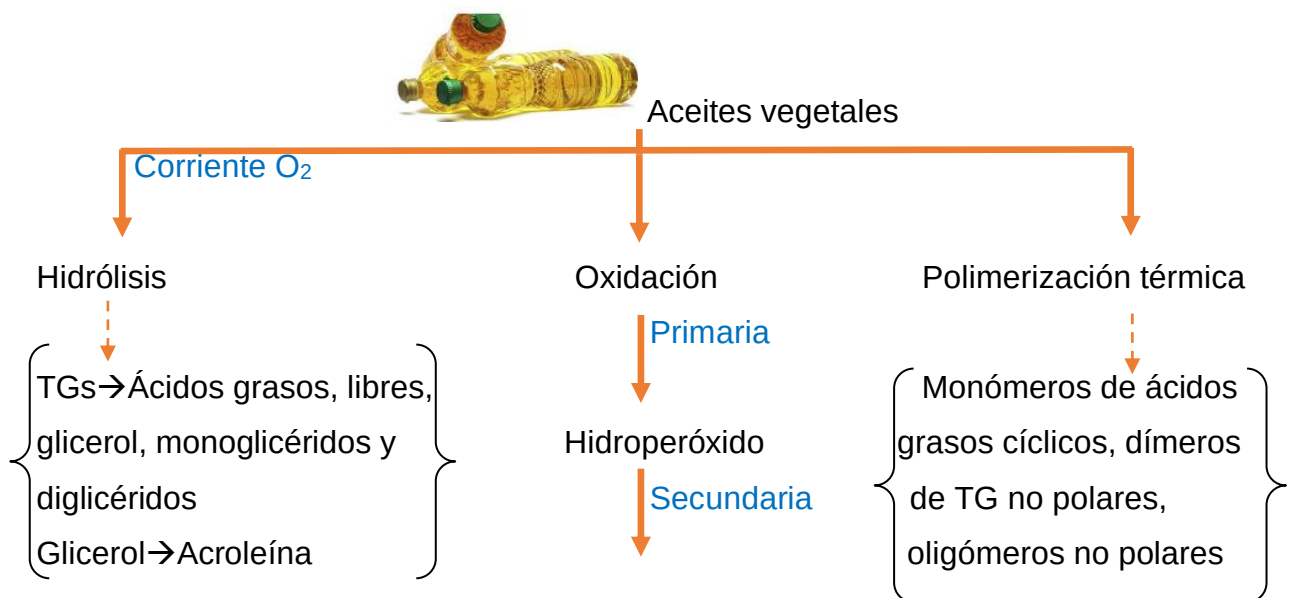
de miocardio. Las enfermedades cardiovasculares son la causa número uno de muerte en todo el mundo, responsable de más del 40% de las muertes anuales. [Ganesan et al., 2018]

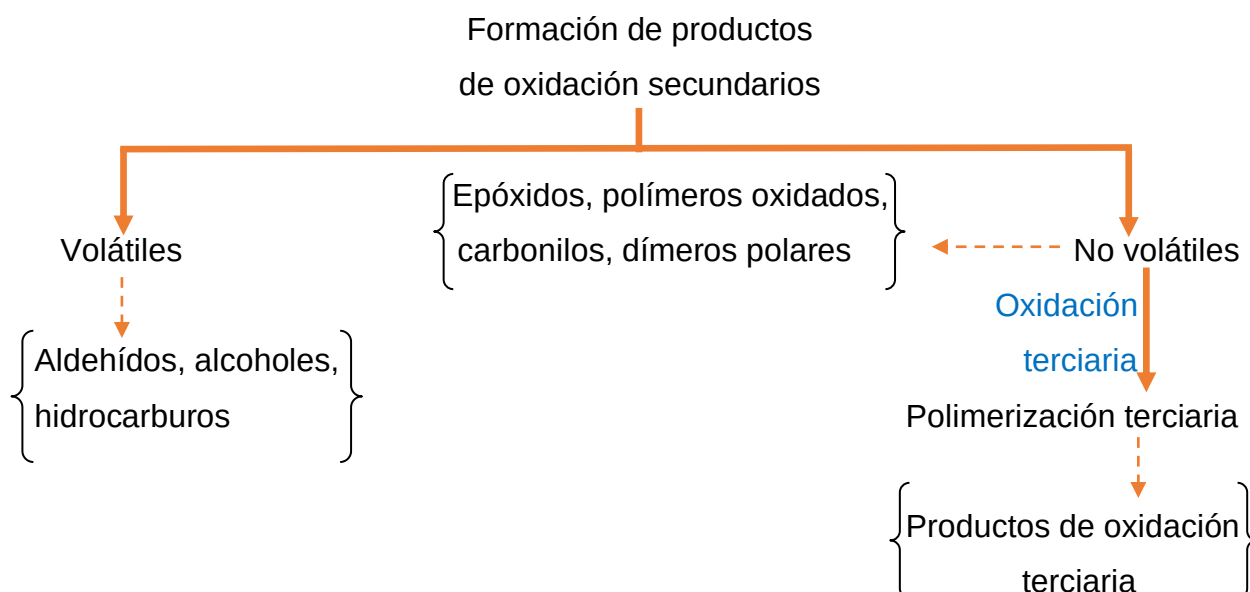
En el proceso de fritura con aceite de cocina a altas temperaturas (170–200 °C), el aceite pasa por tres etapas de cambios químicos, a saber [Ganesan et al., 2018]:

- Hidrólisis: La humedad de los alimentos que se fríen se vaporiza y se hidrolizan los triglicéridos en el aceite a glicerol, ácidos grasos libres, monoglicéridos, y diglicéridos.
- Oxidación: Las moléculas de triglicéridos en el aceite sufren oxidación primaria para formar unos lípidos inestables llamados hidroperóxidos, y luego se degrada aún más a productos de oxidación secundarios, compuestos no volátiles y volátiles.
- Polimerización térmica: Las altas temperaturas de la fritura producen monómeros de ácidos grasos cíclicos, dímeros y oligómeros de alto peso molecular. Los productos de la oxidación secundaria sufren cambios en los subproductos de aldehído, alcohol, hidrocarburos, acroleína y ácidos grasos de cadena corta. Se forman tanto sabores agradables como olores desagradables.

Todos estos procesos se pueden observar de forma esquemática en la figura 3.

FIGURA 3. PROCESOS PRINCIPALES Y PRODUCTOS FORMADOS DURANTE EL PROCESO DE FRITURA A ALTAS TEMPERATURAS





Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por [Ganesan et al., 2018]

Varios procesos químicos y físicos llevados a cabo durante la fritura de los alimentos, a saber: i) los alimentos que se fríen absorben aceite y adicionalmente elimina parte de su propio contenido de lípidos en el medio de la fritura, ii) la carbonización de las partículas de alimentos y el oscurecimiento de los lípidos oscurecen el aceite. Mientras tanto, los compuestos potencialmente peligrosos no volátiles se desarrollan lentamente en el aceite frito. La mayoría de los productos son conocidos por ser compuestos polares y PAH (por sus siglas en inglés, hidrocarburo aromático policíclico) formados como productos de oxidación secundaria, que son dañinos para los seres humanos en ingestas repetidas. Los productos de aceite reutilizado consiguen cambios en la configuración del ácido graso del isómero cis a la forma trans. Estos cambios de configuración hacen que los ácidos grasos poliinsaturados reciban propiedades no deseadas relacionadas con los ácidos grasos saturados, como aumento del colesterol total sérico y del LDL. [Ganesan et al., 2018]

2.5. ENFERMEDAD CARDIOVASCULAR

Las enfermedades cardiovasculares siguen siendo la principal causa de morbilidad y mortalidad en los países desarrollados. El elevado colesterol de tipo LDL

(lipoproteínas de baja densidad) es el objetivo principal de los tratamientos de reducción del colesterol para reducir el riesgo de estas enfermedades, siendo la dieta una de las piedras angulares en la prevención y tratamiento en la salud cardiovascular. [Binkoski et al., 2005]

La incidencia de las enfermedades vasculares está estrechamente relacionada a la dieta, principalmente a la composición de grasa de la misma. La dieta mediterránea, rica en ácidos grasos monoinsaturados, sobre todo por el aceite de oliva, se asocia con una incidencia baja de estas enfermedades. La resistencia a la oxidación lipídica entre las lipoproteínas puede ser alterada por el perfil dietético de contenido de ácidos grasos y antioxidantes. [Aguilera et al., 2004]

El proceso de freír la comida ha sido ampliamente utilizado para alimentos industriales y en el ámbito doméstico como una forma común de preparar los alimentos. La fritura es un proceso muy complejo donde una amplia variedad de fenómenos químicos y físicos tienen lugar. Especialmente, en términos de transferencia de calor y masa, el calor se transfiere de los aceites calientes a los alimentos y el agua se evapora de la superficie de los mismos. Como consecuencia, los poros causados por la evaporación del agua son ocupados por los aceites, lo que provoca un aumento significativo en el contenido de aceite del producto. [Kim et al., 2010]

La fritura proporciona buenas propiedades sensoriales como una textura crujiente, color parduzco y sabor jugoso. Sin embargo, un aspecto negativo de los alimentos fritos ha llamado recientemente la atención de los consumidores ya que tales productos pueden contener componentes indeseables como como acrilamida, ácidos grasos trans/saturados y una gran cantidad de aceite, incluso hasta el 50% del peso total. En concreto, estos ácidos grasos están ampliamente descritos como un factor de causalidad en problemas de salud como las enfermedades coronarias. [Kim et al., 2010]

Los lípidos son considerados uno de los nutrientes más elementales para el ser humano. El metabolismo de los lípidos genera muchas moléculas lipídicas bioactivas, que son mediadores fundamentales de múltiples vías de señalización y también son compuestos indispensables de las membranas celulares. Cualquier tipo

de cambios en el metabolismo de los lípidos puede resultar en la modificación de la composición de la membrana y consecuentemente en cambios en su permeabilidad. También puede conducir a la interrupción de las redes de señalización y podría estar asociado con algunas patologías como cáncer, enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y metabólicas, y de manera similar con complicaciones inflamatorias. Los lípidos consisten en ácidos grasos, mayormente clasificados según la presencia o ausencia de dobles enlaces como saturados (sin dobles enlaces), monoinsaturados (con un doble enlace) y poliinsaturados (con dos o hasta seis dobles enlaces). Los ácidos grasos insaturados pueden existir en una configuración cis o trans. La primera configuración se encuentra en la mayoría de los ácidos grasos insaturados naturales, la última configuración es el resultado de la tecnología de procesamiento, como la hidrogenación. Los ácidos grasos cis-insaturados son potentes inductores de adiposomas conocidas como gotas de lípidos, que tienen funciones importantes en la señalización celular, la regulación del metabolismo de los lípidos y control de la síntesis y secreción de mediadores inflamatorios. [Orsavova et al., 2015]

