



Caracterización de los residuos sólidos de la extracción del aceite de oliva de Caborca, Sonora, México

Characterization of the solid waste of olive oil extraction from Caborca, Sonora (Mexico)

Karla Guadalupe Martínez-Robinson, Francisco Antonio Cárdenas-Román, Alma Consuelo Campa-Mada, Alma Rosa Toledo-Guillen, Yolanda Leticia López-Franco, Elizabeth Carvajal-Millan y Jaime Lizardi-Mendoza*

Biopolímeros-CTAOA-Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC (CIAD). Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas No. 46, 83304 Hermosillo, Sonora, México. Tel. (662) 289 2400, ext. 615.

RESUMEN

El cultivo de olivo sustenta una poderosa industria cuyos principales productos son aceite y aceituna de mesa. El proceso de extracción del aceite de oliva deja un subproducto sólido conocido como orujo. Este residuo es una pasta húmeda compuesta principalmente por pulpa de aceitunas y sus semillas, que puede ser considerado un desecho con alto potencial contaminante. Por otra parte, el orujo puede ser utilizado como materia prima para la obtención de compuestos bioactivos. En este sentido, se caracterizó químicamente el desecho sólido de la extracción de aceite de olivo de la región de Caborca, Sonora. De resultados del análisis proximal se encontró que el orujo está constituido principalmente de grasas (17-19 %) y carbohidratos (13.8 %). El contenido de fenoles totales del orujo varió entre 44.7 a 46.4 mg EAC/g. El perfil de ácidos grasos del orujo resultó similar al observado en pasta de olivo usada como referencia. En general, el orujo mantiene los componentes de la pasta de olivo de donde proviene, por lo que puede ser utilizado como materia prima para la obtención de compuestos bioactivos y otras sustancias de interés comercial.

Palabras clave: Orujo, aceite de oliva, caracterización

ABSTRACT

The olive cultivation supports a powerful industry whose main products are olive oil and table olives. The olive oil extraction procedures leave a solid by-product known as olive pomace. This residue is a wet paste composed mainly of olive pulp and its seeds, which can be considered as waste with high polluting potential. On the other hand, the olive pomace can be used as source of bioactive compounds. In this regard, the solid waste from olive oil produced in Caborca, Sonora, was chemically characterized. According to the proximal analysis the main components of olive pomace were: fats (17-19 %) and carbohydrates (13.8 %). The total phenols content of the pomace varied between 44.7 and 46.4 mg EAC/g. The fatty acid profile of the pomace was similar to that observed in olive paste used as a reference. In general, the pomace maintain the same components of the olive paste from which it comes, therefore it can be used as source of bioactive compounds and other substances of commercial interest.

Key words: Pomace, olive oil, characterization

INTRODUCCIÓN

El aceite de oliva es un ingrediente altamente apreciado, tanto por sus cualidades organolépticas como por sus propiedades nutricionales. Dicho aceite es obtenido del fruto del árbol de olivo (*Olea europea L.*) y su producción representa aproximadamente el 1.9 % de la producción mundial de aceites vegetales. La producción olivarera se concentra en la cuenca del Mediterráneo y cerca del 75 % de esta proviene de países de la Unión Europea, siendo España e Italia los que aportan la mitad en el mercado mundial. Sin embargo, la obtención de aceite de oliva y otros productos del olivo se realiza con creciente éxito en diversos lugares del mundo (Aparicio y Morales, 1998; Ballesteros *et al.*, 2001; Goula y Gerasopoulos, 2017). Por ejemplo, México cuenta con una región que comprende los estados de Baja California y Sonora, apropiados para el cultivo del olivo y su producción muestra una tendencia de constante crecimiento en épocas recientes.

El aceite virgen de oliva es obtenido de aceituna empleando procedimientos mecánicos u otros medios físicos. En condiciones adecuadas, se logra un rendimiento de aceite de entre 15 y 20 % del peso inicial del fruto (International Olive Council, n.d.). El cultivo de olivo y la industria de transformación asociada producen considerables cantidades de desechos. Se estima que aproximadamente 30 % de la producción termina como residuo semi-sólido y los residuos líquidos son equivalentes al 50 % de la biomasa producida. Al principal desecho sólido se le denomina orujo, que es la pasta residual del proceso de prensado o de los procesos empleados para la extracción del aceite (Aparicio y Harwood, 2003).

El orujo está compuesto principalmente por restos de la pulpa y semilla del fruto, incluyendo una cantidad considerable de humedad (Gómez-Muñoz *et al.*, 2012). El orujo regularmente contiene altas cantidades de materia orgánica, destacando su contenido de compuestos fenólicos y lípidos. En cuanto a su contenido de materia inorgánica suele ser rica en potasio (K), con niveles medios de nitrógeno (N), pero pobre en fósforo (P) (Paredes *et al.*, 1987). Se considera que el orujo como desecho puede impactar negativamente en el medio ambiente por su carga orgánica, alto contenido de lípidos, acidez y alta salinidad relativa (Paredes *et al.*,

*Autor para correspondencia: Jaime Lizardi-Mendoza
Correo electrónico: jalim@ciad.mx

