

Aspectos cualitativos de la composición de los cultivares de almendro de Mallorca (España)

R. Socias i Company^{1,*}, G. Estopañán¹, T. Juan¹, J.M. Alonso¹ y O. Kodad²

¹ Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, Av. Montañana 930, 50059 Zaragoza, España

² Département Arboriculture-Viticulture, École Nationale d'Agriculture de Meknès, Meknès, BP 5/40, Marruecos

Resumen

Se han determinado el contenido en aceite, el porcentaje de los diferentes ácidos grasos del aceite y la concentración de los tres homólogos mayoritarios de tocoferol en las almendras de 23 cultivares de Mallorca. Todos estos parámetros mostraron una gran variabilidad, con una oscilación de 47,40-56,78% del peso seco para el aceite, de 58,65-78,44% del total de aceite para el ácido oleico, de 12,01-29,40% para el ácido linoleico, de 5,38-7,06% para el ácido palmítico, de 1,88-3,71% para el ácido esteárico, de 0,38-0,61% para el ácido palmitoleico, de 258,5-500,2 mg kg⁻¹ aceite para el α -tocoferol, de 0,02-1,13 mg kg⁻¹ aceite para el δ -tocoferol, de 1,89-20,8 mg kg⁻¹ aceite para el γ -tocoferol y de 260,41-522,13 mg kg⁻¹ aceite para el total de tocoferoles. Esta variabilidad está de acuerdo con los niveles de variabilidad de estos componentes analizados en cultivares de almendro de diversa procedencia geográfica, pero se obtuvieron unos valores inferiores a la media en el contenido en aceite, el porcentaje de ácido oleico y la concentración de tocoferoles, lo que puede recomendar una comercialización rápida de las almendras de Mallorca, así como su uso para determinadas utilidades por su contenido en aceite.

Palabras clave: *Prunus amygdalus*, composición, calidad, ácidos grasos, tocoferoles.

Abstract

Qualitative traits of the composition of the almond cultivars from Majorca (Spain)

Oil content, percentage of the different fatty acids and concentration on the three main tocopherol homologs were determined for the almonds of 23 cultivars of Majorca. All these parameters showed great variability, with a range of 47.40-56.78% of dry matter for oil, of 58.65-78.44% of total oil for oleic acid, of 12.01-29.40% for linoleic acid, of 5.38-7.06% for palmitic acid, of 1.88-3.71% for stearic acid, of 0.38-0.61% for palmitoleic acid, of 258.5-500.2 mg kg⁻¹ oil for α -tocopherol, of 0.02-1.13 mg kg⁻¹ oil for δ -tocopherol, of 1.89-20.8 mg kg⁻¹ oil for γ -tocopherol, and of 260.41-522.13 mg kg⁻¹ oil for total tocopherols. This variability agrees with the levels of variability of these components analyzed in almond cultivars of different geographical origin, but the values obtained were lower than the average for the oil content, the percentage of oleic acid and the concentration of tocopherols, a fact that may recommend a rapid commercialization of the Majorcan almonds, as well as their utilization for specific confectioneries due to their oil content.

Keywords: *Prunus amygdalus*, composition, quality, fatty acids, tocopherols.

* Autor para correspondencia: rsocias@cita-aragon.es

<https://doi.org/10.12706/itea.2018.002>

Introducción

La parte que se consume de las almendras (*Prunus amygdalus* Batsch) es la semilla, denominada pepita y considerada como un alimento de un valor nutritivo y medicinal muy elevado. Las almendras se han consumido desde tiempo inmemorial, tanto enteras como elaboradas en un gran número de productos derivados, no sólo para el consumo humano directo, sino también en las industrias farmacéutica y cosmética. Ya en tiempos antiguos se ofrecían a los invitados a todas las bodas cinco peladillas como símbolos de salud, fertilidad, buena suerte, riqueza y felicidad. En sentido contrario, las almendras amargas se han asociado con la mala suerte y con la muerte (Verdú *et al.*, 2017). Por otro lado, las aplicaciones sanitarias de las almendras se encuentran registradas en los sistemas médicos más antiguos, como en los antiguos griegos y persas, así como en las medicinas tradicionales china y ayurvédica (Albala, 2009).

El consumo de almendras ha aumentado en los últimos años (Gradziel *et al.*, 2017), un hecho que responde a la evolución de su consideración desde la de un aperitivo y un elemento de diversos postres, especialmente los navideños, hacia la de un alimento saludable. El consumo regular de almendras se ha asociado con un amplio abanico de beneficios, tales como de protección contra el cáncer (Davis e Iwahashi, 2001; Davis *et al.*, 2003), la obesidad (Ren *et al.*, 2001; Fraser *et al.*, 2002; Kendall *et al.*, 2003), la diabetes (Lovejoy *et al.*, 2002; Scott *et al.*, 2003) y las enfermedades cardiovasculares (Spiller *et al.*, 1992; Fulgoni *et al.*, 2002; Hyson *et al.*, 2002; Jenkins *et al.*, 2002; Sabaté *et al.*, 2003).

Las almendras se encuentran en un gran número de productos y de aplicaciones gastronómicas y se consideran un ingrediente básico de la dieta mediterránea. Se pueden consumir sin ninguna transformación o después de un proceso culinario o industrial,

con piel o escaldadas sin piel, combinadas o mezcladas con otros frutos secos. La versatilidad de las almendras las hace prácticamente la elección favorita para casi cualquier utilización. Las almendras se valoran por encima de cualquier otro fruto seco por su diversidad de usos, siendo el fruto seco más demandado por los tecnólogos, los diseñadores de nuevos alimentos, los cocineros e incluso los científicos. Permiten su transformación con el fin de producir turrón, mazapán, helados y una gran cantidad de productos de pastelería. Las almendras dan un gusto delicado y sabroso y una textura especial a cualquier producto por la calidad de su aceite (Verdú *et al.*, 2017).

