



**FACULTAD DE FARMACIA  
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE**

**TRABAJO FIN DE GRADO  
ACEITE DE AGUACATE: EXTRACCIÓN,  
COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES  
BENEFICIOSAS**

Autora: Paula Amo Viagel

Fecha: julio 2020

Tutora: María Luisa Pérez Rodríguez

## **ÍNDICE**

RESUMEN .....	2
ABSTRACT .....	2
1 INTRODUCCIÓN .....	2
2 OBJETIVOS .....	5
3 MATERIAL Y MÉTODOS .....	6
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4.1 Métodos de extracción del aceite de aguacate .....	6
4.2 Composición del aceite de aguacate .....	9
4.3 Propiedades beneficiosas del aceite de aguacate.....	14
5 CONCLUSIONES .....	18
6 BIBLIOGRAFÍA .....	19

## RESUMEN

El aguacate es un fruto tropical ampliamente consumido en la actualidad tanto como ingrediente en muchos platos y elaboraciones como alimento *per se* por sus propiedades nutricionales, su composición y los beneficios que se están demostrando paulatinamente que tiene. Se dice que es un alimento funcional del cual se han empezado a obtener distintos productos derivados como es el aceite de aguacate, el cual es el tema central de este trabajo. El aceite de aguacate es un aceite vegetal que se puede extraer de distintas formas obteniendo diferentes propiedades en función de esto que van a ser estudiadas. Los componentes de este producto, que también serán analizados, ya han demostrado tener importantes beneficios por sí mismos, aunque otro objetivo de esta revisión será comprobar si el aceite de aguacate como ingrediente ejerce una acción beneficiosa para la salud y sobre qué aspectos. Este último ámbito no ha sido muy investigado hasta el momento pero con la expansión del uso del aceite de aguacate y del aguacate se está empezando a promover su estudio.

**Palabras clave:** aguacate, aceite de aguacate, beneficios, salud, propiedades, composición, extracción.

## ABSTRACT

The avocado is a tropical fruit widely consumed nowadays not only as an ingredient in many dishes and food elaborations but also as a food itself due to its nutritional properties, composition and the benefits which are being demonstrated gradually. It is said that the avocado is a functional food from which it people have began to obtain some derived products such as the avocado oil, that is the main topic in this work.

The avocado oil is a vegetable oil that can be extracted from diverse forms, thus getting different properties depending on the way it is drawn out and which will be studied later. While the components of this product, which are being analyzed too, have already been demonstrated to have important benefits by themselves, another of the objectives of this review will be to prove if the avocado oil as a whole exerts a beneficial action on health and on what aspects. This last scope has not been heavily investigated until this moment but due to the growth of the use of the avocado oil and the avocado, its study has been growing steadily and being promoted as a subject of interest.

**Key words:** avocado, avocado oil, benefits, health, properties, composition, extraction.

## 1 INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana* Mill.) o “alligator pear” es una fruta carnosa proveniente del árbol del mismo nombre, que tiene hoja perenne y pertenece a la familia *Lauraceae*.

Además de forma oval, parecida a la de una pera, presenta un tamaño de aproximadamente 5-6 cm de longitud, y suele pesar 200-400 g; sin embargo, esto depende de la variedad a la que pertenezca el fruto, la cual también determina el tono de color verdoso de la piel. Tiene en su interior una semilla de forma redondeada de unos 2-4 cm cubierta de una capa leñosa de color marrón (1,2).

Considerado una fruta tropical, se trata de un fruto en baya, a pesar de la discusión que se ha mantenido de forma habitual por ser confundido con una drupa. Este desacuerdo se debe a que esta fruta posee un estrato esclerenquimatoso en la composición de la envoltura de la semilla que, aunque es confundido con el endocarpio, se trata de la testa. Lo que definitivamente hace que el aguacate se defina como una baya monosperma es la tendencia de crecimiento simple sigmoide que tiene y el endospermo frágil que lo compone.

Podemos definir, por tanto, 3 capas en el pericarpio del aguacate: el endocarpio, que es la capa más interna, la cual comprende la cubierta de la semilla; el mesocarpio, la capa intermedia, que corresponde a la pulpa oleaginosa de tonalidades comprendidas entre el color crema, el amarillo y el verde; y el exocarpio, que corresponde a la cáscara (3).

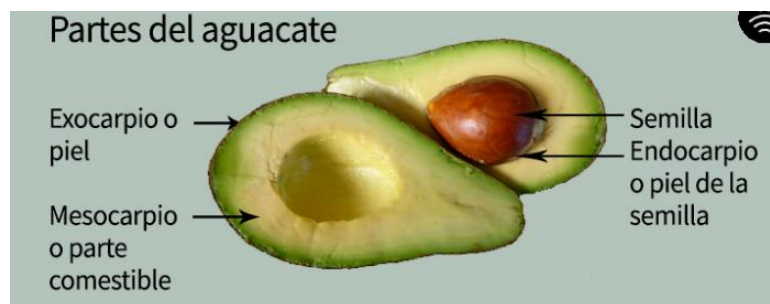


Imagen 1: estructura del pericarpio del aguacate (4).

El mesocarpio del aguacate tiene una estructura moderadamente uniforme de células parenquimáticas de pared fina y células idioblásticas de pared gruesa. Estas últimas se distribuyen alrededor de las células parenquimáticas en una disposición de forma circular. La mayor parte del mesocarpio está compuesto por células del parénquima, aunque ambos tipos de células contienen aceite en su interior. Los lípidos mayoritarios en el mesocarpio son los triacilglicéridos, los cuales se agrupan en numerosas gotas en el citoplasma de las células parenquimáticas, mientras que en las células idioblásticas aparecen en una gran gota de aceite que se dispersa por todo el citoplasma (5).

El aguacate considerado como “verdadero aguacate” corresponde a la especie *Persea americana* Mill., la cual pertenece al subgénero *Persea*, y tiene unas dimensiones superiores al que proviene del otro subgénero. Se distinguen 3 razas de aguacates: mexicana, guatemalteca y antillana; que se consideran incluidas dentro de la misma especie (6).

De todas las variedades, destacan entre las más comercializadas: Hass, Bacon, Fuerte, Reed y Pinkerton (2,7). La variedad Hass es la más conocida y comercializada en México, España y el resto del mundo por su pulpa amarilla de gran calidad y no muy fibrosa, su periodo de recolección extenso y su sabor y calidad, aunque la tolerancia a bajas temperaturas no es muy fuerte comparada, por ejemplo, con la variedad Bacon, la cual desarrolla unos frutos grandes más tolerantes al frío y a zonas con vientos más habituales, pero no tienen tanta calidad de la pulpa como los Hass. La variedad Fuerte, de piel menos gruesa que otros, es también de las más cultivadas a pesar de tener frutos más delicados que los de la variedad Hass. Por último, destacamos las variedades Reed (de frutos más redondos) y la variedad Pinkerton, ambos con una buena calidad también.

El árbol del aguacate alcanza en plantaciones comerciales para el cultivo alrededor de 5 metros para permitir de una manera más fácil los procesos de cosecha, poda, fertilización y

control fitosanitario (8), pero podría llegar a medir entre 20 y 30 metros. Las mejores condiciones para el desarrollo de los frutos son temperaturas de entre 15 y 20°C (1), y las variaciones que puedan producirse en el entorno es probable que afecten a la eficiencia con la que los árboles llevan a cabo la fotosíntesis, al crecimiento del árbol y a la maduración del aguacate (9).

La producción del aguacate se puede ver afectada por varios tipos de enfermedades que pueden limitar económicamente la producción y disminuir la calidad del fruto (8). Destacan entre estos trastornos el viroide de mancha solar, la antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides* o la podredumbre que producen las especies del género *Phytophthora*, que es la enfermedad que más daño provoca en el aguacate.