Recibido: 18 de octubre de 2018
Aceptado: 26 de febrero de 2019

1999). Además, la presencia de diversos compuestos, por ejemplo terpenos, con efectos fitotóxicos o antimicrobianos puede causar desbalances catastróficos en la biocenosis de suelos y ambientes acuáticos (Albuquerque *et al.*, 2004; López-Piñero *et al.*, 2011). Es por esto que la mayoría de las regulaciones de los países productores de olivo no permite depositar orujo sobre terreno o en cuerpos de agua (Gómez-Muñoz *et al.*, 2012). Esto, en conjunto, complica su manejo y tratamiento. Sin embargo, al orujo se le ha encontrado uso como combustible, tanto para la industria como para el hogar y, después de diversos tratamientos, como alimento para ganado o como fertilizante, entre otros (Niaounakis y Halvadakis, 2006). Existen empresas que obtienen productos a partir de orujo, las cuales se encuentran en la región olivera del mediterráneo, pero en México, específicamente en la región noroeste, no sucede lo mismo. Por lo que el objetivo del presente estudio fue analizar el desecho orgánico sólido de la región de H. Caborca, Sonora, México, para identificar qué compuestos están presentes y cuáles son susceptibles de explotación comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de orujo fresco y pasta de aceituna fueron proporcionadas por la empresa Aceites y Derivados S.P.R. de R.L., ubicada en Caborca, Sonora. Las variedades de olivo utilizadas por la empresa fueron Nevadillo y Misiones. Las muestras consistieron en dos lotes de orujo, obtenidas en los meses de octubre y noviembre, que fueron codificadas como OR y ORN, respectivamente. Además de una muestra de pasta de aceituna (P). Dichas muestras se mantuvieron en congelación (20°C) hasta su análisis y posteriormente se liofilizaron para preservarlas de la oxidación de componentes en condiciones ambientales.

Análisis Proximal

A las tres muestras (OR, ORN y P) se les determinó la humedad remanente, porcentaje de grasa total y materia inorgánica presente mediante los métodos gravimétricos publicados en los métodos oficiales de análisis (AOAC, 1998, 1993, 1990). El contenido de proteína de las muestras se estimó a partir del contenido de nitrógeno total determinado por la técnica de combustión (AOAC, 1993). Para esto se pesaron 500 mg de muestras secas, molidas y desgrasadas, las cuales fueron incineradas a 850 °C en un analizador elemental (LECO, modelo FP-528, Michigan, US), para liberar el nitrógeno presente en la muestra en forma de gas. El contenido de nitrógeno elemental detectado se multiplicó por el factor de 6.25 para estimar el contenido proporcional de proteína en las muestras.

Determinación de Carbohidratos

Para la determinación de carbohidratos se siguió el método colorimétrico descrito por Dubois y col. (1956). Cada una de las tres muestras (OR, ORN y P) desgrasadas se pesaron (10 mg) y se hidrolizaron con 30 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 97 % en agitación durante 15 h a temperatura

ambiente. Posteriormente, a 2 mL de la muestra hidrolizada se le agregó 1 mL de solución de fenol al 5 % y 4 mL de H₂SO₄. La mezcla se analizó en un espectrofotómetro (Lamda 25, Perking Elmer, US) a una longitud de onda de 490 nm para la determinación de hexosas y a 480 nm para pentosas y ácidos urónicos. La cuantificación se realizó empleando una curva de calibración utilizando glucosa como estándar.

Contenido de pectina. El contenido de pectina presente en las muestras (OR, ORN y P) se estimó mediante el método descrito por Urías-Orona *et al.* (2010). Se pesaron 50 g de las muestras, las cuales previamente se desgrasaron mediante reflujo con éter de petróleo (método Goldfish). Las muestras se pusieron en agitación a 65 °C en una solución de ácido clorhídrico a pH 1.5 por 1 h; después de filtrar el sobrenadante se puso en contacto con etanol al 65 % y se dejó en reposo por 24 h a 4 °C. La pectina se recuperó y se determinó el rendimiento de extracción de pectina por gravimetría. La identidad química de la pectina obtenida se analizó mediante espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier FTIR (Nicolet Protégé 460, Madison, USA). Los espectros se obtuvieron a partir de la acumulación de 32 lecturas, con una resolución de 4 cm⁻¹ en modo de transmisión empleando pastillas de bromuro de potasio (KBr) como soporte de las muestras (Urías-Orona *et al.*, 2010).

Determinación del Perfil de Ácidos Grasos y Compuestos Fenólicos

Preparación de muestras para determinación de ácidos grasos y compuestos fenólicos. A cada una de las muestras (OR, ORN y P), se les realizó por separado una extracción hexánica para obtener los ácidos grasos y una metanólica para determinar contenido de fenoles y actividad antioxidante. Una cantidad medida de muestra seca (10 g) se puso en contacto con 50 mL de solvente (hexano para el caso de extracto hexánico o metanol para extracto metanólico) bajo agitación constante durante 15 h a temperatura ambiente. El extracto se filtró para remover los sólidos. Este procedimiento se repitió dos veces, posteriormente se llevó a sequedad mediante evaporación a presión reducida. El material remanente se pesó para estimar su rendimiento. El extracto obtenido se almacenó en congelación (-20 °C) para su análisis posterior.

Análisis de Ácidos Grasos

Los ácidos grasos presentes en el extracto hexánico se metilaron mediante el procedimiento descrito por Ichihara y Fukubayashi (2010). Una vez metilados, la composición de los extractos se determinó en un cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas (CG-EM) de trampa iónica (Varian Saturn 3, Varian Inc., Walnut Creek, US). Se inyectó 1 µL de extracto en una columna capilar SP-2380 100mx 0.25mm DI x 0.25 de película (Supelco) en un horno con programa de temperatura de 70 °C a 210 °C, usando helio como gas acarreador. La temperatura del inyector se mantuvo a 250 °C, mientras que la de la trampa iónica se fijó a 200 °C; la trampa se ajustó a una ionización de 70 eV. Los

ácidos grasos presentes fueron identificados por su espectro de masas por comparación con los espectros obtenidos de una mezcla estándar de 24 ácidos grasos (marca Sigma). Para la cuantificación de los ácidos grasos se utilizó el área bajo la curva del espectro en comparación con el área obtenida por el estándar a concentración conocida (4 mg/mL).