El elevado valor nutritivo de las almendras proviene especialmente de su contenido muy alto en aceite que, si bien constituye una fuente importante de calorías, no contiene colesterol sino esteroides de origen vegetal y además una elevada proporción de ácidos grasos mono y poli-insaturados frente a los saturados (Sabaté y Hook, 1996). A pesar de su elevado valor energético, el cuerpo humano lo compensa con la elevada sensación de saciedad de las almendras (Hollis y Mattes, 2007). Además, la absorción de la energía de las almendras no es muy eficiente y su consumo crónico puede aumentar el gasto de energía de reposo (Cassady *et al.*, 2009). De hecho, la ingestión moderada, pero prolongada, de almendras ayuda a regular el peso (Sabaté *et al.*, 2003), modula las fluctuaciones de la glucosa de la sangre (Jenkins *et al.*, 2006) y la relación del colesterol TL:HDL y de los triglicéridos (Foster *et al.*, 2012).

Considerando todos estos aspectos, las almendras deben presentar una calidad elevada para satisfacer las exigencias de la industria y las preferencias de los consumidores (Socias i Company *et al.*, 2008). Además de los caracteres físicos de las almendras, su composición química es fundamental al considerar las diferentes aplicaciones industriales y la gran diversidad de productos derivados que

se pueden obtener. Teniendo en cuenta la elevada concentración de lípidos en las almendras, la calidad de su aceite es el aspecto de mayor importancia al evaluar su calidad. Se han sugerido diversos elementos de la fracción lipídica de las almendras como parámetros para definir su calidad, tal como la cantidad de aceite, el porcentaje de ácido oleico en este aceite, la relación entre los ácidos oleico y linoleico (O/L), y la concentración en tocoferoles y otras sustancias con carácter antioxidante como los polifenoles (Socias i Company et al., 2008; Kodad y Socias i Company, 2008).

La tendencia de las almendras a enranciarse durante su almacenaje y transporte es una pérdida de calidad relacionada con la oxidación de los ácidos grasos de la almendra (Kester et al., 1993). Por lo tanto, la estabilidad del aceite y la composición en ácidos grasos, esencialmente la relación O/L, son unos criterios importantes para evaluar la calidad de las almendras (Socias i Company et al., 2008). Así, un contenido bajo en ácido linoleico se asocia con una elevada estabilidad del aceite (Zacheo et al., 2000), mientras que un contenido alto en ácido oleico se considera un carácter positivo desde el punto de vista nutritivo, así como el contenido en antioxidantes como la vitamina E y los polifenoles, que previenen la oxidación de los ácidos grasos (Socias i Company et al., 2008).

Por otro lado, los tocoferoles son monofenoles metilados naturales con actividad antioxidante (Reische et al., 1998), con diferentes homólogos dependiendo del número y la posición de los grupos metilo, presentes en las plantas en cuatro formas, α -, β -, γ - y δ -tocoferol. Estos componentes intervienen en diferentes funciones fisiológicas, biológicas y bioquímicas, sobre todo por su acción antioxidante, pero también como estabilizadores de la membrana (Azzi y Stocker, 2000). Su función bioquímica principal parece ser la de proteger los ácidos grasos poli-insaturados contra la peroxidación (Kamal-Eldin y Ap-

pelqvist, 1996), además de tener un papel protector en los sistemas biológicos, con propiedades hipo-colesterolicas, anti-cáncer y neuro-protectivas (Sen et al., 2007). La concentración en tocoferoles juega en la almendra un papel muy importante en la protección de los lípidos contra la oxidación y, por lo tanto, su posibilidad de almacenaje (García-Pascual et al., 2003; Senesi et al., 1996; Zacheo et al., 2000).

Se ha observado una gran variación genotípica en cuanto al contenido en tocoferoles en los cultivares de almendro (Kodad, 2017), lo que puede determinar la utilización de las almendras y la predicción de su vida útil de almacenaje. Al considerar la variación en el contenido de tocoferoles de los diferentes frutos secos, las almendras, con un contenido superior, pueden tener más capacidad de almacenaje que los otros (Fourie y Basson, 1989).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo ha sido la determinación de la calidad de un grupo de cultivares mallorquines de almendro en cuanto a su composición en ácidos grasos y en tocoferoles con el fin de establecer su valoración cualitativa, así como un producto más o menos diferencial entre los otros cultivares de almendro.

Material y métodos

Material vegetal

Se estudió un total de 23 cultivares mallorquines de almendro (Tabla 1). Cada cultivar está presente con tres árboles en la colección de la asociación "Productors Mallorquins de Fruits Secs" situada en Binissalem (Mallorca), injertados sobre el patrón clonal híbrido almendro \times melocotonero INRA GF-677, siguiendo un mantenimiento comercial normal de las plantaciones. Estos cultivares proceden de la colección establecida en la Granja Ex-

Tabla 1. Cultivares mallorquines de almendro estudiados (datos de la Estación Experimental Agrícola de Mallorca y de J. Fornés)
 Table 1. Majorcan almond cultivars studied (data from the Estación Experimental Agrícola de Mallorca and from J. Fornés)

Cultivar	Origen	Vigor y aspecto	Rendimiento (%)	Dobles (%)
Alzina	Alacant	Erecto	25	4
Andreu	Santa Maria del Camí	Mediano y erecto	30	30
Binissalem	Binissalem	Elevado y abierto	27	8
Bolic	General	Redondeado	19	0
Bord de Santa Maria	Santa Maria del Camí	Mediano y abierto	45	40
Bord de Selva	Selva	Mediano y redondeado	33	0
Bord del Raiguer	Santa Maria del Camí	Mediano y abierto	45	2
Canaleta	General	Mediano y redondeado	24	32
Corona	Sant Llorenç des Cardessar	Mediano y abierto	45	44
Desmai Victòria	Manacor	Redondeado	28	32
Fanereta	General	Redondeado	20	5
Guarim	Sineu	Elevado y erecto	31	8
Jordi	Campos	Elevado y erecto	28	13
Menut	Llubí	Mediano y erecto	24	0
Pintadeta	Binissalem	Erecto	32	12
Ponç	Eivissa ^z	Elevado y redondeado	27	14
Pou de Felanitx	Felanitx	Elevado y erecto	28	23
Torres	Binissalem	Redondeado	32	12
Totsol	Sant Llorenç des Cardessar	Elevado y redondeado	29	12
Vera	Pollença	Erecto	31	28
Verdereta	Porreres	Elevado y redondeado	31	14
Vinagrilla	Santa Maria del Camí	Mediano y redondeado	22	2
Viveta	La Ciutat de Mallorca	Redondeado	35	38

^z Las informaciones de los agricultores locales parecen indicar que este cultivar proviene de Eivissa, aunque de momento no hay confirmación.

perimental de la Ciutat de Mallorca durante los años 1950 y 1960, además de introducciones posteriores llevadas a cabo por el técnico Joan Rallo.

