



# X Congreso Ibérico de Agroingeniería X Congresso Ibérico de Agroengenharia

Huesca, 3-6 septiembre 2019



## Obtención y caracterización de aceites de frutos secos vírgenes

J.E. Pardo<sup>1</sup>, A. Rabadán<sup>1</sup>, M.E. Copete<sup>1</sup>, E. López<sup>1</sup>, A. Alvarruiz<sup>1</sup>, R. Góme<sup>1</sup>z, M. Álvarez-Ortí<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes (ETSIAM). Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). Campus Universitario, s/n. 020171 Albacete; Jose.PGonzalez@uclm.es.

**Resumen:** En este trabajo se ha evaluado el proceso de obtención del aceite contenido en el interior de diferentes frutos secos, a partir de su caracterización físico-química y sensorial. En la prensa hidráulica se ha evaluado la presión y el tiempo de extracción, mientras que en la de tornillo, la influencia de la temperatura y la velocidad de extracción. El contenido en aceite de los frutos secos ha variado en función del tipo de fruto seco considerado y del tipo de prensa utilizada en la extracción. Se ha encontrado una gran similitud entre los aceites vírgenes de almendra y los de pistacho; en el extremo opuesto se encuentran los de nuez. Los aceites se han caracterizado, con respecto a su composición lipídica, por su bajo contenido en ácidos grasos saturados y el predominio de los mono y poliinsaturados. Con respecto a la estabilidad, el aceite de nuez se muestra como el menos estable, debido seguramente a su bajo contenido en ácido oleico y a su menor contenido en tocoferoles y polifenoles totales. Con respecto a la caracterización sensorial, los consumidores han valorado positivamente todos los aceites obtenidos, con independencia del tipo de prensa utilizado y el atributo sensorial evaluado.

**Palabras clave:** prensa, tornillo, hidráulica, calidad, estabilidad

### 1. Generalidades

Dentro de la agricultura tradicional española se encuentra el cultivo de árboles frutales productores de frutos secos. Su especial capacidad de adaptación al medio físico y climático mediterráneo les permite ocupar tierras marginales, de elevada pendiente, donde, con frecuencia, no existe un cultivo alternativo; en muchas zonas de España, estos cultivos complementan las rentas económicas de los agricultores jugando, a la vez, un importante papel en la conservación de los suelos.

En la actualidad, el sector está pasando por un buen momento, sobre todo en el caso del almendro y del pistacho, debido al incremento del precio de los frutos secos producidos. Esto ha llevado a un aumento, año tras año, de las tierras dedicadas a estos cultivos, ocupándose parcelas de mayor tamaño y de mejor calidad agronómica que las tradicionales. Esto no quita que exista una importante competencia externa, debido, en unos casos, al mayor potencial productivo y a la utilización de técnicas de producción intensivas (caso de Estados Unidos) y, en otros, al menor coste de explotación y de mano de obra (Irán, China, India y Turquía).

A nivel nacional, las comunidades autónomas que están creciendo en superficie de cultivo de frutos de cáscara son, en primer lugar, Castilla-La Mancha, seguida de cerca por Murcia y, a mayor distancia, por Extremadura y Castilla-León. Estos cultivos entrarán en producción en unos años, lo que incrementará considerablemente la producción nacional, pudiéndose llegar a la obtención de excedentes, si las condiciones climáticas acompañan. Es por ello, por lo que sería interesante la búsqueda de nuevos usos para estos productos, como sería el caso de la

extracción del aceite virgen contenido en su interior, que pudiera utilizarse en gastronomía o en cosmética, mantenimiento así la rentabilidad de estos cultivos.

Dentro de este grupo de árboles frutales destacan en nuestro país el almendro, la nuez y el pistacho. También presentan gran interés y, por tanto, deberían tenerse en cuenta, la avellana, el cacahuete, la castaña o los piñones, aunque, en esta comunicación nos centraremos en los tres primeros, al ser los más importantes en Castilla-La Mancha, comunidad autónoma en la cual desarrollamos nuestra actividad investigadora.