Se ha documentado que las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte en la mayoría de países occidentales. La enfermedad coronaria está estrechamente relacionada con un progreso de la aterosclerosis provocada por las interacciones entre los lípidos plasmáticos, lipoproteínas, monocitos, plaquetas, endotelio y músculo liso de las paredes arteriales que provoca el estrechamiento de las arterias coronarias. Por lo tanto, la modulación de la dieta con énfasis en la composición de los lípidos de ésta podría ser una opción terapéutica en la prevención de trombosis e infartos coronarios y en el tratamiento de diversas enfermedades, incluidas enfermedades del corazón para mejorar la calidad de las paredes arteriales y la permeabilidad vascular. Recientemente, los nutricionistas han recomendado los aceites vegetales como parte importante de una dieta saludable debido a sus altos contenidos de ácidos grasos además de sus fuentes tradicionales, como el aceite de pescado y algas. Sin embargo, la distribución y el contenido de ácidos grasos difieren dependiendo de las diversas plantas que se puede extraer aceite y del proceso tecnológico utilizado para su producción. [Orsavova et al., 2015]

Las enfermedades coronarias provocan la mayor mortalidad en todo el mundo. Los mayores factores de riesgo son el estilo de vida contemporáneo caracterizado por déficit de entrenamiento físico, tabaquismo, excesiva ingesta de alimentos y un patrón dietético incorrecto que conduce al sobrepeso u obesidad, presión arterial alta, nivel alto de colesterol total, colesterol LDL y triglicéridos. [Orsavova et al., 2015]

En la tabla 3, se muestran los resultados de un análisis estadístico del consumo de grasas totales, saturadas, monoinsaturadas y poliinsaturadas de un adulto, y su impacto en el número de enfermedades coronarias y mortalidad por enfermedades cardiovasculares por cada 100.000 habitantes en diferentes países.

TABLA 3. MORTALIDAD POR ENFERMEDADES CORONARIAS Y OTRAS CARDIOVASCULARES E INGESTAS DE GRASAS (%) DE UN ADULTO EN DISTINTOS PAÍSES

País	Mortalidad por enfermedades coronarias y otras cardiovasculares por cada 100.000	Grasas totales	Saturadas	Monoinsaturadas	Poliinsaturadas
Rep. Checa	388,27	36,0	13,0	13,0	7,0
Alemania	364,75	35,9	14,4	12,8	6,5
Austria	320,92	37,0	14,5	12,5	8,0
Finlandia	284,69	32,1	13,5	12,4	6,2
EE. UU	260,58	34,0	11,0	12,5	7,0
Reino Unido	243,45	32,9	12,0	11,7	5,9
Noruega	242,72	30,6	12,1	10,8	5,4
Rep. de Sudáfrica	237,45	27,7	8,6	9,5	6,9
Francia	181,40	37,2	14,1	11,8	3,9

Australia, Nueva Zelanda	162,44	33,1	12,9	12,1	5,0
Grecia	141,04	46,2	13,1	22,3	6,6
Japón	28,00	25,3	8,4	9,4	7,5

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por [Orsavova et al., 2015]

Se ha encontrado un número relativamente alto de mortalidad por estas enfermedades en algunos países europeos, especialmente en República Checa, Alemania y Austria, con valores superiores a los trescientos eventos por 100.000 habitantes. Sin embargo, no sólo la ingesta total de grasas, sino también otros factores, como el patrón dietético y el estilo de vida estresante, y las cantidades y la distribución de los ácidos grasos podrían contribuir a la mortalidad por enfermedades del corazón y cardiovasculares. La imposibilidad de reconocer relaciones directas entre la ingesta de grasas totales, saturadas, monoinsaturadas y poliinsaturadas y la mortalidad por estas enfermedades en diferentes regiones según los datos de la tabla 3 es evidente. Así, a pesar del mayor consumo de grasa total en Grecia, sólo un valor relativamente bajo de mortalidad por cardiopatía coronaria y enfermedad cardiovascular se documentó. De manera similar, la ingesta más alta de poliinsaturados en Austria no se correlaciona con el alto número de mortalidad por las mismas. [Orsavova et al., 2015]

Según un estudio estadístico de la OMS (organización mundial de la salud), las enfermedades cardiovasculares representan un riesgo importante para las muertes en todo el mundo, en el que se espera que las cifras de mortalidad por las mismas se disparen de 17,1 millones en 2004 a 23,4 millones en 2030. [Chun-Yi Ng et al., 2014]

3. METODOLOGÍA

En este apartado se detalla el procedimiento de la búsqueda de los artículos empleados en la confección de este TFM.

En primer lugar, las llamadas “keywords” o “palabras clave” son aquellas que se usaron para acotar la búsqueda del propósito de este TFM. Así, para encontrar los artículos requeridos en las bases de datos (que se comentarán después) necesarias, las “palabras clave” para comenzar la búsqueda fueron: “oil(s)”, “types”, “composition”, “canola”, “vegetable”, “health”, “extra”, “virgin”, “olive”, “sunflower”, “diet”, “intake”, “lipídica”, “minor”, “components”.

La más común en la búsqueda de artículos sobre la composición de los aceites fue “composition” (y en una búsqueda previa con el término en español “lipídica”), acompañada de los tipos de aceites “oil”, “sunflower” o “canola”, incluso por “vegetable” si se prefería ser más general en la búsqueda y encontrar más de un aceite en el mismo artículo. Respecto a la salud, aparte de usar la de los tipos de aceite o más general, la principal palabra clave fue “health” y otras en menor medida como “intake” o “diet”.

Una vez introducidas las palabras clave para la búsqueda en la base de datos de Google Scholar, los artículos encontrados se localizan en distintas editoriales: ScienceDirect; ResearchGate; Springer; MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute); CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas); Nature; Oxford academic; Wiley Online Library; The Open Agriculture Journal; Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology; Cambridge University Press; OCL (Oilseeds & fats Crops and Lipids).

Es importante resaltar que, para la composición de los aceites, no se estableció un rango de años concreto en la búsqueda ya que este aspecto es invariable en el tiempo, es decir, la composición de un mismo aceite estudiado no está sujeta a “interpretaciones” ni estudios más profundos. Por el contrario, para el aspecto de su implicación con la salud, sí resulta conveniente establecer una búsqueda en un rango específico de años (en este caso, desde el año 2004 hasta el año 2020) ya que los efectos sobre la salud requieren de estudios más exhaustivos y actualizados para determinar posibles causalidades del consumo de ciertos alimentos en la dieta y su efecto sobre la salud cardiovascular. Además, dependiendo sobre qué aspecto se quiere centrar un estudio, es un campo que se encuentra en constante cambio y evolución a lo largo de los años.

En un principio, la búsqueda de la relación de la composición de los aceites con la salud no se centró en ningún aspecto particular, sino que al comprobar que la mayoría de los artículos trataban el tema cardiovascular y enfermedades coronarias, este TFM se centrará por tanto en ese aspecto de la salud.

4. ESTUDIOS EMPÍRICOS

En primer lugar, resulta conveniente definir la nomenclatura de los ácidos grasos que se presentan a continuación para los 3 tipos de aceites:

C8:0 → Ácido caprílico

C10:0 → Ácido cáprico

C12:0 → Ácido láurico

C14:0 → Ácido mirístico

C16:0 → Ácido palmítico

C16:1 → Ácido palmitoleico

C17:0 → Ácido margárico

C18:0 → Ácido esteárico

C18:1 → Ácido oleico

C18:1 OH → Ácido ricinoleico

C18:2 → Ácido linoleico

C18:3 → Ácido linolénico

C20:0 → Ácido araquídico

C20:1 → Ácido gondoico

C22:0 → Ácido behénico

C22:1 → Ácido erúcico

C24:0 → Ácido lignocérico

Siendo el primer número la cantidad de átomos de carbono presentes y el segundo el número de insaturaciones.

4.1. ACEITES DE OLIVA VÍRGENES

4.1.1. Composición química: fracción lipídica y componentes minoritarios

En la tabla 4, se observa los resultados de un estudio de la composición de ácidos grasos (fracción lipídica) para el aceite de oliva (tanto aceite de oliva sin especificar, como virgen, y virgen extra) de distintas fuentes bibliográficas:

TABLA 4. COMPOSICIÓN ÁCIDOS GRASOS (%)

Ácido graso	AO [Kim et al., 2010]	AO [Giakoumis, 2018]	AOV [Orsavova et al., 2015]	AOVE [Jiménez-López et al., 2020]
C6:0	-	-	-	-
C8:0	-	-	-	-
C10:0	-	-	-	-
C12:0	-	-	-	-
C14:0	-	0,08	-	0,05
C16:0	15,9	11,26	16,5	9,4-19,5
C16:1	1,2	0,88	1,8	0,6-3,2
C17:0	-	0,07	-	0,07-0,13
C18:0	5,4	2,79	2,3	1,4-3,0
C18:1	68,4	74,52	66,4	63,1-79,7
C18:1 OH	-	-	-	-
C18:2	7,2	9,82	16,4	6,6-14,8
C18:3	1,0	0,51	1,6	0,46-0,69

C20:0	0,6	0,49	0,43	0,3-0,4
C20:1	0,3	0,29	0,30	0,2-0,3
C22:0	-	0,16	0,15	0,09-0,12
C22:1	-	0,04	-	-
C24:0	-	0,17	-	0,04-0,05
Saturado	21,9	15,0	19,4	11,3-23,2
Monoinsaturado	69,9	75,7	68,2	65,2-80,8
Poliinsaturado	8,2	10,3	18,0	7,0-15,5
Diacilglicéridos				1-2,8
Monoacilglicéridos				0,25
Contenido total esteroles				1000-3040 (mg/kg)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por [Kim et al., 2010], [Giakoumis, 2018], [Orsavova et al., 2015] y [Jiménez-López et al., 2020]

Se puede apreciar como en [Kim et al., 2010], el ácido graso predominante es el ácido oleico (18:1), seguido por el ácido palmítico (16:0) aunque en una gran diferencia cuantitativa. Además, se caracteriza por presentar un porcentaje mucho mayor de ácidos grasos insaturados que saturados en la fracción lipídica.