El estudio se repitió durante dos años con el fin de eliminar el efecto de variabilidad debido a las condiciones ambientales (Kodad y Socias i Company, 2008). Las almendras se recogieron durante dos años consecutivos (2010-2011) una vez maduras, cuando el mesocarpio ya estaba totalmente seco y abierto y la abscisión del pedúnculo era fácil (Felipe, 1977). Cada año se recogieron tres muestras de 20 almendras de los tres árboles diferentes de cada cultivar.

Determinación del aceite y de los ácidos grasos

El contenido en aceite y la proporción de los diferentes ácidos grasos se determinó después de pelar las almendras por escaldado, dejarlas secar y molerlas en un molinillo de cocina hasta obtener una harina de grano fino. El contenido total en aceite se determinó con una muestra de 3 g de esta harina en un extractor de grasas Soxtec Avanti 2055 (Foss Tecator, Höganäs, Suecia) por medio de 70 ml de éter de petróleo como solvente (rango de ebullición de 40-60°), y manteniendo la fuente de calor a 135°C. La extracción duró 2 horas, ya que experiencias previas (Kodad y Socias i Company, 2008) habían demostrado que con este tiempo la extracción era prácticamente total, sin diferencias significativas con un período de extracción de 4 horas. El contenido en aceite se expresó como la diferencia entre el peso seco (PS) de la muestra antes y después del proceso de extracción (% de PS). El porcentaje relativo de los diferentes ácidos grasos se determinó por cromatografía capilar de gases de los ésteres metilo de los ácidos grasos (EMAG). Estos EMAGs se prepararon por trans-esterificación con KOH de acuerdo con el método ofi-

cial UNE-EN ISO 5509:2000 (ISO, 2000). Estos EMAGs se separaron en un cromatógrafo HP 6890 y después se detectaron con un detector ionizante de llama equipado con una columna capilar (HP-Innowax \times 0,25 mm i.d.) y un film de 0,25 μ m de grosor (Agilent Technologies, Waldbronn, Alemania). El gas portador fue helio a una velocidad de flujo de 1 mL min⁻¹. La temperatura del inyector y el detector fueron de 220 y 275°C respectivamente. La temperatura inicial de la columna fue de 100°C durante 3 min. La temperatura del horno se incrementó gradualmente desde 100 a 240°C de la siguiente manera: de 100 a 150°C a un aumento de 2,5°C min⁻¹, de 150 a 200°C a un aumento de 3° min⁻¹, y desde 200 a un aumento de 13° min⁻¹, manteniéndose a 240° durante 4 min. El volumen de inyección fue de 1,0 μ L de muestra. La identificación de los EMAGs se basó en los tiempos de retención comparados con la mezcla normalizada de EMAGs (Sigma-Aldrich, Madrid, España). Cada año se calcularon las medias de las tres determinaciones y los valores de los diferentes ácidos grasos se expresaron como porcentajes sobre el total del aceite.

Determinación de los tocoferoles

La concentración en tocoferoles se determinó en el aceite de almendras ya extraído de acuerdo con una modificación del método de López-Ortiz *et al.* (2008). Los diferentes homólogos de tocoferol se analizaron por medio del modelo 360 (Kontron, Eching, Alemania) de una fase inversa de cromatografía líquida de alto rendimiento (CLAR o HPLC), equipada con una bomba de doble pistón y de auto-muestreo. Se utilizó una columna Luna 100RP-18 de \times 4,6 mm i.d., (Phenomenex, Torrance, CA, EEUU), termostatazada a 30°C. La separación analítica de los homólogos se consiguió con una elución isocrática de acetonitrilo:metanol (30:70). El tiempo total de recorrido fue de 19 min con un flujo de 1,2 mL min⁻¹. Muestras de 0,3 g de

aceite de almendra se disolvieron en 2 mL de 1-propanol por agitación durante 30 segundos a temperatura ambiente. Después de 10 min de reposo en obscuridad, 20 μ L del extracto propanólico se inyectaron a la HPLC. Las cantidades de δ - y γ -tocoferol se midieron con un detector de fluorescencia FLD SFM25 (Kontron), calibrado a longitud de onda de excitación de 295 nm y de emisión de 325 nm. La cantidad de α -tocoferol se midió con un detector diodo de serie DAD 440 (Kontron) a una longitud de onda de 295 nm. La identificación de los picos cromatográficos se basó en el tiempo de retención por comparación con los valores normalizados conocidos (Sigma-Aldrich). La determinación del contenido en tocoferoles se hizo por duplicado partiendo de las muestras de 20 almendras de cada cultivar, calculando después la media.

Estudio comparativo

Los resultados se analizaron estadísticamente con el programa SAS (Cary, NC, EEUU) mediante el análisis de varianza que permitió separar los datos medios de cada cultivar con el test Fisher de la diferencia menos significativa (LSD) con un umbral de significación de $P < 0,05$. Además, los datos medios de los cultivares mallorquines se compararon con los de otras regiones españolas y de países extranjeros con los datos de Kodad y Socias i Company (2008) y de Kodad *et al.* (2011 y 2014).

Resultados

Variabilidad

Todos los componentes estudiados mostraron una gran variabilidad entre los diversos cultivares, tal como se especifica en el comentario de cada componente. El estudio de esta variabilidad ha mostrado que las diferencias son significativas en todos los casos (Tabla 2).

Aceite

La cantidad de aceite en los diferentes cultivares mallorquines de almendro osciló entre 47,40% de 'Guarim' y 61,62% de 'Andreu', con un promedio para el conjunto de los cultivares de 56,78% (Tabla 3). Este rango de variabilidad coincide con el descrito para otros cultivares de almendro de diversa procedencia, que muestran una variación global del contenido en aceite entre 20 y 68% del PS, incluyendo Argentina, California, Egipto, España, Francia, Grecia, India, Irán, Italia, Marruecos, Portugal, Serbia, Túnez y Turquía (Kodad, 2017).