El aguacate es originario de zonas tropicales y subtropicales en Centroamérica y México (8) y la evidencia más antigua de su consumo data según algunos artículos entre los años 8000 y 7000 a.C. (6) y en otros alrededor del 1500 a.C. (8). A raíz de la conquista de América por los españoles, se llevó el aguacate alrededor del año 1600 a España (6) y, posteriormente se distribuyó su cultivo llegando a todo el planeta (10).

De su composición cabe destacar el aporte lipídico, que puede alcanzar el 25% (11), más elevado que en otras frutas, y la cantidad de agua, que es menor que en la mayoría de las frutas (2). Estos lípidos que contiene el aguacate se consideran aceites, ya que permanecen en estado líquido y no sólido a temperatura ambiente, y esto ocurre debido a que en su mayoría son grasas insaturadas y monoinsaturadas y entre las que destaca el ácido oleico (12). Es fuente de numerosos minerales como potasio, fósforo, magnesio, calcio y sodio (11) y de casi todas las vitaminas que necesita el organismo, exceptuando la vitamina B12 y destacando especialmente las vitaminas E y C (12). También se han aislado importantes cantidades de compuestos bioactivos como carotenoides, entre los cuales se encuentran la luteína (que es el mayoritario), el  $\alpha$ -caroteno, el  $\beta$ -caroteno, la zeaxantina, la neoxantina y la violaxantina (10); y fitosteroles como el  $\beta$ -sitosterol (11).

Nutriente nº	Nombre	Cantidad	Nutriente nº	Nombre	Cantidad
1	Azúcares totales	0,2 g	11	Vitamina B6	0,2 mg
2	Ácidos grasos monoinsaturados	6,7 g o 114 kcal	12	Niacina	1,3 mg
3	Sodio	5,5 mg	13	Ácido pantoténico	1 mg
4	Potasio	345 mg	14	Riboflavina	0,1 mg
5	Magnesio	19,5 mg	15	Colina	10 mg
6	Vitamina A	43 $\mu$ g	16	Luteína/Zeaxantina	85 $\mu$ g
7	Vitamina C	6 mg	17	Fitosteroles	57 mg
8	Vitamina E	1,3 mg	18	Fibra dietética	4,6 g
9	Vitamina K1	14 $\mu$ g			
10	Folatos	60 mg			

Imagen 2: tabla ejemplo de la composición de medio aguacate (68 g) de la variedad Hass, elaboración propia a partir de (10).

Por cada 100 gramos de este fruto se aportan una media de 128 a 223 kcal (1) y su porción comestible es de 71 gramos por cada 100 gramos de producto fresco (2). Un aguacate que tenga un peso de alrededor de 200 gramos puede aportar el 33% de las ingestas recomendadas (IR) de vitamina B6 a un hombre de entre 20 y 39 años y una actividad física media y el 38% de las IR de vitamina B6 a una mujer con las mismas particularidades (2).

Del árbol del aguacate se pueden llegar a obtener 138 kg de frutos transcurridos 7 años desde la siembra, por lo que tiene un rendimiento muy elevado (11). Tras la cosecha del aguacate este completa su maduración, produciéndose así un cambio en su metabolismo y su frecuencia respiratoria, que aumenta, como lo hace también la producción de etileno aumentando a su vez el perecimiento de la fruta. Además de este perecimiento causado por el etileno, existen otros factores como el daño mecánico, fisiológico o bioquímico, que es posible que cambien el color, el sabor, el olor o la textura de la fruta, y pueden no ser observados exteriormente aunque la pulpa vaya deteriorándose en el interior.

Para retrasar el máximo tiempo posible la podredumbre del aguacate se recomiendan la aplicación de cera o el embalaje refrigerado, sin embargo, el almacenamiento en frío puede causar efectos negativos en la concentración de lípidos (11).

Otros factores que pueden afectar a esta fruta son el pardeamiento enzimático producido por la enzima polifenol oxidasa (PPO) y la degradación que causa la enzima peroxidasa, ya que se producen grandes pérdidas económicas y se reduce la calidad del aguacate comercializado. Con el objetivo de disminuir esta acción enzimática se pueden usar acidulantes como el ácido cítrico, y para retrasar la acción del etileno se puede utilizar el 1-metilciclopropeno como inhibidor de su actividad (11).

Cuando se alcanza la maduración del aguacate significa que es el momento ideal para su consumo o procesamiento, y esto se puede saber porque al ejercer presión sobre la fruta se deforma ligeramente y vuelve a su forma original. También se puede comprobar una maduración homogénea cuando la cáscara se desprende sin esfuerzo y en la pulpa se observan superficies de carácter oleoso y tonalidades verdes o amarillas (13).

Actualmente, se reconoce al aguacate como un alimento funcional, considerándose este como aquel alimento con propiedades que mejoran la salud o que previenen la enfermedad además de proporcionar nutrientes (14). Esta afirmación se hace por los compuestos bioactivos que posee en su composición y que pueden traer numerosos beneficios para la salud. También se están investigando estos beneficios en productos elaborados a partir del aguacate como el aceite de aguacate o la mantequilla de aguacate.

## **2 OBJETIVOS**

En esta revisión realizada, el objetivo general ha sido analizar el aguacate como fruta tropical en auge en los últimos años y, más específicamente, el aceite de aguacate, producto derivado de éste. Con el objetivo de conocer más sobre el aceite de aguacate, se han establecido tres objetivos secundarios en este trabajo:

- Estudiar las diversas posibilidades de extracción del aceite de aguacate, en especial las más utilizadas.
- Detallar la composición del aceite de aguacate y las posibles diferencias obtenidas en función del proceso de obtención empleado.

- Distinguir los posibles beneficios para la salud que pueda traer la utilización del aceite de aguacate de distintas formas, especialmente con su consumo.

### **3 MATERIAL Y MÉTODOS**

El método empleado para la realización de este trabajo se trata de una revisión bibliográfica de numerosos artículos científicos y documentos sobre el aguacate y el aceite de aguacate efectuada durante los meses de enero a abril de 2020. Para ello, se han utilizado las bases de datos Medline (Pubmed), Google Académico y ScienceDirect, además de algunas revistas científicas, tratando de encontrar la información más actual sobre estos temas, tanto en inglés como en castellano.

### **4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El aceite de aguacate es un producto obtenido a partir del fruto del aguacate a través de diversos mecanismos de extracción que está siendo estudiado en numerosos campos de la salud por sus posibles beneficios para ésta causados por las sustancias que lo componen.

#### **4.1 Métodos de extracción del aceite de aguacate**

Para obtener este aceite, el primer paso sería lavar, pelar y extraer la semilla de las frutas. Dependiendo del método de extracción que se emplee, puede que el mesocarpio del aguacate necesite de un proceso previo de deshidratación o pulverización (5), ya que este proceso no solo requiere de la ruptura de las paredes celulares de las células que contienen el aceite, sino también de la estructura de la emulsión (15). La deshidratación de mesocarpio puede inactivar la actividad enzimática y la microbiana de forma que se aumenta su vida útil. Existen cuatro técnicas principales aplicadas a la deshidratación del alto contenido de humedad del aguacate: secado al sol, secado al aire, liofilización y secado por microondas. No obstante, es importante tener cuidado con estos procesos, ya que si el tiempo de secado o las temperaturas utilizadas son demasiado elevados, se puede generar un mal sabor (5).

A continuación, se comentarán los principales métodos que se emplean habitualmente para la extracción del aceite de aguacate.

##### **4.1.1 Extracción con disolventes**

El procedimiento de extracción con disolventes es el más usado para separar aceites de recursos o materiales oleosos (16) e implica generalmente procesos de calor o agitación (17). Generalmente se utilizan disolventes que suelen ser apolares (como hexano) y/o basados en alcoholes (como etanol o acetona) y están fuertemente implicados en la eficiencia del proceso de extracción (17). A pesar de poder obtenerse altos rendimientos con este método, tiene inconvenientes como la producción de contaminación y el residuo de disolvente que queda en el producto final (16).

Dentro de este procedimiento destaca la extracción con Soxhlet, también muy común, en la que se utiliza un aparato especial con reflujo que incluye el uso de disolventes y suele utilizarse como método de referencia para comparar unos métodos con otros (18), ya que es una técnica estándar empleada para el análisis del contenido de lípidos en los alimentos (17).

