



Facultad de Veterinaria  
**Universidad Zaragoza**



# Trabajo Fin de

Autor/es

Director/es

Facultad de Veterinaria

---

**ÍNDICE**

<b>1. RESUMEN.....</b>	<b>2</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
3.1 JUSTIFICACIÓN .....	4
3.2 OBJETIVOS.....	5
<b>4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>5</b>
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>5</b>
5.1 PRODUCCIÓN DE PISTACHO ( <i>P. VERA L.</i> ):.....	5
5.1.1 <i>Producción de pistacho a nivel mundial</i> .....	5
5.1.2 <i>Producción de pistacho en España</i> .....	7
5.1.3 <i>Producción de pistacho en Aragón</i> .....	7
5.2 VARIEDADES DE PISTACHO.....	8
5.3 CULTIVO DEL PISTACHO .....	10
5.4 RECOLECCIÓN DEL PISTACHO.....	11
5.5 PROCESADO DEL PISTACHO .....	12
5.5.1 <i>Pelado del pistacho</i> .....	13
5.5.2 <i>Secado del pistacho</i> .....	13
5.5.3 <i>Clasificación de los pistachos</i> .....	17
5.5.4 <i>Almacenamiento del pistacho</i> .....	18
5.5.5 <i>Tostado del pistacho</i> .....	18
5.6 EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE PISTACHO.....	20
5.6.1 <i>Extracción del aceite de pistacho mediante el uso de solventes orgánicos</i> .....	21
5.6.2 <i>Extracción del aceite de pistacho mediante el uso de sistemas de presión</i> .....	22
5.6.3 <i>Extracción del aceite de pistacho mediante el uso de fluidos supercríticos</i> .....	25
5.6.4 <i>La harina de pistacho como subproducto del aceite de pistacho</i> .....	26
5.7 COMPOSICIÓN DEL ACEITE DE PISTACHO .....	26
5.8 USOS DEL ACEITE DE PISTACHO.....	31
5.9 ACEITES DE PISTACHO EN EL MERCADO .....	33
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>35</b>
<b>7. VALORACIÓN PERSONAL.....</b>	<b>36</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>37</b>

## **1. RESUMEN**

### **El aceite de pistacho como producto de elevada calidad**

El pistacho (*Pistachia vera L.*) se consume preferentemente como fruto seco. Sin embargo, contiene una elevada cantidad de ácidos grasos monoinsaturados como el ácido oleico y de ácidos grasos poliinsaturados como el ácido linoleico, que lo convierten en una materia prima con aptitud para la producción de un aceite de consumo de elevada calidad nutricional. En el presente Trabajo Fin de Grado se recopila la información bibliográfica que comprende desde el propio cultivo del pistacho, la recolección y el procesado post-cosecha del pistacho, hasta las distintas técnicas empleadas para la extracción del aceite de pistacho y su composición química, justificando la producción de este aceite de consumo de alto valor económico. También se recoge información de carácter comercial relacionada con los distintos usos del aceite de pistacho (gastronómicos, cosméticos entre otros), así como una recopilación de algunos de los aceites de pistachos que existen actualmente en el mercado internacional.

### **Pistachio oil as a high quality product**

Pistachio (*Pistachia vera L.*) is consumed preferably as a nut. However, it contains a high quantity of monounsaturated fatty acids such as oleic acid and polyunsaturated fatty acids such as linoleic acid, which make it a raw material with aptitude for the production of a high quality consumption oil. In the present university's degree final project is collected the information that comprises from the cultivation of pistachio, the post-harvest processing of pistachio, until the different extraction techniques of pistachio oil and its chemical composition, justifying the production of this consumption oil of high economic value. It also collects commercial information related to the different uses of pistachio oil (gastronomic, cosmetics among others), as well as a compilation of some commercial pistachio oils present in the international market.

## **2. INTRODUCCIÓN**

El pistachero es un árbol perteneciente al género *Pistacia* y a la familia *Anacardiaceae*, que produce un fruto pequeño llamado pistacho o alfóncigo. Este conjunto de especies son dioicas, es decir, tienen pies masculinos y femeninos separados. Pueden llegar a medir alrededor de 10 metros de altura, tienen flores de color verde pardo y racimos con el alfóncigo, que contienen las semillas o las nueces de pistacho de color verde dentro de una cáscara de madera (Gentile *et al.*, 2007). Una vez cultivado, necesita de 4-5 años para empezar a producir (Zamorano, 2017) y la producción es bienal, es decir, la cosecha es más abundante cada 2 años, alcanzándose el máximo de producción a los 20 años después de su cultivo (Noguera Artiaga, 2014).

El pistachero (*Pistacia vera L.*) es una especie originaria de Asia central y suroccidental. Actualmente esta especie se encuentra comercializada alrededor del mundo, y es cultivada principalmente en su zona de origen (países como Siria, Irán, Turquía), la zona mediterránea (España, Italia, Grecia), en EEUU (California) y en otros países que se está comenzando a producir este fruto, como Australia (Aznarte Mellado, 2015).

El pistacho es rico en ácidos grasos monoinsaturados como el ácido oleico y en ácidos grasos poliinsaturados como el ácido linoleico (tabla 1). Los beneficios nutricionales relacionados con un perfil lipídico como el que contiene el pistacho son numerosos: control de las cardiopatías, control del peso corporal y control del nivel glucémico en sangre, entre otros (Bulló *et al.*, 2015). El pistacho es rico en minerales como el potasio (1.025 mg/ 100 g) y el fósforo (490 mg/ 100 g), y además tiene un contenido vitamínico variado, en el cual destacan la vitamina B3 o Niacina (1.300 mg/ 100 g), la vitamina B6 o Piridoxina (1.700 mg/ 100 g) (USDA, 2016) y la vitamina E, principalmente en su forma  $\gamma$ -tocoferol (10.54 mg/ 100 g en la variedad *Bronte*) y en menor proporción en su forma  $\alpha$ -tocoferol (Gentile *et al.*, 2007), siendo la primera incluso más beneficiosa que la forma  $\alpha$ -tocoferol para nuestra salud y absorbida igualmente de forma eficiente (Jiang *et al.*, 2001).

El pistacho contiene una elevada cantidad de aceite, en torno al 45-60% (Lilian Martínez *et al.*, 2016; USDA, 2016), incluso algunos cultivos ecológicos pueden alcanzar el 75% (Ghrab *et al.*, 2010). Debido a este alto contenido en lípidos, el pistacho se utiliza para obtener aceite de consumo, aunque se produce en cantidades muy

pequeñas en comparación con otros aceites de oleaginosas (Lilian Martínez *et al.*, 2016). En la actualidad, el consumidor está empezando a interesarse por los beneficios nutricionales de los alimentos y está demandando al mercado productos con diferentes características organolépticas y nutricionales. El aceite de pistacho es un producto saludable, que presenta una gran actividad antioxidante (Saitta *et al.*, 2011; Tsantili *et al.*, 2011), además de ser una alternativa muy interesante para revalorizar la creciente producción de pistachos en el mundo (Lilian Martínez *et al.*, 2016) y darle salida al mercado a aquellos pistachos que no poseen unas cualidades óptimas para su consumo como snack (Sheibani y Ghaziaskar, 2008).

En la tabla 1 se muestra la cantidad de cada macronutriente por cada 100 gramos de pistacho crudo. Estos valores varían en función de la variedad de pistacho y el tipo de cultivo (secano o regadío) y el clima (Noguera Artiaga, 2014).

Nutriente	Valor por 100 gramos de producto
<b>Energía total</b>	560 Kcal
<b>Proteínas</b>	20,16 g
<b>Lípidos totales</b>	45,32 g
-Ácidos Grasos Saturados	5,90 g
-Ácidos Grasos Monoinsaturados	23,25 g
-Ácidos Grasos Poliinsaturados	14,38 g
<b>Hidratos de Carbono</b>	27,17 g
-Azúcares	7,66 g
-Fibra	10,60 g

**Tabla 1.** Información nutricional del pistacho crudo. (Tabla de elaboración propia a partir de los datos de USDA, 2016).

### **3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

#### **3.1 JUSTIFICACIÓN**

El incremento de la superficie plantada de pistachero en España, la alta producción en otros países del mundo (Irán, EEUU, Turquía), la capacidad de adaptación del pistachero a distintos tipos de suelo de cultivo, la alta cantidad de aceite que posee el pistacho (45-60%) y la existencia de variedades de menor calibre no aptas para consumo como snack que pueden utilizarse para la extracción de aceite de calidad,

son motivos a nivel productivo y económico que justifican la producción del aceite de pistacho.

Hay que tener en cuenta las beneficiosas propiedades nutricionales que posee la fracción lipídica de los pistachos, debido a su gran contenido en ácidos grasos monoinsaturados (como el ácido oleico) y de ácidos grasos poliinsaturados (como el ácido linoleico). Por otra parte, posee una gran capacidad antioxidante y beneficios nutricionales debidos a los micronutrientes presentes en el aceite de pistacho como el  $\gamma$ -tocoferol. Todas ellas son razones de carácter nutricional para aumentar el consumo de este aceite, que en la actualidad es consumido por un porcentaje muy bajo de la población. Además de su excelente calidad nutricional, supone una forma de revalorización de la creciente producción de pistacho al introducir en el mercado un producto de alto valor económico.

### **3.2 OBJETIVOS**

Elaborar un documento que recopile la información bibliográfica del aceite de pistacho que comprenda la producción del pistacho (variedades, zonas de cultivo, datos de producción), el procesado del pistacho, la obtención del aceite de pistacho, la composición química del aceite de pistacho, los usos del aceite de pistacho y los aceites de pistacho existentes actualmente en el mercado.

## **4. METODOLOGÍA**

La elaboración del Trabajo de Fin de Grado se realizó mediante la búsqueda en bases de datos y WEBS, la revisión bibliográfica de artículos científicos, tesis y la integración de toda la información recopilada.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1 PRODUCCIÓN DE PISTACHO (*P. vera* L.):**

#### **5.1.1 Producción de pistacho a nivel mundial**

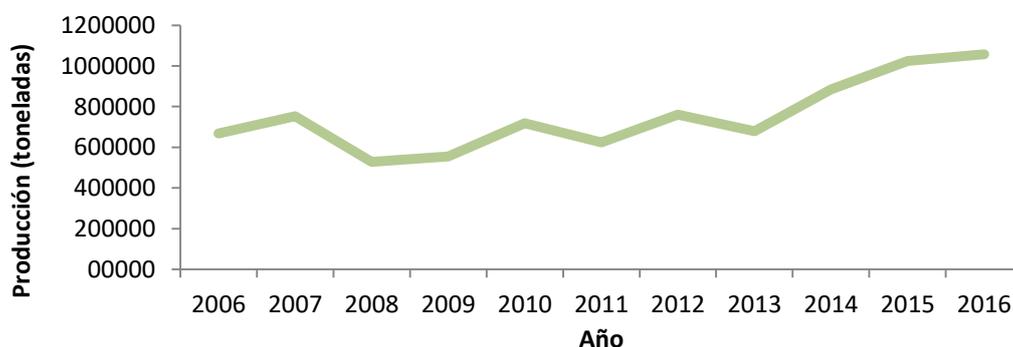
El mercado mundial de pistacho está en creciente aumento, lo que se ve reflejado en que el consumo mundial ha aumentado un 50% en la última década (Velasco Muñoz y Aznar Sánchez, 2016). Los principales consumidores de pistacho a nivel mundial, usando los datos del 2015 aportados por United States Department of Agriculture (USDA) e interpretados por Velasco Muñoz y Aznar Sánchez son: Turquía

con el 19% del consumo mundial de pistacho (104.070 toneladas (t)), los países miembros de la Unión Europea con el 15,2% (83.150 t) y China en tercer lugar con el 15% (81.900 t).

Los datos sobre áreas cosechadas y cantidad producida de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) de 2016 señalan a Irán como el país con más hectáreas de superficie de plantación de pistacho, con 346.000 hectáreas (ha), seguido de los EEUU (96.720 ha), Turquía (60.814 ha) y Siria (55.406 ha).

La producción mundial ha ido aumentando en los últimos años de forma notoria, siendo la producción mundial de pistacho en 2014 de 884.654 toneladas (t), la de 2015 de 1.023.865 t y la de 2016 de 1.057.566 t, duplicando así en el 2016 la producción total de pistacho alcanzada en el año 2008 como se observa en la Figura 1. EEUU encabeza la lista de los países productores de pistacho en el 2016 con una producción total de 406.646 t, siendo la producción principal de EEUU proveniente del Estado de California (Velasco Muñoz y Aznar Sánchez, 2016), seguido de Irán (315.151 t), Turquía (170.000 t) y Siria (56.833 t) (FAOSTAT, 2016). Además, Irán es el país que más cantidad de pistacho exportó en el 2015 al resto del mundo con el 57,4% (191.700 t) de las exportaciones a nivel mundial, seguido de EEUU con el 41,2% (137.714 t) (Velasco Muñoz y Aznar Sánchez, 2016).

Los países mediterráneos más destacados en cuanto a producción de pistacho son Italia, con 3.649 t (2016), Grecia con 6.338 t (2016) y España (FAOSTAT, 2016).