Ácidos grasos

En relación a la composición del aceite en los diferentes ácidos grasos, se determinaron los cinco ácidos más importantes (Tabla 3), además de detectar la presencia de otros ácidos en cantidades muy inferiores, como el ácido mirístico (C14:0) con una media del 0,03% sobre el total del aceite, el margárico (C17:0) con un 0,06%, el margaroleico (C17:1) con un 0,09%, el vaccénico (C18:1 n11) con trazas, el linoléico (C18:2 n3) con un 0,02%, el aráquico (C20:0) con un 0,08%, el gadoleico (C20:1) con un 0,08%, y el behénico (C22:0) con un 0,01%.

El ácido graso más abundante en el aceite de almendras es el oleico (C18:1 n9), que en los cultivares mallorquines analizados osciló entre el 58,65% en 'Vinagrilla' y el 78,44% en 'Corona', con una media del 69,22%. El siguiente en importancia es el linoleico (C18:2 n6) que osciló entre el 12,01% en 'Corona' y el 29,40% en 'Vinagrilla', y una media del 21,14%, confirmando la correlación negativa entre el porcentaje de estos dos ácidos grasos (Yada *et al.*, 2011) al encontrarse los valores máximos y mínimos en los mismos cultivares. Ya que la relación entre los ácidos oleico y linoleico (O/L) es esencial para el mantenimiento de la estabilidad del aceite (Kester

Tabla 2. Análisis de varianza de los diferentes componentes de los cultivares de almendro de Mallorca
 Table 2. Analysis of variance of the different components of the Majorcan almond cultivars

Componente	Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor F	P > F
% aceite	Genotipo	22	30,70	30,00	<,0001
	Error	23	1,02		
Ácido palmítico	Genotipo	22	0,31	2231,63	<,0001
	Error	23	0,0001		
Ácido palmitoleico	Genotipo	22	0,011	1326,50	<,0001
	Error	23	0,000009		
Ácido esteárico	Genotipo	22	0,391	7828,09	<,0001
	Error	23	0,00005		
Ácido oleico	Genotipo	22	44,51	6918,02	<,0001
	Error	23	0,006		
Ácido linoleico	Genotipo	22	33,70	68304,2	<,0001
	Error	23	0,0004		
Relación O/L	Genotipo	22	1,80	18849,3	<,0001
	Error	23	0,0001		
α -tocoferol	Genotipo	22	6794,2	57,36	<,0001
	Error	23	118,4		
γ -tocoferol	Genotipo	22	39,76	234,93	<,0001
	Error	23	0,16		
δ -tocoferol	Genotipo	22	0,12	30,18	<,0001
	Error	23	0,004		
Tocoferoles totales	Genotipo	22	7644,84	61,87	<,0001
	Error	23	123,56		

Tabla 3. Medias del contenido en aceite (% del peso seco), del porcentaje de los ácidos grasos mayoritarios en el aceite (% del total de aceite) y de la relación ácido oleico/ácido linoleico (O/L) de los cultivares de almendra de Mallorca
 Table 3. Mean oil content (% of dry matter), percentage of the major fatty acids in the oil (% of total oil) and of the ratio oleic acid/linoleic acid (O/L) of the Majorcan almond cultivars

Cultivar	% aceite ^z	Ácido palmítico	Ácido palmitoleico	Ácido esteárico	Ácido oleico	Ácido linoleico	Relación O/L
Alzina	57,88 def	6,65 b	0,61 a	3,09 b	66,16 o	22,97 g	2,88 o
Andreu	61,62 a	6,01 i	0,54 gf	2,32 j	74,13 d	16,54 t	4,48 d
Binissalem	59,54 abcd	6,10 h	0,53 h	2,15 m	70,22 h	20,49 n	3,43 i
Bolic	52,80 g	5,92 l	0,44 m	2,29 k	75,80 b	15,05 v	5,04 b
Bord de Santa Maria	60,84 abc	6,10 h	0,39 n	2,25 l	64,51 r	26,25 c	2,46 s
Bord de Selva	58,91 bcde	6,54 d	0,60 b	2,31 k	71,08 g	19,02 p	3,74 g
Bord del Raiguer	61,60 a	6,60 c	0,58 d	2,39 i	66,61 n	23,35 f	2,85 p
Canaleta	54,20 g	6,17 g	0,39 n	2,11 n	68,69 l	21,98 j	3,13 l
Corona	61,19 ab	5,41 n	0,46 k	2,01 q	78,44 a	12,01 w	6,53 a
Desmai Victòria	54,38 g	6,02 i	0,52 i	2,29 k	65,84 p	24,77 e	2,66 q
Fanereta	58,40 def	6,25 f	0,54 g	1,88 s	71,12 g	19,72 o	3,61 h
Guarim	47,40 i	6,24 f	0,53 h	2,09 po	67,79 m	22,80 h	2,97 m
Jordi	52,88 g	5,97 j	0,56 e	2,07 p	72,05 f	18,82 r	3,83 f
Menut	58,60 cdef	6,60 c	0,59 c	2,44 h	64,76 q	25,04 d	2,59 r
Pintadeta	57,71 def	5,90 l	0,39 n	2,52 g	69,23 j	21,45 k	3,23 k
Ponç	57,73 def	6,08 h	0,60 b	2,65 f	67,74 m	22,45 i	3,02 m
Pou de Felanitx	57,14 fe	6,65 b	0,45 l	2,81 d	60,50 s	29,07 b	2,08 t
Torres	57,33 def	5,38 o	0,38 o	1,95 r	75,57 c	16,31 u	4,63 c
Totsol	53,82 g	6,15 g	0,55 f	1,95 r	72,22 ef	18,64 s	3,87 e
Vera	56,98 f	5,94 k	0,44 m	1,89 s	72,35 e	18,90 q	3,83 f
Verdereta	59,67 abcd	6,40 e	0,58 d	2,96 c	68,97 k	20,57 m	3,35 j
Vinagrilla	48,21 h	7,06 a	0,54 g	3,71 a	58,65 t	29,40 a	1,99 u
Viveta	57,20 ef	5,80 m	0,48 j	2,66 e	69,64 i	20,69 l	3,37 j
Media	56,78	6,17	0,51	2,38	69,22 b	21,14	3,27

^z Valores seguidos de letras distintas son significativamente diferentes a $P \geq 0,05$.

et al., 1993), este valor se considera un criterio importante para evaluar la calidad de las almendras, y muestra los valores extremos en los mismos cultivares: 6,53 en 'Corona' y 1,99 en 'Vinagrilla', con una media de 3,27.