También se recogen datos muy similares a partir de [Giakoumis, 2018] respecto al porcentaje en peso de los ácidos grasos presentes en el aceite de oliva. En este artículo, se especifica que se incluyeron sólo los ácidos grasos con al menos un 0,03%, mediante el contraste de datos de 695 fuentes bibliográficas que proporcionan 536 series de datos. Según estos datos, el aceite de oliva contiene un gran porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados, en torno al 76% de los totales. Como era de esperar, el mayor de ellos es el ácido oleico.

A continuación, se muestra en [Orsavova et al., 2015] la composición lipídica, esta vez obtenida del estudio de distintos aceites vegetales vírgenes en su mayoría, en este caso concreto centrándolo en el aceite de oliva. Para la muestra de AOV analizada, la mayor proporción de ácidos grasos vuelven a ser los monoinsaturados, que constituyen un 68,2% del total de la fracción lipídica, y de esta cantidad el ampliamente mayoritario (66,4%) es el ácido oleico.

Por último, en los datos de [Jiménez-López et al., 2020] aparecen la composición de ácidos grasos de los aceites de oliva virgen extra.

De la fracción de esteroides, el β -Sitosterol es el componente principal con valores entre 75% y 90%, mientras que Δ^5 -Avenasterol tiene valores entre el 5% y 20%.

Los 4-monometilesteroides (presentes tanto en su forma libre como esterificada) se encuentran en cantidades pequeñas, pero representan un papel significativo como intermediarios en la biosíntesis de esteroides. Los más comunes son gramisterol, obtusifoliol, cicloeucalenol y citrostadienol, variando sus concentraciones en el rango de 50 y 360 mg/kg de aceite. [Jiménez-López et al., 2020]

Por último, se expone en la tabla 5 otros datos correspondientes del aceite de oliva virgen extra (AOVE), de otros componentes minoritarios como tocoferoles, carbohidratos, pigmentos, compuestos fenólicos, etc.

TABLA 5. COMPOSICIÓN COMPUESTOS MINORITARIOS

Tocoferol (mg/kg)	AOVE
α -Tocoferol	10,2-208
β -Tocoferol	0,75-1,05
γ -Tocoferol	0,7-2,1
Carbohidratos (mg/kg)	AOVE
Escualeno	200-8260
Pigmentos (mg/kg)	AOVE
Clorofilas totales	0,15-61,96
Feofitina-a	0,08-0,49
Carotenoides totales	0,53-31,51
β -caroteno	0,15-0,67

Luteína	0,65-3,60
Otros compuestos	AOVE
Compuestos fenólicos totales (mg/kg)	213-450
Dialcoholes triterpénicos (% sobre esteroides totales)	0,9-2,8
β -sitosterol (mg/kg)	530,2-2638,6

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por [Jiménez-López et al., 2020]

El α -Tocoferol se puede encontrar en su forma libre y constituye más del 90% de esta fracción. Estos valores fluctúan con las variables de año de cosecha y la distancia entre los olivos. Los altos valores de este tocoferol pueden estar ligados a los altos niveles de pigmentos clorofílicos. [Jiménez-López et al., 2020]

El escualeno comprende más del 90% de la fracción de carbohidratos y es el compuesto más abundante en la parte insaponificable. Su contenido depende de diversos factores como el tipo de cultivo del olivo y la técnica de extracción de aceite usada. [Jiménez-López et al., 2020]

El AOVE tiene una gran variedad de carotenoides y clorofilas, desde β -caroteno, violaxantina, neoxantina, luteína y otras xantofilas, hasta la clorofila a y b, feofitina a y b, y otros derivados menores. Estos pigmentos se pueden encontrar en cantidades de hasta 100 ppm respecto a los carotenoides totales y pigmentos principales como feofitina hasta los 25 ppm, β -caroteno hasta 15 ppm y luteína hasta 10 ppm, aunque estos valores dependen de varios factores. La concentración final de cada pigmento en el AOVE final depende de las características fisicoquímicas del fruto, el origen geográfico, el clima y las condiciones de riego, y el proceso de extracción mecánica utilizado. Las condiciones de almacenamiento y el embalaje final también juegan un papel en la concentración y tipo de pigmento. [Jiménez-López et al., 2020]

Las sustancias antioxidantes mayoritarias encontradas en AOVE son los compuestos fenólicos polares, ya sean en su forma libre, con enlaces, o esterificados, y normalmente, su rango en contenido fenólico total está entre 50 y 1000 mg/kg, siendo más común en concentraciones entre 100 y 300 mg/kg. [Jiménez-López et al., 2020]

Los compuestos fenólicos han sido identificados en una gran variedad en AOVE, hasta 30 compuestos diferentes, siendo los ácidos principales hidroxibenzoico, p-Coumárico, ferúlico, gálico, siríngico, vallínico, cafeico, o-coumárico, sinápico. Otros tipos de polifenoles que también se pueden encontrar son flavonoides, lignanos, hidroxí-isocromanos, secoiridoides, alcoholes fenólicos. El contenido en lignanos en AOVE ronda entre 1 y 100 mg/kg. [Jiménez-López et al., 2020]

Los secoiridoides son insolubles en aceite y por tanto sólo una pequeña parte de ellos permanece en el AOVE final después de la extracción mecánica, siendo los más comunes la demetiloleuropeína, oleuropeína, ligstrósido y sus agliconas, estas últimas representan el 90% de los compuestos fenólicos del AOVE. [Jiménez-López et al., 2020]

Los principales alcoholes fenólicos hallados en AOVE son el tirosol y el hidroxitirosol. Están presentes en concentraciones discretas, pero tienden a incrementarse durante el proceso de almacenamiento por la hidrólisis de los secoiridoides del aceite de oliva. [Jiménez-López et al., 2020]

4.1.2. Efecto sobre el sistema cardiovascular

Los efectos beneficiosos del aceite de oliva sobre el riesgo de padecer una enfermedad coronaria se han atribuido a su alto contenido en ácidos grasos monoinsaturados. Sin embargo, se han acumulado evidencias sobre las propiedades beneficiosas de componentes menores, aunque altamente bioactivos del aceite de oliva. Entre ellos se encuentran los compuestos fenólicos.

Gracias a las demostraciones y estudios previos de que estos compuestos presentes únicamente en el aceite de oliva virgen (AOV) pueden reducir los factores de riesgo cardiovascular, se puede asegurar que el AOV es mucho más que sólo ácidos grasos monoinsaturados. [López-Miranda et al., 2010]

Estudios recientes han reforzado las teorías de los mecanismos propuestos por los que el AOV puede ejercer sus efectos beneficiosos en el riesgo cardiovascular, incluyendo: (1) mejora del perfil lipídico, a través de un descenso en el colesterol total y en el colesterol LDL (lipoproteínas de baja densidad, por sus siglas en inglés “Low Density Lipoprotein”) y un incremento del colesterol HDL (lipoproteínas de alta densidad, por sus siglas en inglés “High Density Lipoprotein”) en proporción; (2)

reducción de la susceptibilidad del LDL a la oxidación y mejora del daño vascular oxidativo; (3) función endotelial mejorada; (4) control de la presión arterial mejorada y (5) modificaciones favorables de la hemostasia. [López-Miranda et al., 2010]

Unos compuestos minoritarios del AOV como los triterpenoides han mostrado efectos antiinflamatorios a través del estímulo en la síntesis de prostaciclina en las células vasculares de músculo liso. El escualeno ha mostrado también propiedades prometedoras como antiinflamatorio molecular en modelos animales con aterosclerosis acelerada. De forma destacada, el compuesto fenólico llamado oleocantal del AOV, ha mostrado una actividad antiinflamatoria fuerte mediada por la inhibición de la ciclooxygenasa-1 y -2. Todo ello junto a las evidencias emergentes de los efectos beneficiosos del AOV ricos en compuestos fenólicos, sugiere que el beneficio cardiovascular del AOV es atribuible a las propiedades combinadas de todos sus constituyentes, a saber, los ácidos grasos monoinsaturados y compuestos minoritarios polares y no polares. [López-Miranda et al., 2010]

Un gran análisis incluyó 101460 casos con enfermedades coronarias y 38673 casos con accidentes cerebrovasculares. Los principales hallazgos derivados de estos estudios revelaron que, por cada incremento en el consumo de aceite de oliva de 25 g, el riesgo de padecer enfermedades coronarias se redujo en aproximadamente un 4%, mientras que el riesgo de accidente cerebrovascular disminuyó en un 26%. Combinando ambas afecciones (coronaria y cerebrovascular), los modelos mostraron que el consumo de aceite de oliva tuvo un efecto protector significativo.

En otro análisis focalizado en la evaluación del consumo de ácidos grasos monoinsaturados y aceite de oliva en la mortalidad humana. En general, ingestas mayores de aceite de oliva conducen a un menor riesgo de mortalidad por cualquier causa, mortalidad cardiovascular, sucesos cardiovasculares y accidentes cerebrovasculares. No obstante, análisis de subgrupo revelaron que lo mencionado anteriormente es atribuible solamente al consumo de aceite de oliva, mientras que otros tipos de aceite (como los de origen animal) no tuvieron efecto en la mortalidad. [Foscolou et al., 2018]

Una revisión sistemática publicada evaluó ensayos clínicos del aceite de oliva y sus efectos en la presión arterial en individuos libres de problemas cardiovasculares. Este estudio reportó que las dietas con aceite de oliva llevan a un descenso de la

presión arterial, mientras que cápsulas con distintas cantidades de aceite de oliva virgen extra (AOVE) no produjeron ningún efecto. [Gaforio et al., 2019]

Los países al sur de Europa tienen la incidencia más baja de enfermedades coronarias a pesar de la alta prevalencia de factores clásicos de riesgo cardiovascular. Un estudio reveló que el consumo de aceite de oliva (y en especial del AOVE) en el contexto de una dieta mediterránea se asocia con una reducción del riesgo de padecer alguna enfermedad coronaria y mortalidad en personas mayores con alto riesgo cardiovascular. [Gaforio et al., 2019]

Respecto al AOVE rico en (poli)fenoles, un análisis de 69 estudios experimentales mostró efectos moderados para reducir la presión arterial sistólica (PAS), sin efectos sobre la presión arterial diastólica (PAD). En concordancia, una disminución de la PAS se produjo después de la ingesta en pacientes que hipertensos y que padecen enfermedad coronaria.