**Figura 1.** Producción mundial de pistachos desde el año 2006 hasta el 2016 (Gráfica de elaboración propia a partir de los datos de FAOSTAT, 2016)

### **5.1.2 Producción de pistacho en España**

Según el informe sobre datos de producción de frutales no cítricos y frutales secos del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAPAMA) de 2016, la superficie de plantación regular en España de pistacho fue de 14.974 hectáreas (ha), de las cuales solo se encontraron en producción 4.831 ha de secano y 1.636 ha de regadío. Además se data el rendimiento de producción en 687 Kg/ha para la producción de secano y 1.430 Kg/ha para la producción de regadío en el año 2016 en España. La producción total de pistacho en España en el año 2016 fue de 5.618 t, incluyendo tanto el peso de la semilla, como el peso de la cáscara. En el análisis provincial de superficie, rendimiento y producción (MAPAMA, 2014) la producción de pistacho en España se dató en 4.052 t, siendo 1.566 t menos que las que se produjeron en el 2016. Esto demuestra el aumento de la producción de pistacho en España, y justifica la necesidad de revalorizar la creciente producción de pistachos (Lilian Martínez *et al.*, 2016) diversificando el producto, siendo la opción más llamativa la de producir aceite de pistacho, que es un producto de alto valor económico.

Según el informe sobre datos de producción (MAPAMA, 2016), las comunidades autónomas españolas que más produjeron en este año fueron: Castilla-La Mancha (4.006 t, un 71,31% de la producción total de España), Andalucía (782 t), Cataluña (335 t), la Región de Murcia (179 t) y Extremadura (138 t).

### **5.1.3 Producción de pistacho en Aragón**

Aragón es la comunidad autónoma española que menos producción tiene de pistacho, si solo tenemos en cuenta a las comunidades autónomas productoras de este fruto. En el informe sobre datos de producción (MAPAMA, 2016) se cuantificó la superficie de plantación regular de pistacho en Aragón en 37 hectáreas (ha), de las cuales solo están en producción 2 ha de secano en la provincia de Huesca. La producción total de pistachos en 2016 en Aragón fue de 2 toneladas (incluyendo la cáscara).

M. Zamorano (gerente de la empresa Pistachos del Sol) afirmó en una entrevista realizada por el Diario del Alto Aragón en 2016 que Huesca cuenta con aquellas características climáticas esenciales para la producción de pistacho, como una alta cantidad de horas de frío durante el invierno, acompañado de un clima seco y caluroso en verano (Huguet, 2016). Además, se están realizando ensayos en el municipio

zaragozano de Aniñón, con el fin de comprobar la adaptación de las variedades Kerman y Aegina al territorio aragonés, debido al incremento de interés por parte de los agricultores aragoneses en comenzar a cultivar pistachos (Zaragoza, 2018). Todo apunta a que el cultivo de pistacho aumentará en Aragón en un futuro debido a la capacidad climática y al aumento de la demanda.

## 5.2 VARIEDADES DE PISTACHO

Existen variedades de floración temprana y tardía. Las variedades de floración temprana florecen entre finales de marzo y principios de abril, y se caracterizan por tener un calibre de fruto más pequeño, y una mayor capacidad de producción que las variedades de floración tardía. Por otro lado, las variedades de floración tardía florecen a mediados de abril, poseen un calibre mayor a las anteriores, pero también una menor capacidad de producción (Zamorano, 2017). Las variedades de floración temprana son de gran interés para la producción del aceite de pistacho, debido a su mayor capacidad de producción y a la falta de aceptación de algunas de estas variedades por el consumidor como snack, debido a su pequeño calibre.

Al ser dioicas, existen variedades hembra como: *Batoury* (Turquía, Siria), *Larnaka* (Chipre), *Kerman* (EUU) y variedades macho como: *M-38* (Siria), *G1* (Centro Agrario el Chaparrillo en Castilla La Mancha) y *Peter* (California, gran polinizador), pudiendo destacar como variedades de mejor rendimiento de cosecha (menor porcentaje de frutos vacíos) las variedades: *Larnaka*, *Avidon*, *Avdat*, *Aegina* y *Kastel*, según las evaluaciones realizadas por El Centro de Mejora Agraria El Chaparrillo situado en Ciudad Real, España (Couceiro López *et al.*, 2005).

Las variedades que mayor calibre de fruto proporcionan son: *Kastel* en primer lugar, haciendo uso de riego de apoyo, en segundo lugar *Kerman* en secano. Por otro lado las variedades que menor calibre de fruto poseen son: *Lathwardy*, *Avidon*, *Boundoky* y *Bronte* (Couceiro López *et al.*, 2005).

Tsantili *et al.* (2011) determinaron como variedades más ricas en fenoles, flavonoides y con mayor actividad antioxidante de las estudiadas las variedades *Pontikis*, *Bronte* y *Cerasola*. Sin embargo, Ojeda-Amador *et al.* (2017) observaron que las variedades con mayor actividad antioxidante eran *Larnaka* y *Avdat*. Esta discrepancia es debida a las diferentes condiciones de extracción del aceite (pistacho crudo o tostado) y método de análisis.

En España podemos destacar dos variedades:

- **Larnaka:** es una variedad de floración temprana y destaca por su alta capacidad de producción. El inconveniente de esta variedad es el pequeño tamaño de fruto que posee, lo cual no es muy apreciado por el consumidor (Zamorano, 2017). Esta podría ser una variedad muy útil en la producción de aceite de pistacho en España, ya que sería una forma de darle una mayor salida comercial a esta variedad de pistacho, que se puede producir en mayor cantidad que otras variedades más usadas, y es menos exigente en los requerimientos climáticos, soportando mejor la climatología húmeda del litoral mediterráneo (Carrera Morales, 2005).
- **Kerman:** esta variedad está imponiéndose en la Península Ibérica, y es la más instaurada en EEUU. Al contrario que la variedad *Larnaka*, esta variedad es de floración tardía, con un menor rendimiento productivo y menor porcentaje de frutos abiertos en secano que las variedades de floración temprana (Couceiro López et al., 2005). El aspecto positivo de esta variedad es el gran calibre que poseen, el cual hace que sean más apreciadas por el consumidor en su consumo como snack (Zamorano, 2017). Se adapta muy bien en las zonas frías del interior peninsular y muy mal en las zonas litorales donde no hay suficientes horas de frío durante el invierno y la humedad ambiental es más elevada (Carrera Morales, 2005).

La producción de pistacho se ve limitada por la necesidad de utilizar un portainjertos donde establecer la variedad de interés, puesto que en aquellas zonas de cultivo donde no crece de forma natural, la germinación de *P.vera L.* se ve muy limitada (Aznarte Mellado, 2015). Un injerto se compone de dos partes, el portainjerto y la variedad deseada, las cuales se desarrollan en conjunto de forma que el portainjerto dota a la variedad de un sistema radicular más potente y una parte aérea más desarrollada (Aznarte Mellado, 2015).

Los portainjertos más utilizados en España son: *Pistacia atlántica Desf.*, *Pistacia terebinthus L.*, así como el híbrido *UCB-1*, el cual, en zonas de regadío afectadas por el hongo *Verticillium dahliae*, se convierte en la única opción viable (Aznarte Mellado, 2015; Zamorano, 2017).

### 5.3 CULTIVO DEL PISTACHO

El pistacho se desarrolla muy bien en climas continentales con inviernos fríos (periodo de latencia del fruto) y veranos largos, secos y cálidos (Carrera Morales, 2005). Necesita unas determinadas horas de frío por debajo de los 7°C en invierno (que varían entre las 300 horas para las variedades tempranas y las 1.200 horas para las variedades tardías) y unas determinadas unidades de calor desde abril hasta septiembre, ya que su falta puede producir retrasos en la maduración (más de 3.100 unidades de calor para las variedades tempranas y más de 3.550 unidades de calor para las variedades tardías) (Couceiro López *et al.*, 2013). El valle central de California dispone de suelo fértil, un clima cálido, seco en verano y frío en invierno, condiciones que resultan idóneas para el cultivo del pistacho (Velasco Muñoz y Aznar Sánchez, 2016).

Una limitación en el cultivo del pistacho son las heladas tardías en primavera durante el periodo de floración y cuajado del fruto. Algunos expertos en este tipo de cultivo (Couceiro López *et al.*, 2013) afirman que las probabilidades de helada tardía en el mes de mayo deben ser menores al 25% para comenzar a cultivar pistacho en una determinada zona.

Este cultivo se adapta bien a las zonas interiores de la península, como la comunidad autónoma de Castilla La Mancha en España, donde se cultiva principalmente la variedad *Kerman*, e incluso a los litorales mediterráneos donde no haya una alta humedad ambiental, como es el caso de Sicilia (Italia) (Carrera Morales, 2005), donde se ha cultivado tradicionalmente la variedad *Bronte* (Gentile, 2007). La humedad ambiental afecta negativamente a este tipo de cultivos por la sensibilidad a las proliferaciones de mohos, siendo el óptimo humedades ambientales por debajo del 50% en los meses de verano. Además un exceso de precipitaciones en primavera puede producir un lavado del polen y dificultar la polinización (Couceiro López *et al.*, 2013).

El pistacho se desarrolla en una gran variedad de suelos (Couceiro López *et al.*, 2013), adaptándose muy bien a suelos pedregosos, calizos, sueltos y bien drenados, y se adapta peor a suelos arcillosos, compactos y mal drenados (siendo el drenaje el factor más limitante en estos cultivos), por su sensibilidad a la asfixia radicular por encharcamiento (Carrera Morales, 2005; Couceiro López *et al.*, 2013). El pistacho se adapta a lugares con escasos recursos hídricos y suelos poco fértiles (Carrera Morales, 2005), como puede ser Aragón o los países de origen como Irán y Siria. Además, las

zonas de cultivo originales poseen un pH alcalino (pH 7,0-8,5), aunque también crece sobre terrenos ligeramente ácidos como los que se encuentran en Sicilia (pH 6,0) (Couceiro López *et al.*, 2013).

A pesar de ser un cultivo muy resistente a la sequía y la salinidad (Couceiro López *et al.*, 2013), el apoyo de un riego incrementa la cosecha, la cantidad de frutos abiertos y disminuye la vecería (Goldhamer, 2005). Noguera Artiaga, (2014) evaluó el efecto del tratamiento de riego deficitario controlado en el cultivo de pistachos de la variedad *Kerman*, que consiste en reducir el aporte de riego en la fase de menor sensibilidad al estrés hídrico. Observó que este tratamiento producía que los pistachos tuvieran una composición total de ácidos grasos mayor, sobre todo de ácido linoleico. El tratamiento de riego deficitario controlado puede ser un sistema muy útil para la obtención de pistachos con un mayor contenido de aceite para su extracción, además de ser más económico que otros sistemas de riego (Noguera Artiaga, 2014).

### 5.4 RECOLECCIÓN DEL PISTACHO

El pistacho está listo para ser recolectado cuando el color del exocarpio carnoso se torna rosado (Figura 2), y el mesocarpio se vuelve opaco. El pedúnculo que sujeta el fruto al resto del racimo queda debilitado, por lo tanto estos se desprenderán con mayor facilidad. La recogida debe realizarse cuando del total de la producción, el 50-60% presente un estado de maduración óptimo (entre el mes de septiembre y el mes de octubre) y es importante destacar que una recolección tardía puede ocasionar diversos contratiempos como el ataque de parásitos, la pérdida de fruto a causa de aves y la aparición de manchas en la cáscara por la presencia de hongos. Además es necesario aprovechar los periodos más secos dentro de su periodo de recolección para evitar la proliferación de hongos del género *Aspergillus* y la contaminación del fruto con aflatoxinas (Centro Investigación Agroambiental El Chaparrillo-IRIAF), cuyo límite en los pistachos está estipulado en 5 µg/ Kg para la aflatoxina B<sub>1</sub>, y en 10 µg/ Kg para la suma de las aflatoxinas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub> en la parte comestible del fruto, según el Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la comisión de 19 de diciembre de 2006.

Las técnicas más empleadas en la recolección del pistacho son la manual, colocando una lona debajo del árbol, y las técnicas de vibración menos bruscas como el uso de un vibrador de mochila, debido a que la técnica de vareo tradicional es desaconsejable para los pistacheros, puesto que produce heridas en el árbol de lenta

cicatrización. Los frutos recolectados deben ser sometidos a pelado en menos de 24 horas post-recolección con el objetivo de evitar las proliferaciones de hongos (Centro Investigación Agroambiental El Chaparrillo-IRIAF).

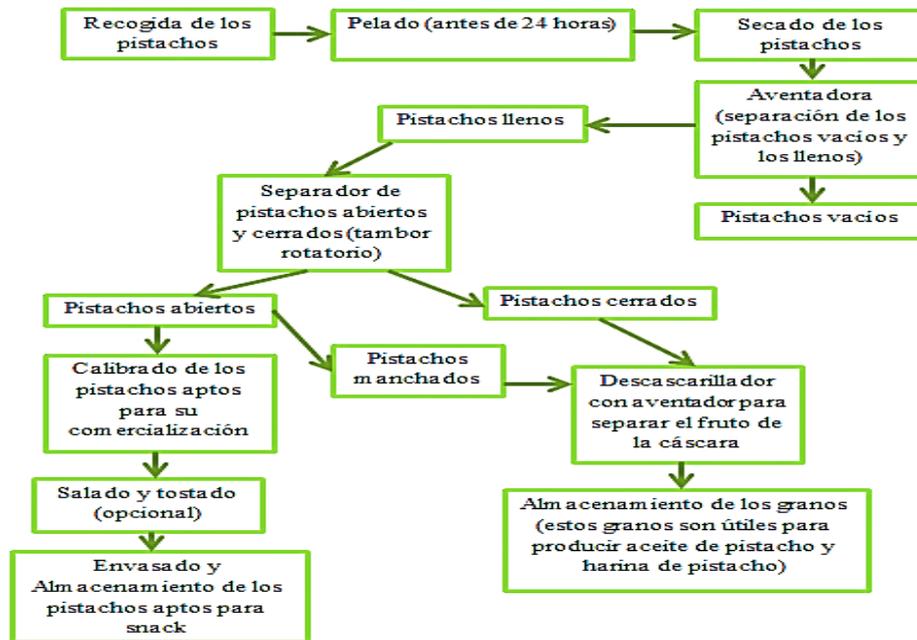


**Figura 2.** Pistachos de la variedad Kerman en su punto óptimo de maduración (izquierda), (Centro Investigación Agroambiental El Chaparrillo-IRIAF). Partes anatómicas del pistacho (derecha), (Bibiloni, 2015).