Para los otros tres ácidos grasos mayoritarios, la oscilación fue de 5,38% en 'Torres' a 7,06% en 'Vinagrilla', con una media de 6,17% para el ácido palmítico (C16:0); de 1,88% en 'Fañereta' a 3,71% en 'Vinagrilla', con una media de 2,38% para el ácido esteárico (C18:0); y de 0,38% en 'Torres' a 0,61% en 'Alzina', con una media de 0,51% para el ácido palmítico (C16:1 n7).

Todos estos rangos de variación pueden considerarse normales de acuerdo con los valores señalados por los estudios ya citados.

Tocoferoles

El tocoferol más presente en el aceite de las almendras es el α -tocoferol (Tabla 4), que en las muestras analizadas osciló entre 258,5 mg kg⁻¹ aceite para 'Alzina' y 500,2 mg kg⁻¹ aceite para 'Bord de Santa Maria', con una media de 400,2 mg kg⁻¹ aceite. Estos dos mismos cultivares presentan los mismos valores mínimos y máximos para los otros homólogos de tocoferol: 0,02 mg kg⁻¹ aceite para 'Alzina' y 1,13 mg kg⁻¹ aceite para 'Bord de Santa Maria' con una media de 0,31 mg kg⁻¹ aceite para el δ -tocoferol, así como 1,89 mg kg⁻¹ aceite para 'Alzina' a 20,8 mg kg⁻¹ aceite para 'Bord de Santa Maria', con una media de 7,50 mg kg⁻¹ aceite para el γ -tocoferol. Como consecuencia de estos valores, la cantidad total de tocoferoles osciló entre 260,41 mg kg⁻¹ aceite para 'Alzina' y 522,13 para 'Bord de Santa Maria', teniendo en cuenta el mayor peso del α -tocoferol entre los tres homólogos, con una media de 408 mg kg⁻¹ aceite. En conjunto, estos valores se encuentran de acuerdo con los señalados en la bibliografía (Kodad, 2017).

Discusión

Varios parámetros pueden considerarse a la hora de poder emitir una valoración de la calidad de cualquier cultivar de almendro en relación a su composición. Entre estos parámetros tienen especial importancia la cantidad de aceite, el porcentaje de ácido oleico en el aceite, la relación O/L y la cantidad de anti-oxidantes (Socias i Company et al., 2008).

La cantidad de aceite es un factor importante en la industria alimentaria, ya que cuanto más elevada sea la proporción de aceite, menor será la absorción de agua por la pasta de almendra, detalle fundamental en la fabricación de turrón por un lado o de mazapán por otro (Alessandroni, 1980). Así, un elevado porcentaje de aceite favorece la fabricación de turrón blando o de Xixona, así como la extracción de aceite, especialmente para las industrias farmacéutica y cosmética. Almendras con un porcentaje bajo de aceite facilitan la molienda al no formar tantos grumos, y así se obtiene más fácilmente la harina de almendra o la leche de almendra, así como otros productos interesantes por su elevado contenido proteico (Cotta Ramusino et al., 1961; Longhi, 1952). Por ello, con los resultados de los cultivares mallorquines no se puede concluir que su composición en aceite sea una característica definitoria de su utilización concreta, sino que su variabilidad ofrece la posibilidad de escoger diferentes cultivares para cada utilización (Socias i Company et al., 2008). De hecho, la variabilidad del 47,40% al 61,62% de aceite es comparable con los datos de Kodad et al. (2011) para los cultivares de diferentes países: 54,75% a 66,40% para los españoles, 54,75% a 64,73% para los franceses, 56,23% a 66,80% para los italianos, 58,33% a 63,66% para los portugueses, 57,36% a 63,60% para los californianos, 57% a 63,9% para los ucranianos, y 63% a 66% para los indios, con unas medias similares (Tabla 5). Cabe remarcar que la mayoría de cultivares de Francia, Italia y los Estados

Tabla 4. Medias de la concentración en tocoferoles (mg kg⁻¹ de aceite)
de los cultivares de almendro de Mallorca
Table 4. Mean tocopherol concentration (mg kg⁻¹ of oil) of the Majorcan almond cultivars

Cultivar	α -tocoferol	δ -tocoferol	γ -tocoferol	Tocoferoles totales
Alzina	258,5 n	0,02 h	1,89 q	260,41 k
Andreu	315,5 m	0,17 efgh	4,75 lm	320,42 j
Binissalem	353,0 k	0,19 efgh	4,25 o	357,44 i
Bolic	390,9 gh	0,18 efgh	6,30 hij	397,38 g
Bord de Santa Maria	500,2 a	1,13 a	20,8 a	522,13 a
Bord de Selva	421,3 f	0,23 defg	5,61 kl	427,14 ef
Bord del Raiguer	378,8 i	0,28 def	7,08 gh	386,16 h
Canaleta	470,9 b	0,51 c	12,17 c	483,58 b
Corona	348,0 kl	0,18 efgh	4,55 mn	352,73 i
Desmai Victòria	449,5 c	0,32 de	7,38 fg	457,20 c
Fanereta	412,4 g	0,16 fgh	5,20 i	417,76 ef
Guarim	434,0 f	0,26 def	6,24 hij	440,50 e
Jordi	379,2 i	0,18 efgh	4,53 mn	383,91 h
Menut	345,6 kl	0,48 c	6,58 ghi	352,66 i
Pintadeta	371,6 j	0,15 fgh	3,50 p	375,25 hi
Ponç	318,3 m	0,16 fgh	3,05 p	321,51 j
Pou de Felanitx	442,2 d	0,20 defgh	8,17 f	450,57 cd
Torres	444,0 d	0,28 def	11,08 d	455,36 c
Totsol	461,9 b	0,59 c	16,68 b	479,17 b
Vera	436,0 de	0,10 gh	5,73 ijk	441,83 d
Verdereta	400,5 gh	0,81 b	9,19 e	410,50 g
Vinagrilla	449,5 c	0,31 def	6,28 hij	456,09 c
Viveta	422,7 f	0,35 d	11,49 cd	434,54 e
Media	400,2	0,31	7,50	408,00

^z Valores seguidos de letras distintas son significativamente diferentes a $P \geq 0,05$.