Determinación de Compuestos Fenólicos

Una porción de cada extracto metanólico de las muestras (OR, ORN y P), cuya obtención fue descrita anteriormente, se utilizó para cuantificar los fenoles presentes en las muestras. Para esto se siguió el método de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965). Se procedió a elaborar una curva estándar con ácido cafeico en concentraciones de 20, 40, 60, 80 y 100 mg/mL. Para realizar las lecturas se tomaron 120 μ L de cada una de las diluciones, se disolvieron en 900 μ L de agua destilada y se les agregaron 240 μ L de reactivo de Folin-Ciocalteu. Posteriormente se les adicionó 360 μ L de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 20 % y se aforaron a 3 mL con agua destilada. Después se mezcló y las muestras se incubaron durante 2 h, para su lectura en un espectrofotómetro ultravioleta visible de doble haz real, con software UVWIN Lab. (Lamda 25, Perking Elmer, US) a una longitud de onda de 760 nm.

Para identificar los principales compuestos fenólicos presentes se utilizó la técnica descrita por Velázquez *et al.* (2007). A partir de los extractos metanólicos de las muestras (OR, ORN y P) se pesaron 10 mg del extracto de cada una de las muestras, se resuspendieron en 1 mL de metanol y se inyectaron en un equipo HPLC Varian ProStar 210. Se usó una columna C18 fase reversa (4.6 x100 mm 3.5 mm) marca Agilent. El flujo fue de 1 mL/min y la fase móvil usada fue ácido fórmico 0.5 % (solvente A) y metanol (solvente B). La inyección fue de 20 μ L. Los compuestos fueron detectados mediante UV-Vis a una longitud de onda de 275 nm. Para la cuantificación se utilizaron estándares externos.

Actividad Antioxidante

La actividad antioxidante de los extractos metanólicos de las muestras (OR, ORN y P), se evaluó mediante la capacidad captadora del radical libre 1,1-difenil-2-picril hidracilo (DPPH), utilizando la metodología de Mesa-Vanegas *et al.* (2010). Un volumen de 990 μ L de una solución etanólica de DPPH se mezcló con 10 μ L de los extractos metanólicos de los orujos y pasta en varias concentraciones (12.5, 25, 50 y 100 μ g/mL); las mezclas se dejaron en reposo y en ausencia de luz durante 30 min. Posteriormente se leyó la absorbancia a 517 nm en un espectrofotómetro. Los resultados fueron convertidos a porcentaje de inhibición, lo cual corresponde a la cantidad de radical DPPH neutralizado por el extracto, de acuerdo a la ecuación (1). El ácido ascórbico se usó como control positivo.

$$\% I = (A - A1) / A * 100 \quad (1)$$

%I = % inhibición

A = Absorbancia del blanco

A1 = Absorbancia de la muestra

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El residuo sólido obtenido de la extracción del aceite de oliva es predominantemente café con tonos verdes y textura pastosa, siendo las muestras de orujo (OR y ORN) moderadamente más oscuras. La consistencia de las muestras fue heterogénea, ya que están conformadas por partículas de diferente tamaño y textura, además de incluir numerosos restos de semilla. En general, la apariencia de la pasta de olivo (P) es similar a las muestras de orujo, contrastando únicamente en su carácter graso más evidente.

Análisis Proximal

Se cuantificaron los principales componentes de las muestras de orujo y pasta de aceituna. En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis proximal. La mayor diferencia entre la pasta de aceituna y las muestras de orujo se encuentran en la proporción de humedad y grasa presentes. El proceso al que es sometido el orujo (OR y ORN) reduce el contenido de grasa a menos de la mitad de lo presente en la pasta (P). Dicha reducción se ve reflejada en un aumento en la proporción de humedad de las muestras OR y ORN. Los cambios de proporción de los componentes inorgánicos (cenizas) y proteína son considerablemente menores, lo cual es indicativo de que el proceso de extracción de aceite no conlleva procesos de degradación generalizada de componentes orgánicos. En particular, se observó un aumento aparente en la proporción de contenido proteico en la muestra ORN, obtenida un mes después de la muestra OR. Este cambio pudiera relacionarse con el estado de madurez del fruto, dado que una parte considerable de la proteína está asociada a la pared celular de la pulpa (Nefzaoui *et al.*, 1984).

Como era de esperarse, el contenido graso de las muestras de orujo es menor al compararlo con la composición de la pasta de olivo. Sin embargo, las muestras de orujo retienen una cantidad considerable de compuestos grasos (12-14 %). El aceite residual puede ser extraído por medio de solventes orgánicos, siendo el hexano y el benceno los más utilizados. Debido a este proceso de obtención, el aceite residual o aceite de orujo se considera de baja calidad y no se recomienda para el consumo humano directo (Alvarado,

Tabla 1. Resultados del análisis proximal en orujo (OR, ORN) y pasta de olivo (P).

Table 1. Results of the proximal analysis of pomace (OR, ORN) and olive paste (P).

