



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

**Utilización de coadyuvantes
tecnológicos en el proceso de
elaboración de aceites de oliva
vírgenes**

Rosario Lara Carmona

Noviembre, 2017



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Utilización de coadyuvantes tecnológicos en el proceso de elaboración de aceites de oliva vírgenes

Rosario Lara Carmena

Noviembre, 2017

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
2. INTRODUCCIÓN.....	7
2.1. El olivo y sus frutos.....	7
2.2. Variedad ‘Picual’.....	8
2.2.1. Morfología del fruto.....	9
2.2.2. Características de los aceites.....	9
2.3. Proceso de elaboración.....	11
2.3.1. Operaciones preliminares.....	11
2.3.2. Preparación de las pastas.....	12
2.3.3. Separación sólido-líquido.....	13
2.3.4. Separación de fases líquidas.....	14
2.3.5. Operaciones posteriores.....	14
2.4. Coadyuvantes tecnológicos.....	16
2.4.1. Bases de su utilización.....	16
2.4.2. Microtalcos naturales.....	17
3. OBJETIVOS.....	19
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
4.1. Procedencia de las muestras.....	21
4.2. Caracterización físico-química de los frutos.....	22
4.2.1. Peso medio del fruto.....	22
4.2.2. Índice de madurez.....	22
4.2.3. Relación pulpa/hueso.....	24
4.2.4. Relación hueso/peso total.....	24
4.2.5. Humedad y materia volátil (%).....	24
4.2.6. Materia grasa total (%).....	25
4.3. Proceso de extracción.....	26
4.3.1. Rendimiento industrial.....	27
4.3.2. Índice de extractabilidad.....	28

4.4. Caracterización físico-química de los aceites.....	29
4.4.1. Acidez.....	29
4.4.1.1. Grado de acidez.....	29
4.4.1.2. Índice de acidez.....	30
4.4.2. Índice de peróxidos.....	31
4.4.3. Absorción al ultravioleta.....	32
4.4.4. Otros parámetros.....	33
4.4.4.1. Contenido en compuestos fenólicos.....	33
4.4.4.2. Estabilidad oxidativa.....	34
4.5. Reactivos químicos y otros productos utilizados.....	35
4.5.1. Productos químicos.....	35
4.5.2. Otros materiales.....	35
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
5.1. Caracterización de los frutos.....	37
5.1.1. Peso medio del fruto.....	38
5.1.2. Índice de madurez.....	39
5.1.3. Relación pulpa/hueso.....	39
5.1.4. Relación hueso/peso total.....	
5.1.5. Humedad y materia volátil (%).....	39
5.1.6. Materia grasa total (%).....	40
5.2. Proceso de extracción.....	41
5.3. Caracterización físico-química de los aceites.....	43
5.3.1. Acidez.....	43
5.3.2. Índice de peróxidos.....	44
5.3.3. Absorción al ultravioleta.....	45
5.3.4. Otros parámetros.....	46
6. CONCLUSIONES.....	49
7. BIBLIOGRAFIA.....	51
8. NOMENCLATURA.....	55

9. ANEXO.....	56
----------------------	-----------

1. RESUMEN

En este trabajo se estudia cómo afecta la adición de microtalco natural (MTN) en la etapa de batido del proceso de extracción de aceites de oliva en el rendimiento industrial, índice de extractabilidad y en los parámetros de calidad de los aceites producidos. También fue determinada la concentración de compuestos fenólicos totales y la estabilidad oxidativa de todos los aceites obtenidos.

Las muestras han sido recolectadas en la campaña pasada y en seis épocas distintas. Todas ellas procedentes de olivos de regadío de la variedad 'Picual' que están plantados en el Campus Universitario de Jaén.

La caracterización de los frutos se ha llevado a cabo mediante los parámetros: índice de madurez, peso medio del fruto, relación pulpa/hueso, relación hueso/peso total, humedad y materia volátil (%) y el contenido en materia grasa total (%) en base seca y húmeda.

Para obtener la extractabilidad y el rendimiento industrial de cada una de las épocas, se ha utilizado el sistema Abencor, que reproduce a escala miniplanta el proceso de elaboración a nivel de almazara. El MTN se ha añadido siempre en las mismas condiciones de batido y a igual porcentaje respecto a la cantidad de pasta de aceitunas húmedas.

La adición de MTN se ha llevado a cabo durante el batido de las pastas de aceitunas. Se ha mantenido constante tanto como la dosis de MTN (0,3 %), la temperatura (25°C), tiempo de batido (45 minutos), y tiempo de adición (a los 30 minutos del comienzo de la etapa de batido).

En la tercera época ha sido donde se ha obtenido mayor rendimiento industrial (13,20 %), con un índice de extractabilidad de 71,82% y con un índice de madurez de 4,5 en los frutos recolectados.

Cabe resaltar que fue la primera época donde mayor concentración de compuestos fenólicos se ha obtenido con un valor de 236,30 mg/kg y con una estabilidad oxidativa de 21,66 h, medida realizada mediante el método Rancimat a 120°C.

PALABRAS CLAVE

Extracción de aceite, Microtalco natural, Batido, Aceite industrial, Parámetros de calidad, Compuestos fenólicos, Estabilidad oxidativa.

ABSTRACT

In this work studied how the addition of natural microtalc (MTN) affects in the malaxation process of the olive's oil extraction on the industrial performance, extractability index and the quality parameters of the oils produced. There were also determined the concentration of total phenolic compounds and the oxidative stability of all oils obtained.

Used samples have been collected in last season on six different times. All of them originating from irrigated olive trees of the variety 'Picual' that have sown in the University Campus of Jaén.