## 5.5 PROCESADO DEL PISTACHO

El procesado post-recolección del pistacho incluye todas las operaciones realizadas después de la cosecha hasta su envasado: transporte, almacenamiento, pelado de los frutos (retirada del exocarpio), secado, clasificación de los pistachos, el tostado y salado (figura 3). Realizar un correcto manejo durante la post-recolección permite mantener un elevado nivel de calidad del pistacho (Tavakolipour, 2015), siendo las etapas de secado y almacenamiento fundamentales en su mantenimiento (Kashaninejad *et al.*, 2010), prestando especial atención a la aparición de hongos que puedan producir aflatoxinas (Carrera Morales, 2005).

La figura 3 muestra un diagrama del procesado del pistacho:



**Figura 3.** El procesado del pistacho desde su recolección hasta su almacenamiento (esquema de elaboración propia a partir del documento elaborado por el Centro de Investigación Agroambiental El Chaparrillo-IRIAF).

### 5.5.1 Pelado del pistacho

El pelado del exocarpio debe realizarse lo más rápido posible después de la recolección, en su estado fresco, ya que así se reducen las posibilidades de contaminaciones por mohos, que pueden producir la aparición de manchas en la cáscara del pistacho y que, a pesar de no suponer un problema para el sabor del producto, el consumidor podría rechazarlo por suponer un defecto de apariencia. El pelado puede realizarse de forma manual o mecánica, por ejemplo con peladoras mecánicas en serie, con inyectores de agua, a los que se le puede añadir bicarbonato para potenciar el blanqueado de la cáscara (Centro Investigación Agroambiental El Chaparrillo-IRIAF)

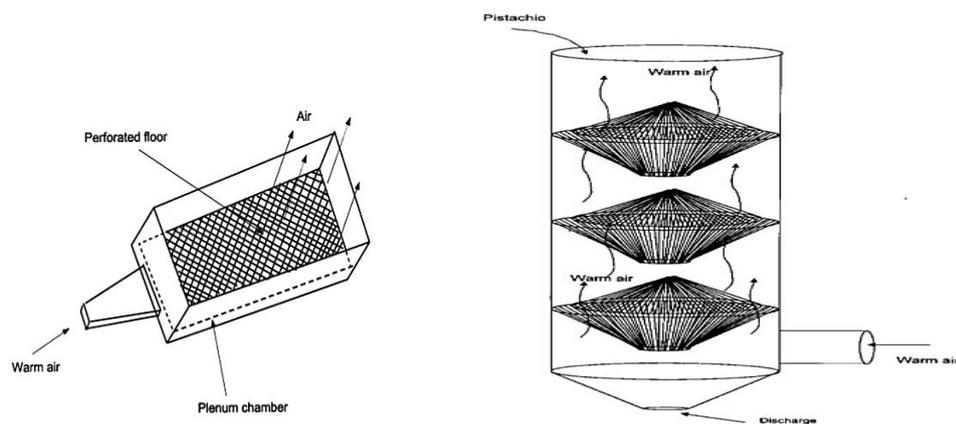
### 5.5.2 Secado del pistacho

La humedad del pistacho fresco se encuentra en torno al 45 %. Estos deben secarse después de ser pelados para conseguir una humedad en el fruto en torno al 5 %, que corresponde con la máxima calidad en esta variedad de fruto seco (Centro Investigación Agroambiental El Chaparrillo-IRIAF). Hay varios sistemas de secado:

- **Secado con aire caliente:** es el sistema de secado más rápido de los sistemas usados para el secado de pistachos, pero presenta el inconveniente de ser el sistema que más modifica sus características organolépticas. Se utilizan

temperaturas de secado que oscilan entre los 70-90°C durante periodos de tiempo variables, de 5 a 14 horas (Centro Investigación Agroambiental El Chaparrillo-IRIAF). Un ejemplo de secadero de una sola fase es el secadero cilíndrico en embudo (figura 4), que posee una serie de embudos perforados para ajustar la carga de frutos y el tiempo de secado, pudiendo ser el método más rápido, puesto que se usan temperaturas altas en torno a los 80°C (Kashaninejad *et al.*, 2003). También es un ejemplo de secado con aire caliente en una fase el secadero de suelo perforado (Figura 4), que es un sistema discontinuo, debido a que este tipo de secadero cuenta con una cámara donde se carga el lote de pistachos a secar.

A veces se realiza el secado en dos fases para reducir las alteraciones asociadas con las características organolépticas del pistacho crudo. Un ejemplo de secadero de dos fases es el secadero vertical en continuo (Kashaninejad *et al.*, 2003), en el cual en la parte superior se utilizan temperaturas más altas (45°C) para comenzar el secado, y en la parte inferior se utilizan temperaturas más bajas (40°C) para terminar el secado. Según el estudio realizado en la Planta de Procesado de la Compañía Cooperativa de Pistacho de Rafsanjan (RPCC) en Irán (Kashaninejad *et al.*, 2003) se produce un mayor cambio de color en la cáscara del pistacho en aquellos secadores que utilizan temperaturas más altas como el secador cilíndrico de embudo, siendo uno de los defectos de comercialización más importantes a día de hoy.



**Figura 4.** Secadero de suelo perforado (izquierda) y secadero cilíndrico en embudos (derecha), (Kashaninejad *et al.*, 2003).

- **Secado al sol:** Es el sistema más económico de los sistemas de secado y el que mejor conserva las cualidades organolépticas del pistacho, pero es muy

dependiente de las condiciones ambientales y pueden surgir problemas de plagas. El tiempo de secado puede llegar a alcanzar los 7 días (Centro Investigación Agroambiental El Chaparrillo-IRIAF). Este sistema de secado es el que menos roturas o separaciones de cáscara produce (Kashaninejad *et al.*, 2003), porque los pistachos se disponen en finas capas de 3 cm sobre una red que evita el contacto directo con el suelo.



**Figura 5.** Secado de los pistachos al sol (Centro Investigación Agroambiental El Chaparrillo-IRIAF).

En el estudio realizado en la RPCC (Kashaninejad *et al.*, 2003) se observó un pequeño incremento en los valores de acidez libre en el aceite de pistacho debido a la hidrólisis de los lípidos del pistacho, que aunque en todos los sistemas de secado fue menor al 5% de ácidos grasos libres en el aceite, pueden repercutir negativamente en la calidad del aceite de pistacho. Además se observó que los niveles de peróxidos, que son los principales productos resultantes de la oxidación lipídica al inicio del proceso, eran más altos en aquellos aceites de pistachos secados mediante sistemas que utilizaban temperaturas mayores como el secadero cilíndrico de embudo (Kashaninejad *et al.*, 2003), en el cual se usó una temperatura de 80°C. Otras investigaciones (Sena-Moreno *et al.*, 2015; Catalán Cambroner, 2016) han coincidido en que a mayor temperatura de secado, mayor índice de peróxidos en el aceite de pistacho.

Un estudio realizado para cuantificar el contenido total de fenoles, flavonoides y de la capacidad antioxidante del pistacho (Tsantili *et al.*, 2011) mostró que las pérdidas de estos compuestos al realizar un secado comercial a 45°C durante 34 horas fueron: 14,20% de fenoles, 14,14% de flavonoides y un 12,07% de actividad antioxidante (aplicando una media de las pérdidas entre las distintas variedades estudiadas). Las variedades estudiadas que más actividad antioxidante perdieron fueron las variedades *Joley* (19,8%) y *Kerman* (14,7%). Además, a bajas temperaturas de secado durante

tiempos prolongados, como ocurre en el secado al sol, se produce una mayor disminución de la actividad antioxidante, que en aquellos sistemas de secado más rápido a mayor temperatura (Sena-Moreno *et al.*, 2015; Catalán Cambroner, 2016), debido a que a altas temperaturas se forman muchos compuestos antioxidantes a partir de precursores, y aunque haya degradación térmica de la capacidad antioxidante, la capacidad antioxidante total se verá en un balance más positivo que en aquellos secados a baja temperatura en los cuales hay menor formación de estos compuestos antioxidantes (Durmaz y Gökmen, 2010).

El secado es una de las etapas que pueden cambiar las características del aceite de pistacho, junto con el método de extracción, pudiendo obtener aceites de pistacho con diferentes cualidades, con el fin de satisfacer todas las preferencias de los consumidores (Sena-Moreno *et al.*, 2015; Catalán Cambroner, 2016). A temperaturas de secado de los pistachos altas (50-70°C) los aceites extraídos tienen un mayor contenido en polifenoles (Sena-Moreno *et al.*, 2015; Catalán Cambroner, 2016), que cuando son secados a temperaturas bajas. Además estos pistachos secados a altas temperaturas muestran como resultado aceites de color más verdoso, que fueron mejor puntuados por los consumidores que los de color amarillo obtenidos a bajas temperaturas de secado en el estudio realizado por Sena-Moreno *et al.*, (2015) con pistachos de la variedad *Larnaka* (Figura 6).



**Figura 6.** Aceites de pistacho de la variedad *Larnaka* con diferente coloración en función de la temperatura de secado (T° ambiente, 30°C, 50°C y 70°C respectivamente ) (Catalán Cambroner, 2016).

Algunas propiedades beneficiosas del aceite de pistacho están relacionadas con el contenido en esteroides, siendo uno de los esteroides principales en el pistacho el estigmasterol, que es degradado térmicamente a temperaturas de secado, siendo cuanto más alta esta temperatura peor (Sena-Moreno *et al.*, 2015; Catalán Cambroner, 2016).

Sin embargo el contenido total de esteroides en el aceite de pistacho no se ve significativamente modificado por las temperaturas de secado, variando entre 3.367-3.960 mg/ Kg (Sena-Moreno *et al.*, 2015; Catalán Cambroner, 2016).

### 5.5.3 Clasificación de los pistachos

La clasificación no es una etapa con un procedimiento fijo entre las diferentes empresas que trabajan con pistachos, puesto que depende de muchos factores como el método de secado, el volumen de cosecha, el rendimiento de la línea de procesado, etc. Se pueden distinguir los siguientes grupos de pistachos según el Centro de Investigación Agroambiental El Chaparrillo-IRIAF y la Norma del Codex para pistachos con cáscara (CODEX STAN 131-1981).

- **Pistachos con defectos:** Son los que han sido mal pelados y/o poseen manchas en la semilla o la cáscara. En algunos países donde los recursos económicos son más limitados, esta clasificación se realiza en unas mesas de selección y son los operarios los encargados de eliminar aquellos pistachos con defectos. En las plantas de procesado más monitorizadas existen máquinas clasificadoras electrónicas que clasifican en función de las irregularidades encontradas en el color. Estos pistachos se pueden descascarillar para procesar su grano; la elaboración de aceite de pistacho con aquellos pistachos que tiene algún defecto de pelado o alguna irregularidad en el color de la cáscara es una gran forma de darle salida a estos pistachos a la vez que se obtiene un producto de gran calidad nutricional. También pueden usarse para la obtención de harina de pistacho.
- **Pistachos vacíos:** El método más usado para separar las cáscaras que no contienen semilla de los frutos llenos es la aventadora, que utiliza corrientes de aire que son lo suficientemente fuertes para retirar las cáscaras vacías, pero sin arrastrar los frutos llenos.
- **Pistachos sin abrir:** La máquina separadora de pistachos abiertos y cerrados consiste en un túnel cilíndrico o tambor, que posee miles de púas que atrapan los pistachos abiertos, pero dejan pasar los cerrados. Estos frutos cerrados son descascarillados mediante un descascarillador rotatorio con aventadora para separar el endocarpio del mesocarpio duro y aprovecharlas.

#### 5.5.4 Almacenamiento del pistacho

Una temperatura de almacenamiento entre los 0 y 10 °C a una humedad relativa de 65-70 % permite conservar el pistacho durante un periodo de tiempo largo (incluso más de 1 año). En estas condiciones de almacenamiento, las alteraciones relacionadas con el contenido lipídico de estos frutos se ven ralentizadas (el pistacho es un producto rico en ácidos grasos insaturados, que hace que sea sensible a la rancidez lipídica) (Tavakolipour, 2015). Además el desarrollo de mohos se ve interrumpido por debajo del 7 % de humedad del fruto y cuando la temperatura no supera los 25 °C (Centro Investigación Agroambiental El Chaparrillo-IRIAF). El estudio realizado por Tavakolipour (2015) demostró que a temperaturas de almacenamientos mayores a 10 °C, el índice de peróxidos es mayor, debido a que a mayores temperaturas de almacenamiento, mayor tasa de oxidación lipídica.

La reducción de oxígeno por debajo del 0,5% en la concentración de la atmósfera de envasado produce una menor oxidación lipídica del pistacho (Tavakolipour, 2015), y por lo tanto se conservan mejor las características organolépticas. El mejor sistema de envasado es el vacío o la sustitución del oxígeno por nitrógeno (Centro Investigación Agroambiental El Chaparrillo-IRIAF). Además Tavakolipour (2015) llegó a la conclusión de que las mejores condiciones de almacenamiento se dan con los pistachos envasados en una atmósfera de nitrógeno (menos del 0.5% de oxígeno) y a una temperatura de 1°C.