#### **4.1.2 Extracción con ultrasonido**

El empleo del ultrasonido consiste en la aplicación de una energía mecánica que crea ciclos de compresión y expansión al pasar a través de un medio, que en este caso es líquido (5), ya que el mesocarpio se introduce en un disolvente previamente. Al atravesar el líquido en cuestión, los ciclos de expansión generados producen burbujas, aumentando la presión. Las burbujas implosionan cuando han alcanzado un determinado punto de expansión, produciendo el fenómeno de cavitación, el cual es el responsable de la degradación de las paredes celulares de las células que contienen el aceite y de la estructura de la emulsión, liberando de esta forma los componentes del interior de las células en el disolvente usado para la extracción. Diferentes factores como el tamaño de partícula, la humedad del mesocarpio, la temperatura o el disolvente influyen en la eficiencia del método (17).

#### **4.1.3 Centrifugación**

En este método se aplica la fuerza centrífuga para separar una mezcla de partículas líquidas y sólidas en un sobrenadante (aceite) y un sedimento (residuos de células y otros). Para ello, se combina el mesocarpio del aguacate con agua y se agita a una determinada temperatura, en unas condiciones de pH previamente ajustadas y adicionando una cierta cantidad de soluciones de sales inorgánicas antes de proceder a la centrifugación. Estas condiciones previas pueden modificar el rendimiento de la extracción, y según los resultados de algunas pruebas, se ha obtenido que las mejores condiciones serían una temperatura de 75°C, un pH de 5,5 y la adición de una solución al 5% de cloruro de sodio (17).

#### **4.1.4 Extracción enzimática**

Las enzimas son proteínas catalizadoras que, añadidas a materias vegetales que contienen aceite, facilitan la degradación de los componentes de la pared celular y la hidrólisis, entre otros, de polisacáridos estructurales. La extracción enzimática acuosa es la más nombrada en la obtención del aceite de aguacate, y consiste en la adición de enzimas al mesocarpio del aguacate diluido y se incuba a una determinada temperatura antes de someter la mezcla a centrifugación para separar el aceite (17). La  $\alpha$ -amilasa es la enzima que mayor rendimiento consigue alcanzar, seguida de la proteasa y de la celulasa (5). Factores como la enzima empleada, la temperatura y el tiempo de reacción, y la dilución del mesocarpio son los que influyen sobre el rendimiento de este método (16).

#### **4.1.5 Extracción por prensado mecánico**

Es de los métodos más utilizados para la extracción de aceites comestibles de materia vegetal con un alto contenido lipídico. La prensa utilizada para este proceso consiste en un tornillo que presiona el mesocarpio del aguacate a través de una cavidad en forma de barril utilizando la presión continua y la fricción para comprimir el mesocarpio y liberar el aceite (5). El contenido de agua del mesocarpio puede influir de forma significativa en el rendimiento de la obtención, por lo que muchas veces es sometido previamente a tratamientos como trocear, secado con microondas o la adición de aditivos sólidos para facilitar la extracción (16).



#### **4.1.6 Extracción por prensado en frío**

En este caso, a los aguacates ya maduros, enteros y lavados se les eliminan la piel y las semillas y, posteriormente, el mesocarpio se muele con un martillo o un molino hasta lograr una pasta a la que, en ocasiones, se le agrega agua para que tenga una menor viscosidad. Esta pasta se mezcla lentamente después en un tanque horizontal a una temperatura determinada, y es durante esta mezcla cuando se produce la liberación del aceite. La pasta obtenida de este proceso se lleva a un decantador horizontal que separa el agua y el aceite por un lado y los sólidos por otro. Por último, el agua y el aceite se separan por centrifugación (19). Se ha visto que las células parenquimáticas se rompen en su mayoría durante esta extracción, mientras que las idioblásticas permanecen intactas, por lo que se cree que el aceite de aguacate obtenido sería únicamente procedente de las células del parénquima (5).

#### **4.1.7 Extracción por fluidos sub y supercríticos**

La extracción de aceites por fluidos subcríticos implica en este caso el empleo del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el cual se pone en contacto con el material vegetal a una presión y una temperatura menores a las que son críticas para este compuesto (presión menor a 72,9 bar y temperatura menor a 31,3°C), de forma que se mantiene en forma líquida en estas condiciones. Esto permite al CO<sub>2</sub> la extracción de compuestos polares y apolares de la materia vegetal (5). Alcanzar estas condiciones es más fácil que en la extracción por fluidos supercríticos, por lo que hace que este procedimiento tenga un menor coste (17).

Por otro lado, se encuentra la extracción por fluidos supercríticos, en la cual también es habitual el uso del CO<sub>2</sub> como fluido. Se somete a este compuesto a unas condiciones de temperatura y presión por encima de las críticas para él para poder extraer el aceite de la materia vegetal (17). No deja residuos del fluido utilizado (16) y el rendimiento aumenta según se aumenten la temperatura y la presión del proceso (17).

El aceite de aguacate se puede usar en crudo sin la necesidad de un refinado previo, y se clasifica en virgen extra, virgen o puro dependiendo del método de extracción utilizado y de las condiciones en las que se haya realizado el proceso (17). Sin embargo, el aceite obtenido puede tener en su composición altos niveles de ácidos grasos libres o de pigmentos (como la clorofila) que podrían afectar a la calidad y a la capacidad de ser comestible (19), por lo que se puede someter al aceite a un procedimiento de refinación para eliminar los compuestos indeseados y minimizar la pérdida de otros que sí que son deseables en su composición (17).

La refinación del aceite de aguacate consta de cuatro pasos principales: blanqueo, desodorización, acondicionamiento para bajas temperaturas y neutralización. Este refinado tiene en cuenta factores como la estabilidad del aceite, las preferencias del consumidor en cuanto a características organolépticas o el uso al que va a estar dedicado el aceite (cocina, fabricación de margarina, ...), y consigue como resultado un aceite claro, de color suave y con una menor proporción de componentes bioactivos de los que tenía antes de iniciar el proceso (17).

El factor que más influye sobre la disponibilidad del aceite de aguacate es el estado de maduración del fruto, el cual se mide fundamentalmente con el contenido de materia seca de este. La maduración del aguacate puede variar influenciada, entre otros motivos, por la región en la que se cultiva o la estación en la que se recolecta (19).

## **4.2 Composición del aceite de aguacate**

### **4.2.1 Composición lipídica**

Lo primero que se debe tener en cuenta es el perfil lipídico que compone el aceite de aguacate y las posibles variaciones que sufre en función de diversos factores.

El grupo de ácidos grasos predominante en el aceite de aguacate es el de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) (aproximadamente entre 58-72%), seguido por los ácidos grasos saturados (SFA) (entre 13-26%) y de los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) (alrededor de 10-16%) (5,11,17,20).

Individualmente, el ácido oleico (C18:1), que corresponde a los MUFA, es el ácido graso más importante y el que aparece en mayor proporción, en un rango entre 44% y un 67%. Le siguen el ácido palmítico (C16:0) (perteneciente a los SFA) con un 12-30% y el ácido linoleico (C18:2) (PUFA), que se encuentra en un 10-17% (5,10,11,17,19-22).

También cabe destacar los ácidos esteárico (C18:0) (SFA), palmitoleico (C16:1) (MUFA) y linolénico (C18:3) (PUFA), que se encuentran respectivamente y de forma aproximada en un 0,27-1,56%, 4,4-7,44% y 0,54-2,03% (10,17,22).

Otros ácidos grasos presentes en su composición, aunque en pequeñas cantidades, son los ácidos lignocérico, araquídico, margárico, behénico, gadolénico, docosadienoico, mirístico, eicosanoico y tricosanoico (10,22).

La composición en cuanto a ácidos grasos del aceite afecta a la calidad nutricional y a las características físicas y, aunque normalmente este perfil permanece más o menos constante, puede sufrir variaciones en función de la variedad de aguacate utilizada, la región geográfica donde es cultivado el fruto, el momento de la cosecha, la maduración del aguacate o el método de extracción del aceite empleado (11,17).