Tabla 5. Contenido medio en aceite (% del peso seco) y porcentaje medio de los ácidos grasos mayoritarios del aceite (% del total de aceite) y de la relación ácido oleico/ácido linoleico (O/L) de los cultivares de almendro de Mallorca en comparación con de otra procedencia geográfica (datos propios y de Kodad y Socias i Company, 2008; Kodad et al., 2011; Kodad et al., 2014)
 Table 5. Average oil content (% of dry matter) and average percentage of the major fatty acids in the oil (% of total oil) and ratio oleic acid/linoleic acid (O/L) of the Majorcan almond cultivars in comparison with those of other geographical origin (own data and of Kodad and Socias i Company, 2008; Kodad et al., 2011; Kodad et al., 2014)

Región	% aceite	Ácido palmítico	Ácido palmitoleico	Ácido esteárico	Ácido oleico	Ácido linoleico	Relación O/L
Mallorca	56,78	6,17	0,51	2,38	69,22	21,14	3,27
Andalucía	57,43	5,77	0,41	2,11	74,00	16,97	4,43
Aragón	60,03	6,13	0,49	2,03	73,00	17,70	4,42
Canarias	57,26	6,20	0,48	1,85	73,03	17,37	4,38
Cataluña	61,08	6,35	0,47	1,93	69,88	20,73	3,45
Murcia	57,15	6,05	0,44	2,04	73,30	17,40	4,30
Valencia	59,33	6,08	0,47	1,97	70,40	19,43	3,75
España	60,40	6,15	0,45	2,05	72,20	18,46	4,02
Italia	61,30	5,81	0,45	2,07	72,93	18,06	4,22
Francia	60,51	5,83	0,44	2,17	72,42	18,22	4,13
Ucrania	60,44	5,98	0,39	1,96	71,85	19,02	3,92
Portugal	60,57	6,02	0,45	2,31	70,39	20,11	3,63
Estados Unidos	60,90	6,03	0,46	1,94	70,26	20,56	3,59
Grecia	58,68	6,19	0,48	2,30	69,39	21,09	3,42

Unidos tienen un contenido en aceite superior al 60%, mientras que la media de los mallorquines fue de 56,78%. Estos resultados muestran la inconsistencia de la opinión expresada a menudo que los cultivares californianos tienen contenidos en aceite inferiores a los cultivares europeos (García-López et al., 1996).

Estos datos confirman que la variabilidad inter-regional es menor que la intra-regional, de manera que en todas las zonas productoras de almendra se pueden encontrar cultivares con almendras de porcentajes de aceite muy diferentes. Así, cultivares con un porcentaje de aceite superior al 60%, como 'Andreu', 'Bord del Raiguer' y 'Corona', podrían servir para producir turrón blando, aunque en otras regiones se encuentran cultivares con porcentajes bastante más altos. Por otro lado, cultivares con los porcentajes menores de aceite, como 'Guarim' y 'Vinagrilla', serían más apropiados para la obtención de harina o de leche de almendra.

La proporción de los diferentes ácidos grasos en el aceite de almendra es similar en la mayoría de cultivares, aunque depende de diferentes factores (Kodad, 2017). En términos generales el ácido oleico varía del 50 al 80% del total, con los cultivares mallorquines incluidos en este rango de variabilidad (del 58,65 al 78,44%), ampliando el rango de la mayoría de procedencias, como California (del 62,86 al 77,35%), Francia (del 65,31 al 76,99%), Grecia (del 64,00 al 74,97%), España (del 67,42 al 74,92%) y Portugal (del 67,66 al 74,10%) (Kodad et al., 2011), pero con una media inferior a la de la mayoría de las otras procedencias geográficas (Tabla 5).

En cuanto al porcentaje de los otros ácidos grasos, la media del ácido linoleico, de acuerdo con la correlación negativa con el ácido oleico, es superior a la de otras zonas geográficas, como también se ha observado en los otros tres ácidos analizados (Tabla 5).

La composición en los diferentes ácidos grasos influye en la calidad de la almendra, es-

pecialmente por la degradación de los ácidos hacia peróxidos, resultando en la producción de diversos productos que afectan a la calidad (Sung y Jeng, 1994), incluido el gusto rancio (Harris et al., 1972). La oxidación del aceite depende de varios factores, como el porcentaje de ácidos grasos insaturados, la luz, el oxígeno, los iones metálicos, la temperatura y las enzimas (Gou et al., 2000; Zacheo et al., 2000). En concreto, en las almendras la relación O/L es un buen índice de la resistencia del aceite al enranciamiento, siendo preferibles índices elevados (Kester et al., 1993), mientras que en otros frutos secos, como la avellana, el criterio adoptado ha sido el de la relación de ácidos grasos insaturados/ácidos grasos saturados (Serra Bonvehí y Ventura Coll, 1993; Pershern et al., 1995). Aunque en general esta relación O/L es baja en los cultivares mallorquines, dato que puede recomendar su rápida comercialización e industrialización, así como un consumo inmediato, hay algún cultivar con un valor O/L muy elevado, como 'Corona' con un valor de 6,53, superior al más elevado señalado hasta ahora, el de 'Vialfas' con 6,33 (Socias i Company et al., 2015).

En cuanto a la concentración en tocoferoles, los cultivares mallorquines muestran en general unos valores inferiores a los señalados para cultivares de otras procedencias. Así, siempre teniendo en cuenta la gran variabilidad que se observa a todas las zonas geográficas del almendro, al considerar las medias de cada homólogo de tocoferol, la media de los cultivares mallorquines es inferior a las de las otras zonas, con la única excepción del γ -tocoferol, que con 7,50 mg kg⁻¹ aceite sólo supera la media de los cultivares portugueses con 6,98 mg kg⁻¹ aceite (Tabla 6).

Por lo tanto, considerando la baja concentración en tocoferol de las almendras mallorquinas, así como el índice O/L bajo de la mayoría, se acentúa la necesidad de un consumo rápido después de su recolección para evitar en lo posible su posible enranciamiento.