## 2. Obtención de aceites vírgenes de frutos secos

El proceso de obtención de aceite es muy similar en todos los frutos secos considerados. La recolección se realiza, habitualmente, antes que comiencen las lluvias de otoño (agosto-octubre). Seguidamente se procede al descortezado, consistente en la eliminación de la cáscara verde exterior adherida al fruto y que no se ha perdido al caerse del árbol. Después del descortezado, los frutos se someten a secado, el cual puede realizarse de muy diferentes maneras. Sobre sacos a temperatura ambiente, en estufa de aire caliente, mediante ventilador, en secadero de aire caliente, etc. Mediante el secado, la humedad relativa se reduce de forma considerable hasta un 5-8%, según el fruto seco considerado (Almendra: 7%; Nuez: 8%; Pistacho: 5%).

El secado rápido de los frutos secos es una operación fundamental desde el punto de vista comercial (un mal secado disminuye la rentabilidad de la operación, así como la vida útil de los frutos por su gran tendencia al enranciamiento) y sanitario (un buen secado evita el crecimiento y proliferación del hongo *Aspergillus flavus*, y por tanto, la producción de aflatoxinas).

Posteriormente, se procede al descascarado, proceso por el cual se separa el grano de la cáscara. Este puede realizarse de forma manual o mediante equipos más o menos sofisticados.

Tras el proceso de extracción del aceite, queda una torta o pelet duro y compactado, según se utilice prensa hidráulica o de tornillo, respectivamente, que tras ser triturada se convierte en una harina (Figura 1), apta para su consumo humano o el aprovechamiento agrícola, con lo que se consigue el aprovechamiento integral de los frutos secos..



**Figura 1.** Aspecto externo del pelet (prensa de tornillo) resultante del proceso de extracción, y de la harina de nuez desgrasada, tras su trituración.

La operación más importante e influyente en el proceso de obtención del aceite de los frutos secos, y que, por tanto, hay que optimizar, con vistas a obtener un producto final de mayor calidad, es la extracción. Para la extracción del aceite de los frutos secos existen diferentes alternativas, aunque, como ocurre con las semillas, será seguramente la extracción con disolventes la que proporcionará un mayor rendimiento industrial [1]. Los equipos tradicionales utilizan altas presiones, altas temperaturas y productos químicos, por lo que no se conseguirá una calidad óptima del aceite, debido a la aparición de sabores indeseables y a la inactivación de vitaminas y sustancias activas presentes en la materia prima [2], lo que obligará

al refinado de los mismos y, en este caso, ya no podremos hablar de aceites vírgenes. En los últimos años, la extracción con fluidos supercríticos (CO<sub>2</sub>), ha experimentado un importante auge como alternativa a los métodos de extracción con disolventes convencionales [3]; el empleo de temperaturas y presiones más bajas da lugar a productos de mayor calidad [4]. El único inconveniente, aunque importante es el elevado precio de los equipos que complica su uso, incluso a nivel de investigación, limitándose su uso a productos que tengan un valor final muy alto.

Una alternativa al empleo de disolventes es el uso del prensado. Se pueden utilizar prensas hidráulicas y prensas de tornillo. Por regla general, la extracción con prensas hidráulicas ofrece una menor rentabilidad por la elevada mano de obra que requiere, sin embargo, los aceites así obtenidos encontrarán, posiblemente, una mayor aceptación, pues al trabajar a temperatura ambiente, mantienen mejor sus propiedades físico-químicas y sensoriales.

Nuestro grupo de investigación en la UCLM (Calidad, Seguridad e Higiene de Productos Agroalimentarios) dispone de una prensa hidráulica, diseñada ex profeso por nosotros y construida por la empresa MECAMAQ (Vila-Sana, Lleida, España), a partir del modelo DEVF 80 (Figura 2).



**Figura 2.** Prensa hidráulica. Aspecto externo y detalle interior.

En los estudios realizados sobre la optimización de la extracción del aceite de frutos secos mediante esta prensa, hemos evaluado la influencia de la presión y del tiempo de extracción. Se han considerado tres presiones de extracción (80 kg cm<sup>-2</sup>, 120 kg cm<sup>-2</sup> y 160 kg cm<sup>-2</sup>) y tres tiempos de extracción (2 min, 3 min y 4 min, para la almendra; 1 min, 2 min y 3 min, para la nuez, debido a su mayor facilidad de extracción; y 10 min, 12 min y 15 min, para el pistacho, por todo lo contrario). La cantidad de materia prima de partida ha sido, en todos los casos, de 800 g (200 g por pañito).