Se recomienda que el aguacate se deje madurar en el árbol y no una vez cosechado, ya que esto incrementa el contenido en aceite del fruto y además mejora el perfil de ácidos grasos, aumentando los ácidos grasos insaturados y disminuyendo los saturados (20).

Respecto a los cambios en los ácidos grasos debidos al método de extracción del aceite, se ha visto que se obtiene una mayor proporción de ácidos grasos saturados cuando se utiliza extracción por disolventes (como hexano o éter de petróleo) comparado con la extracción por centrifugación, CO<sub>2</sub> en condiciones supercríticas, ultrasonido o por prensado mecánico (5,17); sin embargo, no se han observado cambios significativos en estos perfiles entre un aceite de aguacate virgen y uno refinado (5).

El tratamiento al que se puede someter al mesocarpio previo a la extracción, como la deshidratación, también afecta a las proporciones de ácidos grasos. Se ha comprobado cómo la deshidratación por liofilización de la pulpa aumenta los ácidos grasos insaturados (11) y se mejoran los perfiles de ácidos grasos y de algunos compuestos bioactivos con un secado de la pulpa a 60°C (no así con el secado a 40°C, ya que en este caso las enzimas del aguacate causaron la degradación del aceite) (22).

El ácido oleico es también el ácido graso mayoritario en el aceite de oliva (23), aunque este tiene, comparando el perfil de ácidos grasos, menor proporción de ácidos grasos saturados y

mayor de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (20). A pesar de esto último, es el aceite de aguacate el que, de los dos, presenta unas relaciones PUFA/SFA y omega6/omega3 más elevadas (20). Un aceite comparable al aceite de aguacate sería el de anacardo, ya que presenta unas proporciones de MUFA, SFA y PUFA bastante similares (58%, 20% y 21% respectivamente) (17).

Componente	Cantidad
<b>Grupos de ácidos grasos</b>	
MUFA	58-72%
SFA	13-26%
PUFA	10-16%
<b>Ácidos grasos</b>	
Ácido oleico (C18:1)	44-67%
Ácido palmítico (C16:0)	12-30%
Ácido linoleico (C18:2)	10-17%
Ácido esteárico (C18:0)	0,27-1,56%
Ácido palmitoleico (C16:1)	4,4-7,44%
Ácido linolénico (C18:3)	0,54-2,03%

Imagen 3: tabla resumen de la composición de ácidos grasos y de los grupos en los que estos se dividen en el aceite de aguacate, elaboración propia en base a los datos de (5,10,11,17,19–22).

Los lípidos mayoritarios del aceite de aguacate, sin embargo, son los lípidos neutros (96% aproximadamente), dentro de los cuales predominan los triglicéridos (entre 89-97%), a los que le siguen los diglicéridos con alrededor de un 2-3% y los monoglicéridos (0-6%) (17).

Las características físicas propias de este aceite vienen determinadas, en parte, por el perfil de triglicéridos (17), el cual puede variar en función de diversos factores. Mientras en algunos aceites de aguacate se encuentran, de mayor a menor proporción, los siguientes triglicéridos (17): dioleil-palmitoil-glicerol, trioleil-glicerol, lineoil-oleil-palmitoil-glicerol y linoeil-dioleil-glicerol; en aceites vírgenes de aguacate se encuentran, de mayor a menor, en este orden de proporción (5): trioleil-glicerol (trioleína), palmitoil-dioleil-glicerol, palmitoil-linoeil-oleil-glicerol, lineoil-dioleil-glicerol y dipalmitoil-oleil-glicerol.

Encontramos además, en pequeñas proporciones, glicolípidos, sulfolípidos y galactolípidos (19).

La composición de triglicéridos del aceite de aguacate se ve fuertemente afectada en función de la variedad de aguacate escogida y de la región geográfica donde se cultiva (17), además de elevarse su cantidad al aumentar la maduración del fruto (19). También se ha visto que la composición de triglicéridos del aceite de aguacate virgen varía en función del método de extracción, ya que es mayor la cantidad de triglicéridos triinsaturados cuando se extrae con ultrasonido o con CO<sub>2</sub> como fluido supercrítico que cuando se extrae con hexano como disolvente (5).

## **4.2.2 Fracción insaponificable del aceite de aguacate**

Forman también parte del aceite de aguacate numerosas clases de compuestos fitoquímicos de carácter insaponificable que aportan ciertas características a este producto y que se van a comentar a continuación.

### **4.2.2.1 Vitamina E**

La vitamina E, perteneciente al grupo de vitaminas liposolubles, se compone de un grupo de 8 compuestos diferenciados en dos grupos en función de la saturación de su cadena lateral: tocoferoles, si tienen una cadena lateral saturada; o tocotrienoles, si dicha cadena tiene 3 insaturaciones. Dependiendo del número de grupos metilo y de la posición que estos ocupen en el anillo que conforma la vitamina, los tocoferoles a su vez se pueden clasificar en alfa, beta, gamma o delta tocoferoles (5,23). El  $\alpha$ -tocoferol es la forma mayoritaria de la vitamina E que se encuentra en el aceite de aguacate, seguida del  $\gamma$ -tocoferol,  $\delta$ -tocoferol y  $\beta$ -tocoferol (17). No obstante, no se han encontrado tocotrienoles en la composición del aceite de aguacate (19). Comparado con otros aceites, se observa que el contenido total de tocoferoles (o vitamina E) es mayor que en los aceites de avellana y nuez de macadamia (17) y similar al del aceite de oliva (19).

La presencia de este compuesto ayuda a extender la vida útil del aceite, ya que el  $\alpha$ -tocoferol elimina los radicales libres producidos en las reacciones de oxidación del aceite y ayuda a acabar con estas cadenas de reacciones, reduciendo de esta manera la formación de hidroperóxidos e impidiendo la formación de un sabor rancio. Para conservar esta vitamina, se debe extraer en condiciones con bajos niveles de oxígeno y luz, puesto que son compuestos inestables y sensibles a la luz (19).

Cuando el aceite de aguacate es extraído por métodos como centrifugación o prensado en frío, la concentración de tocoferoles no varía prácticamente entre ellos, sin embargo, sí que lo hace cuando se compara la extracción por fluidos supercríticos realizada en uno o dos pasos (siendo mayor la concentración cuando se dan dos etapas)(17). También se observa que en un aceite de aguacate virgen la cantidad de tocoferoles es mayor cuando se extrae por medio de  $\text{CO}_2$  en condiciones supercríticas que cuando se extrae con ultrasonidos, pudiendo ser así por la solubilidad que tienen los tocoferoles, que son apolares, en un disolvente de extracción apolar tal como el  $\text{CO}_2$  (5). Se sugiere que la cantidad de tocoferoles en el aceite de aguacate depende del método de extracción por el que se ha obtenido, y el perfil de isoformas de la vitamina E puede variar influido por la presencia o no del exocarpio durante algunos procesos de la extracción (21).

### **4.2.2.2 Fitoesteroles**

Los fitoesteroles son esteroides de las plantas cuya estructura química es muy similar a la del colesterol, difiriendo únicamente en un grupo metil o etil en la cadena lateral hidrocarbonada de la molécula (23). La mayoría de estos compuestos son lipofílicos, por lo que suelen estar en cantidades significativas en los aceites; en este caso, son los componentes que representan una mayor fracción de la parte insaponificable de la composición del aceite de aguacate (17). Los fitoesteroles más abundantes en este aceite son, de mayor a menor proporción: sitosterol,  $\Delta$ -5-avenasterol, campesterol y estigmasterol (17,19,23).

Los niveles de sitosterol son más elevados en el aceite de aguacate que en el aceite de oliva (19).