Tabla 6. Concentración media en tocoferoles (mg kg⁻¹ de aceite) de los cultivares de almendro de Mallorca en comparación con de otra procedencia geográfica (datos propios y de Kodad y Socias i Company, 2008; Kodad et al., 2011; Kodad et al., 2014)

Table 6. Average concentration in tocopherols (mg kg⁻¹ of oil) of the Majorcan almond cultivars in comparison with those of other geographical origin (own data and of Kodad and Socias i Company, 2008; Kodad et al., 2011; Kodad et al., 2014)

Región	α -tocoferol	δ -tocoferol	γ -tocoferol	Tocoferoles totales
Mallorca	400,20	0,31	7,50	408,00
Andalucía	437,49	0,78c	13,37	451,64
Aragón	458,88	1,30	16,97	477,15
Canarias	472,12	1,03	18,63	491,78
Cataluña	488,89	1,40	26,23	516,51
Murcia	438,31	0,70	14,33	453,34
Valencia	449,11	0,65	13,17	462,93
España	402,23	0,86	15,06	418,15
Italia	431,45	0,36	7,85	439,66
Francia	465,74	0,45	8,51	474,69
Ucrania	449,44	0,32	7,65	457,40
Portugal	422,89	0,44	6,98	430,31
Estados Unidos	437,35	0,46	8,82	446,62
Grecia	557,66	0,63	12,80	571,09

Conclusiones

No hay ningún parámetro que pueda caracterizar los cultivares mallorquines en relación con los procedentes de otras zonas geográficas, ya que en todas las zonas hay una tal variabilidad que las diferencias de composición entre las zonas no son en general significativas (Kodad et al., 2011). En todo caso hay algún cultivar que puede destacar en un componente concreto y que sea de interés para poder establecer un uso determinado de sus almendras. Sí puede considerarse que en general el contenido en aceite, en ácido oleico y en tocoferoles de los cultivares mallorquines es inferior a la media de las otras zonas.

Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo en el marco del proyecto RTA2014-00062-00-00 del INIA, así como de la actividad del Grupo Consolidado de Investigación A12 de Aragón. Se agradece la colaboración de B. Pisà y A. Aristondo en la recolección de las muestras, de O. Frontera y J.M. Ansón en su preparación, y de J. Fornés por los datos no publicados de determinados cultivares.

Bibliografía

- Albala K (2009). Almonds along the Silk Road: The exchange and adaptation of ideas from West to East. *Petits Propos Culinaires* 88: 19-34.
- Alessandrini A (1980). Le mandorle. *Panificazione e Pasticceria* 8: 67-71.
- Azzi A, Stocker A (2000). Vitamin E: non-antioxidant roles. *Progress in Lipid Research* 39: 231-255.
- Cassady BA, Hollis JH, Fulford AD, Considine RV, Mattes RD (2009). Mastication of almonds: effects of lipid bioaccessibility, appetite, and hormone response. *American Journal of Clinical Nutrition* 89: 794-800.
- Cotta Ramusino F, Intonti R, Stachini A (1961). Analisi del latte di mandorle e dello sciroppo di orzata. *Bolletino dei Laboratori Chimici Provinciali* 12: 491-504.
- Davis PA, Iwahashi CK (2001). Whole almonds and almond fractions reduce aberrant crypt foci in a rat model of colon carcinogenesis. *Cancer Letters* 165: 27-33.
- Davis PA, Law S, Wong J (2003). Colonic interposition after esophagectomy for cancer. *Archives of Surgery* 138: 303-308.
- Felipe AJ (1977). Almendro. *Estados fenológicos. Información Técnica Económica Agraria* 27: 8-9.
- Foster GD, Shantz KL, Vander Veur SS, Oliver TL, Lent MR, Virus A, Szapary P, Rader DJ, Zemel BS, Gilden-Tsai A (2012). A randomized trial of the effects of an almond-enriched, hypocaloric diet in the treatment of obesity. *The American Journal of Clinical Nutrition* 96: 249-254.
- Fourie PC, Basson DS (1989). Predicting occurrence of rancidity in stored nuts by means of chemical analyses. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 22: 251-253.
- Fraser GE, Bennett HW, Jaceldo KB, Sabaté J (2002). Effect on body weight of a free 76 kilojoule (320 calorie) daily supplement of almonds for six months. *Journal of the American College Nutrition* 21: 275-283.
- Fulgoni VL, Abbey M, Davis P, Hyson D, Jenkins D, Lovejoy J, Most M, Sabaté J, Spiller G (2002). Almonds lower blood cholesterol and LDL-cholesterol but not HDL-cholesterol in human subjects: Results of a meta-analysis. *FASEB Journal* 16: A981-A982.
- García-López C, Grané-Teruel N, Berenguer-Navarro V, García-García JE, Martín-Carratalá ML (1996). Major fatty acid composition of 19 almond cultivars of different origins. A chemometric approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44: 1751-1755.
- García-Pascual P, Mateos M, Carbonell V, Salazar DM (2003). Influence of storage conditions on the quality of shelled and roasted almonds. *Biosystems Engineering* 84: 201-209.
- Gou P, Díaz I, Guerrero L, Valero A, Arnau J, Romero A (2000). Physico-chemical and sensory property changes in almonds of Desmayo Langueta variety during roasting. *Food Science and Technology International* 6: 1-7.
- Gradziel TM, Curtis R, Socias i Company R (2017). Production and growing regions. En: *Almond: botany, production and uses* (Eds. R Socias i Company y TM Gradziel) pp. 70-86, CABI, Oxfordshire, UK.
- Harris NE, Wescott DE, Henick AS (1972). Rancidity in almonds: Shelf life studies. *Journal of Food Science* 37: 824-827.
- Hollis J, Mattes R (2007). Effect of chronic consumption of almonds on body weight in healthy humans. *British Journal of Nutrition* 98: 651-656.
- Hyson DA, Schneeman BO, Davis PA (2002). Almonds and almond oil have similar effects on plasma lipids and LDL oxidation in healthy men and women. *Journal of Nutrition* 132: 703-707.
- ISO (2000). ISO standard 5509. Animal and vegetable fats and oils – Preparation of methyl esters of fatty acids. International Organization for Standardization, Ginebra, Suiza.
- Jenkins DJA, Kendall CWC, Marchie A, Parker TL, Connelly PW, Qian W, Haight JS, Faulkner D, Vidgen E, Lapsley KG, Spiller GA (2002). Dose response of almonds on coronary heart disease risk factors – blood lipids, oxidized LDL, Lp(a), homocysteine and pulmonary nitric oxide: a randomized controlled cross-over trial. *Circulation* 106: 1327-1332.