#### 5.5.5 Tostado del pistacho

El tostado es un tratamiento térmico muy utilizado en el procesado de los frutos secos, debido a que les da un color tostado y un flavor ahumado muy apreciado por el consumidor. Los frutos secos adquieren mayor dulzor, aumentan la digestibilidad al degradar los antinutrientes presentes de forma natural en los frutos secos, y ayuda a estabilizar el producto microbiológicamente (Yazdanpanah *et al.*, 2005; Durmaz y Gökmen, 2010), sobre todo para prevenir la aparición de aflatoxinas metabolizadas por mohos del género *Aspergillus*. Un tratamiento convencional de tostado en pistachos se realiza a una temperatura entre 90 – 150 °C durante unos 15-30 minutos (Nikzadeh y Sedaghat, 2008). Además, en el estudio realizado por Yazdanpanah *et al.*, (2005) se observó que un tratamiento de tostado a 150°C durante 30 minutos puede reducir considerablemente los niveles de aflatoxinas en los pistachos sin afectar drásticamente a la calidad de los pistachos, ya que a tiempos superiores a los 60 min los pistachos

comienzan a presentar una reducción importante del valor nutricional, así como sensorial.

Las pirazinas son una serie de compuestos que se forman al final de la reacción de Maillard y que se producen durante el tostado del pistacho, que son responsables del aroma a fruto seco tostado. Estos compuestos aromáticos son transferidos en parte al aceite de pistacho, dotándolo de un flavor a tostado (Durmaz y Gökmen, 2010). Este flavor solo estará presente en el aceite que no ha sido refinado, así que, si el objetivo es conseguir un aceite de pistacho con aromas a tostado, deberían usarse los métodos de extracción mecánicos los cuales no requieren de un refinado del aceite a no ser que la acidez sea demasiado elevada.

Durante el tostado se producen cambios en los macronutrientes del pistacho: desnaturalización de las proteínas, pérdida de lisina (aminoácido esencial), la termooxidación de los lípidos, aumentando el índice de peróxidos y la acidez libre en el aceite, así como la formación de productos secundarios de la oxidación lipídica como aldehídos y cetonas, la pirolisis del azúcar (caramelización) y la producción de compuestos tóxicos como furfurales (se transfieren al aceite por su comportamiento polar bajo), aminas heterocíclicas y acrilamida (la acrilamida no se transfiere al aceite debido a su gran comportamiento polar, siendo el aceite apolar) (Durmaz y Gökmen, 2010). Por otra parte, el tostado mejora la extracción del aceite al destruir las barreras celulares del pistacho (Durmaz y Gökmen, 2010). Como se demuestra en el estudio realizado por Nikzadeh y Sedaghat, (2008), las muestras de pistachos que fueron sometidas a un tostado a 90°C presentaban una dureza mayor que aquellos pistachos que fueron sometidos a un tostado a 150°C. Además la fuerza necesaria para moler los pistachos fue menor en los pistachos tostados a 150°C. Nikzadeh y Sedaghat, (2008) también demostraron que durante el almacenamiento el pistacho se endurece significativamente, por lo tanto de cara a producir aceite de pistacho interesa utilizar pistachos recién tostados para extraer mayor cantidad de aceite.

Si el tostado se realiza a temperaturas muy altas puede producirse la isomerización de los enlaces dobles de los ácidos grasos insaturados, generándose las formas *trans* de los ácidos grasos, las cuales son perjudiciales para la salud (Durmaz y Gökmen, 2010). Sin embargo, la estabilidad oxidativa del aceite extraído de pistachos tostados puede ser mayor a la de aquellos aceites procesados a baja temperatura. Esta

mejora en la capacidad antioxidante se debe a la inactivación de enzimas lipolíticas que degradan el aceite y a la formación de compuestos de Maillard como la melanoidina, que aparte de ser responsable del color oscuro de los productos tostados, posee propiedades antioxidantes (Durmaz y Gökmen, 2010).

El tostado es un proceso interesante en la extracción de aceite de pistacho, le confiere colores oscuros y verdosos muy aclamados por el consumidor (Sena-Moreno, 2015; Catalán Cambroner, 2016), un flavor tostado que le confiere unas características sensoriales muy positivas, además ayuda al aumento de la estabilidad oxidativa por el aumento de la capacidad antioxidante y ayuda a conseguir mayores rendimientos de extracción. La formación de colores más oscuros y verdosos se debe a la degradación durante el tostado de compuestos como la luteína y los  $\beta$ -carotenos, que son pigmentos que confieren tonalidades amarillas al aceite de pistacho (Durmaz y Gökmen, 2010).

### 5.6 EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE PISTACHO

El pistacho contiene una elevada cantidad de aceite (45-60 %) que puede ser extraído para conseguir productos de un alto valor comercial (Lilian Martínez *et al.*, 2016; USDA, 2016). Es importante tener en cuenta que hay especies como *Pistacia atlantica Desf.* que no son comercializadas como snack por su diminuto tamaño. En concreto esta variedad se utiliza en España como portainjerto de *Pistacia vera L.* por su gran capacidad de crecimiento (Aznarte Mellado, 2015; Zamorano, 2017), sin embargo su aceite tiene una calidad similar al aceite extraído de *Pistacia vera L.* como se demuestra en el estudio realizado por Saber-Tehrani *et al.*, (2013). También es un factor muy interesante a nivel económico, el utilizar pistachos llenos y cerrados y pistachos con defectos en la cáscara como materia prima en la producción de aceite de pistacho.

El método de extracción es quizá el punto crítico en la elaboración de aceite de pistacho, debido a que el valor nutricional se verá drásticamente afectado en función del método de extracción (Abdolshahi *et al.*, 2015) por el alto porcentaje en ácidos grasos insaturados que tiene el pistacho y la presencia de micronutrientes que pueden transferirse al aceite (Rabadán *et al.*, 2017).

El aceite de pistacho puede obtenerse mediante tres métodos: la extracción con disolventes orgánicos, la extracción mediante sistema de presión y la extracción con fluidos supercríticos (Catalán Cambroner, 2016).

### 5.6.1 Extracción del aceite de pistacho mediante el uso de solventes orgánicos

El aceite de pistacho se puede extraer con el uso de solventes orgánicos tales como hexano (Saitta et al., 2009) o cloroformo/metanol entre otros (Miraliakbari y Shahidi, 2008; Abdolshahi et al., 2015). Además, los métodos más utilizados en la extracción con solventes son la extracción Soxhlet y la maceración (Abdolshahi et al., 2015). Aunque se consigue un alto porcentaje de extracción con estos solventes (más del 90% del aceite presente en el fruto), pueden producirse olores y sabores desagradables, haciendo obligatorio el refinado del aceite y por lo tanto obteniendo un aceite de peor calidad que los extraídos por sistemas de prensado (Catalán Cambronero, 2016), al tener menor cantidad de micronutrientes y componentes volátiles (Ojeda-Amador et al., 2017). Además con los sistemas de prensado se obtienen aceites de pistacho que pueden ser directamente consumidos y que poseen todos los beneficios de la fracción lipídica del pistacho (Bulló et al., 2015).

El estudio realizado por Abdolshahi et al. (2015) muestra en las tablas 2 y 3 que el método de extracción con solventes orgánicos con el que mayor proporción de ácidos grasos insaturados se consigue extraer es mediante el método Soxhlet, usando como solvente orgánico acetato de etilo, extrayendo un 88,49% de ácidos grasos insaturados, (siendo un 53,26% correspondiente al ácido oleico) y convirtiéndolo en el mejor sistema de extracción por solventes orgánicos de los estudiados para obtener un aceite de pistacho no virgen industrialmente (Abdolshahi et al., 2015).

Extraction method	Solvent	Saturated fatty acids (%)				
		Myristic	Palmitic	Stearic	Arachidic	Total
Soxhlet	Hx	0.1020±0.02 c	10.515±0.1 a	1.535±0.04 b	1.152±0.04 c	13.304±0.3 a
Soxhlet	DCM	0.0801±0.01 bc	10.428±0.02 a	1.0245±0.02 ab	0.548±0.05 a	12.080±0.1 b
Soxhlet	EtAc	0 a	9.9970±0.08 a	0.9730±0.05 ab	0.5360±0.1 a	11.506±0.5 b
Soxhlet	EtOH	0.0751±0.2 bc	10.0477±0.3 a	0.9720±0.01 ab	0.5410±0.01 a	11.636±0.3 b
Maceration	Hx	0.0730±0.6 bc	10.0030±0.2 a	0.9720±0.01 ab	0.5250±0.02 a	11.57±0.5 b
Maceration	DCM	0.0804±0.1 bc	10.373±0.02 a	0.9730±0.08 ab	0.5460±0.01 a	12.00±0.2 b
Maceration	EtAc	0.0754±0.1 bc	9.989±0.3 a	0.9730±0.04 ab	0.5400±0.07 a	11.60±0.2 b
Maceration	EtOH	0 a	11.811±0.1 b	0.9110±0.1 a	0.9110±0.01 b	13.70±0.1 a

Hx n-hexane; DCM dichloromethane; EtAc ethyl acetate; EtOH ethanol

The same letter (in a column) indicates no significant difference at  $P < 0.05$  according to DMRT,  $n = 3$

**Tabla 2.** Composición de los ácidos grasos saturados obtenidos mediante los métodos Soxhlet y maceración, usando diferentes solventes orgánicos: n-hexano, diclorometano, acetato de etilo y etanol (Abdolshahi et al., 2015).

Extraction method	Solvent	Unsaturated fatty acids (%)				
		Palmitoleic	Oleic	Linoleic	Linolenic	Total
Soxhlet	Hx	0.914±0.01 a	49.850±0.02 b	35.478±0.2 d	0.379±0.4 b	86.621±0.02 c
Soxhlet	DCM	0.925±0.3 a	51.939±0.03 c	34.670±0.3 c	0.391±0.2 b	87.925±0.06 b
Soxhlet	EtAc	0.899±0.02 a	53.263±0.2 f	33.948±0.5 a	0.383±0.09 b	88.493±0.08 a
Soxhlet	EtOH	0.914±0.04 a	52.904±0.06 c	34.0788±0.01 b	0.392±0.01 b	88.289±0.2 a
Macceration	Hx	0.9125±0.01 a	52.875±0.02 c	34.168±0.3 b	0.398±0.12 b	88.353±0.08 a
Macceration	DCM	0.955±0.07 a	52.000±0.06 d	34.591±0.8 c	0.389±0.45 b	87.935±0.1 b
Macceration	EtAc	0.923±0.03 a	52.300±0.15 d	34.738±0.14 c	0.405±0.3 b	88.400±0.05 a
Macceration	EtOH	0.912±0.05 a	43.698±0.1 a	41.756±0.1 f	0.000 a	86.366±0.03 d

*Hx* n-hexane; *DCM* dichloromethane; *EtAc* ethyl acetate; *EtOH* ethanol

The same letter (in a column) indicates no significant difference at  $P < 0.05$  according to DMRT,  $n = 3$

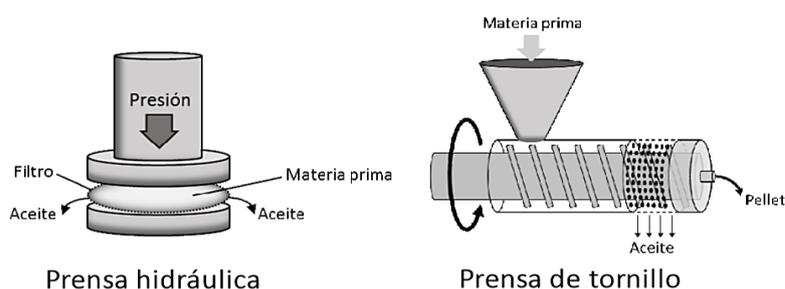
**Tabla 3.** Composición de los ácidos grasos insaturados obtenidos mediante los métodos Soxhlet y maceración, usando diferentes solventes orgánicos: n-hexano, diclorometano, acetato de etilo y etanol (Abdolshahi *et al.*, 2015).

El solvente orgánico elegido para la extracción también va a influir significativamente en el color del aceite de pistacho extraído. La extracción con etanol da como resultado un aceite de pistacho verde debido a la co-extracción de clorofila junto con el aceite, sin embargo, la extracción con n-hexano da como resultado un aceite de pistacho más amarillo (Sheibani y Ghaziaskar, 2008).

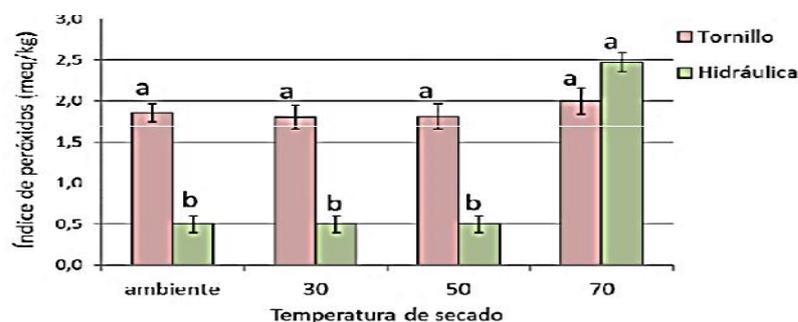
### 5.6.2 Extracción del aceite de pistacho mediante el uso de sistemas de presión

La extracción mediante sistemas de presión es la más empleada en la actualidad debido a la gran calidad de aceite que se obtiene a un coste moderado (coste inferior a la extracción por fluidos supercríticos) (Catalán Cambronero, 2016). Sin embargo el rendimiento de los sistemas de presión es menor que los conseguidos con los demás sistemas de extracción, variando entre el 30% en la prensa hidráulica al 40% en la prensa de tornillo (Álvarez-Ortí *et al.*, 2012).