Se ha visto que la estabilidad en general de los fitoesteroles se ve afectada por temperaturas caloríficas y los tiempos a los que se someten estas temperaturas, por la composición lipídica del aceite y por la estructura de los esteroides (17). En los niveles de fitoesteroles se observa que influye el método de extracción, ya que se obtienen mayores niveles cuando se extrae con centrifugación que con prensado en frío (17); y que la mayoría de estos compuestos se ven degradados en el proceso de refinado (5).

El color del aceite de aguacate se debe a la presencia de varios pigmentos comunes en las plantas como los carotenoides o la clorofila (19).

#### **4.2.2.3 Carotenoides**

Los carotenoides son pigmentos naturales responsables de los colores amarillos, naranjas o rojos de los aceites de las plantas. Como precursores de la vitamina A, actúan como antioxidantes inhibiendo las reacciones en cadena que provocan los radicales libres. Los carotenoides que se encuentran en el aceite de aguacate son la luteína, la neoxantina, la anteraxantina y la violaxantina (5,17). Los niveles detectados de estos carotenoides varían en función de la técnica analítica, el cultivo y las condiciones climáticas (17). No se detectan carotenoides en el aceite de aguacate refinado y, además, se ha comprobado que las concentraciones de estos compuestos se ven afectados por el método de extracción del aceite y por la madurez del fruto (5). La disminución que se produce de carotenoides durante el proceso de maduración quiere decir que cuanto más maduro esté el fruto en el momento de la extracción, menor concentración tendrá de estos (5,19). Se produce un aumento de carotenoides en el aceite de aguacate si durante la extracción se deja parte del exocarpio (19,21).

#### **4.2.2.4 Clorofila**

La clorofila es un pigmento presente en las plantas responsable de la absorción de la energía lumínica durante el proceso de la fotosíntesis que proporciona al aceite de aguacate un color verde esmeralda, siendo el pigmento mayoritario en este aceite (5,23). Expuesta a la luz, la clorofila promueve la fotooxidación del aceite, la cual produce la oxidación de los lípidos presentes y la producción de radicales libres, por lo que su presencia puede suponer un efecto negativo sobre la estabilidad oxidativa. Para aumentar esta estabilidad oxidativa y aumentar la vida útil del aceite de aguacate, se recomienda usar botellas oscuras para almacenarlo y evitar la exposición a la luz y al oxígeno (19,23). La concentración de clorofila en el aceite de aguacate es unas diez veces mayor que en el aceite de oliva (23) y, en gran parte, esta concentración depende de la cantidad de exocarpio utilizado en el método de extracción (5,19). Además, se observa que, a medida que la fruta madura, la concentración disminuye por la degradación causada por las clorofilasas y que los métodos de secado previos a la extracción del aceite de aguacate que más conservan la clorofila son el secado por microondas y el secado al horno (21).

#### **4.2.2.5 Compuestos fenólicos**

Los compuestos fenólicos en el aceite de aguacate también son una parte importante en su composición por la influencia que tienen sobre su calidad y estabilidad, y se suelen contabilizar como contenido fenólico total (sus siglas en inglés son TCP – “total phenolic content”-)

expresados en equivalentes de ácido cafeico o equivalentes de ácido gálico (5,17). En el aceite de aguacate virgen se han encontrado cuatro tipos de compuestos fenólicos: apigenina-7-glucósido, ácido p-hidroxibenzoico, ácido cafeico y luteolina (5).

El proceso de refinado se ha visto que podría influir de diferentes formas sobre el contenido de compuestos fenólicos del aceite de aguacate (5,17), así como el proceso de extracción, ya que son moléculas fácilmente modificadas por la oxidación (19).

También influyen en las concentraciones de compuestos fenólicos la maduración del fruto (elevándose la cantidad al aumentar la madurez) y la presencia de la piel en la extracción (aumentando el contenido fenólico). Se ha comprobado que el proceso de extracción por ultrasonido podría elevar también estos compuestos por promover su difusión a la fase oleosa (17).

#### **4.2.2.6 Minerales**

Se encuentran, además, en el aceite de aguacate determinados minerales, como los que se ha visto que tiene el aceite virgen, que son: hierro, calcio, manganeso y selenio, mientras que solo se aprecian trazas de sodio, potasio, magnesio, zinc y cobre. Elementos como el cobre y el manganeso pueden promover la oxidación del aceite afectando a la calidad y almacenamiento; y otros como el selenio tienen actividad antioxidante (5).

#### **4.2.2.7 Perfil sensorial y alérgenos**

Las características organolépticas del aceite de aguacate pueden jugar un papel importante en su comercialización, ya que muchos de los compuestos presentes en el aceite modifican su perfil sensorial, pudiendo, por ejemplo, los compuestos no volátiles acentuar o suprimir la percepción de otros que son volátiles. A pesar de las numerosas similitudes entre el aceite de aguacate y el aceite de oliva, sus atributos sensoriales son muy distintos.

Respecto al sabor del aceite de aguacate, nueve atributos han sido identificados para describirlo: ahumado, lupulado, meloso, herbáceo, anisado, grasiento, fuerte, pastoso y con cierto sabor a pescado. Los tres últimos se consideran negativos, aunque cuando están en pequeñas cantidades no se estiman ofensivos. La piel o exocarpio del aguacate puede aportar atributos negativos como el sabor a pescado o el sabor fuerte en mayores cantidades, pero también lo hace así con el sabor grasiento, considerado positivo (19).

Por otro lado, se debe analizar dentro del perfil sensorial de este aceite el olor que tiene, conformado a su vez por los atributos percibidos por la nariz como aromas. Esta percepción se basa en la existencia de compuestos volátiles que, transportados por el aire, llegan al epitelio olfativo estimulando los receptores sensoriales. Los compuestos volátiles de un aceite así pueden variar en función de variables como el cultivo, la variedad del fruto, la calidad de este antes de la extracción, el procedimiento de obtención y el posterior almacenamiento (5,19). El aceite de aguacate obtenido a partir de frutas de buena calidad (sanas o con menores niveles de podredumbre) tiene mayores niveles de compuestos volátiles deseables como el (E)-2-hexanol, (E)-2-hexenal, hexenal y hexanol, mientras que este mismo aceite obtenido de fruta de calidad pobre (con mayores niveles de podredumbre) tiene altas cantidades de compuestos volátiles no deseables como el ácido acético (17).

El alérgeno más importante en el aguacate provoca una respuesta similar a la que provoca el látex y se ha visto que es un péptido capaz de enlazarse a inmunoglobulina E (IgE). La respuesta

es parecida a la que pueden ocasionar otras frutas como el plátano o la castaña. Aunque las reacciones alérgicas provocadas por proteínas en el aguacate fresco existen, es poco probable que suceda en el aceite de aguacate porque en su extracción se presta especial atención a la eliminación de proteínas, las cuales pueden incluir enzimas que hidrolizan el aceite (como lipooxigenasas) y puedan disminuir su calidad. Además, estas proteínas alergénicas son muy lábiles y es fácil que al elevar la temperatura se degraden (19).

### **4.3 Propiedades beneficiosas del aceite de aguacate**

A lo largo, principalmente, de las últimas décadas, se han demostrado las numerosas propiedades beneficiosas del aguacate para la salud, y ha sido objetivo de este trabajo ver si el aceite de aguacate también posee estos beneficios u otros y sobre qué aspectos del organismo actúa. Estas propiedades observadas se atribuyen a la acción sinérgica de sus componentes en la mayoría de los casos (17).

#### **4.3.1 Efecto sobre los lípidos del organismo (hipolipemiente)**

La hipercolesterolemia se define como la presencia constante de elevados niveles de colesterol y de lipoproteínas de baja densidad (LDL) en sangre, y uno de los factores de riesgo dietéticos más relacionado con esta patología es el consumo prolongado de alimentos ricos en grasas saturadas, grasas trans y colesterol (5).