	Muestra		
	P	OR	ORN
Humedad (%)	55.8 ± 0.2	71.4 ± 1.2	70.3 ± 0.7
Cenizas (%)*	3.9 ± 0.1	4.3 ± 0.2	4.3 ± 0.1
Grasa (%)*	33.0 ± 1.4	14.2 ± 0.6	12.1 ± 0.4
Proteína (%)*	7.3 ± 0.2	7.21 ± 0.2	8.7 ± 0.3
Carbohidratos (%)*	54.9 ± 1.3	74.5 ± 0.0	73.2 ± 0.5
Pectina (%)	8.1 ± 0.0	8.0 ± 0.0	8.7 ± 0.0
Celulosa (%)	46.8 ± 0.1	66.5 ± 0.2	65.1 ± 1.3

P: Pasta de olivo, OR: Orujo de octubre y ORN: Orujo de noviembre

*Base seca

1998). Por otra parte, esta fracción grasa incluye compuestos lipofílicos, por ejemplo, polifenoles o terpenoides, y en general compuestos bioactivos de interés para industrias como la cosmética, farmacéutica o alimentaria (Sánchez Moral y Ruiz Méndez, 2006). Esto genera el impulso por implementar extracciones secundarias sobre el orujo. Es aquí donde se requieren mejoras tecnológicas para elevar la eficiencia de extracción de dichos componentes minoritarios que propicien un aprovechamiento integral del recurso natural y con máximo respeto al medio ambiente.

El contenido de carbohidratos en el orujo se muestra en la Tabla 1. Estos datos concuerdan con los de reportes previos, como Fernández-Bolaños *et al.* (2006). Se ha reportado que debido a la cantidad de carbohidratos presentes en el orujo, este puede ser propuesto en procesos de sacarificación y fermentación para la obtención de etanol (Ballesteros *et al.*, 2001). Prácticamente la totalidad de carbohidratos presentes en la pasta y orujo de oliva están en forma de dos polisacáridos, celulosa y pectina. La pectina es un hidrocoloide natural que se encuentra en las plantas superiores, ampliamente utilizada en la industria alimentaria como agente gelificante, estabilizante y emulsionante (Niaounakis y Halvadakis, 2006). La extracción de pectina demostró un comportamiento por igual en las 3 muestras como se aprecia en la Tabla 1. La identidad química de la pectina se confirmó mediante espectroscopia de infrarrojo. En la Figura 1 se puede apreciar la similitud entre el espectro FTIR de pectina de orujo y el espectro de pectina cítrica (grado reactivo) empleado como referencia, ya que se pueden apreciar las bandas de los grupos carboxilos libre (1650 cm^{-1}) y de los grupos esterificados (1750 cm^{-1}), bandas características para pectina.

Ácidos Grasos

Dada la presencia de aceite residual en las muestras de orujo y pasta, se evaluó su contenido en ácidos grasos (Tabla 2). En la industria, el contenido de ácidos grasos libres

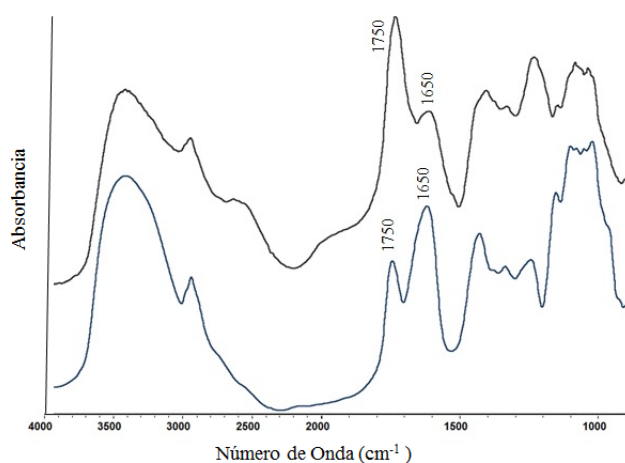


Figura 1. Espectro de infrarrojo (FTIR): a) Pectina de orujo (OR). b) Pectina de cítricos (Sigma)

Figure 1. Infrared spectrum (FTIR): a) Pomace pectin (OR) b) Citrus pectin (Sigma)

Tabla 2. Resultado de los análisis de ácidos grasos de los extractos hexánicos de los orujos (OR, ORN) y pasta (P).

Table 2. Result of the fatty acid analyzes of hexanic extracts of pomace (OR, ORN) and pasta (P).

Ácido graso	Muestras		
	P (mg/g)	OR (mg/g)	ORN (mg/g)
1. Butírico	0.05	0.05	0.03
2. Cáprico	2.46	2.31	1.99
3. Palmítico	4.42	4.16	4.20
4. Palmitoleico	0.29	0.30	0.28
5. Esteárico	1.13	1.08	0.99
6. Oleico	20.78	20.48	20.26
7. Linoleico	8.43	8.37	8.62
8. Linolénico	4.72	4.62	4.79
9. cis-11-14-Eicosadienoico	0.92	0.83	0.90

es utilizado para distinguir a los diferentes tipos de aceite (Jee, 2009).