Los beneficios de estos polifenoles en el HDL se evaluaron por la EFSA (en inglés, Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria) y concluyeron que las pruebas eran insuficientes para establecer una relación causa-efecto.

Se ha destacado que la oxidación de la partícula LDL podría desempeñar un papel en el inicio y la progresión de la aterosclerosis, aunque su contribución sigue siendo esquiva. Sin embargo, un metaanálisis de 300 estudios experimentales informó que la concentración de LDL oxidada disminuyó después de ingesta de aceite rico en fenoles, además de un descenso en la facilidad del LDL de ser oxidado, mostrado en otros estudios. [Gaforio et al., 2019]

La ingesta de aceite de oliva contribuye a la homeostasis del perfil trombogénico mejorando la producción de factores de coagulación y biomarcadores relacionados con la agregación plaquetaria, y atenúa el estado pro-trombótico en la fase postprandial, esto último es muy probable debido al efecto del hidroxitirosol.

Uno de los focos de búsqueda actual en el beneficio del AOVE y en conjunto con el estilo de dieta mediterránea, se centra en definir sus efectos en los factores de riesgo cardiovascular más recientes [Yubero-Serrano et al., 2019]:

- 1) AOVE e inflamación: Existe una larga evidencia que indica que la dieta mediterránea ha mostrado que atenúa la respuesta inflamatoria, presente en un grado mayor en enfermedades crónicas, que se atribuye parcialmente a la

alta ingesta de AOVE en este tipo de dieta. Este hecho incluye una regulación a la baja de la expresión de genes proinflamatorios, niveles bajos de proteínas proinflamatorias, pero también menor concentración total en plasma/suero de marcadores proinflamatorios.

Los componentes minoritarios (como los compuestos fenólicos) del AOVE también juegan un papel importante en la respuesta inflamatoria. En particular, el hidroxitirosol, un compuesto fenólico del AOVE, inhibe la expresión en moléculas de adhesión celular en células endoteliales de la vena umbilical humana estimuladas por lipopolisacáridos o citoquinas y redujo el proceso inflamatorio durante angiogénesis en las células endoteliales en combinación con oleuropeína, otro componente menor del AOVE. El oleocantal, otro fenol con efectos antiinflamatorios, fue capaz de inducir una inhibición dependiente de la dosis de la actividad de la ciclooxigenasa-1 y -2 (ambas implicadas en el proceso inflamatorio) como fármaco antiinflamatorio.

- 2) AOVE y estrés oxidativo: Numerosas evidencias demuestran que estos componentes minoritarios mencionados en el AOVE son también poderosos antioxidantes que no se encuentran en otros aceites, y que han mostrado ser un tratamiento efectivo contra el estrés oxidativo asociado a numerosas enfermedades.

El efecto protector que ejerce el consumo del AOVE en la formación de LDL oxidado se debe, principalmente, a la capacidad de los compuestos fenólicos de unir las partículas del LDL y protegerlas frente a la oxidación.

Además, se ha corroborado una modulación de las actividades antioxidantes del plasma después de un pequeño consumo de AOVE. El consumo de éste en una dieta mediterránea reduce los biomarcadores de estrés oxidativo posprandial (después de una comida) tales como peróxido de lípidos, carbonilo de proteínas y los niveles peróxido de hidrógeno comparados con una dieta rica en ácidos grasos saturados. También podría presentar un efecto protector sobre la generación de radicales libres a través de la reducción de estrés oxidativo posprandial durante el proceso de envejecimiento.

- 3) AOVE y función endotelial: El primer paso que precede al desarrollo de aterosclerosis es el daño endotelial. Se ha comprobado que comidas ricas en AOVE tienen efectos favorables en la función vasomotora posprandial en el endotelio, mejorando la capacidad vasodilatadora durante esta fase, en comparación con comidas ricas en ácidos grasos saturados.

Un método para cuantificar el nivel de daño endotelial es estimando la presencia de micropartículas liberadas en el torrente sanguíneo. Por el contrario, la determinación de la proporción de las células progenitoras endoteliales pueden permitir cuantificar el nivel de capacidad de regeneración endotelial. En este contexto, una intervención dietética crónica con AOVE produce una menor concentración de micropartículas y mayor nivel de células progenitoras endoteliales en comparación con una dieta rica en ácidos grasos saturados o una dieta baja en grasas y alta en carbohidratos en personas ancianas. Un estudio reciente ha demostrado que personas sanas que consumieron extractos de oleuropeína, por 6 semanas, mostraron un descenso en la presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD).

- 4) AOVE y lípidos: La concentración del colesterol total en plasma, así como sus fracciones (HDL y LDL) están claramente relacionados con el riesgo cardiovascular. Sin embargo, se ha demostrado que el colesterol HDL contribuye en la ralentización del proceso de aterogénesis en diversas etapas clave: quitando colesterol total, inhibiendo la oxidación del LDL y reduciendo la respuesta inflamatoria en la aterosclerosis. EL AOVE, con sus altas concentraciones de ácidos grasos monoinsaturados, reduce el colesterol total (TC), el colesterol LDL y la proporción TC/LDL cuando se sustituye en la dieta en lugar de grasas saturadas.

- 5) AOVE y hemostasia: Está bien establecida la influencia del sistema hemostático en el desarrollo de la aterosclerosis. De hecho, se ha descrito que los pacientes con alto riesgo de enfermedad cardiovascular muestran un ambiente fuertemente protrombótico. Estos mecanismos implican la activación de las plaquetas (hemostasia primaria), los mecanismos de la coagulación (hemostasia secundaria) y fibrinólisis. Todos estos mecanismos pueden ser regulados por el AOVE, como se expone a continuación.

- 6) AOVE y agregación de plaquetas: Una dieta rica en ácidos grasos monoinsaturados, reduce la agregación de plaquetas en respuesta al difosfato de adenosina en sujetos sanos, en comparación con dietas ricas en ácidos grasos saturados.

Numerosos estudios sugieren que el consumo de AOVE como fuente de ácidos grasos monoinsaturados se asocia a una agregación de plaquetas reducida, incluso sugiriendo que algunas propiedades encontradas no se deben al ácido oleico por sí mismo, sino más bien a los componentes minoritarios del AOVE.

- 7) AOVE y coagulación: El factor VII (FVII) es la proteasa de coagulación responsable de iniciar una cascada de eventos proteolíticos que conducen a la generación de trombina, deposición de fibrina y activación plaquetaria. Hay dos formas de cuantificar este proceso: 1) determinando la activación de FVII (FVIIa) y 2) medición de la actividad coagulante de este factor (en este caso, FVIIc). Se ha demostrado que la administración de una dieta rica en AOVE, durante 3 semanas, redujo niveles de FVIIa sin ayuno, en comparación con una dieta rica en aceite de girasol. De manera similar, pero en comparación con una dieta rica en ácidos grasos saturados, el consumo de una dieta rica en monoinsaturados, en este caso durante 16 semanas, se asoció con un FVIIc posprandial significativamente menor.
- 8) Factor tisular: El factor tisular (TF) es una glicoproteína transmembrana que activa FVII adhiriéndose a él, que es el primer paso en la llamada cascada coagulatoria extrínseca. Está demostrado que las dietas ricas en ácidos grasos saturados incrementan este factor, y los monoinsaturados lo inhiben. Aquellas dietas ricas en AOVE bajan la actividad del TF en los monocitos circulantes.
- 9) AOVE y fibrinólisis: Muchos estudios han analizado el efecto del AOVE en el fibrinógeno (un factor final en la formación de trombos). Sus niveles no se alteran después del consumo de dietas ricas en diferentes tipos de ácidos grasos (monoinsaturados, poliinsaturados y saturados) o diferentes fuentes de grasa.

En conclusión, múltiples efectos beneficiosos sobre el riesgo de enfermedad cardiovascular se han asociado con el consumo de una dieta mediterránea rica en AOVE. Éstos incluyen ralentización de las primeras etapas del desarrollo de aterosclerosis, un perfil lipídico favorable, una disminución de presión arterial, un acortamiento de la duración de la lipemia posprandial, una reducción parcial de los efectos nocivos del tabaquismo, una reducción del estrés oxidativo y la inflamación, una mejora de la función endotelial, y la creación de un entorno menos protrombótico.

Estas propiedades saludables se han atribuido principalmente al alto contenido en AOVE y una alta proporción de frutas y verduras, cereales y pescados de la dieta mediterránea. Se describe un papel cardioprotector de la principal fuente de grasa de esta dieta, los ácidos grasos monoinsaturados, y los componentes minoritarios presentes de forma natural en el AOVE tienen efectos biológicos potencialmente beneficiosos resultando en sus propiedades antimicrobianas, antioxidantes y actividades antiinflamatorias. [Yubero-Serrano et al., 2019]

4.2. ACEITES DE GIRASOL

4.2.1. Composición química: fracción lipídica y componentes minoritarios

En la tabla 6, se observa los resultados de un estudio de la composición de ácidos grasos para el aceite de girasol obtenidos desde diferentes bibliográficas:

TABLA 6. COMPOSICIÓN ÁCIDOS GRASOS (%)

Ácido graso	Aceite de girasol [Kim et al., 2010]	Aceite de girasol [Giakoumis, 2018]	Aceite de girasol virgen [Orsavova et al., 2015]
C6:0	-	-	-
C8:0	-	-	-
C10:0	-	-	-

C12:0	-	-	0,02
C14:0	0,1	0,04	0,09
C15:0	-	-	-
C16:0	9,9	6,35	6,2
C16:1	0,1	0,07	0,12
C17:0	-	-	0,02
C18:0	4,6	3,92	2,8
C18:1	26,4	20,91	28,0
C18:1 OH	-	-	-
C18:2	57,8	67,58	62,2
C18:3	0,1	0,17	0,16
C20:0	0,3	0,22	0,21
C20:1	0,2	0,11	0,18
C22:0	1,0	0,66	-
C22:1	-	-	-
C24:0	0,3	0,26	-
Saturados	15,4	11,4	9,4
Monoinsaturados	26,7	21,1	28,3
Poliinsaturados	57,9	67,7	62,4

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por [Kim et al., 2010], [Giakoumis, 2018], [Orsavova et al., 2015]

A diferencia del aceite de oliva, el ácido graso mayoritario en el aceite de girasol es uno poliinsaturado como el linoleico (18:2) en lugar del oleico (monoinsaturado). Presenta mayor proporción en total de ácidos grasos insaturados y menor en saturados respecto al aceite de oliva. [Kim et al., 2010]

Según los datos proporcionados por [Giakoumis, 2018], que contrasta numerosas fuentes bibliográficas, se recogen datos similares de contenido de ácidos grasos, respecto al porcentaje en peso de los ácidos grasos presentes en el aceite de girasol. Según estos datos, el aceite de girasol es uno de los aceites vegetales con mayor porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados, en torno al 68% de los totales. De ellos, el más abundante es el ácido linoleico (18:2).