Se ha visto la acción hipocolesterolemizante del aceite de aguacate virgen extraído con CO<sub>2</sub> en condiciones supercríticas en ratas con hipercolesterolemia inducida por una dieta rica en colesterol. En ratas en las que la patología ya estaba establecida, se continuó administrando durante cuatro semanas una dieta rica en colesterol y, conjuntamente, una cierta cantidad de este aceite de aguacate, observándose después de este tiempo y respecto al grupo control, una elevación de los niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL) y una disminución de los niveles de colesterol total, triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad. Se atribuyeron estos resultados a la acción de los fitoesteroles y los ácidos grasos monoinsaturados del aceite de aguacate (5). Para entender el mecanismo por el cual esto se daba así en estas ratas, se hizo una evaluación de metabolitos en orina por resonancia magnética nuclear (RMN) que evidenciaba, a causa de la administración del aceite de aguacate, el aumento de metabolitos en orina como el citrato, 2-oxoglutarato, succinato, taurina o glutamina, entre otros; mientras que, por otro lado, disminuían otros metabolitos como glucosa, acetona, alanina o lactato. Estos resultados implican que el aceite de aguacate podría ayudar a recuperarse al organismo de una disfunción metabólica inducida por la hipercolesterolemia por vía energética, lipídica, aminoacídica o de la microbiota (5).

En ratas Wistar hembra expuestas a una prolongada estimulación androgénica, tras la administración del aceite de aguacate se observó una mejora de los niveles de triglicéridos, de HDL y lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), lo cual implica un efecto regulatorio directo del perfil lipídico en estas ratas (20).

Además, en un estudio realizado también con ratas Wistar en el que se suplementaba la dieta de éstas con un 5,7% de diferentes aceites vegetales durante dos semanas y con un 11% de estos mismos durante otras tres semanas, se vio que aquellas ratas suplementadas con aceite de aguacate, comparadas con el resto, tenían las menores concentraciones de colesterol total y de LDL y el menor índice LDL/HDL. Esto último indica que el aceite de aguacate tiene un potencial efecto protector vascular (17).

#### **4.3.2 Efecto hipotensor**

La hipertensión se trata de una patología en la que existe una permanente elevación de la presión sanguínea causada por el también constante aumento de presión sanguínea en las arterias. Se clasifica en esencial o secundaria dependiendo de la etiología (5).

Se ha estudiado si el aceite de aguacate contrarresta los efectos nocivos de la hipertensión sobre la presión arterial, el rendimiento vascular renal, la función mitocondrial renal y el estrés oxidativo de una forma similar a cómo lo hace el losartán, fármaco con acción bloqueante de la angiotensina-II (la cual actúa causando la liberación de la aldosterona, que actúa sobre la presión sanguínea aumentándola). Este estudio se realizó en ratas con hipertensión inducida por NG-nitro-L-arginina metil éster (L-NAME) (inhibidor de la óxido nítrico sintasa) a las que se les administró una cierta cantidad de aceite de aguacate durante 45 días. Comparando con las ratas no hipertensas, es decir, el grupo control, se observó que el aceite de aguacate provocaba una disminución de la presión arterial sistólica y diastólica, una mejora de la vasodilatación renal endotelio-dependiente en asociación con una función mitocondrial renal aumentada y una reducción de la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) en el complejo I por la disminución de las concentraciones de glutatión oxidado. Se vio que el aceite de aguacate, por tanto, mimetizaba la acción del losartán atribuyendo también estos resultados a una reducción de la acción de la angiotensina-II sobre las mitocondrias y sugiriendo que una ingesta determinada de aceite de aguacate podría ser un enfoque nutricional para atenuar los efectos nocivos de la hipertensión sobre la función renal (5,20,24). En otra investigación se evaluó el efecto de una dieta rica en aceite de aguacate sobre la respuesta de la presión sanguínea a la angiotensina II y la composición de ácidos grasos de las membranas cardíacas y renales en ratas Wistar macho. Después de dos semanas llevando esta dieta, se apreció un cambio en el perfil de ácidos grasos de los microsomas renales y cardíacos y una mejor respuesta ante la presión arterial inducida por angiotensina II comparando con el grupo control. Se postuló que los cambios de ácidos grasos esenciales en las membranas por el aceite de aguacate provocaba un cambio en la forma en que estos órganos respondían a la aldosterona (17,25).

#### **4.3.3 Efecto cardioprotector**

El efecto cardioprotector causado por la suplementación con aceite de aguacate en ratas con alteraciones metabólicas inducidas por alimentación con sacarosa se observó al apreciar una reducción en los resultados de la prueba de la proteína C reactiva de alta sensibilidad (hs-CRP), en los triglicéridos, las lipoproteínas de baja densidad y las lipoproteínas de muy baja densidad en las ratas tratadas, sin afectar a los niveles de las HDL, por lo que se postuló que el aceite de aguacate puede revertir parcialmente el proceso inflamatorio atribuido al consumo de la sacarosa y mejorar los marcadores bioquímicos relacionados con el desarrollo del síndrome metabólico (17,26).

El sobrepeso y la obesidad se caracterizan por la excesiva acumulación de grasa corporal, la cual es un factor clave en el desarrollo de enfermedades cardiometabólicas (5). Se ha visto que al cambiar en individuos con sobrepeso y que llevan una dieta hipercalórica e hiperlipídica la mantequilla por aceite de aguacate virgen extraído por prensado en frío, se mejoraron los niveles postprandiales (a las dos horas de haber comido) de interleucina-6, proteína C reactiva, glucemia (glucosa en sangre), colesterol total, lipoproteínas de baja densidad, triglicéridos e insulina. Esta mejora ilustra la posibilidad de que el aceite de aguacate module el impacto fisiológico negativo de una dieta hipercalórica e hiperlipídica relacionada con la



salud cardiometabólica. Se atribuye este posible mecanismo al incremento de expresión de ARN mensajero en los receptores activados por proliferadores de peroxisomas (PPAR) gamma y de adiponectina, que pueden reducir el riesgo de obesidad y dislipidemia (5,17,20,27).

#### **4.3.4 Efectos sobre la diabetes**

La diabetes mellitus es un complejo desorden metabólico caracterizado por altos niveles de glucosa en sangre de forma constante que causa hiperglucemia y alteraciones en el metabolismo de hidratos de carbono, lípidos y proteínas. Esto sucede por una deficiencia de insulina, la resistencia a este compuesto, o ambas razones (5).

Se evaluó el efecto de la ingesta de aceite de aguacate durante 90 días sobre el estado oxidativo y la función mitocondrial cerebral de ratas con diabetes inducida por estreptozotocina viendo que se mejoraba la función de las mitocondrias en el cerebro y la relación glutathion reducido/glutathion oxidado. Se vio también que disminuían el estrés oxidativo, la peroxidación lipídica, la actividad del complejo III de la cadena de transporte de electrones y los niveles de triglicéridos en el cerebro, por lo que el aceite de aguacate podría prevenir la disfunción de las mitocondrias cerebrales inducidas por la diabetes y retrasar el inicio de una encefalopatía diabética (5,17,20,28). En otro estudio de condiciones muy similares se determinó además la posibilidad de que el aceite de aguacate atenúe los efectos fisiológicos negativos de la diabetes en las condiciones oxidativas de las mitocondrias hepáticas (5).

En ratas con diabetes y resistencia a la insulina inducida en este caso por una dieta muy alta en sacarosa se estudió el efecto que producía la suplementación con aceite de aguacate viendo que la adición de entre un 5% y un 20% de aceite de aguacate aumentó la sensibilidad a la insulina y normalizó la resistencia a la insulina inducida, además de reducir el peso corporal y mejorar la tolerancia a la glucosa. A partir de un 30% de suplementación con el aceite de aguacate no se observó la misma tendencia, atribuyendo esto a que esta cantidad podría aumentar los ácidos grasos libres y, por consiguiente, alterar la señalización relacionada con la insulina (5,17,29).