La extracción con prensas de tornillo exige un acondicionamiento térmico del material, lo que conlleva, en principio, una disminución de la calidad del producto final. Nuestro grupo de investigación dispone de una prensa de tornillo comercial (Komet Oil Press CA59G – IBG Monforts Oekotec GmbH & Co. kg, Mönchengladbach, Germany) (Figura 3). En dicha prensa hemos evaluado la influencia de la temperatura y de la velocidad de extracción. Se han considerado cinco temperaturas de extracción (50°C, 75°C, 100°C, 150°C y 200°C), y tres velocidades de extracción (mínima - 17 rpm -, media - 49 rpm - y máxima -96 rpm -).

No se han ensayado temperaturas ni superiores ni inferiores a las seleccionadas, ya que no pueden superarse los 200°C y la prensa no puede funcionar correctamente por debajo de los 50°C. En realidad, las temperaturas indicadas se corresponden con la temperatura exterior de la boquilla de la prensa de tornillo, al ser calentada con el anillo calefactor, siendo la temperatura máxima real de los aceites la recogida en la tabla 1.



**Figura 3.** Prensa de tornillo. Aspecto externo y detalle de la boquilla en funcionamiento.

El tiempo necesario para la extracción del aceite contenido en el interior de 600 g de almendra ha sido de 56 min, 22 min y 14 min, según se hayan utilizado las velocidades de 17 rpm, 49 rpm y 96 rpm, respectivamente, siempre y cuando haya funcionado correctamente el equipo (temperaturas más altas); en los casos de la nuez y el pistacho, los tiempos han sido de 60 min, 24 min y 16 min, y 40 min, 15 min y 8 min, respectivamente, para las mismas velocidades.

**Tabla 1.** Temperatura máxima real de los aceites de frutos secos extraídos en función de la temperatura exterior de la boquilla, calentada mediante anillo calefactor

Temperatura de la boquilla (°C)	Temperatura máxima real de los aceites de frutos secos (°C)								
	Almendra			Nuez			Pistacho		
	17 rpm	49 rpm	96 rpm	17 rpm	49 rpm	96 rpm	17 rpm	49 rpm	96 rpm
50	48	47	46	48	-	-	40	39	36
75	52	51	49	51	49	-	43	40	38
100	59	57	56	53	52	51	45	41	40
150	70	68	62	73	66	62	61	53	47
200	80	78	73	84	74	71	75	65	53

Cuando se utiliza la prensa hidráulica, es necesario, previamente, el triturado del fruto seco, antes de la formación de los pañitos.

### 3. Composición lipídica de los frutos secos

El contenido en aceite de los frutos secos varía en función del tipo de fruto seco considerado y del tipo de prensa utilizada en el proceso de extracción. En el caso de la almendra, los rendimientos oscilan entre un 45 y un 52%, si utilizamos una prensa de tornillo, y entre un 33 y un 43%, si la prensa es hidráulica. En el caso de la nuez, los intervalos son de 50-65% y 46-55%, respectivamente, siendo para el pistacho de 27-36% y 26-31%, respectivamente. Como puede observarse, para los tres frutos secos estudiados, los rendimientos siempre descienden al utilizarse la prensa hidráulica.

La determinación real de la temperatura de los aceites se determinó mediante el uso de termopares (Figura 4).

Los frutos secos, en general, se caracterizan, con respecto a su composición lipídica, por su bajo contenido en ácidos grasos saturados y el predominio de los mono y poliinsaturados [5,6]. Otras determinaciones de interés en la caracterización de los aceites vírgenes de frutos secos, son la composición en esteroides (esteroides totales, campesterol y estigmasterol), y las



relacionadas con la estabilidad de los mismos (tocoferoles totales, polifenoles totales y estabilidad oxidativa) (Tabla 2).



**Figura 4.** Determinación mediante termopares de la temperatura real de los aceites.

Con respecto al contenido en ácidos grasos, encontramos una gran similitud entre los aceites vírgenes de almendra y los de pistacho, caracterizados por un elevado contenido en ácido oleico y un bajo contenido de los ácidos linoleico y linolénico [7,8,9], lo que les aproxima a los aceites de oliva vírgenes [10,11]. Sólo el contenido en ácido palmítico parece diferenciarles, siempre a favor del aceite de pistacho. En el extremo opuesto se encuentra el aceite virgen de nuez, presentando un bajo contenido en ácido oleico y altos contenidos en cuanto a los ácidos linoleico y linolénico [12]. Con respecto al ácido palmítico, ocupa una posición intermedia entre el aceite de almendra y el de pistacho.