A continuación, en [Orsavova et al., 2015] se muestran datos obtenidos del estudio de aceites vírgenes en su mayoría. Al igual que en las anteriores, en bibliografía aparecen distintos tipos de aceites vegetales, centrandó en este apartado a los datos exclusivos del aceite de girasol. Se observa un incremento en este aceite de los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (de los insaturados en general) y por consiguiente un descenso de los saturados. En este caso, la suma de ambos alcanza en torno al 90% de insaturados mientras que anteriormente estaba sobre 84,6% y 88,8%, además de presentar un 9,4% de saturados por el 15,4% y 11,4% previo.

El aceite de girasol, aparte de los ácidos grasos mayoritarios expuestos, está compuesto por otros componentes que no pertenecen a la fracción lipídica y se conocen como compuestos minoritarios. Éstos quedan recogidos a continuación en la tabla 7.

TABLA 7. COMPOSICIÓN COMPUESTOS MINORITARIOS

Tocoferol (mg/kg)	Aceite de girasol
α -Tocoferol	153-957
β -Tocoferol	ND-45
γ -Tocoferol	ND-34
δ -Tocoferol	ND-7
Fitosterol (mg/100 g aceite)	Aceite de girasol
Campesterol	15,6-65,0

Estigmasterol	14,4-65,0
β -Sitosterol	120,0-350,0
Δ^5 -Avenasterol	ND-34,5
Δ^7 -Estigmasterol	15,6-120
Fitosteroles totales (mg/kg)	125-765

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por [Gotor et al.,2016]. ND = no detectable

El aceite de girasol contiene una cantidad considerable de tocoferoles, pero es el tipo de aceite que tiene la mayor cantidad de α -Tocoferol.

Respecto a los fitosteroles, posee un alto contenido en éstos, siendo el β -Sitosterol el principal. El contenido de estos compuestos se ve afectado mayormente por las condiciones medioambientales durante el crecimiento de la planta. [Gotor et al., 2016]

Otros compuestos nutricionalmente importantes del aceite de girasol son otros dos terpenoides aparte de los fitosteroles, conocidos como escualeno y carotenoides. El primero puede variar en este tipo de aceite entre los 10 a 202 mg/kg, mientras que el segundo no es especialmente abundante en estos aceites, siendo las xantofilas el mayoritario con un 81% del total. [Gotor et al., 2016]

Los ácidos fenólicos también están presentes en el aceite de girasol, destacando dos polifenoles: ácido vanílico (6,9 μ g/100 g aceite) y ácido cafeico (4,9 μ g/100 g aceite). [Gotor et al., 2016]

4.2.2. Efecto sobre el sistema cardiovascular

Un aceite de girasol tradicional posee un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, y la mayoría en la forma del ácido linoleico (AL). Éste se asocia con una mejora del perfil lipídico y en consecuencia a un reducido riesgo de enfermedad cardiovascular. [Foster et al., 2009]

Un estudio llevó a cabo un análisis “in vivo” de los efectos de una dieta rica en aceite de girasol en el perfil lipídico en sangre y en la susceptibilidad a la oxidación del LDL en pacientes con una enfermedad vascular periférica. No se encontró ninguna variación significativa en las concentraciones de triglicéridos, colesterol total,

colesterol LDL y colesterol HDL. Sin embargo, se observó un incremento de la susceptibilidad a la oxidación del LDL, por lo que, en este tipo de pacientes, el aceite de girasol no ofrece protección al LDL frente a su oxidación, uno de los factores de riesgo para las enfermedades cardiovasculares. [Aguilera et al., 2004]

En un estudio, se ha mostrado la importancia de los ácidos grasos poliinsaturados dentro de una dieta moderada en grasas para bajar el colesterol LDL. [Binkoski et al., 2005] Los resultados del mismo refuerzan la importancia de los poliinsaturados en la reducción del colesterol. Siguiendo una dieta con aceite de girasol, el colesterol total y LDL se reducen.

Además, este tipo de dieta modula la susceptibilidad del LDL a modificarse por oxidación. En dietas ricas en monoinsaturados, las partículas de LDL son oxidadas con menos facilidad que aquellas presentes en sujetos que consumen dietas ricas en poliinsaturados, aunque en este estudio no se mostró un incremento en dienos conjugados o hidroperóxidos lipídicos en aquellos que siguieron la dieta con aceite de girasol. Por tanto, mientras que esta dieta no tuvo efectos beneficiosos en la oxidación del LDL, tampoco hubo efectos adversos observados a pesar del incremento de ácidos grasos poliinsaturados. [Binkoski et al., 2005]

4.3. ACEITES DE CÁNOLA

4.3.1. Composición química: fracción lipídica y componentes minoritarios

A continuación, se presenta la tabla 8, que recoge en datos porcentuales de los ácidos grasos mayoritarios en aceite de cánola, recogidos de las fuentes bibliográficas indicadas:

TABLA 8. COMPOSICIÓN ÁCIDOS GRASOS (%)

Ácido graso	Aceite de cánola [Przybylski et al., 2005]	Aceite de cánola [Ghazani, et al., 2013]
C10:0	-	-
C12:0	-	-

C14:0	0,1	-
C16:0	3,5	4,5
C16:1	0,2	0,2
C18:0	1,5	2,4
C18:1	60,1	64,5
C18:2	20,1	17,7
C18:3	9,6	8,6
C20:0	0,6	0,8
C20:1	1,4	0,6
C22:0	0,3	0,1
C22:1	0,2	0,5
Saturados	6,0	7,8
Monoinsaturados	61,9	65,8
Poliinsaturados	29,7	26,3

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por [Przybylski et al., 2005] y [Ghazani, et al., 2013]

A pesar de que la variedad, las condiciones ambientales, y el método de extracción (con disolvente o presión en frío) pueda tener efectos sobre la composición de ácidos grasos del aceite de cánoa, en general, éste contiene 6-14% de ácido linolénico (18:3), 50-66% de ácido oleico (18:1) y la menor cantidad de ácidos grasos saturados (<7-8%) si se compara con otros aceites vegetales como el de oliva y girasol. [Ghazani, et al., 2013]

Además, también se recogen en la siguiente tabla 9 distintos componentes minoritarios importantes nutricionalmente hablando de la fracción insaponificable,

como son los tocoferoles y fitosteroles, aparte de polifenoles y carotenoides descritos más adelante.

TABLA 9. COMPOSICIÓN COMPUESTOS MINORITARIOS

Tocoferol (mg/kg)	Aceite de cáñola
α -Tocoferol	197
β -Tocoferol	-
γ -Tocoferol	369
δ -Tocoferol	-
Fitosterol (%)	Aceite de cáñola
Brassicasterol	14,3
Campesterol	27,6
Estigmasterol	0
B-Sitosterol	52,3
Δ^5 -A venasterol	2,5
Δ^7 -A venasterol	0,9
Δ^7 -Estigmasterol	2,3
Fitosteroles totales (mg/kg)	6900
Esteroles esterificados (mg/kg)	4231

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por [Ghazani, et al., 2013]

El aceite de cáñola contiene, relativamente, grandes cantidades de tocoferoles (60-70 mg/100 g), mayormente α - y γ -tocoferoles en una ratio de 1:2, respectivamente. Los fitosteroles se pueden encontrar tanto en sus formas libres como esterificadas en proporción 1:1, con otras moléculas como ácidos grasos, ácido ferúlico, o glucósidos. [Ghazani, et al., 2013]

En cuanto a los polifenoles, comparado con otros aceites vegetales, el aceite de cáñola presenta una cantidad elevada de éstos, sobre 130 mg de ácido gálico/kg aceite. Estos polifenoles consisten principalmente en vinilsiringol, ácido sinápico, y sipanina, que suelen ser eliminados del aceite después de la neutralización química. Recientemente, se ha descubierto un nuevo polifenol, el dímero de 4-vinilsiringol,

que puede encontrarse en cantidades superiores a los 63 mg/kg en aceite de cáñola comercial. [Ghazani, et al., 2013]

La cantidad de carotenoides en aceite de cáñola se encuentra alrededor de 130 ppm y se constituye de xantofilas (90%) y carotenos (10%). [Ghazani, et al., 2013]

4.3.2. Efecto sobre el sistema cardiovascular

Varios estudios clínicos han mostrado que altas ingestas de ácidos grasos saturados y bajas tanto de monoinsaturados y de poliinsaturados se asocian a un alto riesgo de padecer enfermedades coronarias. El aceite de cáñola contiene una cantidad moderada de poliinsaturados y niveles altos de ácido oleico. Éste último demostró reducir el colesterol LDL sin afectar al HDL, estando asociados los niveles altos de LDL con un incremento del riesgo de enfermedad cardiovascular mientras que niveles altos de HDL tienen efectos opuestos protegiendo a la persona de aterosclerosis. [Loganes et al., 2016]

Por las características que presenta la composición lipídica del aceite de cáñola (nivel bajo de ácidos grasos saturados frente a insaturados), los esteroides y tocoferoles, todos presentan estudios previos indicando que son sustancias cardioprotectoras. En relación a su alto contenido en ácidos grasos monoinsaturados, éstos ejercen efectos positivos sobre la salud cardiovascular en comparación con los saturados a través de la regulación de los lípidos y lipoproteínas del plasma, la susceptibilidad a la oxidación del LDL, y la sensibilidad a la insulina.