#### **4.3.5 Efectos sobre la piel**

Se han estudiado las propiedades del aceite de aguacate sobre la cicatrización de heridas incisionales y escisionales en ratas. Tras 14 días de tratamiento, los porcentajes de contracción y de reepitelización de la herida en las ratas en las que se había aplicado una formulación semisólida de aceite de aguacate (SFAO) eran mejores que en ratas donde se había aplicado vaselina. Se demostró así que la SFAO reducía el número de células inflamatorias en el tejido cicatricial y aumentaba la síntesis de colágeno en el proceso de cicatrización. Estos posibles efectos farmacológicos de la formulación se atribuyeron a compuestos fitoquímicos del aceite de aguacate como las vitaminas A y E y los ácidos grasos de su composición, ya que estos últimos son precursores de sustancias farmacológicamente activas como las prostaglandinas, tromboxanos, prostaciclina y leucotrienos, que están involucrados a su vez en la regulación de la división y diferenciación celular, la angiogénesis y la síntesis de la matriz extracelular. Además, la vitamina E, como ya se ha comentado, tiene importantes propiedades antioxidantes que combaten a los radicales libres responsables de la citotoxicidad y el retraso de la curación de los tejidos (17,30).

También se ha observado el efecto terapéutico de una crema con vitamina B12 que además contiene aceite de aguacate en el tratamiento de placas psoriásicas. Se comparó el efecto de

esta crema con una de calcipotriol, el cual se usa normalmente para tratar esta patología. Después de 12 semanas de terapia en las que se aplicaban las cremas dos veces al día, se vio que la crema con aceite de aguacate tenía efectos parecidos a la de calcipotriol aliviando las placas de psoriasis, por lo que se destacó el potencial del aceite de aguacate como posible terapia tópica bien tolerada de la psoriasis a largo plazo (17,20). Se destaca la tasa de penetración del aceite de aguacate, el cual, por sus efectos calmantes e hidratantes, se ha añadido no solo a cremas farmacéuticas para el tratamiento de la psoriasis si no también para el tratamiento de patologías como la caspa (19).

#### **4.3.6 Efectos sobre la absorción de nutrientes**

El efecto potenciador de la absorción de nutrientes se ha visto en el caso de los carotenoides. En personas que consumían una ensalada baja en grasas pero con ingredientes con un alto contenido en carotenoides a la que se adicionaba aceite de aguacate se ha observado un aumento drástico de la absorción de estos pigmentos comparando con el grupo control, que no tenía el aceite de aguacate. Se destaca de aquí la necesidad de una ingesta de lípidos adecuada para la absorción efectiva de carotenoides (17,31).

#### **4.3.7 Efectos antimicrobianos**

Las intoxicaciones alimentarias están generalmente causadas por la ingesta de alimentos o bebidas contaminados con bacterias, virus, parásitos o productos químicos y suelen cursar con diarrea, náuseas, calambres estomacales y vómitos. En un estudio con aceite de aguacate virgen extraído por prensado en frío se observaron las propiedades antimicrobianas de éste respecto a varios microorganismos Gram positivos y Gram negativos, viendo que este producto tenía actividad inhibitoria sobre las bacterias Gram negativas pero no sobre las Gram positivas. Se determinó que probablemente este hecho se debiera a la capacidad hidrofóbica del aceite de aguacate de atravesar el lipopolisacárido de las paredes celulares de las bacterias Gram negativas (5).

#### **4.3.8 Efecto antiartrítico**

La mezcla de los componentes insaponificables de los aceites de aguacate y soja en proporción 1:2 respectivamente, con las siglas ASU en inglés, ha demostrado tener propiedades beneficiosas para la osteoartritis y podría ser una alternativa a los antiinflamatorios no esteroideos (AINE) y al paracetamol para el tratamiento de los síntomas de esta patología. Se ha visto que esta mezcla reduce los efectos de la citoquina proinflamatoria IL-1 $\beta$  al interferir en la inducción de elementos activados por el factor NF- $\kappa$ B y, además, suprime el factor TNF- $\alpha$ , la ciclooxigenasa 2 (COX-2), la prostaglandina E2 y la expresión inducible de la óxido nítrico sintasa, causando un potente efecto antiinflamatorio. También mejoró la síntesis de colágeno y proteoglicano y disminuyó la síntesis de fibronectina, que junto con lo anterior, juegan un importante papel en el desarrollo de la osteoartritis (10,17,19,20).

#### 4.3.9 Efectos sobre la enfermedad periodontal

La enfermedad periodontal es una condición patológica en la que se inflama la estructura de soporte dental. En un estudio *in vitro* se observó que la mezcla ASU previamente nombrada puede ejercer una acción preventiva sobre el daño erosivo causado por IL-1 $\beta$ , que es el principal impulsor de la pérdida ósea y la destrucción de tejidos en las enfermedades de encías (17).

#### 4.3.10 Efecto hepatoprotector

La enfermedad del hígado graso no alcohólico se trata de la acumulación de lípidos en el interior de los hepatocitos sin que haya una ingesta significativa de alcohol que suele estar causada por una alta ingesta de grasas en la dieta, la lipogénesis hepática de novo y la lipólisis del tejido adiposo. En ratas con hipercolesterolemia provocada por una dieta alta en colesterol, los hepatocitos presentan esteatosis micro y macrovesicular difusa. Las gotas de grasa pequeñas correspondientes a la esteatosis microvesicular se forman originalmente en retículo endoplasmático, y posteriormente se fusionan dando lugar a la esteatosis macrovesicular. Al suplementar estas ratas con dicha dieta con cierta cantidad de aceite de aguacate se observó que mejoraba la acumulación de lípidos en los hepatocitos (5).

#### 4.3.11 Efectos toxicogénicos

Se ha demostrado que el aceite de aguacate no es genotóxico en condiciones *in vitro* e *in vivo* con ratones, aunque en la dosis de este aceite más elevada que se administró se vio un aumento de aspartato aminotransferasa (AST), enzima hepática, que indicaba que se había producido daño tisular en el hígado. Esta alteración se atribuyó a las altas concentraciones de ácido palmítico que posee el aceite de aguacate, el cual, además, demostró ser efectivo en la reducción del daño producido a los cromosomas por dos mutágenos como son el metanosulfonato de metilo (MMS) o la doxorubicina (DXR) (20,32).

## 5 CONCLUSIONES

Son numerosos los métodos de extracción por los que el aceite de aguacate puede ser obtenido y, por lo que se ha visto, dependiendo de cuál se escoja el producto final tendrá unas características u otras.

Según lo investigado en el aceite de aguacate, para obtener los mejores índices de calidad se debe secar el mesocarpio a 60°C mediante un procedimiento de obtención de vacío y después extraerse por medio de disolventes. Por otro lado, para conservar los compuestos bioactivos del aceite lo mejor es secar la pulpa a 60°C y, posteriormente, extraer por prensado en frío. Combinando ambos objetivos, el mejor procedimiento para la obtención de un aceite de aguacate con excelentes propiedades bioactivas y dentro de los parámetros de calidad recomendados es secar el mesocarpio a 60°C en un horno de vacío y una posterior extracción por prensado mecánico (22).

Es importante la cantidad y la variedad de compuestos que tiene el aceite de aguacate en su composición por las propiedades que cada uno de éstos aporta al producto y a la salud del consumidor. Cabe destacar en especial su composición de ácidos grasos y, de la fracción insaponificable, la vitamina E y los fitoesteroles.

Respecto a las propiedades beneficiosas que tiene el aceite de aguacate para la salud, también se han demostrado un gran número de ellas, destacando su efecto hipolipemiante y antihipertensivo, por lo que podría recomendarse su ingesta y uso a la población, aunque se concluye que es necesaria la realización de más estudios, especialmente en individuos humanos, ya que la mayoría de los realizados hasta la actualidad están hechos con ratas u otros animales.