La prensa de tornillo (figura 7), aunque se considera un sistema de extracción en frío, requiere de un aumento de temperatura moderado de la boquilla externa para obtener mayor rendimiento de extracción. Esto puede contribuir al aumento del índice de peróxidos (Sena-Moreno *et al.*, 2015; Catalán Cambronero, 2016). En el estudio realizado por Sena-Moreno *et al.*, (2015) se observó que el índice de peróxidos aumentaba en aquellos aceites de pistachos extraídos con una prensa de tornillo, en comparación con los extraídos por una prensa hidráulica (figura 7) a temperaturas de secado por debajo de los 70°C. A partir de esta temperatura el índice en ambos casos era similar, como podemos observar en la figura 8.



**Figura 7.** Sistemas de presión utilizados para la extracción de aceite (Catalán Cambroner, 2016)



**Figura 8.** Índice de peróxidos en aceite de pistacho a diferentes temperaturas de secado y distintos métodos de extracción (prensa-tornillo, prensa-hidráulica) (Sena-Moreno *et al.*, 2015; Catalán Cambroner, 2016).

Sin embargo con la prensa de tornillo se produce un aceite de pistacho con mayor cantidad de polifenoles respecto a la prensa hidráulica. Al usar temperaturas más altas durante la extracción aumenta la estabilidad oxidativa del aceite extraído (Sena-Moreno *et al.*, 2015; Catalán Cambroner, 2016).

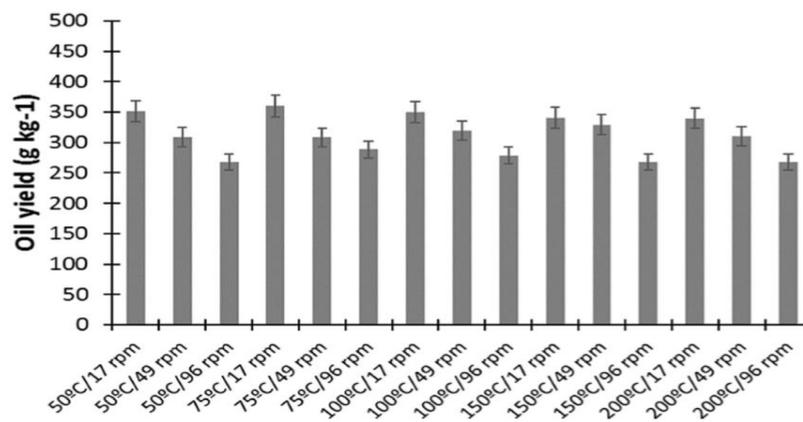
Álvarez-Ortí *et al.*, (2012) observaron que el uso de prensas de tornillo producía aceites con colores más verdes y oscuros (Figura 6), los cuales son mejor valorados por el consumidor (Sena-Moreno *et al.*, 2015; Catalán Cambroner, 2016). Esto se debe al aumento de temperatura en la extracción con este tipo de prensa y la producción de productos de la reacción de Maillard que originan estos colores oscuros (Durmaz y Gökmen, 2010; Álvarez- Ortí *et al.*, 2012; Catalán Cambroner, 2016).

Como se observa en la Tabla 4, los diferentes sistemas de secado y de prensado no afectan significativamente a la composición de los ácidos grasos del aceite de pistacho (Sena-Moreno *et al.*, 2015; Catalán Cambroner, 2016).

	Room		30°C		50°C		70°C	
	Hydraulic	Screw	Hydraulic	Screw	Hydraulic	Screw	Hydraulic	Screw
Miristic acid	0.1 ± 0	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01
Palmitic acid	9.67 ± 0.92	9.8n ± 0.98	9.7 ± 0.63	9.67 ± 0.63	9.96 ± 0.53	9.89 ± 0.61	9.9 ± 0.64	9.76 ± 0.68
Palmitoleic acid	0.91 ± 0.07	0.92 ± 0.06	0.9 ± 0.08	0.9 ± 0.03	0.79 ± 0.06	0.9 ± 0.06	0.79 ± 0.05	0.9 ± 0.07
Margaric acid	0.1 ± 0	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01
Margaroleic acid	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0	0.1 ± 0.01
Stearic acid	2.84 ± 0.09	2.81 ± 0.18	2.83 ± 0.10	2.84 ± 0.15	2.86 ± 0.12	2.97 ± 0.20	2.66 ± 0.11	2.79 ± 0.15
Oleic acid	76.46 ± 2.00	75.6 ± 3.04	75.85 ± 1.15	75.65 ± 1.15	75.8 ± 2.27	74.75 ± 3.38	74.45 ± 1.14	75.04 ± 1.97
Linoleic acid	9.6 ± 0.26	10.1 ± 0.37	10.03 ± 0.32	10.03 ± 0.31	9.83 ± 0.31	10.3 ± 0.10	10.76 ± 0.49	10.96 ± 0.28
Linolenic acid	0.31 ± 0.02	0.3 ± 0.02	0.3 ± 0.02	0.3 ± 0.01	0.3 ± 0.01	0.3 ± 0.02	0.31 ± 0.02	0.3 ± 0.01
Arachidic acid	0.2 ± 0.01	0.2 ± 0.01	0.2 ± 0.01	0.2 ± 0.02	0.2 ± 0.02	0.2 ± 0.02	0.2 ± 0.02	0.2 ± 0.01
Gadoleic acid	0.3 ± 0.01	0.29 ± 0.02	0.3 ± 0.02	0.3 ± 0.02	0.3 ± 0.01	0.3 ± 0.01	0.3 ± 0.02	0.3 ± 0.03
Behenic acid	0.1 ± 0	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01
Lignoceric acid	0.1 ± 0	0.1 ± 0	0.1 ± 0	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01	0.1 ± 0.01

**Tabla 4.** Composición de los ácidos grasos en aceite de pistacho extraído a diferentes temperaturas de secado y diferentes sistemas de prensado (Sena-Moreno *et al.*, 2015; Catalán Cambronero, 2016).

Rabadán *et al.*, (2017) demostraron que la velocidad de extracción (rpm) en la prensa de tornillo influía significativamente en el rendimiento de extracción, mientras que la temperatura de extracción no producía cambios significativos en el rendimiento de extracción. Como se observa en la figura 9, a velocidades de extracción menores se obtiene un rendimiento mayor. La temperatura de extracción no afectó significativamente al rendimiento debido a que el aceite de pistacho en ningún caso llegó a superar los 70°C independientemente de la temperatura a la que se programaba la prensa de tornillo, puesto que tuvo más impacto la velocidad de rotación en la temperatura del aceite (a menor velocidad de rotación, mayor temperatura alcanzó el aceite) que la propia temperatura de la prensa de tornillo. En cuanto a la prensa hidráulica, Rabadán *et al.*, (2017) demostraron que la presión utilizada no suponía un cambio significativo en el rendimiento de aceite, puesto que usando presiones de 7.84 MPa y 15.69 MPa solo varió el rendimiento entre 250 y 300 gramos de aceite/ kg de pistachos respectivamente.

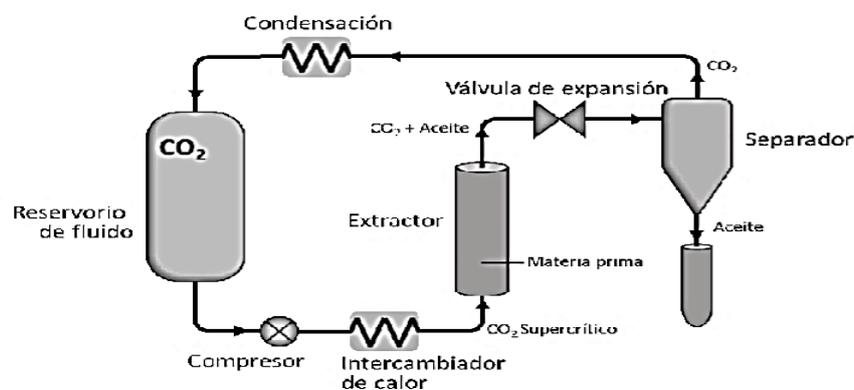


**Figura 9.** Rendimiento de aceite (gramos de aceite por kilogramos de pistacho) mediante la prensa de tornillo, haciendo uso de distintas temperaturas y velocidades de extracción (Rabadán *et al.*, 2017).

### 5.6.3 Extracción del aceite de pistacho mediante el uso de fluidos supercríticos

La extracción de fracciones lipídicas mediante el uso de fluidos supercríticos es un método alternativo a la extracción mediante solventes orgánicos que cuenta con el beneficio de no usar estos solventes orgánicos que empeoran la calidad de los aceites extraídos. Además en la extracción mediante fluidos supercríticos no se generan residuos, por lo tanto es un método de extracción favorable para el medioambiente (Sahena *et al.*, 2009). Se considera que una sustancia es un líquido supercrítico cuando está por encima de su temperatura crítica y presión crítica. La baja viscosidad y la alta difusividad de los fluidos supercríticos, les permite penetrar con mayor facilidad en el material sólido (los pistachos) que los solventes orgánicos, por lo tanto las extracciones serán más rápidas (Sahena *et al.*, 2009).

En la actualidad los fluidos supercríticos se utilizan a escala industrial para extraer y fraccionar matrices presentes en vegetales como polifenoles y fitoesteroles; así como para el estudio de múltiples matrices vegetales (café, pipas de girasol, uvas, etc.) recopiladas gran parte de ellas en la revisión bibliográfica de Melo, Silvestre y Silva (2014). El fluido supercrítico que suele utilizarse en la mayoría de los casos es el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) debido a que no aumenta el nivel de toxicidad del aceite, no es inflamable y tiene la habilidad de solubilizar matrices lipídicas (Sahena *et al.*, 2009). En el caso del  $\text{CO}_2$  es un fluido supercrítico por encima de  $31,1\text{ }^\circ\text{C}$  y una presión de  $7,38\text{ MPa}$ , lo cual lo hace ideal para la extracción de matrices termosensibles como puede ser el aceite de pistacho u otros tipos de aceites. Además el  $\text{CO}_2$  puede ser fácilmente eliminado por su expansión al someterlo a presiones ambientales (Sahena *et al.*, 2009).



**Figura 10.** Extracción de aceite mediante el uso de  $\text{CO}_2$  como fluido supercrítico (Catalán Cambronero, 2016).

Sheibani y Ghaziaskar, (2008) experimentaron un tipo de extracción con fluido presurizado (acción de solvente orgánico y CO<sub>2</sub>) en un extractor diseñado para realizar extracción mediante el uso de fluidos supercríticos modificado. Obtuvieron resultados de rendimiento de aceite similares a los obtenidos con un extractor Soxhlet (52.6 g de aceite/ 100 g de pistachos), pero en un tiempo menor y consumiendo menos solventes orgánicos. Todo apunta a que en un futuro cercano, cuando se hayan caracterizado los diferentes fluidos supercríticos utilizados y se hayan modelizado y optimizado las operaciones de procesado (investigaciones realizadas durante las últimas décadas), la extracción mediante fluidos supercríticos será la sustituta de la extracción mediante solventes orgánicos en la industria alimentaria.

### 5.6.4 La harina de pistacho como subproducto del aceite de pistacho

Tras la extracción del aceite del pistacho, se obtiene una harina rica en proteína (figura 11) que puede utilizarse para alimentación animal o incluso como sustrato de diferentes cultivos de champiñones u hongos sustituyendo o complementando a la harina de soja que es la más utilizada actualmente para estos fines (Pardo-Gimenez *et al.*, 2016). Estos autores estudiaron el comportamiento de varios cultivos de champiñones y setas al ser suplementados con harina de pistacho y observaron que en cultivo de *Agaricus bisporus* el tamaño alcanzado fue mayor, con una textura más firme y con un mayor contenido en materia seca y proteína. Además en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* la productividad llegó a aumentar hasta un 34,3 % en comparación al suplemento comercial utilizado como referencia, pudiendo conseguir un importante aumento del beneficio económico teniendo en cuenta el coste del suplemento, de la harina de pistacho y el aumento de producción.

	<i>Proteínas</i>	<i>Fibra bruta</i>	<i>Lípidos totales</i>	<i>Hidratos de Carbono</i>
<i>Harina de pistacho</i>	38,00	16,45	25,06	32,45

**Figura 11.** Composición nutricional expresada en gramos de nutriente por cada 100 gramos de la harina de pistacho (tabla de elaboración propia a partir de los datos del estudio realizado por Catalán Cambroner, 2016)

### 5.7 COMPOSICIÓN DEL ACEITE DE PISTACHO

El aceite de pistacho virgen es rico en ácido oleico (55-74%), fitosteroles (3.200-7.600 mg/ Kg) y  $\gamma$ -tocoferol (550-720 mg/ Kg) (Ojeda-Amador *et al.*, 2017), lo cual

contribuye a un alto potencial antioxidante y antiinflamatorio como algunos estudios demuestran (Bullo *et al.*, 2015). La composición del aceite de pistacho variará en función de la variedad de pistacho empleada, destacando las variedades Aegina, Avdat, Kestel, kerman, Larnaka y Mateur (Couceiro López *et al.*, 2013).