El extracto hexánico presentó un total de ácidos grasos libres del 34.59 % para la muestra de pasta, mientras que para el orujo OR fue de 14.47 % y para el orujo ORN de 12.37 %. A partir de estos extractos fue posible identificar nueve ácidos grasos, de los cuales el oleico fue el más abundante (alrededor del 47.5 % del total de los ácidos grasos detectados), otros ácidos grasos con presencia considerable son el linoleico, el linolénico y el palmítico. Aparentemente el proceso de obtención del aceite de oliva no afecta la composición de ácidos grasos presente en la pasta de aceituna (Figura 2). Es importante destacar que la presencia de estos ácidos grasos le proporciona un valor agregado al orujo, ya que estos ácidos grasos pueden ser destilados y separados mediante vacío y temperatura. Después de su destilación y posterior condensación, se puede obtener un aceite. El uso de estos ácidos grasos es variado, pero entre ellos se encuentra la industria cosmética, jabones, lubricantes, barnices y la alimentación de animales, entre otras. (Dermeche *et al.*, 2013). El alto contenido en ácido oleico es benéfico para regular el colesterol sanguíneo, ayudando a aumentar el colesterol HDL y a disminuir el colesterol LDL, el colesterol total y los triglicéridos. Además, la presencia mayoritaria de ácidos grasos monoinsaturados en relación con los poliinsaturados hace al aceite de orujo más estable que otros aceites con alto contenido de ácidos grasos polinsaturados, e ideal para la fritura en baño de aceite.

Compuestos Fenólicos

Los resultados del contenido de fenoles totales para P fue de 46.5 ± 1.2 mg EAG/g (miligramos equivalentes de ácido cafeico por gramo), mientras que para OR y ORN fue de 46.4 ± 1.2 y 44.7 ± 0.03 mg EAC/g respectivamente. Se puede apreciar que no varía el contenido de fenoles después de haber extraído el aceite. De acuerdo con los resultados obtenidos se puede considerar al orujo de oliva como una fuente de fenoles debido a que sus valores se encuentran alrededor de lo reportado para distintos vegetales como

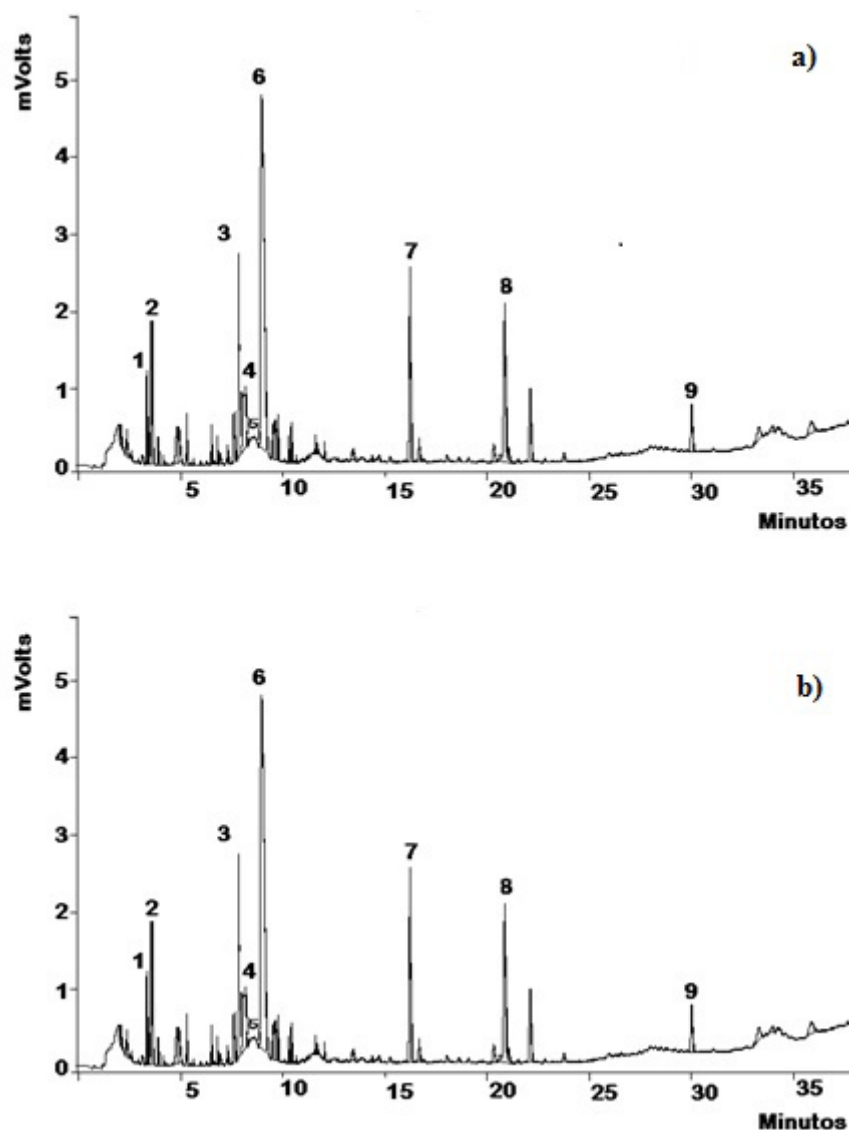


Figura 2. Cromatogramas del perfil de ácidos grasos obtenidos de las muestras de a) pasta y b) orujo ORN
Figure 2. Chromatograms of the fatty acid profile obtained from the samples of a) paste and b) pomace ORN

brócoli y pimiento, entre otros (Araújo *et al.*, 2015; Goula y Gerasopoulos, 2017).

La actividad antioxidante de los extractos fenólicos se puede apreciar en la Figura 3. Tanto la pasta como las muestras de orujo, a una concentración de 100 µg/mL, tienen una actividad antioxidante equivalente aproximadamente al 75 % del compuesto de referencia. Esto indica que los procesos involucrados para la extracción del aceite no afectan en gran medida la capacidad antioxidante de los fenoles presentes en el orujo.