**Tabla 2.** Valores mínimos y máximos de los principales parámetros físico-químicos evaluados a los aceites de frutos secos considerados

Parámetros físico-químicos	Aceite de almendra		Aceite de nuez		Aceite de pistacho	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Ácido palmítico(%)	6,5	7,7	7,4	8,0	9,0	11,2
Ácido oleico (%)	65,3	72,8	14,2	19,0	56,5	73,3
Ácido linoleico (%)	17,0	23,6	56,0	60,3	13,2	29,6
Ácido linolénico (%)	0,05	0,09	12,1	12,5	0,27	0,45
Esteroles totales (mg/kg)	1819	2552	1380	1461	2991	4281
Campesterol (%)	2,4	3,5	4,7	5,0	3,1	4,8
Stigmasterol (%)	0,6	2,0	0,2	0,3	0,5	2,9
Tocoferoles totales (mg/kg)	263	503	201	386	244	559
Polifenoles totales (mg/kg)	18,7	32,3	17,0	29,0	13,5	45,8
Estabilidad oxidativa (h)	18,7	26,5	6,4	6,9	27,4	64,7

Al analizar el contenido en esteroles totales, se observan mayores valores en el aceite virgen de pistacho, separándose claramente del aceite virgen de almendra; el aceite virgen de nuez vuelve a diferenciarse claramente de los otros dos aceites, en especial del de pistacho, acercándose a los contenidos observados en el aceite de oliva virgen. Con respecto al campesterol, los menores valores se encuentran en el aceite de almendra, seguidos por el de pistacho, siendo en el aceite de nuez donde se han encontrado mayores contenidos.

Con respecto a los parámetros de estabilidad, el aceite de nuez se muestra de forma clara como el menos estable, debido seguramente a su bajo contenido en ácido oleico y también a su menor contenido en tocoferoles y polifenoles totales. La mayor estabilidad se encuentra en el

aceite virgen de pistacho, acercándose a la estabilidad encontrada en los aceites de oliva virgen procedentes de la variedad *Arbequina*, aunque muy por debajo de los aceites de oliva virgen de las variedades *Picual* y *Cornicabra* [10,11].

#### 4. Características sensoriales de los aceites vírgenes de frutos secos

En la bibliografía consultada, no hemos encontrado referencia alguna relacionada con las características sensoriales de los aceites vírgenes de frutos secos. Solamente contamos con los resultados obtenidos por nuestro grupo de investigación, a partir de la colaboración con la empresa Albagá SAT nº 6.200 (Hellín, Albacete), a partir de un contrato de I+D. En dicho estudio evaluamos las consideraciones afectivas (opiniones) de los consumidores con respecto a los distintos aceites de frutos secos obtenidos, mediante el uso de pruebas de medición del grado de satisfacción y de pruebas de preferencia. También se ha evaluado el efecto del tostado de los frutos secos sobre los aceites obtenidos.

En este estudio, los consumidores han valorado positivamente todos los aceites de frutos secos extractados, con independencia del tipo de prensa utilizado (hidráulica o tornillo), y para todos los atributos sensoriales evaluados (color, olor y sabor). En los aceites extractados con prensa de tornillo, los peores valores los han obtenido las muestras procesadas a 50°C y 75°C, debido posiblemente al mal funcionamiento del equipo a bajas temperaturas. En cambio, los mejores resultados los han obtenido los aceites elaborados a temperaturas medias-altas (100-150°C). Recordamos que las temperaturas citadas son las que alcanza la boquilla externa de la prensa de tornillo, pero no la temperatura real de los aceites que es considerablemente menor. En cuanto a los aceites obtenidos mediante prensa hidráulica, las condiciones de extracción (presión y tiempo) no han afectado a las características sensoriales de los aceites, pues no se han detectado diferencias significativas con respecto a ninguno de los atributos analizados.

Los consumidores también han valorado positivamente los aceites de frutos secos extractados con prensa hidráulica tras el tostado de los mismos. En los aceites de almendra y pistacho se valoran más los tostados a alta temperatura (100-150°C), mientras que en la nuez ocurre lo contrario (50°C).