	Aegina	Avdat	Kastel	Kerman	Larnaka	Mateur	Napoletana	Sirora
C 16:0 (Ácido Palmítico)	9.6	9.6	12.1	11.3	9.4	9.9	9.2	10.9
C 16:1 (Ácido Palmitoleico)	0.9	0.9	1.0	1.2	0.9	1.0	0.8	1.1
C 18:0 (Ácido Estearico)	1.8	1.7	1.4	1.0	2.1	2.0	1.6	1.7
C 18:1 (Ácido Oleico)	69.5	68.4	64.0	55.5	73.6	69.7	69.2	65.5
C 18:2 (Ácido Linoleico)	16.9	18.1	20.1	29.7	12.8	16.3	17.9	19.6
C 18:3 (Ácido Linolénico)	0.7	0.6	0.8	0.8	0.6	0.6	0.8	0.8
AGPI	70.4	69.3	65.0	56.7	74.5	70.7	70.0	66.7
AGMI	17.7	18.6	21.0	30.5	13.2	16.8	18.7	20.4
AGS	11.4	11.4	13.4	12.5	11.5	11.9	10.8	12.5

**Tabla 5.** Composición de ácidos grasos del aceite de pistacho de distintas variedades de cultivo (tabla de elaboración propia a partir de los datos del estudio realizado por Ojeda-Amador *et al.*, 2017)

Como se puede observar en la tabla 5, *Larnaka* es la variedad de las estudiadas por Ojeda-Amador *et al.*, (2017) que mayor contenido en ácido oleico tiene (73,6 %) y *Kerman* la variedad que menos ácido oleico tiene (55,5 %). *Kerman* es la variedad de las estudiadas que mayor proporción de ácido linoleico presentaba en su aceite (29,7 %), siendo la variedad *Larnaka* la que menos (12,8 %). Sin embargo en el estudio realizado por Chahed *et al.* (2008) se puede observar que la zona geográfica también puede afectar significativamente a la composición de los ácidos grasos del aceite de pistacho. La composición de ácidos grasos de la variedad *Mateur* variaba significativamente dependiendo de la región donde se cultivaba, ya que en la región tunecina de Mateur la variedad *Mateur* tenía una composición de ácidos grasos similar a la cuantificada en el estudio de Ojeda-Amador *et al.*, (2017) en *Kerman* (bajo contenido en ácido oleico y alto en ácido linoleico), mientras que en las otras tres regiones de Túnez (Nabeul, Kairouan y Sfax) la variedad *Mateur* presentaba una composición muy similar a la mostrada en el estudio de Ojeda-Amador *et al.*, (2017) para la misma variedad. En el estudio realizado por Saber-Tehrani *et al.*, (2013) se cuantificó una proporción del 50,7% en ácido oleico y un 29,8% en ácido linoleico para la especie *Pistacia atlantica Desf.*, valores similares a los de la variedad *Kerman*.

Debido al alto grado de insaturación del aceite de pistacho, hay que tener especial cuidado durante su almacenamiento. Catalán Cambroner *et al.*, (2016) observaron como la incidencia de luz en el aceite de pistacho redujo significativamente la estabilidad oxidativa del aceite de pistacho de la variedad *Kerman* durante el

almacenamiento, aumentando el grado de acidez, a partir de los 270 días de almacenamiento sobre todo, llegando en el caso del aceite de pistacho que estuvo a temperatura ambiente y expuesto a la luz, a alcanzar 1,20 grados de acidez. También hubo un aumento significativo del índice de peróxidos y de la absorbancia en el ultravioleta ( $K_{232}$ ,  $K_{270}$ ). Estos autores observaron que la temperatura de almacenamiento no afectó de forma tan significativa como la exposición a la luz y además los defectos sensoriales de enranciamiento y cambio de color de verde a ocre sólo apareció exclusivamente en el aceite de pistacho expuesto a la luz y a temperatura ambiente durante más de 210 días, por lo que se puede afirmar que la exposición a la luz es un factor determinante en el mantenimiento de la calidad del aceite de pistacho durante su almacenamiento.

Ojeda-Amador *et al.*, (2017) observaron que el aceite de pistacho es muy rico en esteroides, variando desde 3.200 a 7.600 mg/ Kg según la variedad, presentando mayor cantidad de esteroides la variedad *Avdat* (7.589 mg/ Kg) y menor cantidad la variedad *Sirora* (3.573mg/ Kg). El aceite de pistacho tiene un contenido en esteroides superior al del aceite de oliva, que se encuentra en torno a 2.400 mg/ Kg (Cert *et al.*, 1997). Miraliakbari y Shahidi, (2008) observaron que el aceite de pistacho obtenido mediante la extracción con solventes orgánicos tenía una concentración de esteroides inferior a los extraídos mediante sistemas de presión (1.100mg/ Kg). El aceite de la especie *Pistacia atlántica Desf.* tiene menor cantidad de esteroides (2.183 mg/ Kg) que las variedades del estudio de Ojeda-Amador *et al.*, (2017).

Ojeda-Amador *et al.* (2017) cuantificaron una mayor cantidad de  $\gamma$ -tocoferol en el aceite de pistacho de la variedad *Kerman* (719 mg/ Kg), seguida de la variedad *Mateur* (660 mg/ Kg). Además, la cantidad de  $\gamma$ -tocoferol es mayor en los aceites de pistacho vírgenes que en los extraídos mediante solventes orgánicos como se puede observar en el estudio realizado por Kornsteiner *et al.*, (2006) donde se cuantificó una cantidad de  $\gamma$ -tocoferol de 250-300 mg/ Kg en el aceite de pistacho extraído mediante solventes orgánicos. El  $\gamma$ -tocoferol es un importante micronutriente para la salud de los seres humanos como así lo demuestra el estudio realizado por Jiang *et al.*, (2001). Es importante mencionar que una parte de  $\gamma$ -tocoferol se queda en la torta de pistacho que posteriormente pasará a ser la harina desengrasada de pistacho, variando entre concentraciones de  $\gamma$ -tocoferol de 125-208 mg/ Kg (Ojeda-Amador *et al.*, (2017).

El pistacho posee una alta cantidad de fenoles, pero en el estudio realizado por Ojeda-Amador *et al.*, (2017) se puede observar que una gran parte de estos fenoles quedan retenidos en la torta de harina desengrasada y no pasan al aceite de pistacho (tabla 6), por lo tanto la torta de pistacho tiene una alta actividad antioxidante, y es interesante de cara a futuras aplicaciones nutricionales y dietéticas industriales. Además hay que destacar las variedades *Larnaka* y *Avdat* como las más ricas en fenoles y las que proporcionarán tortas de pistacho con mayor actividad antioxidante (Ojeda-Amador *et al.*, 2017).

	<i>Aegina</i>	<i>Avdat</i>	<i>Kastel</i>	<i>Kerman</i>	<i>Larnaka</i>	<i>Mateur</i>	<i>Napoletana</i>	<i>Sirora</i>
<b>Fruto</b>	6.135 ± 866	8.945 ± 714	6.168 ± 459	6.577 ± 90	9.550 ± 262	8.120 ± 189	8.051 ± 267	7.029 ± 916
<b>Aceite</b>	15,7 ± 1,9	16,0 ± 1,9	15,8 ± 1,7	16,7 ± 1,4	17,9 ± 0,8	21,0 ± 1,2	17,7 ± 0,7	23,1 ± 3,6
<b>Torta</b>	12.731 ± 674	12.176 ± 770	13.378 ± 165	8.600 ± 761	14.864 ± 604	14.022 ± 643	9.224 ± 164	12.247 ± 397

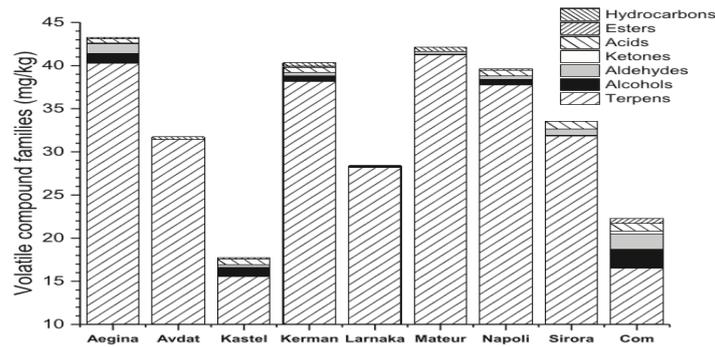
**Tabla 6.** Contenido total de polifenoles polares (mg/ Kg) en el pistacho, en su aceite y en la torta de pistacho obtenida como subproducto del aceite de pistacho. Tabla de elaboración propia a partir de los datos del estudio realizado por Ojeda-Amador *et al.*, (2017).

En la actualidad se están estudiando una serie de micronutrientes denominados alquilfenoles, los cuales producen un aumento de la actividad antioxidante en los aceites vegetales en los cuales están presentes, sobre todo en los aceites de semillas de la familia *Anacardiaceae* (Trevisan *et al.*, 2006; Saitta *et al.*, 2009), siendo un conjunto de micronutrientes muy interesantes en la formulación de alimentos ricos en propiedades antioxidantes. Un ejemplo de alquilfenoles son los ácidos anacárdicos y los cardanoles (Trevisan *et al.*, 2006; Saitta *et al.*, 2009). En el estudio realizado por Saitta *et al.*, (2009) se cuantificó una cantidad de 3-alquilfenoles (cardanoles) que oscilaba entre 345-535 mg/ Kg en los distintos aceites de pistacho que utilizaron en el estudio, siendo dos de ellos de la variedad *Bronte*. Además el grupo de cardanoles más abundante en los aceites de pistacho fueron los cardanoles con una cadena de 15 carbonos, representando el 87% del total de los cardanoles.

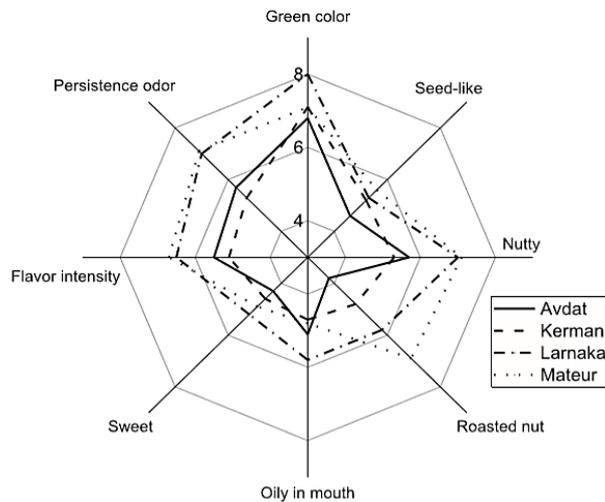
El contenido en clorofila en el aceite de pistacho oscila entre 28 y 58 mg/ Kg y el contenido de carotenoides entre 36 y 61 mg/ Kg. En cuanto a los valores CIE L\*a\*b\*, el aceite de pistacho virgen presenta valores b\* que oscilan entre 24 y 37 y valores a\* que oscilan entre -3,4 y -7,4 dando como resultado, un aceite de color verde intenso

similar a los aceites de oliva vírgenes en los cuales se utilizan aceitunas más verdes (Ojeda-Amador *et al.*, 2017). De las variedades estudiadas por estos autores, la variedad *Larnaka* daba como resultado el aceite de pistacho virgen más verde de los obtenidos (figura 13).

Los compuestos aromáticos son un factor importante en el aceite de pistacho, debido a que gracias a estas sustancias el aceite de pistacho presenta un aroma sumamente característico y exclusivo (Ojeda-Amador *et al.*, 2017). Los componentes aromáticos que se encuentran en mayoría en el aceite de pistacho son los terpenos, los cuales se caracterizan por dar un aroma a pino y a cítrico. En el estudio realizado por Ojeda-Amador *et al.*, (2017) se puede observar que los terpenos representan un 97% del total de componentes volátiles del aceite de pistacho, siendo la variedad *Kastel* la que menos terpenos presenta (16,0 mg/ Kg) y la variedad *Mateur* la que más (41,0 mg/ Kg) como se muestra en la figura 12. El compuesto más representativo de los terpenos en el aceite de pistacho es el  $\alpha$ -pineno, siendo entre el 73-82% del total de los terpenos del aceite de pistacho. Algunas variedades, como la *Aegina* y la *Sirora*, tienen un contenido en aldehídos en su aceite superior al 15% del total de compuestos volátiles presentes en el aceite, por lo tanto, el aceite de pistacho virgen de estas variedades tendrá más aromas y sabores afrutados. El aceite extraído de pistachos secados y tostados, al cual denominaron en el estudio como “comercial”, tenía menor proporción de terpenos que los demás aceites estudiados debido a la formación de pirazinas y otros componentes que se formaron durante el tostado de los pistachos (Ojeda-Amador *et al.*, 2017). Las pirazinas son responsables del aroma a fruto seco tostado (Durmaz y Gökmen, 2010). Ojeda-Amador *et al.*, (2017) realizaron un análisis sensorial de 4 aceites de pistacho vírgenes de distintas variedades y definieron las características sensoriales del aceite de pistacho como un aceite de color verde muy intenso, con alta intensidad aromática y de flavor a pistacho, presentando un dulzor bastante alto, siendo un aceite que no se caracteriza ni por un marcado amargor, ni por un marcado picor, a diferencia de algunos aceites de olivas vírgenes. Observaron que el aceite de la variedad *Mateur* se caracterizaba por presentar más matices tostados que los demás (figura 13) y que junto con el aceite de la variedad *Larnaka*, presentaban mayor intensidad de flavour y aromática que los aceites de las demás variedades.