A fin de identificar los principales compuestos fenólicos presentes en los extractos metanólicos de los orujos orujo y pasta, éstos se analizaron por medio de cromatografía de alta resolución. La Figura 4 muestra los cromatogramas de la pasta y del orujo OR, donde se señalan los componentes fenólicos identificados. De acuerdo con lo reportado en el

Consejo Oleícola Internacional (2009) (COI/T.20/Doc. No. 29) los componentes mayoritarios corresponden al hidroxitirosol y tirosol (Tabla 3). Estos compuestos se encuentran principalmente en hoja y en aceituna, por lo que se quedan en la fase acuosa y en el orujo, por lo que no son transferidos al aceite de oliva. Sin embargo, estos compuestos presentan una importante actividad biológica (S. Esposto *et al.*, 2015). Se han utilizado compuestos fenólicos de los subproductos del aceite de oliva para mejorar la calidad sensorial en la leche y capacidad antioxidante en matrices de alimentos grasos, ya que previenen la peroxidación lipídica y el daño oxidativo (Araújo *et al.*, 2015; Lafka *et al.*, 2011).

Los fenoles forman parte esencial del aceite de oliva, debido a que imparten propiedades organolépticas al aceite, además de retrasar su degradación por su reconocida capacidad antioxidante. El interés mundial sobre los antioxidantes

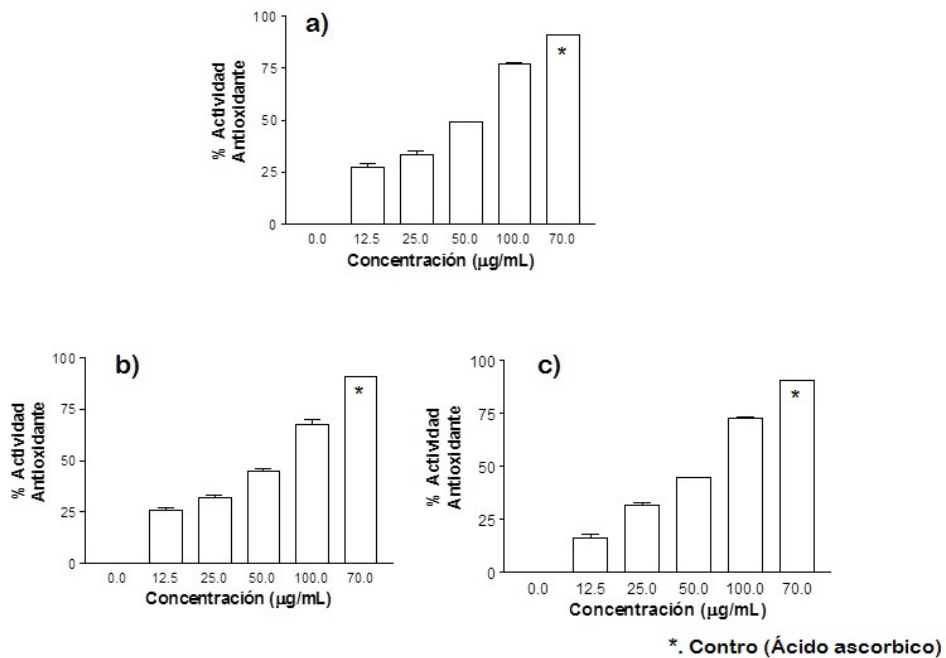


Figura 3. Actividad antioxidante de los extractos metanólicos determinada mediante radical libre de DPPH a) Pasta, b) Orujo OR y c) Orujo ORN

Figure 3. Antioxidant activity of the methanolic extract determined by free radical of DPPH a) Paste, b) Pomace OR and c) Pomace ORN