- Jenkins DJ, Kendall CW, Josse AR, Salvatore S, Brighenti F, Augustin LS, Ellis PR, Vidgen A, Rao AV (2006). Almonds decrease postprandial glycemia, insulinemia, and oxidative damage in healthy individuals. *Journal of Nutrition* 136: 2987-2992.
- Kamal-Eldin A, Appelqvist LA (1996). The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. *Lipids* 31: 671-701.
- Kendall CW, Jenkins DJ, Marchie A, Ren Y, Ellis PR, Lapsley KG (2003). Energy availability from almonds: Implications for weight loss and cardiovascular health. A randomized controlled dose-response trial. *FASEB Journal* 17: A339.
- Kester DE, Cunningham S, Kader AA (1993). Almonds. En: *Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition* (Ed. Academic Press), pp. 121-126, London.
- Kodad O, Socias i Company R (2008). Variability of oil content and of major fatty acid composition in almond (*Prunus amygdalus* Batsch) and its relationship with kernel quality. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 56: 4096-4101.
- Kodad O, Alonso JM, Espiau MT, Estopañán G, Juan T, Socias i Company R (2011). Chemometric characterization of almond germplasm: Compositional aspects involved in quality and breeding. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 136: 273-281.
- Kodad O, Estopañán G, Juan T, Alonso JM, Espiau MT, Socias i Company R (2014). Oil content, fatty acid composition and tocopherol concentration in the Spanish almond genebank collection. *Scientia Horticulturae* 177: 99-107.
- Kodad O (2017). Chemical composition of almond nuts. En: *Almond: botany, production and uses* (Ed. R Socias i Company y TM Gradziel), pp. 428-448. CABI, Oxfordshire, UK.
- Longhi S (1952). High-protein animal feed. Italian Patent 470,433 (Chemical Abstracts 1953, 47:10766).
- López-Ortiz CM, Prats-Moya S, Beltrán Sanahuja A, Maestre-Pérez SE, Grané-Teruel N, Martín-Carratalá ML (2008). Comparative study of tocopherol homologue content in four almond oil cultivars during two consecutive years. *Journal of Food Composition and Analysis* 21: 144-151.
- Lovejoy JC, Most MM, Lefevre M, Greenway FL, Rood JC (2002). Effect of diets enriched in almonds on insulin action and serum lipids in adults with normal glucose tolerance or type 2 diabetes. *American Journal of Clinical Nutrition* 76: 1000-1006.
- Pershern AS, Breene WM, Lulai EC (1995). Analysis of factors influencing lipid oxidation in hazelnuts (*Corlyus* spp.). *Journal of Food Processing and Preservation* 19: 9-26.
- Reische DW, Lillard DA, Eitenmiller RR (1998). Antioxidants. En: *Food Lipids. Chemistry, Nutrition, and Biotechnology* (Eds. Akoh CC, Min DB), pp. 423-448. Marcel Dekker, New York, USA.
- Ren Y., Waldron KW, Pacy JF, Ellis PR (2001). Chemical and histochemical characterization of cell wall polysaccharides in almond seeds in relation to lipid bioavailability. En: *Biologically Active Phytochemicals in Food* (Eds. Pfannhauser W, Fenwick GR, Khokhar S), pp. 448-452. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK
- Sabaté J, Hook DG (1996). Almonds, walnuts, and serum lipids. En: *Lipids in Human Nutrition* (Ed. Spiller GA), pp. 137-144. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Sabaté J, Haddad E, Tanzman JS, Jambazian P, Rajaram S (2003). Serum lipid response to the graduated enrichment of a Step I diet with almonds: A randomized feeding trial. *American Journal of Clinical Nutrition* 77: 1379-1384.
- Scott LW, Balasubramanyam A, Kimball KT, Ahrens AK, Fordis CM, Ballantyne CM (2003). Long-term, randomized clinical trial of two diets in the metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Diabetes Care* 26: 2481-2482.
- Sen CK, Khanna S, Roy S (2007). Tocotrienols in health and disease: the other half of the natural vitamin E family. *Molecular Aspects of Medicine* 28: 692-728.
- Senesi E, Rizzolo A, Colombo C, Testoni A (1996). Influence of pre-processing storage conditions on peeled almond quality. *Italian Journal of Food Science* 8: 115-125.

- Serra Bonvehí J, Ventura Coll F (1993). Oil content, stability and fatty acid composition of the main varieties of Catalonian hazelnuts (*Corylus avellana* spp.). *Food Chemistry* 48: 237-241.
- Socias i Company R, Kodad O, Alonso JM, Gradziel TM (2008). Almond quality: a breeding perspective. *Horticultural Reviews* 34: 197-238.
- Socias i Company R, Kodad O, Ansón JM, Alonso JM (2015). 'Vialfas' almond. *HortScience* 50: 1726-1728.
- Spiller GA, Jenkins DJA, Cragen LN, Gates JE, Bosello O, Berra K, Rudd C, Stevenson M, Superko R (1992). Effect of a diet high in monounsaturated fat from almonds on plasma-cholesterol and lipoproteins. *Journal of the American College of Nutrition* 11: 126-130.
- Sung JM, Jeng TL (1994). Lipid per-oxidation and peroxide-scavenging enzymes associated with accelerated aging of peanut seed. *Physiologia Plantarum* 91: 51-55.
- Verdú A, Izquierdo S, Socias i Company R (2017). Processing and industrialization. En: *Almond: botany, production and uses* (Eds R Socias i Company y TM Gradziel), pp. 70-86. CABI, Oxfordshire, UK.
- Yada S, Lapsley K, Huang G (2011). A review of composition studies of cultivated almonds: macronutrients and micronutrients. *Journal of Food Composition and Analysis* 24: 469-480.
- Zacheo G, Cappello MS, Gallo A, Santino A, Cappello AR (2000). Changes associated with postharvest ageing in almond seeds. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 33: 415-423.
- (Aceptado para publicación el 28 de septiembre de 2017)