**Figura 12.** Componentes volátiles presentes en aceites de pistacho de diferentes variedades y en un aceite comercial (Ojeda-Amador *et al.*, 2017)



**Figura 13.** Características sensoriales de aceites de pistacho de distintas variedades (Ojeda-Amador *et al.*, 2017).

## 5.8 USOS DEL ACEITE DE PISTACHO

En la actualidad, el aceite de pistacho no está muy extendido en el mundo debido al desconocimiento de la población de las propiedades de este aceite (Jiang *et al.*, 2001; Saitta *et al.*, 2011; Tsantili *et al.*, 2011) y a los altos precios que tienen en el mercado (varían entre 3,90 y 17,60 € por 100 mL de aceite de pistacho para uso gastronómico) (Catalán Cambroner, 2016). Uno de los beneficios de la obtención de este aceite es el aprovechamiento de aquellas variedades de pistacho que no poseen una calidad adecuada para su consumo como snack (tamaños muy pequeños, variedades que tienden a presentar un elevado porcentaje de frutos cerrados, manchas en la cáscara o en el

fruto,...etc.) (Sheibani y Ghaziaskar, 2008; Catalán Cambroner, 2016). Además, la producción de aceite de pistacho es muy interesante de cara a revalorizar la creciente producción de pistachos en el mundo (Lilian Martínez et al., 2016), debido a que se está transformando una parte de la producción de pistacho menos valorizada, en un producto de alto valor económico (Catalán Cambroner, 2016).

Se pueden extraer los compuestos bioactivos del aceite de pistacho para elaborar suplementos farmacéuticos con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias como demuestra el estudio realizado por Zhang *et al.*, (2010) en el cual se demostró una reducción de la respuesta inflamatoria producida por la expresión genética de algunos interferones (“proteínas señalizadoras” en respuesta a un agente exógeno al organismo). También es interesante mencionar que mediante la destilación se pueden obtener los ácidos grasos esenciales de la oleorresina del pistachero (es una resina aceitosa que se encuentra en la corteza) y que se demostró en el estudio realizado por Ghalem y Mohamed, (2009) que tienen una gran actividad antimicrobiana frente a bacterias Gram negativas como *E. coli* y *Proteus spp.* y frente a bacterias Gram positivas como *S. aureus*, por lo tanto podría ser interesante utilizar estos ácidos grasos esenciales como aditivos alimentarios de carácter antimicrobiano.

El uso culinario de este aceite es algo especial en comparación a los aceites utilizados actualmente en cocina debido a sus características sensoriales. No es un aceite indicado para la fritura puesto que tiene un sabor bastante intenso al propio pistacho, y además algunas variedades pueden presentar matices dulces y salados. El aceite de pistacho está más indicado para la elaboración de platos de mayor calidad y con mayores propiedades sensoriales y nutritivas como ensaladas (combina muy bien con el sabor cítrico del limón y con el vinagre balsámico), aguacate y también combina bien con pescados a la plancha como el salmón y algunas carnes como el pollo una vez cocinado (Mille et Une Huiles; Azada Organic SL). Incluso en la actualidad, tanto el pistacho como el aceite de pistacho se utilizan para la elaboración de repostería, helados de pistacho y salsas, las cuales poseen el color verde característico (Tavakolipour, 2015).

Además hay un amplio debate sobre los beneficios que se le atribuyen al aceite de pistacho cuando se aplica en la piel, por lo que es muy utilizado en cosmética como un aceite de calidad. Algunas empresas como “Jenoris” comercializan cremas y aceites

de pistacho con fin cosmético y otras como “Compagnie des Sens” comercializan aceites esenciales provenientes de las hojas del pistachero.

## 5.9 ACEITES DE PISTACHO EN EL MERCADO

- **Huile de Pistache (La Tourangelle):** es un aceite de pistacho elaborado por La Tourangelle, una empresa francesa que lleva más de 150 años produciendo aceites artesanales. El formato de la botella es de 250 mL y el precio que establece la página oficial es de 11.99 \$ (9.78 € si realizamos la conversión). Este aceite de pistacho tostado se elabora en Woodland, California, siguiendo los métodos tradicionales de La Tourangelle. Este aceite compuesto por un 100% de aceite de pistacho se extrae por métodos físicos: los pistachos se muelen y se tuestan. La pasta caliente resultante se presiona en una prensa hidráulica. Después de la extracción mecánica, el aceite es filtrado y embotellado. El aceite tiene sabores intensos de pistacho y un lujoso color verde oscuro.
- **Aceite Virgen de Pistacho (Azada Organic SL):** Tal como lo describe la propia empresa: “Los pistachos se tuestan ligeramente y después se presan en frío siguiendo una tradición familiar”. El precio en la página oficial es de 19.95 € la botella con un contenido neto de 100 mL. Es una empresa catalana situada en Castelldefels (Barcelona).
- **Aceite de Pistacho Virgen Orgánico de Shop Santa Barbara Pistachio Company:** Es un aceite de pistacho proveniente de una localidad de California. Es un aceite de pistacho virgen extraído de pistachos orgánicos de la variedad *Kernel* mediante métodos por presión. Posee un color verde el cual es valorado positivamente por el consumidor. El precio es de 11.95 \$ por 8.5 onzas en la página oficial (9.68€ por unos 240 mL realizando la conversión).
- **Huile Vierge Pistache de Mille et Une Huiles:** Es un aceite virgen de pistacho de color verde y un sabor dulce como lo describe el comerciante, obtenido a partir de pistachos tostados. Una botella de 250 mL cuesta 44.00€ en la página oficial de Mille et Une Huiles.
- **Huile de Pistache 80% Vierge de Guénard:** Es un aceite 80% virgen de pistacho de la empresa Virge de Guénard situada en Vierzon dans le Berry (Francia). Tiene un 80% de aceite de pistacho virgen y un 20% de aceite de pistacho refinado. El comerciante lo describe como un producto de alta calidad

con un contraste de sabores salados y dulces. Una botella de 250 mL cuesta 30.00€.

- **Aceite Refinado de Pistacho de Jedwards International, INC:** Es un aceite obtenido mediante prensado en frío y posteriormente refinado. La apariencia del aceite es amarilla clara, con un olor y sabor característicos y suaves, según el productor. Un galón de aceite de pistacho (3.5 Kg de aceite) cuesta 28.88 \$ (23,32 € si realizamos la conversión). Es un aceite de pistacho muy barato en comparación con los otros aceites mencionados antes, pero hay que tener en cuenta que es un aceite refinado de calidad más modesta.
- **Aceite Virgen de Pistacho de Irán de Libeluile:** Es una empresa francesa dedicada a la producción de aceites de alta calidad. Este aceite virgen de pistacho se obtiene de pistachos iraníes secados al sol. Es un aceite de color verde intenso con un aroma muy intenso. El precio por una botella de 250 mL es de 24,09 €.
- **Aceite de pistacho de Jenoris:** Este aceite está exclusivamente destinado al tratado capilar. Está enriquecido con omega-3, omega-6, omega-9 y las propiedades que le atribuyen los comerciantes son: reparación capilar, proporciona suavidad y brillo, reduce el tiempo de secado del pelo. El precio es de 23,65 € por 100 mL del producto.
- **Lentisque Pistachier (Aceite esencial BIO) de la Compagnie des Sens:** Es un aceite esencial obtenido de las hojas del pistachero de la variedad *Pistacia lentiscus L.*, a diferencia de los otros aceites mencionados con anterioridad. La empresa que lo comercializa es francesa (Lyon) y los pistachos que utiliza provienen de Marruecos. Además está destinado al uso terapéutico mediante vía cutánea, no al consumo gastronómico. Cada lote es seleccionado por expertos en base a su análisis cromatográfico de componentes como el  $\alpha$ -pineno. Está indicado para el tratado de piernas cansadas, varices y hemorroides y su precio es de 17,10 € por 10 mL de producto. Además cabe destacar el gran grado de especificaciones que posee este aceite, tanto analíticas, como la descripción de usos y propiedades.

## **6. CONCLUSIONES**

-Las variedades de pistachos de floración temprana como *Larnaka* tienen una alta capacidad de producción y se adaptan muy bien a distintos tipos de clima, como por ejemplo el clima húmedo del litoral mediterráneo. Poseen el inconveniente de que el fruto tiene un calibre pequeño, por lo que el consumidor los rechaza como snack. Sin embargo el aceite de estas variedades es de muy buena calidad. Por lo tanto producir aceites de pistacho con estas variedades es una forma de revalorizarlas consiguiendo un producto de alto valor económico.

-Realizar un tratamiento de tostado al pistacho antes de la extracción de su aceite tiene como efecto el ablandamiento del fruto y por lo tanto el aumento del rendimiento de la extracción. Además confiere al aceite de pistacho un color verde-oscuro muy aclamado por el consumidor y un flavor a tostado característico, así como un aumento de la capacidad antioxidante.

-La extracción mediante sistemas de presión sigue siendo el método de extracción más empleado para producir aceites de pistacho de alta calidad, a pesar del rendimiento menor que se consigue en comparación a los demás métodos. Esto se debe a que los aceites de pistacho obtenidos mediante sistemas de presión conservan en mayor medida las propiedades nutricionales y sensoriales. Además la prensa tornillo parece ser la más indicada debido a que los aceites obtenidos con ella tienen mayor cantidad de polifenoles y poseen un color más verde y oscuro debido a mayores temperaturas que se alcanzan durante la extracción que con otros tipos de prensa.

-El aceite de pistacho virgen es rico en ácido oleico (55-74%), ácido linoleico (13-29%), fitoesteroles (3200-7600 mg/ Kg) y  $\gamma$ -tocoferol (550-720 mg/ Kg), siendo un aceite de consumo con alto potencial antioxidante y con propiedades saludables. Además esta composición varía en función de la variedad de cultivo utilizada y el área geográfica a la que pertenece, pudiendo satisfacer distintas necesidades por parte del consumidor.

-El aceite de pistacho tiene un gran potencial para aumentar su producción y consumo considerando la expansión de superficie que está llevando a cabo este cultivar.

-The varieties of pistachios of early flowering as Larnaka have a high production capacity and adapt very well to different types of climate, for example the humid climate of the Mediterranean coast. They have the disadvantage that the fruit has a small caliber, so the consumer rejects them as snacks. However the oil of these varieties has very good quality. Therefore, producing pistachio oils with these varieties is a way of revaluing them by obtaining a product of high economic value.

-Apply a toasting treatment to the pistachio before the extraction of its oil it has as effect the softening of the fruit and therefore the increase of the extraction yield. It also gives pistachio oil a very consumer-acclaimed dark-green color and a characteristic roasting flavor, as well as an increase in antioxidant capacity.

-The extraction by pressure systems is still the most used method of extraction to produce high quality pistachio oils, despite the lower yield obtained in comparison to the other methods. This is because the pistachio oils obtained through pressure systems keep the nutritional and sensory properties better. In addition, the screw press appears to be the most suitable because the oils obtained with them have a greater quantity of polyphenols and have a greener and darker color due to higher temperatures that are reached during the extraction than with other types of presses.

-Virgin pistachio oil is rich in oleic acid (55-74%), linoleic acid (13-29%), phytosterols (3200-7600 mg/kg) and  $\gamma$ -tocopherol (550-720 mg/kg), being a consuming oil with high antioxidant potential and healthy properties. In addition, this composition varies depending on the variety of cultivars used and the geographical area, being able to satisfy different needs by the consumer.

-Pistachio oil has great potential to increase its production and consumption considering the surface expansion that is carrying out this cultivar.

## **7. VALORACIÓN PERSONAL**

El cursado de la asignatura Trabajo Fin de Grado me ha ayudado muy positivamente a saber buscar información de carácter científico en la red, en libros y en bases de datos y a saber interpretarla e integrarla de forma que la información extraída de distintos documentos acabe teniendo un formato individualizado y con una expresión clara de las ideas principales. Además me ha ayudado a formarme como persona debido a que solía ser una persona bastante irregular en relación a las horas que le dedicaba al

trabajo y al estudio, pasando a ser una persona que actualmente sabe planificarse sus tareas a lo largo de la semana. También me gustaría mencionar que el trabajar con tantos documentos en inglés me ha ayudado a interpretar información en inglés de manera más eficaz, así como a enriquecer mi vocabulario.

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

Abdolshadi, A., Majd, M. H., Rad, S. J., Taheri, M., Shabani, A., Teixeira da Silva, J. A. (2015). Choice of solvent extraction technique affects fatty acid composition of pistachio (*Pistacia vera* L.) oil. *Journal of Food Science and Technology* 52 (4), 2422-2427. DOI: 10.1007/s13197-013-1183-8

Álvarez-Ortí, M., Quintanilla, C., Sena, E., Alvarruiz, A., Pardo, J. E. (2012). The effects of a pressure extraction system on the quality parameters of different virgin pistachio (*Pistacia vera* L. var. Larnaka) oils. *Grasas y Aceites* 63 (3), 260-266. DOI: 10.3989/gya.117511

Azada Organic SL (2018). Azada Organic SL. Disponible en <https://www.azada.es/es/product-category/pistacho> [Consultado 27-02-2018]

Aznarte Mellado, C. (2015). *Optimización de distintos portainjertos en el cultivo del pistacho: un enfoque físico y molecular*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

Bibiloni, J (2015). *Las anacardiáceas y sus frutos*. Disponible en: [http://jardin-mundani.blogspot.com.es/2015\\_10\\_01\\_archive.html](http://jardin-mundani.blogspot.com.es/2015_10_01_archive.html) [Consultado 29/05/2018]

Bulló, M., Juanola-Falgarona, M., Hernández-Alonso, P., Salas-Salvadó, J. (2015). Nutrition attributes and health effects of pistachio nuts. *British Journal of Nutrition* 113 (2), 79-93. DOI: 10.1017/S0007114514003250

Carrera Morales, M. (2005). Frutas de zona templada. En: Mateo Box, J. M. (Coord.). *Prontuario de agricultura*. Madrid, Barcelona, México: Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; Mundi-Prensa, 787-789

Catalán Cambrero, L. (2016). *Optimización del proceso de extracción de aceite de pistacho virgen y aprovechamiento agrícola de las harinas generadas en el mismo*. Tesis Doctoral. Universidad de Castilla-La Mancha.