- Efectos del aceite de cáñola comparado con los ácidos grasos saturados en los perfiles lipídicos en sangre:

Respecto al colesterol total, unos cinco estudios compararon dietas basadas en aceite de cáñola con dietas típicas de países Occidentales, probando que el aceite de cáñola es capaz de reducir los niveles de colesterol total en torno al 12,2% de media. Otros siete estudios compararon las dietas basadas en aceite de cáñola con otras con alto contenido en ácidos grasos saturados, mostrando unos resultados que al reemplazar las dietas de saturados con las de aceite de cáñola reduce los niveles de colesterol total. En general, todos los estudios clínicos que comparan ambos tipos de dietas concluyen que las de aceite de cáñola disminuyen el colesterol total en

comparación con las de alto contenido en saturados (o con las dietas típicas en Occidente) tanto en individuos sanos como en hipercolesterolémicos. [Lin et al., 2013]

Para los niveles del colesterol LDL, se asocia al consumo de ácidos grasos saturados con incrementos de esta lipoproteína. Reemplazar éstos por los monoinsaturados puede reducir niveles del colesterol en circulación, especialmente LDL, y un decrecimiento de la aterosclerosis y del riesgo de enfermedades coronarias. Los estudios llevados a cabo comparando los tipos de dietas mencionados anteriormente, muestran que el aceite de cáñola reduce de media un 17% los niveles de LDL respecto al otro tipo de dietas mencionadas.

Niveles altos de HDL se han asociado con un riesgo bajo de enfermedades coronarias, por lo que el incremento de HDL es importante para prevenir y tratar este tipo de enfermedades. En los mismos estudios que anteriormente también se examinaron los efectos de los niveles de HDL, estadísticamente, no se observaron diferencias significativas en sus niveles en relación a la dieta seguida. Por el contrario, en otros estudios sí se reportaron reducciones en las concentraciones de HDL en las dietas basadas en aceite de cáñola en comparación con las ricas en ácidos grasos saturados o típicas en países occidentales, sin embargo, la proporción colesterol total/HDL no varió significativamente.

Los triacilglicerolos (TAG) representan los constituyentes principales de los aceites vegetales y de las grasas animales. La mayoría de los estudios llevados a cabo no mostraron cambios significativos en los niveles de TAG entre ambas dietas, mientras que unos pocos observaron bien incremento o descenso en estos niveles para las dietas basadas en aceite de cáñola. [Lin et al., 2013]

- Efectos del aceite de cáñola en la susceptibilidad a la oxidación del LDL y la peroxidación lipídica:

Algunos estudios sugieren que el reemplazar los ácidos grasos saturados por los de aceite vegetal podría afectar a la susceptibilidad del LDL a la oxidación, aunque también reflejan disparidad en los datos obtenidos a la peroxidación lipídica. Otros han demostrado que el ácido oleico sí reduce la oxidación del LDL, lo cual podría suponer que el aceite de cáñola juegue un papel importante en la regulación en la

oxidación del LDL, por el alto contenido de ácido oleico en este aceite. [Lin et al., 2013]

- Efectos del aceite de cánoa en los biomarcadores de la hemostasis e inflamación

Numerosos estudios han investigado los efectos en los biomarcadores del estado antioxidante, la agregación plaquetaria, e inflamación dentro del contexto del riesgo de las enfermedades coronarias. Por los resultados de estas investigaciones, se concluye que el aceite de cánoa puede promover potencialmente la salud inmunológica y cardiovascular a través de sus efectos antitrombóticos y antioxidantes. [Lin et al., 2013]

En conclusión, la habilidad del aceite de cánoa para reprimir los niveles del colesterol total y LDL comparado con los ácidos grasos saturados y en consecuencia el efecto en la reducción del riesgo de enfermedad coronaria sí está bien definido. Por otro lado, en la modulación de los niveles de HDL y TAG, el papel del aceite de cánoa sigue siendo más controvertido. Por su alto contenido en monoinsaturados, este aceite puede ofrecer protección contra la oxidación de lipoproteínas. [Lin et al., 2013]

A modo de resumen, a continuación, se presenta la tabla 10 sintetizando los efectos sobre la salud cardiovascular que provoca la ingesta de los aceites de oliva, girasol y cánoa recogidos en los apartados anteriores:

TABLA 10. EFECTOS SOBRE LA SALUD CARDIOVASCULAR SEGÚN EL ACEITE VEGETAL CONSUMIDO

Aceite vegetal	Efecto sobre la salud cardiovascular	Referencias
Oliva	1) Descenso colesterol total y LDL 2) Aumento HDL 3) Descenso susceptibilidad oxidativa LDL 4) Función endotelial mejorada → Descenso desarrollo de aterosclerosis 5) Descenso de la presión arterial	1) [López-Miranda et al., 2010] 2) [López-Miranda et al., 2010] 3) [López-Miranda et al., 2010] y [Gaforio et al., 2019] 4) [López-Miranda et al., 2010] 5) [López-Miranda et al., 2010] y [Gaforio et al., 2019]

	6) Cambios favorables de la hemostasia → Descenso desarrollo de aterosclerosis 7) Atenúa la respuesta inflamatoria 8) Descenso estrés oxidativo 9) Entorno menos pro-trombótico	6) [López-Miranda et al., 2010] 7) [Yubero-Serrano et al., 2019] 8) [Yubero-Serrano et al., 2019] 9) [Yubero-Serrano et al., 2019]
Girasol	1) Pacientes sanos: Descenso colesterol total y LDL 2) Pacientes con enfermedad vascular periférica: Incremento susceptibilidad oxidativa LDL	1) [Foster et al., 2009] y [Binkoski et al., 2005] 2) [Aguilera et al., 2004]
Cánola	1) Descenso colesterol total y LDL 2) Protección contra la oxidación lipoproteica 3) Aumento entorno anti trombótico 4) Aumento efectos antioxidantes	1) [Loganes et al., 2016] y [Lin et al., 2013] 2) [Lin et al., 2013] 3) [Lin et al., 2013] 4) [Lin et al., 2013]

Fuente: Elaboración propia

4.4. EFECTOS SOBRE EL SISTEMA CARDIOVASCULAR TRAS SER CALENTADOS A ALTAS TEMPERATURAS

Puesto que el consumo de los aceites vegetales incluye un amplio uso para distintas maneras de cocinar, que implican calentar el aceite a altas temperaturas (sobre todo en las frituras), puede influenciar las consecuencias de este proceso sobre la salud cardiovascular.

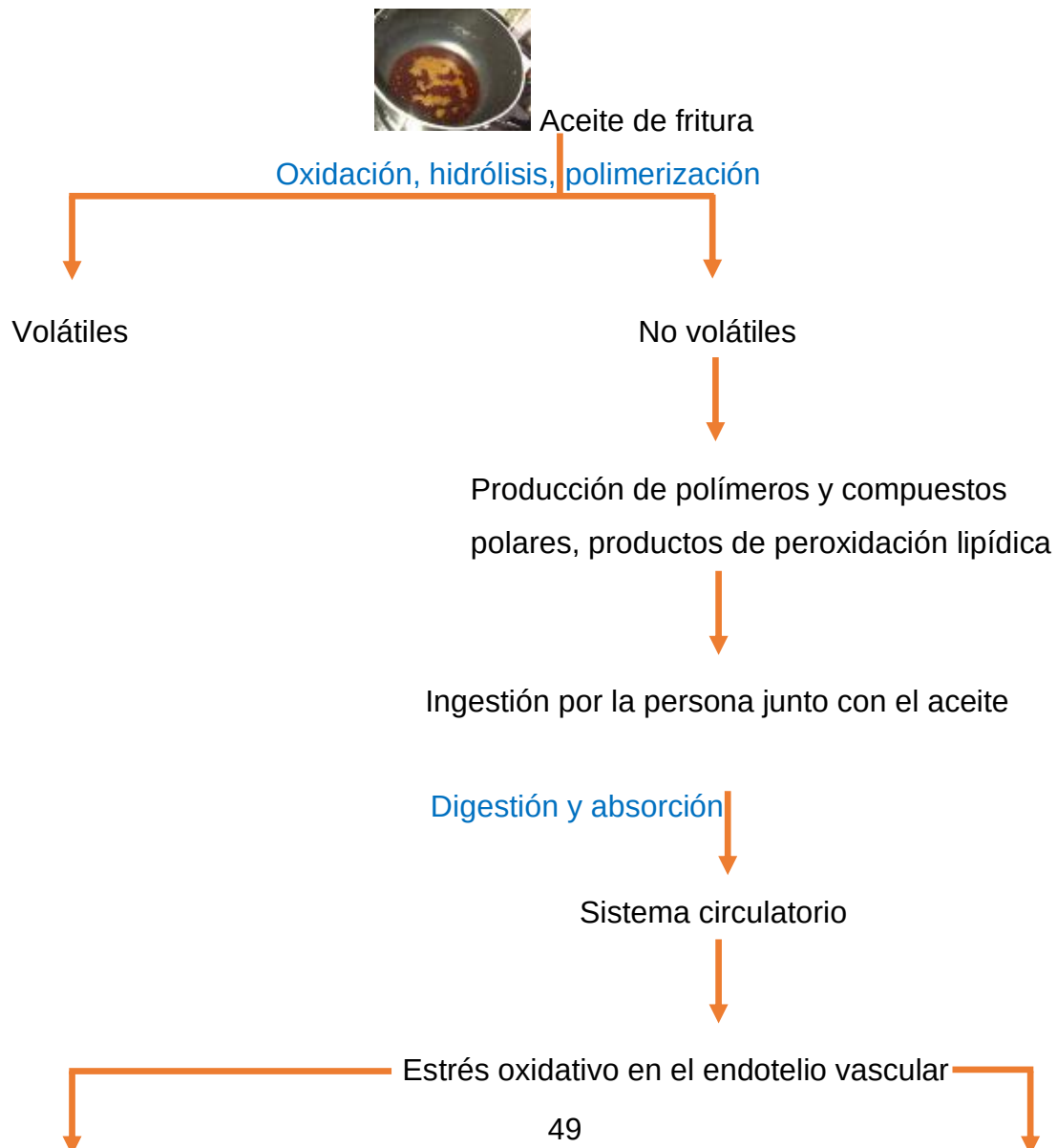
Durante el proceso de fritura, un lípido, sobre todo los poliinsaturados, sufre oxidación, hidrólisis y polimerización que conducen a la generación de productos de degradación volátiles y no volátiles. Estos productos favorecen la generación de radicales libres, moléculas polares, y cambios en la composición en los ácidos grasos libres. [Ganesan, 2018]