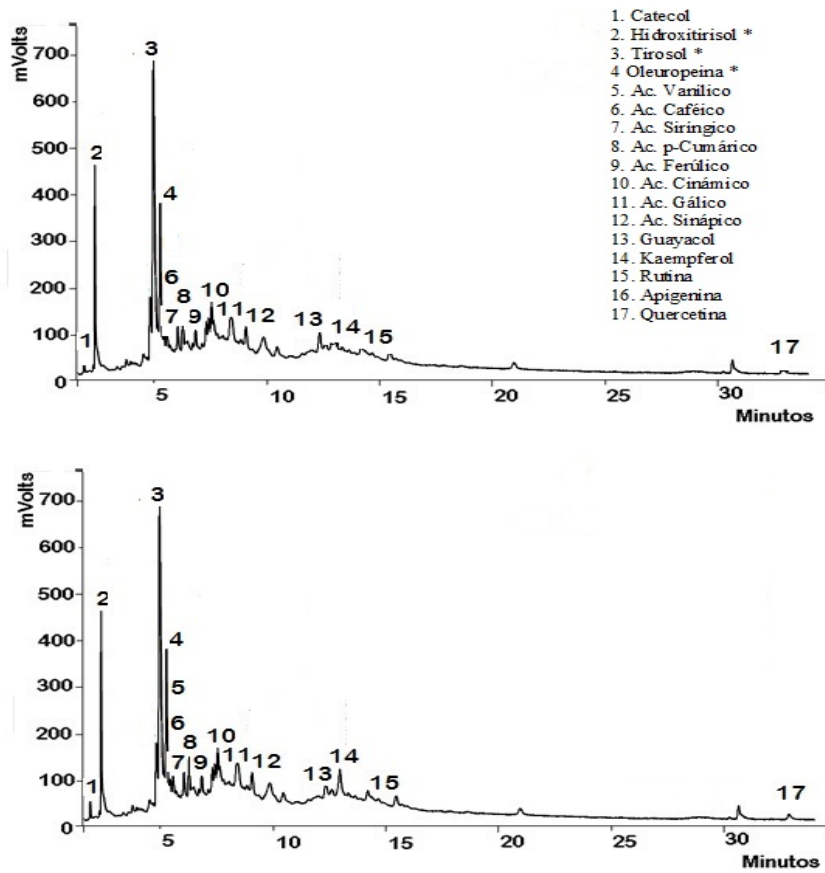


Figura 4. Cromatograma del perfil de compuestos fenólicos a) pasta, b) orujo OR

Figure 4. Chromatogram of the profile of phenolic compounds a) paste, b) olive pomace OR

Tabla 3. Compuestos fenólicos presentes en las muestras de pasta de aceituna y orujo de oliva. Cuantificación en porcentaje relativo al extracto metanólico.

Table 3. Phenolic compounds present in the samples of olive paste and olive pomace. Quantification in percentage relative to the methanolic extract.

Compuestos fenólicos	Muestras		
	PA (mg/mL)	OR (mg/mL)	ORN (mg/mL)
1. Catecol	0.24	0.56	0.56
2. Hidroxitirosol *	14.52	28.19	14.01
3. Tirosol *	21.43	10.62	6.79
4. Oleuropeína *	14.65	-	-
5. Ac. Vanílico	-	-	trazas
6. Ac. Cafeico	0.39	trazas	0.25
7. Ac. Siríngico	trazas	0.22	0.20
8. Ac. p-Cumárico	0.32	0.15	0.38
9. Ac. Ferúlico	trazas	-	0.11
10. Ac. Cinámico	0.33	0.13	0.53
11. Ac. Gálico	0.14	0.12	0.46
12. Ac. Sinápico	0.13	0.11	1.20
13. Guayacol	1.92	0.26	0.24
14. Kaempferol	0.41	0.71	0.37
15. Rutina	0.13	trazas	trazas
16. Apigenina	trazas	-	-
17. Quercetina	trazas	trazas	trazas

* Se identificaron mediante referencia (Consejo Oleícola Internacional, 2009)

de origen natural ha aumentado ante evidencia que relaciona la presencia de radicales libres derivados del oxígeno con diversos procesos patológicos, como el cáncer y la arteriosclerosis (Manna *et al.*, 1997; Petroni *et al.*, 1997, 1995, 1994; Visioli *et al.*, 1995).

CONCLUSIONES

El orujo de oliva de la región de Caborca, Sonora, puede considerarse una materia prima para la obtención de diversos productos de valor agregado. Sus principales componentes son carbohidratos (celulosa y pectina) y lípidos de importancia comercial. La celulosa, proveniente predominantemente de los restos de las semillas, representa más de la mitad del peso seco del orujo, mientras que la pectina, aunque se encontró en proporciones menores al 10 %, puede ser susceptible de ser recuperada y aprovechada. De los extractos metanólicos fue posible identificar diversos fenoles de destacada actividad antioxidante, como hidroxitirosol, tirosol. El uso de los extractos fenólicos de desechos de oliva es una fuente de bajo costo y renovable podría ser una solución rentable para los aditivos sintéticos que se utilizan habitualmente en la industria alimentaria, contribuyendo simultáneamente a la sostenibilidad de la industria del aceite de oliva y a una mejor gestión de subproductos.

REFERENCIAS

- Albuquerque, J.A., González, J., García, D. y Cegarra, J. 2004. Agrochemical characterisation of "alperujo", a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresource Technology*. 91: 195–200.
- Alvarado, C.A., 1998. Environmental performance in the olive oil industry: comparing technologies using environmental performance indicators (M. Sc. Thesis). Lund University, Lund.
- AOAC, 1998. Official Methods of Analysis of AOAC International, 4th ed. Washington, DC.
- AOAC, 1993. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- AOAC, 1990. Food Composition, Additives, Natural Contaminants, 15th ed, Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Aparicio, R. y Harwood, J. 2003. Manual del aceite de oliva. Ediciones Mundi-Prensa: Madrid, España.
- Aparicio, R. y Morales, M.T. 1998. Characterization of olive ripeness by green aroma compounds of virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46: 1116–1122.
- Araújo, M., Pimentel, F.B., Alves, R.C. y Oliveira, M.B.P.P. 2015. Phenolic compounds from olive mill wastes: Health effects, analytical approach and application as food antioxidants. *Trends in Food Science & Technology*. 45: 200–211.
- Ballesteros, I., Oliva, J.M., Saez, F. y Ballesteros, M. 2001. Ethanol production from lignocellulosic byproducts of olive oil extraction. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 91-93: 237–252.
- Consejo Oleícola Internacional. 2009. Determinación de los biofenoles de los aceites de oliva mediante HPLC. COI/T.20/ Doc. n.º 29. Madrid, España.
- Dermeche, S., Nadour, M., Larroche, C., Moulti-Mati, F. y Michaud, P. 2013. Olive mill wastes: Biochemical characterizations and valorization strategies. *Process Biochemistry*. 48: 1532–1552.
- DuBois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. y Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. 28: 350–356.
- Fernández-Bolaños, J., Rodríguez, G., Rodríguez, R., Guillén, R. y Jiménez, A. 2006. Extraction of interesting organic compounds from olive oil waste. *Grasas y Aceites*. 57: 95–106.
- Gómez-Muñoz, B., David J., H., Bol, R. y García-Ruiz, R. 2012. The compost of olive mill pomace: from a waste to a resource - Environmental benefits of its application in olive oil groves, in: Curkovic, S. (Ed.), Sustainable Development - Authoritative and Leading Edge Content for Environmental Management. InTech.
- Goula, A.M. y Gerasopoulos, D. 2017. Integrated olive mill waste (OMW) processing toward complete by-product recovery of functional components, in: Olives and Olive Oil as Functional Foods: Bioactivity, Chemistry and Processing. John Wiley & Sons, p. 688.
- Ichihara, K. y Fukubayashi, Y. 2010. Preparation of fatty acid methyl esters for gas-liquid chromatography. *Journal of Lipid Research*. 51: 635–640.
- International Olive Council, n.d. Oliveae 120 Español - [WWW Document]. URL http://www.internationaloliveoil.org/store/view/92-oliveae-120-espanol?lang=es_ES (Accessed 01/23/19).