Al comparar las muestras extractadas mediante prensa hidráulica con las extractadas con prensa de tornillo, no se han encontrado diferencias significativas con respecto a ningún atributo sensorial evaluado, sí exceptuamos el caso del color en el aceite de pistacho, donde el color verde hierba obtenido con prensa de tornillo lo hace más atractivo que el amarillo de la prensa hidráulica.

Al comparar los aceites extractados con prensa hidráulica, con y sin tostado de la materia prima, en el caso de la almendra y el pistacho se han valorado mejor los tostados, debido posiblemente a que es ésta la manera habitual de consumo de estos frutos secos, mientras que el caso de la nuez ocurre lo contrario, debido posiblemente al mismo motivo.

En este mismo estudio, y tras la formación de 7 jueces entrenados, que constituyeron un panel de cata de aceite de frutos secos, se llevaron a cabo distintas pruebas descriptivas. Destacamos en este trabajo la nota de cata relativa al aceite de almendra tostada, al de nuez fresca y al de pistacho tostado:

**Aceite de almendra tostada:**

Aceite de color amarillo claro, con olor y sabor a almendra tostada, mostrando además un dulzor muy manifiesto y un agradable postgusto.

**Aceite de nuez fresca:**

Aceite de color amarillo pálido, con olor intenso a nuez fresca, muy fino y elegante, combinando en boca el sedoso gusto a nuez fresca con agradables toques dulzones.

**Aceite de pistacho tostado:**

Aceite de color verde hierba, con toques frutados y tostados en nariz y un gusto intenso a pistacho tostado en boca, muy fino y elegante.

## Referencias

1. Guerra E.G., Zúñiga M.E. Tratamiento enzimático en la extracción de aceite de pipa de uva, *Vitis vinifera*, por prensado en frío. *Grasas y Aceites*. 2003, 54(1), 53-57.
2. Sineiro J., Domínguez H., Núñez, M.J. Pepitas de uva como fuente de aceite y proteína. *Alimentación, Equipos y Tecnología*. 1995, abril, 49-56.
3. Mendiola J.A., Herrero M., Cifuentes, A., Ibáñez E. Use for compressed fluids for sample preparation: Food applications. *J. Chromatography*. 2007, 1152, 234-246.
4. Marzouki H., Piras A., Marongiu B., Rosa A., Dessi M.A. Extraction and separation of volatile and fixed oils from berries of *Laurus nobilis* L. by supercritical CO<sub>2</sub>. *Molecules*. 2008, 13, 1702-1711.
5. Maguire L.S., O'Sullivan S.M., Galvin K., O'Connor T.P., O'Brien N.M. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2004, 55, 171-178.
6. Sena-Moreno E., Pardo J.E., Pardo-Giménez A., Gómez R., Álvarez-Ortí R. Differences in oils from nuts extracted by means of two pressure systems. *International Journal of Food Properties*. 2016, 19(12), 2750-2760.
7. Rabadán A., Álvarez-Ortí M., Gómez R., Alvarruiz, A., Pardo J.E. Optimization of pistachio oil extraction regarding processing parameters of screw and hydraulic presses. *LWT – Food Science and Technology*. 2017, 83, 79-85.
8. Rabadán A., Álvarez-Ortí, M., Gómez R., Pardo-Giménez A., Pardo J.E. Suitability of Spanish almond cultivars for the industrial production of almond oil and defatted flour. *Scientia Horticulturae*. 2017, 225, 539-546.
9. Rabadán A., Álvarez-Ortí M., Gómez R., Miguel C. de, Pardo J.E. Influence of genotype and crop year in the chemometrics of almond and pistachio oils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018, 98, 2402-2410.
10. Pardo J.E., Cuesta M.A., Alvarruiz A. Evaluation of potential and real quality of virgin olive oil from the designation of origin (D.O.) "Aceite Campo de Montiel" (Ciudad Real, Spain). *Food Chemistry*. 2007, 100, 977-984.
11. Pardo J.E., Cuesta M.A., Alvarruiz A., Granell J.D., Álvarez-Ortí M. Evaluation of potential and real qualities of virgin olive oil from the designation of origin (DO) "Aceite Montes de Alcaraz" (Albacete, Spain). *Food Chemistry*. 2011, 124, 1684-1690.
12. Rabadán A., Pardo J.E., Pardo A., Álvarez-Ortí M. Effect of genotype and crop year on the nutritional value of walnut virgin oil and defatted flour. *Science of the Total Environment*. 2018, 674, 1092-1099.