Catalán, L., Álvarez-Ortí, M., Pardo-Gimenez, A., Gómez, R., Pardo, J.E. (2016). Changes in physicochemical and sensory parameters of pistachio oil during storage. *Simposio Nacional de Frutos Secos. Ferreira do Alentejo (Portugal)*, 30-06-16

Centro Investigación Agroambiental El Chaparrillo-IRIAF. *La recolección y el procesado del fruto en el pistachero*. Castilla-La Mancha: Centro Investigación Agroambiental El Chaparrillo-IRIAF. Disponible en: [http://pagina.jccm.es/agricul/chaparrillo/pdf/recoleccion\\_procesado\\_pistachero.pdf](http://pagina.jccm.es/agricul/chaparrillo/pdf/recoleccion_procesado_pistachero.pdf) [Consultado 05-03-2018]

Cert, A., Moreda, W., García-Moreno, J. (1997). Determinación de esteróles y dialcoholes triterpénicos en aceite de oliva mediante separación de la fracción por cromatografía líquida de alta eficacia y análisis por cromatografía de gases. Estandarización del método analítico. *Grasas y Aceites* 48 (4), 207-218.

Chahed, T., Bellila, A., Dhifi, W., Hamrouni, I., M'hamdi, B., Kchouk, M. E., Marzouk, B. (2008). Pistachio (*Pistacia vera*) seed oil composition: geographic situation and variety effects. *Grasas y Aceites* 59 (1), 51-56.

Couceiro López, J. F., Guerrero Villaseñor, J., Gijón López, M. C., Moriana Elvira, A., Pérez López, D., Rodríguez de Francisco, M. (2013). *El cultivo del pistacho*. Madrid: Mundi-Prensa.

Couceiro López, J.F., Moriana, A., Mendiola Ubillos, M.A., Guerrero Villaseñor, J., Gijón López, M. C., Rivero Rincón, A. (2005). Varieties of pistachio cultivated in Castilla-La Mancha. *Vida Rural* 209, 46-50.

Durmaz, G., Gökmen, V. (2010). Impacts of roasting oily seeds and nuts on their extracted oils. *Lipid Technology* 22 (8), 179-182. DOI: 10.1002/lite.201000042

FAOSTAT (2016). Food and Agriculture Organization of the United Nations database. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/?#data/QC> [Consultado 01-03-2018]

Gentile, C., Tesoriere, L., Butera, D., Fazzari, M., Monastero, M., Allegra, M., Livrea, M. A. (2007). Antioxidant Activity of Sicilian Pistachio (*Pistacia vera* L. Var. Bronte) Nut Extract and Its Bioactive Components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 643-648. DOI: 10.1021/jf062533i

Ghalem, B. R. Mohamed, B. (2009). Antimicrobial activity evaluation of the oleoresin oil of *Pistacia vera* L. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* 3(3), 92-96.

Ghrab, M., Zribi, F., Ayadi, M., Elloumi, O., Mnaïki, N., Ben Mimoun, M. (2010). Lipid characterization of local pistachio germoplasm in central and southern Tunisia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23 (6), 605-612. DOI: 10.1016/j.jfca.2009.08.016

Goldhamer, D. A. (2005). Tree water requirements & regulated deficit irrigation. En: Ferguson (Ed.), L. *Pistachio Production Manual, Fourth Edition 2005*, 103-116. Fruit and Nut Research and Information Center, University of California. Disponible en: [fruitsandnuts.ucdavis.edu/dsadditions/Pistachio\\_Manual\\_2005/](http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/dsadditions/Pistachio_Manual_2005/) [Consultado 15-03-2018]

Huguet, A. (2016). El pistacho, un cultivo de futuro en el Alto Aragón, *Diario del Alto Aragón*, 2 de Septiembre. Disponible en: <http://www.diariodelaltoaragon.es/NoticiasDetalle.aspx?Id=1014470> [Consultado 14-03-2018]

Huiles Guénard. Huiles Génard. Disponible en: <https://www.huiles-guenard.com> [Consultado 19-04-2018]

Jedwards International, INC (2018). Jedwards International. Disponible en: [https://bulknaturaloils.com/bulk-pistachio-oil.html#product\\_tabs\\_Terms](https://bulknaturaloils.com/bulk-pistachio-oil.html#product_tabs_Terms) [Consultado 18-04-2018]

Jenoris España. Jenoris (pistachio and borage oils). Disponible en: <https://jenoris.es> [Consultado 24-04-2018]

Jiang, Q., Christen, S., Shigenaga, M. K., Ames, B. N. (2001).  $\gamma$ -Tocopherol, the major form of vitamin E in the U.S. diet, deserves more attention. *The American Journal of Clinical Nutrition* 74(6), 714-722. DOI: 10.1093/ajcn/74.6.714

Kashaninejad, M., Maghsoudlou, Y., Khomeiri, M., Tabil, G. (2010). Resistance to airflow through bulk pistachio nuts (Kalleghochi variety) as affected by moisture content, airflow rate, bed depth and fill method. *Powder Technol* 203 (2), 359-364. DOI: 10.1016/j.powtec.2010.05.030

Kashaninejad, M., Tabil, L. G., Mortazavi, A., Safe Kordi, A., Nakhaei, M., Nikkho, M. (2003). Effect of Drying Methods on Quality of Pistachio Nuts. *Dry Technology*, 21, 821-838. DOI: 10.1081/DRT-120021688

Kornsteiner, M., Wagner, K., Elmadfa, I. (2006). Tocopherol and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry* 98 (2), 381-387. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.07.033

La Compagnie des Sens (2018). La Compagnie des Sens. Disponible en: <https://www.compagnie-des-sens.fr/boutique/lentisque-pistachier-huile-essentielle-bio-110#8-contenance-10ml> [Consultado 28-05-2018]

La Tourangelle (2018). La Tourangelle. Disponible en <https://latourangelle.com/product/roasted-pistachio-oil/> [Consultado 27-02-2018]

Libeluile (2018). Libeluile. Disponible en: [www.libeluile.fr/nos-savoureuses-productions-fr.html](http://www.libeluile.fr/nos-savoureuses-productions-fr.html) [Consultado 28-05-2018]

Lilian Martinez, M., Fabani, M. P., Baroni, M. V., Magrini Huaman, R. N., Ighani, M., Maestril, D. M., Wunderlin, D., Tapia, A., Egly Feresin, G. (2016). Argentinian pistachio oil and flour: a potential novel approach of pistachio nut utilization. *Journal of Food Science and Technology* 53 (5), 2260-2269. DOI: 10.1007/s13197-016-2184-1

Melo, M. M., Silvestre, A. J., Silva, C. M. (2014). Supercritical fluids extraction of vegetable matrices: Applications, trends and future perspectives of a convincing green technology. *The Journal of Supercritical Fluids* 92, 115-176. DOI: 10.1016/j.suplu.2014.04.007

Mille et Une Huiles (2018). Mille et Une Huiles. Disponible en: <https://www.1001huiles.fr> [Consultado 19-04-2018]

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAPAMA) (2016). Datos Provisionales de Frutales NO Cítricos y de Frutales Secos Año 2016. Madrid: MAPAMA. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadistica-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/> [Consultado 24-02-2018].

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAPAMA). (2014). Análisis provincial de superficie, rendimiento y producción, 2014. Madrid: MAPAMA. Disponible en: [www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2015/default.aspx?parte=3&capitulo=13&grupo=10&seccion=5](http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2015/default.aspx?parte=3&capitulo=13&grupo=10&seccion=5) [Consultado 27-02-2018]

Miraliakbari, H., Shahidi, F. (2008). Lipid class compositions, tocopherols and sterols of tree nut oils extracted with different solvents. *Journal of Food Lipids* 15 (1), 81-96. DOI: 10.1111/j.1745-4522.2007.00104.x

Nikzadeh, V., Sedaghat, N. (2008). Physical and Sensory Changes in Pistachio Nuts as Affected by Roasting Temperature and Storage. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science* 4 (4), 478-483. Disponible en: [www.idosi.org/aejaes/jaes4\(4\)/12.pdf](http://www.idosi.org/aejaes/jaes4(4)/12.pdf) [Consultado 17-04-2018]

Noguera Artiaga, L. (2014). *Efecto del riego deficitario controlado sobre la calidad de pistachos*. Trabajo Fin de Grado. Universidad Miguel Hernández de Elche (Alicante).

Ojeda-Amador, R. M., Fregapane, G., Salvador, M. D. (2017). Composition and properties of virgin pistachio oils and their by-products from different cultivars. *Food Chemistry* 240, 123-130. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.07.087

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; Organización Mundial de la Salud (1981). Norma del Codex para pistachos con cascara CODEX STAN 131-1981. Codex Alimentarius

Pardo-Giménez, A., Catalán, A., Carrasco, J., Álvarez-Ortí, M., Zied, D. C., Pardo, J. E. (2016). Effect of supplementing crop substrate with defatted pistachio meal on *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* production. *Journal of Food Science of Food and Agriculture* 96, 3838-3845. DOI: 10.1002/jsfa.7579

Rabadán, A., Álvarez-Ortí, M., Gómez, R., Alvarruiz, A., Pardo, J. E. (2017). Optimization of pistachio oil extraction regarding processing parameters of screw and hydraulic presses. *LWT-Food Science and Technology* 83, 79-85. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.05.006

Saber-Tehrani, M., Givianrad, M. H., Aberoomand-Azar, P., Waqif-Husain, S., Jarafi Mohammadi, S. A. (2013). Chemical Composition of Iran's *Pistacia atlantica* Cold-Pressed Oil. *Journal of Chemistry*, artículo ID 126106, 1-6. DOI: 10.1155/2013/126106

Sahena, F., Zaidul, I.S.M, Jinap, S., Karim, A. A., Abbas, K. A., Norulaini, N. A. N., Omar, A. K. M. (2009). Application of supercritical CO<sub>2</sub> in lipid extraction. *Journal of Food Engineering* 95, 240-253. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.06.026

Saitta, M., Giuffrida, D., Di Bella, G., La Torre, G.L., Dugo, G. (2011). Compounds with antioxidant properties in pistachio (*Pistacia vera* L.) seeds. En: Preedy, V. R., Watson, R. R., Patel, V. B. *Nuts and seeds in health and disease prevention*. London: Academic Press. 909-918.

Saitta, M., Giuffrida, D., La Torre, G. L., Potorti, A. G., Dugo, G. (2009). Characterisation of alkylphenols in pistachio (*Pistacia vera* L.) kernels. *Food Chemistry*, 117 (3), 451-455. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.04.043

Santa Barbara Pistachio Company (2018). Santa Barbara Pistachio Company. Disponible en: <https://www.santabarbarapistachios.com> [Consultado 19-04-2018]

Sena-Moreno, E., Pardo, J. E., Catalán, L., Gómez, R., Pardo-Giménez, A., Álvarez-Ortí, M. (2015). Drying temperature and extraction method influence physicochemical and sensory characteristics of pistachio oils. *European Journal of Lipid Science and Technology* 117 (5), 684-691. DOI: 10.1002/ejlt.201400366

Sheibani, A., Ghaziaskar, H. S. (2008). Pressurized fluid extraction of pistachio oil using a modified supercritical fluid extractor and factorial design for optimization. *LWT- Food Science and Technology* 41 (8), 1472-1477. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.09.002>

Tavakolipour, H. (2015). Postharvest operations of pistachio nuts. *Journal of Food Science and Technology* 52 (2), 1124-1130. DOI: 10.1007/s13197-013-1096-6

Trevisan, M. T. S., Pfundstein, B., Haubner, R., Würtele, G., Spiegelhalder, B., Bartsch, H., Owen, R. W. (2006). Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. *Food and Chemical Toxicology* 44 (2), 188-197. DOI: 10.1016/j.fct.2005.06.012

Tsantili, E., Takidelli, C., Christopoulos, M. V., Roussos, P. A. (2011). Total phenolics and flavonoids and total antioxidant capacity in pistachio (*Pistachia vera* L.) nuts in relation to cultivars and storage conditions. *Scientia Horticulturae* 129 (4), 694-701. DOI: 10.1016/j.scienta.2011.05.020

Unión Europea. Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 20 de diciembre de 2006 (364), 5-24.

United States Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service (2016). USDA National Nutrient Database for Estándar Reference, Release 26. USDA. Disponible en: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/> [Consultado 01-03-2018]

Velasco Muñoz, J. F., Aznar Sánchez, J. A. (2016). El mercado mundial y norteamericano del pistacho. *Boletín económico de ICE, Información Comercial Española*, n° 3082 (Del 1 al 31 de Diciembre de 2016), 51-61. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6051050> [Consultado 14-03-2018]

Yazdanpanah. H, Mohammadi, T., Abouhossain, G., Majid Cheraghali, A. (2005). Effect of roasting on degradation of Aflatoxins in contaminated pistachio nuts. *Food and Chemical Toxicology* 43, 1135-1139. DOI: 10.1016/j.fct.2005.03.004

Zamorano, T. (2017). *Información sobre el cultivo de pistacho*. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=Z2Mvq-DUHck> [Consultado 01-03-2018]

Zaragoza, L. B. (2018). “El campo aragonés ensaya con pistachos”, *Heraldo*, 28 de Febrero. Disponible en: <https://www.heraldo.es/noticias/aragon/2017/02/17/el-pistacho-fruto-seco-del-futuro-1159433-300.html> [Consultado 14-03-2018]

Zhang, J., Kris-Etherton, P.M, Thompson, J. T., Vanden Heuvel, J. P. (2010). Effect of pistachio oil on gene expression of IFN-induced protein with tetratricopeptide repeats 2: A biomarker of inflammatory response. *Molecular Nutrition & Food Research* 54 (S1), S83-S92. DOI: 10.1002/mnfr.200900244