- Jee, M. (Ed.). 2009. Oils and Fats Authentication. John Wiley & Sons: UK.
- Lafka T. I., Lazou A. E., Sinanoglou V. J. y Lazos E. S. 2011. Phenolic and antioxidant potential of olive oil mill wastes. *Food Chemistry*. 125: 92–98.
- López-Piñeiro, A., Cabrera, D., Albarrán, Á. y Peña, D. 2011. Influence of two-phase olive mill waste application to soil on terbutylazine behavior and persistence under controlled and field conditions. *Journal of Soils and Sediments*. 11: 771–782.
- Manna, C., Galletti, P., Cucciolla, V., Molledo, O., Leone, A. y Zappia, V. 1997. The protective effect of the olive oil polyphenol (3,4-Dihydroxyphenyl)- ethanol counteracts reactive oxygen metabolite-induced cytotoxicity in Caco-2 cells. *Journal of Nutrition*. 127: 286–292.
- Mesa-Vanegas, A.M., Gaviria, C.A., Cardona, F., Sáez-Vega, J.A., Blair Trujillo, S. y Rojano, B.A. 2010. Actividad antioxidante y contenido de fenoles totales de algunas especies del género *Calophyllum*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 15: 13–26.
- Nefzaoui, A., Molina, E., Outmani, A. y Vanbelle, M. 1984. Ensilados de orujo de aceituna tratados con álcalis: composición química, digestibilidad in sacco y degradabilidad. *Archivos de Zootecnia*. 33: 219–236.
- Niaounakis, M. y Halvadakis, C.P. 2006. Olive processing waste management: Literature review and patent survey, 2nd ed, Waste Management. Elsevier.
- Paredes, C., Cegarra, J., Roig, A., Sánchez-Monedero, M.A. y Bernal, M.P. 1999. Characterization of olive mill wastewater (alpechin) and its sludge for agricultural purposes. *Bioresource Technology*. 67: 111–115.
- Paredes, M.J., Moreno, E., Ramos-Cormenzana, A. y Martínez, J. 1987. Characteristics of soil after pollution with waste waters from olive oil extraction plants. *Chemosphere*. 16: 1557–1564.
- Petroni, A., Blasevich, M., Papini, N., Salami, M., Sala, A. y Galli, C. 1997. Inhibition of leukocyte leukotriene B4 production by an olive oil-derived phenol identified by mass-spectrometry. *Thrombosis Research*. 87: 315–322.
- Petroni, A., Blasevich, M., Salami, M., Papini, N., Montedoro, G.F. y Galli, C. 1995. Inhibition of platelet aggregation and eicosanoid production by phenolic components of olive oil. *Thrombosis Research*. 78: 151–160.
- Petroni, A., Blasevich, M., Salami, M., Servili, M., Montedoro, G.F. y Galli, C. 1994. A phenolic antioxidant extracted from olive oil inhibits platelet aggregation and arachidonic acid metabolism *in vitro*. *World Review of Nutrition and Dietetics*. 75: 169–172.
- S. Esposito, A. Taticch, I. Di Maio, S. Urbani, G. Veneziani, R. Selvaggini, B. Sordini, y M. Servili. 2015. Effect of an olive phenolic extract on the quality of vegetable oils during frying. *Food Chemistry*. 176: 184–192.
- Sánchez Moral, P. y Ruiz Méndez, M. 2006. Production of pomace olive oil. *Grasas Aceites* 57: 47–55.
- Singleton, V.L. y Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. 16: 144–158.
- Urias-Orona, V., Rascón-Chu, A., Lizardi-Mendoza, J., Carvajal-Millán, E., Gardea, A.A. y Ramírez-Wong, B. 2010. A novel pectin material: extraction, characterization and gelling properties. *International Journal of Molecular Sciences*. 11: 3686–3695.
- Velazquez, C., Navarro, M., Acosta, A., Angulo, A., Dominguez, Z., Robles, R., Robles-Zepeda, R., Lugo, E., Goycoolea, F.M., Velazquez, E.F., Astiazaran, H. y Hernandez, J. 2007. Antibacterial and free-radical scavenging activities of Sonoran propolis. *Journal of Applied Microbiology*. 103: 1747–1756.
- Visioli, F., Bellomo, G., Montedoro, G. y Galli, C. 1995. Low density lipoprotein oxidation is inhibited *in vitro* by olive oil constituents. *Atherosclerosis*. 117: 25–32.