## **6 BIBLIOGRAFÍA**

1. Interempresas Media SL /201. Aguacate - Información general [Internet]. [Consultado 20 Abr 2020]. Disponible en: <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Aguacate.html>
2. Fundación Española de la Nutrición. Aguacate [Internet]. [Consultado 22 Abr 2020]. Disponible en: <http://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/aguacate.pdf>
3. Barrientos Priego AF, García Villanueva E, Avitia García E. ANATOMÍA DEL FRUTO DE AGUACATE, ¿DRUPA O BAYA? Rev Chapingo Ser Hortic. 1996;2(1942):189–98.
4. Ruiz S. El aguacate en España, variedades y cuidados | Plantae [Internet]. 2019 [Consultado 7 May 2020]. Disponible en: <https://plantae.garden/el-aguacate-en-espana-variedades-y-cuidados/>
5. Tan CX. Virgin avocado oil: An emerging source of functional fruit oil. J Funct Foods. 2019 Mar 1;54:381–92.
6. Barrientos A, López L. Historia y genética del aguacate. Mem Fund Salvador Sánchez Colín [Internet]. 1998 [Consultado 20 Abr 2020];(6):100–21. Disponible en: [www.avocadosource.com/.../CICTAMEX\\_1998-2001\\_PG\\_100-121.pdf](http://www.avocadosource.com/.../CICTAMEX_1998-2001_PG_100-121.pdf)
7. Agromática. Variedades de aguacate [Internet]. 2015 [Consultado 27 Abr 2020]. Disponible en: <https://www.agromatica.es/variedades-de-aguacate/>
8. Pérez Álvarez S, Ávila Quezada G, Coto Arbelo O. Revisión bibliográfica: El aguacatero (Persea americana Mill). Cultiv Trop [Internet]. 2015 [Consultado 19 Abr 2020];36(2):111–23. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.19879.55200>
9. Shezi S, Magwaza LS, Mashilo J, Tesfay SZ, Mditshwa A. Photochemistry and photoprotection of ‘Gem’ avocado (Persea americana Mill.) leaves within and outside the canopy and the relationship with fruit maturity. J Plant Physiol. 2020 Mar 1;246–247:153130.
10. Ranade SS, Thiagarajan P. A review on Persea Americana Mill. (Avocado)- Its fruit and oil. Int J PharmTech Res [Internet]. 2015 [Consultado 30 Abr 2020];8:72–7. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/283777915\\_A\\_review\\_on\\_Persea\\_Americana\\_Mill\\_Avocado-Its\\_fruit\\_and\\_oil](https://www.researchgate.net/publication/283777915_A_review_on_Persea_Americana_Mill_Avocado-Its_fruit_and_oil)
11. Fonseca Duarte P, Alves Chaves M, Dellinghausen Borges C, Barboza Mendonça CR. Avocado: characteristics, health benefits and uses. Ciência Rural [Internet]. 2016 [Consultado 4 May 2020];46:747–54. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20141516>
12. Ortega Tovar MA. VALOR NUTRIMENTAL DE LA PULPA FRESCA DE AGUACATE HASS. 2003.
13. Rodríguez Fonseca PE, Escobar JV, Grisales NY. Protocolo de almacenamiento y maduración de aguacate cv. Hass (Persea americana Mill.) en Antioquia. 2019.
14. Sanginés L. Aguacates en alimentación humana y animal. Una reseña corta. Rev Comput Prod Porc. 2008;15(número 3):211–5.
15. Costagli G, Betti M. Avocado oil extraction processes: method for cold-pressed high-quality edible oil production versus traditional production. J Agric Eng [Internet]. 2015 [Consultado 15 May 2020];46(467):115–22. Disponible en: <https://www.agroengineering.org/index.php/jae/article/view/467/492>
16. Qin X, Zhong J. A Review of Extraction Techniques for Avocado Oil. J Oleo Sci [Internet]. 2016 [Consultado 15 May 2020];65(11):881–8. Disponible en: <http://www.jstage.jst.go.jp/browse/jos/http://mc.manuscriptcentral.com/jjocs>

17. Tan CX, Mohd Ghazali H. Avocado (*Persea americana* Mill.) Oil. In: Fawzy Ramadan M, editor. Fruit Oils: Chemistry and Functionality. Springer; 2019. p. 353–76.
18. Abaide EL, Zobot GL, Tres M V, Martins RF, Fagundez JL, Nunes LF, et al. Yield, composition, and antioxidant activity of avocado pulp oil extracted by pressurized fluids. Food Bioprod Process [Internet]. 2017;102:289–98. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2017.01.008>
19. Woolf A, Wong M, Eyres L, McGhie T, Lund C, Olsson S, et al. Avocado Oil. In: Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils. 2009. p. 73–125.
20. Flores M, Saravia C, Vergara CE, Ávila F, Valdés H, Ortiz-Viedma J. Avocado Oil: Characteristics, Properties, and Applications. Molecules. 2019;24(2172):1–21.
21. Santana I, Castelo-Branco VN, Mello Guimaraes B, Silva L de O, Di Sarli Peixoto VO, Corrêa Cabral LM, et al. Hass avocado (*Persea americana* Mill.) oil enriched in phenolic compounds and tocopherols by expeller-pressing the unpeeled microwave dried fruit. Food Chem [Internet]. 2019;286:354–61. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.014>
22. Krumreich FD, Borges CD, Mendonça CRB, Jansen-Alves C, Zambiasi RC. Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. Food Chem [Internet]. 2018;257:376–81. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.048>
23. López Olivos S. Health benefits of avocado oil [Internet]. Disponible en: [www.paltita.com](http://www.paltita.com)
24. Márquez-Ramírez CA, Hernández de la Paz JL, Ortiz-Ávila O, Raya-Farias A, González-Hernández JC, Rodríguez-Orozco AR, et al. Comparative effects of avocado oil and losartan on blood pressure, renal vascular function, and mitochondrial oxidative stress in hypertensive rats. Nutrition [Internet]. 2018;54:60–7. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.02.024>
25. Salazar MJ, El Hafidi M, Pastelin G, Ramírez-Ortega MC, Sánchez-Mendoza MA. Effect of an avocado oil-rich diet over an angiotensin II-induced blood pressure response. J Ethnopharmacol. 2005;98:335–8.
26. Carvajal-Zarrabal O, Nolasco-Hipólito C, Aguilar-Uscanga MG, Melo-Santiesteban G, Hayward-Jones PM, Barradas-Dermitz DM. Avocado Oil Supplementation Modifies Cardiovascular Risk Profile Markers in a Rat Model of Sucrose-Induced Metabolic Changes. Disease Markers. 2014;2014.
27. Busch Furlan CP, Costa Valle S, Östman E, Maróstica Jr. MR, Tovar J. Inclusion of Hass avocado-oil improves postprandial metabolic responses to a hypercaloric-hyperlipidic meal in overweight subjects. J Funct Foods [Internet]. 2017;38:349–54. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.09.019>
28. Ortiz-Avila O, Esquivel-Martínez M, Olmos-Orizaba BE, Saavedra-Molina A, Rodríguez-Orozco AR, Cortés-Rojo C. Avocado Oil Improves Mitochondrial Function and Decreases Oxidative Stress in Brain of Diabetic Rats. J Diabetes Res. 2015;2015.
29. Del Toro-Equihua M, Velasco-Rodríguez R, López-Ascencio R, Vásquez C. Effect of an avocado oil-enhanced diet ( *Persea americana* ) on sucrose-induced insulin resistance in Wistar rats. J Food Drug Anal. 2016;4:1–8.
30. de Oliveira AP, de Souza Franzo E, Rodrigues Barreto R, Pires Cordeiro D, Gonçalves de Melo R, Ferreira de Aquino CM, et al. Effect of Semisolid Formulation of *Persea Americana* Mill (Avocado) Oil on Wound Healing in Rats. Evidence-Based Complement Altern Med. 2013;2013.
31. Unlu NZ, Bohn T, Clinton SK, Schwartz SJ. Carotenoid Absorption from Salad and Salsa by Humans Is Enhanced by the Addition of Avocado or Avocado Oil. American Society for Nutritional Sciences. 2004;431–6.
32. Diniz Niconella H, Rinaldi Nieto F, Beltrame Correa M, Henrique Lopes D, Nunes Rondon E, Ribeiro dos Santos LF, et al. Toxicogenetic study of *Persea americana* fruit pulp oil and its effect on genomic instability. Food Chem Toxicol. 2017;101:114–20.