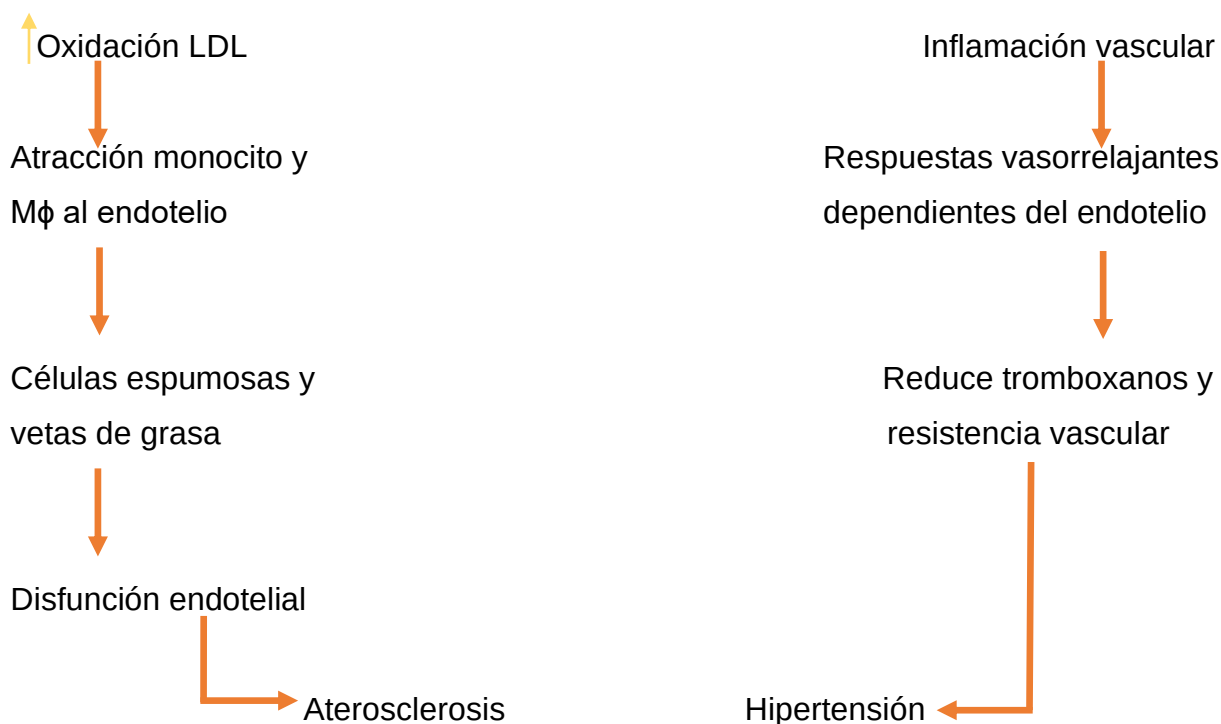
Durante el consumo de estas frituras, el aceite junto con sus productos de degradación puede ingresar en el sistema circulatorio. La práctica de reutilizar de forma muy reiterada el aceite de fritura en la comida implica efectos tóxicos en la

salud. La ingesta de los productos de degradación se ha relacionado con efectos fisiopatológicos asociados con estrés oxidativo. Numerosos estudios han probado que la excesiva ingesta repetida de aceites vegetales calentados puede causar efectos negativos en la estructura ósea y células óseas, e incrementar la incidencia de la hipertensión, disfunción endotelial, complicaciones vasculares, mayor oxidación de las lipoproteínas y, en última instancia, aumento de la aterosclerosis. [Ganesan, et al., 2018]

En la figura 4, se muestra de forma esquemática toda esta relación entre los aceites calentados con la enfermedad cardiovascular.

FIGURA 4. RELACIÓN ENTRE LOS ACEITES DE FRITURA CON LA ENFERMEDAD CARDIOVASCULAR





Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por [Ganesan et al., 2018]

De la literatura revisada [Dobarganes et al., 2015], existe un consenso general que un consumo moderado de aceites usados de frituras bajo prácticas culinarias normales es seguro, pero es evidente también que algunos compuestos formados en dicho proceso pueden perjudicar su valor nutricional o ser potencialmente dañinos. Por lo tanto, es de primordial importancia la mejora del control de calidad de los aceites de fritura utilizados, especialmente en el caso de los alimentos fritos preparados mediante un proceso de fritura discontinua en los que los aceites de fritura usados pueden alcanzar niveles de degradación muy superiores a los establecidos para el consumo humano.

A continuación, se explica la relación entre la ingesta de los aceites vegetales calentados y algunos factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares [Chun-Yi Ng et al., 2014]:

- Hipertensión: El efecto nocivo del aceite oxidado térmicamente sobre la presión sanguínea ha sido demostrado además en humanos, informando que los compuestos polares que indican el grado de degradación del aceite de

cocina se asociaban fuerte y positivamente con la presión arterial alta. Por otra parte, la concentración de ácidos grasos monoinsaturados y fosfolípidos séricos se correlacionaba negativamente con la hipertensión.

A pesar de ello, el mecanismo patológico no estaba del todo claro. Unos estudios más recientes para comprender este mecanismo sugieren que estos aceites vegetales calentados atenúan la relajación vascular, pero aumentan la vasoconstricción, incrementando así la presión arterial en los animales.

- **Dislipidemia:** Un gran número de evidencias han indicado que el incremento de LDL y el descenso de HDL se asocian con un alto riesgo de enfermedad cardiovascular. Además, un nivel alto de triacilglicéridos (hipertrigliceridemia) está relacionado con un mayor riesgo de mortalidad por enfermedad coronaria. En humanos, los estudios realizados revelaron un incremento en los triacilglicéridos séricos, pero sin cambios en el colesterol total, LDL y HDL. Sin embargo, la hipertrigliceridemia posprandial indica que los aceites calentados pueden ser perjudiciales para la función endotelial, lo que se relaciona con enfermedades cardiovasculares.
- **Aterosclerosis:** En diversos ensayos realizados, los resultados sugieren que el consumo de aceites calentados podría ser un factor importante de riesgo de aterosclerosis.

El posible mecanismo aterogénico de los aceites vegetales calentados sigue siendo poco entendido, aunque ciertos estudios parecen indicar que el colesterol oxidado en la dieta fue incorporado en los quilomicrones y entonces transferido al LDL y HDL, contribuyendo a la oxidación de lipoproteínas.

Por lo tanto, los aceites vegetales calentados son responsables en el mecanismo de aceleración de la aterosclerosis debido al incremento de la oxidación lipídica en el LDL circulante.

- **Inflamación, estrés oxidativo y disfunción endotelial:** Se ha observado un aumento del estrés oxidativo postprandial tras la ingesta de aceite de fritura en sujetos humanos. Los niveles más altos de niveles de compuestos de oxidación presentes en los aceites calentados pueden potenciar las actividades antioxidantes endógenas y, por tanto, aumentar las reacciones inflamatorias postprandiales en sujetos humanos.

Por tanto, los resultados encontrados en diversas pruebas clínicas demuestran el impacto perjudicial de los aceites calentados hacia la homeostasis cardiovascular ya que afecta a sus mecanismos inmunológico, antioxidativo y funcional. Un ciclo desregulado entre estos tres factores puede compensar un efecto dominó en la fisiología cardiovascular, incluyendo la hipertensión y la aterosclerosis, lo que se relaciona con el desarrollo de enfermedad cardiovascular.

- Remodelación vascular y lesión endotelial: La remodelación vascular es muy importante tanto en las respuestas fisiológicas normales como en numerosos procesos patológicos de enfermedades. Las pequeñas arterias y arteriolas sufren una amplia adaptación biológica y arquitectónica en respuesta a la alteración del entorno bioquímico y/o fisicoquímico que puede producirse en las enfermedades cardiovasculares graves, como la hipertensión y aterosclerosis. Según los hallazgos disponibles, la ingesta de aceite calentado puede inducir un efecto aditivo (e indirecto) en la remodelación vascular, probablemente a través de la desregulación de factores de crecimiento de las VSMC (por sus siglas en inglés, célula muscular lisa vascular, CMLV) de las células endoteliales y la activación de la expresión génica implicados en la proliferación celular.

A la vista de todo lo anterior, se puede decir que los beneficios protectores cardiovasculares de los aceites vegetales se deterioran cuando los aceites se exponen repetidamente a temperaturas extremas, la humedad y el aire durante la preparación de los alimentos, particularmente en procesos de fritura. A través de una compleja serie de reacciones que ocurren durante una fritura, se forman varios productos de oxidación, que afectan la calidad del aceite química y físicamente. Los aceites calientes pueden aumentar el riesgo de enfermedades cardiovasculares a través del aumento de la presión arterial, afectando el perfil de lípidos e induciendo inflamación vascular. [Chun-Yi Ng et al., 2014]

En la tabla 11 quedan recogidos los productos mayoritarios que resultan de la oxidación de lípidos y su potencial efecto dañino en la salud cardiovascular.

TABLA 11. PRODUCTOS MAYORITARIOS DE LA OXIDACIÓN LIPÍDICA Y SU PERJUICIO A LA SALUD CARDIOVASCULAR

Reacción	Productos clave	Naturaleza	Riesgos potenciales al sistema cardiovascular
Descomposición oxidativa	Alcohol; aldehído; cetona; lactona	Volátil	Los aldehídos incrementan la expresión de CD36, que está implicado en la trombosis, inflamación y aterogénesis, en monocitos
Hidrólisis	Monoacilglicérido; diacilglicérido; glicerol; ácidos grasos libres	Polar	Elevados ácidos grasos libres en plasma se asocian con un incremento del riesgo de enfermedad isquémica del corazón e insuficiencia cardíaca
Escisión homolítica oxidativa (reacción de radicales libres)	Triacilglicéridos con grupos ceto, epoxi, hidroxilo y aldehído	Polar	La forma hidroxilo del ácido graso incrementa la aterogenicidad del perfil de colesterol plasmático

Isomerización	Ácidos grasos trans; ácidos linoleicos conjugados	No polar	Los ácidos grasos trans plasmáticos pueden predecir mejor la muerte por todas las causas y eventos de enfermedad cardiovascular
Oxidación de Maillard	Acrilamida	Tóxico	Los niveles séricos de homocisteína, citrulina y ADMA se incrementan, sugiriendo que la acrilamida en comida podría contribuir al desarrollo de aterosclerosis
Ciclación	Monómeros de ácidos grasos cíclicos	No polar	Una disminución de la actividad de la delta9-desaturasa hepática acompañada por una disminución similar de ácidos grasos monoinsaturados, lo que sugiere que podría afectar el metabolismo de los lípidos

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por [Chun-Yi Ng et al., 2014]

Sobre cada uno de los aceites estudiados en este trabajo, se presenta a continuación los usos más comunes de cada uno en las preparaciones culinarias [Foster et al., 2009]:

- Aceites de oliva: El aceite de oliva se usa más comúnmente como aderezo para ensaladas y para freír alimentos en el hogar, así como un uso repetido para freír en casa. La presencia de antioxidantes naturales puede aumentar la estabilidad del aceite a la oxidación térmica, que de otro modo se deterioraría el aceite a altas temperaturas. Es un aceite popular de uso doméstico por su estabilidad térmica y sabor agradable.
- Aceites de girasol: El aceite de girasol tradicional se usa comúnmente para cocinar y en la preparación de aderezos para ensaladas. También se usa comercialmente para hacer grasas para untar. Sin embargo, no se puede utilizar para hacer alimentos fritos no perecederos debido a su pobre estabilidad oxidativa, a menos que los fabricantes sean muy cuidadosos con el uso del aceite y tomen precauciones contra su inestabilidad oxidativa inherente. El aceite de girasol alto oleico, por otro lado, se puede utilizar para frituras industriales, por lo tanto, se usa comúnmente hoy en día para algunos productos, como patatas fritas. Sin embargo, el aceite de girasol alto oleico es relativamente costoso, y esto ha limitado su uso hasta la fecha. Recientemente, se han desarrollado otras variedades de medio oleico como alternativa, que resultan ser muy buenas para su uso en margarinas y en restaurantes y frituras industriales.
- Aceites de cáñola: Es comúnmente usado como aceite culinario y en frituras en sartén. En Europa, se usa comercialmente en grandes cantidades como aceite de ensaladas, aderezo de ensaladas, mayonesa, grasas para untar y en margarina de repostería.

En la siguiente tabla quedan resumidos los principales usos de cada aceite tanto en el hogar como a nivel industrial:

TABLA 12. USOS MÁS COMUNES EN ACEITES

Tipos	En el hogar	Por la industria
Aceite de oliva	Aderezo ensaladas y frituras superficiales y profundas	Cantidades pequeñas añadidas para grasas de untar
Aceite de girasol	Cocinar y aderezar ensaladas	Comercialmente para fabricar grasas de untar
Aceite de cánoa	Aceite de cocina (no apto para freír por su contenido moderadamente alto contenido de poliinsaturados), aderezo para ensaladas	Aderezos para ensaladas, formulaciones de margarina y mantecas, freír

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por [Foster et al., 2009]

5. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones extraídas de la investigación bibliográfica realizada son:

- El aceite de oliva se ha demostrado como altamente beneficioso para la salud cardiovascular, no sólo por su alto contenido en ácidos grasos monoinsaturados sino también por su contenido de ciertos componentes minoritarios, tanto compuestos polares como no polares, que provocan estos efectos beneficiosos: descenso de colesterol total y LDL, descenso presión arterial, descenso estrés oxidativo, etc.

El aceite de girasol presenta menos beneficios para la salud cardiovascular, aunque para el descenso del colesterol total y LDL sí es efectivo. Su mayor composición en ácidos grasos poliinsaturados que monoinsaturados resulta en una menor incidencia en sentido favorable de factores que mejoran la salud cardiovascular. Sin embargo, en pacientes con algún tipo de dolencia cardíaca, este aceite eleva la susceptibilidad de oxidación del LDL, factor de riesgo para la salud cardiovascular.

El aceite de cáñola también presenta una alta proporción en ácidos grasos monoinsaturados. Por tanto, comparado con cualquier otro aceite con más ratio de saturados, proporciona bastantes efectos positivos en factores que mejoran la salud cardiovascular, como un descenso del colesterol total y LDL, propiedades anti trombóticas, efecto antioxidante, etc.

- Durante el proceso de fritura, las condiciones extremas de temperatura y otros factores externos provocan la degradación de los compuestos del aceite y la generación de otros potencialmente dañinos para la salud cardiovascular. A pesar de que el aceite de oliva es usado más como aderezo, también es un aceite recomendado para las frituras puesto que, por la presencia de antioxidantes, es un aceite bastante estable a la oxidación térmica y al deterioro. Por otro lado, el aceite de girasol presenta una estabilidad oxidativa pobre y puede generar fácilmente compuestos perjudiciales durante la fritura que se adhieren al alimento frito; por ello se suele emplear más en la elaboración de grasas de untar. Por último, el aceite de cáñola suele emplearse en frituras en sartén en el hogar (es decir, no de un uso tan repetido como en una freidora), aunque no es del todo apto para freír por su contenido moderadamente alto en ácidos grasos poliinsaturados, que se degradan más fácilmente; posee un amplio empleo para otros usos como aderezo, para formulaciones de manteca y margarinas, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

[Aguilera et al., 2004] – Aguilera, C., M.; Mesa, M., D.; Ramírez-Tortosa, M., C.; Nestares, M., T.; Ros, E.; Gil, A.; Sunflower oil does not protect against LDL oxidation as virgin olive oil does in patients with peripheral vascular disease; Clinical Nutrition; 2004; 23, 673-681

[Binkoski et al., 2005] – Binkoski, A., E.; Kris-Etherton, P., M.; Wilson, T., A.; Mountain, M., L.; Nicolosi, R., J.; Balance of unsaturated fatty acids is important to a cholesterol-lowering diet; Journal of the American Dietetic Association; 2005; 105: 1080-1086

- [Chun-Yi Ng et al., 2014] – Chun-Yi Ng; Xin-Fang Leong; Masbah, N.; Adam, S., K.; Kamisah, Y.; Jaarin, K.; Heated vegetable and cardiovascular disease risk factors; *Vascular Pharmacology* 61; 2014; 1-9
- [Dobarganes et al., 2015] – Dobarganes, C.; Márquez-Ruiz, G.; Possible effects of frying with vegetable oils; *British Journal of Nutrition*; 2015; 113, S49-S57
- [Foscolou et al., 2018] – Foscolou, A.; Critselis, E.; Panagiotakos, D.; Olive oil consumption and human health; *Maturitas*, 118; 2018; 60-66
- [Foster et al., 2009] – Foster, R.; Williamson, C., S.; Lunn, J.; Culinary oils and their health effects; *British Nutrition Foundation*; 2009; *Nutrition Bulletin*, 34, 4-47
- [Gaforio et al., 2019] – Gaforio et al.; Virgin olive oil and health; *Nutrients*, 2019; 11, 2039
- [Ganesan et al., 2018] – Ganesan, K.; Sukalingam, K.; Xu, B.; Impact of consumption and cooking manners of vegetable oils on cardiovascular diseases; *Trends in Food Science & Technology*, 71; 2018; 132-154
- [Ghazani, et al., 2013] – Ghazani, S., M.; Marangoni, A., G.; Minor components in Canola Oil; *Journal of the American Chemical Society*; 2013; 90:923-932
- [Giakoumis, 2018] – Giakoumis, E., G.; Analysis of 22 vegetable oils' physico-chemical properties and fatty acid composition on a statistical basis, and correlation with the degree of unsaturation; *Renewable Energy* 126; 2018; 403-419
- [Gotor et al., 2016] – Gotor, A., A.; Rhazi, L.; Effects of refining process on sunflower oil minor components; *Oilseeds & fats Crops and Lipids*; 2016; 23(2), D207
- [Jiménez-López et al., 2020] - Jiménez-López et al.; Bioactive Compounds and Quality of Extra Virgin Olive Oil; *Foods*, 2020; 9, 1014
- [Kim et al., 2010] – Kim, J.; Kim, D., N.; Lee., S., H.; Yoo, S-H.; Lee, S.; Correlation of fatty acid composition of vegetable oils with rheological behaviour and oil uptake; *Food Chemistry* 118; 2010; 398-402
- [Loganes et al., 2016] – Loganes, C.; Ballali, S.; Minto, C.; Main Properties of Canola Oil Components; *The Open Agriculture Journal*; 2016; 10, 69-74
- [López-Miranda et al., 2010] – López-Miranda et al.; Olive oil and health; *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*; 2010; 20, 284-294

[Lin et al., 2013] – Lin, L.; Allemekinders, H.; Dansby, A.; Campbell, L.; Durance-Tod, S.; Berger, A.; Jones, P., JH.; Evidence of health benefits of canola oil; Nutrition Reviews; Vol. 71(6):370-385

[Orsavova et al., 2015] – Orsavova, J.; Misurcova, L.; Ambrozova, J., V.; Vicha, R.; Mlcek, J.; Fatty acids composition of vegetable oils and Its Contribution to Dietary Energy Intake and Dependence of Cardiovascular Mortality on Dietary Intake of Fatty Acids; International Journal of Molecular Sciences; 2015; 16, 12871-12890

[Przybylski et al., 2005] – Przybylski, R.; Mag, T.; Eskin, N., A., M.; McDonald, B., E.; Canola oil; Bailey's industrial oil and fat products; 2015; 2, 61-122.

[Yubero-Serrano et al., 2019] – Yubero-Serrano, E., M.; López-Moreno, J.; Gómez-Delgado, F.; López-Miranda, J.; Extra virgin olive oil: More than a healthy fat; European Journal of Clinical Nutrition; 2019; 72:8-17