The fruits characterization was determined by parameters: maturity index, average weight of the fruit, relation flesh/bone, relation bone/total weight, humidity and volatile matter (%) and content in total fat in dry and wet basis.

In order to obtain the extractability and the industrial yield of each one of the times, it was used Abencor system, which reproduces a miniplant scale the elaboration process at the industrial oil. The natural microtalc has always been added in the same malaxation conditions and in the same percentage of the amount of wet olive paste.

The addition of natural microtalc is carried out during the malaxation of the olive pastes. It has been kept constant as much as the natural microtalc dose (0,3%), the temperature (25°C), malaxation time (45 minutes) and the addition time (at 30 minutes of the malaxation process).

In the third period, was obtained a higher industrial yield (13,20%) with an extractability index of 71,82% and a maturity index of 4,5 in the fruits collected.

It should be noted that it was the first period where was obtained the highest concentration of phenolic compounds with a value of 236,30 mg/kg and with an oxidative stability of 21,66 h, it measured by the Rancimat method at 120°C.

KEYWORD

Oil extraction, Natural microtalc, Malaxation, Industrial oil, Extractability, Quality parameters, Phenolic compounds, Oxidative stability.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. El olivo y sus frutos

El origen del olivo (*Olea europaea* L.) comienza desde la antigüedad hasta nuestros días en todos los países del Mediterráneo, especialmente en el centro y el sur de España e Italia, y en Grecia, Turquía, Túnez y Marruecos (Di Giovacchino, 2003).

El inicio del cultivo para la obtención de aceite comienza en las épocas paleolíticas (35000-8000 a.C.) en Creta. Parece que el olivo, tal y como lo conocemos hoy día, procede de las regiones que se corresponden con las antiguas Persia y Mesopotamia (Boskou, 1998). Con el paso del tiempo, el olivo se fue extendiendo desde estos países hasta territorios vecinos, lo que se corresponden con Siria y Palestina.

Los fenicios, a partir del comercio marítimo que desarrollaron en el Mediterráneo, difundieron el olivo por las islas griegas y Península Helénica. En el antiguo Egipto, el olivo se cultivaba para utilizar su aceite en ceremonias religiosas y como ungüento (Di Giovacchino, 2003).

En España, se había introducido durante la marítima de los fenicios (1050 a.C.), que aportaron parte del procedimiento de la obtención del aceite y tuvo un gran desarrollo con el dominio de Roma (45 a.C.).

En las sucesivas civilizaciones, que desarrollaron tanto el olivo como su aceite, ocuparon un papel importante en la economía agrícola del país productor como el comercio con las poblaciones vecinas.

Los romanos extendieron el cultivo que ocuparon en las costas mediterráneas. Aunque éstos y los griegos utilizaban el aceite como ungüento, como producto de uso farmacéutico y de iluminación, fueron pioneros en utilizarlo como alimento.

Desde la expansión del Imperio Romano, el olivo ha quedado vinculado al Mar Mediterráneo y ha sido cultivado ininterrumpidamente hasta nuestros días. Todas las zonas que ocupan el Mediterráneo han aportado cultura, regadío y otras tecnologías al cultivo del olivo y a la extracción del aceite, haciendo un producto de uso habitual y una mercancía principal en los intercambios comerciales de todas las épocas.

2.2. Variedad 'Picual'

El olivo de variedad 'Picual', Fig. 2.1., es el más interesante agronómicamente en plantaciones tradicionales ya que tiene una elevada productividad de aceite y fácil cultivo. Es la variedad de aceite típica de Jaén, la más extendida y posiblemente la más conocida de España.

Se cultiva principalmente en las provincias de Jaén, Córdoba y Granada. Actualmente, hay más de 700000 hectáreas.

El nombre de la variedad hace referencia a la forma de su fruto acabado en pico. Las sinonimias son abundantes, destacando la de Martaña y Nevadillo. La zona de origen de la muestra es *Viver* y las sinonimias que presenta son *Andaluza*, *Blanco*, *Corriente*, *de aceite*, *de Calidad*, *Fina*, *Jabata*, *Lopereño*, *Martañón*, *Morcona*, *Nevadillo*, *Nevadillo blanco*, *Nevado*, *Nevado blanco*, *Picúa*, *Salgar*, *Temprana*. (López-Cortés, 2006).

Es una variedad vigorosa, de rápida entrada en producción, además de elevada y constante. La época de maduración es temprana y tiene fácil desprendimiento de la aceituna, lo que facilita su mecanización.

Tiene gran difusión, sobre todo por los suelos de campiña del alto valle del Guadalquivir. El cultivo tiene presencia mayoritaria por sistema tradicional, aunque las plantaciones modernas en un solo tronco con marcos más estrechos presentan mayor rentabilidad. En plagas es muy sensible al repilo y verticilosis.



Fig. 2.1. Olivo variedad 'Picual' en el Campus Universitario de Jaén.

2.2.1. Morfología del fruto

La aceituna es el fruto del olivo, es ovoide, negro en maduración y asimétrico. Tiene ápice redondeado y con pequeño pezón, presenta numerosas lenticelas.

El fruto es una drupa comestible, de tamaño variable con una sola semilla y con hueso en su interior. Tiene un tamaño variable dependiendo de la variedad, naturaleza del suelo y climatología del año. Tiene forma elipsoidal y una longitud de 1,0 – 4,0 cm y un diámetro de 0,6 – 2,0 cm.

En la aceituna se pueden distinguir diferentes partes, Fig. 2.2., en primer lugar, con un tejido superficial que sirve de envoltura, llamado epicarpio y que representa entre el 2,0 y el 2,5% del peso del fruto. El mesocarpio o pulpa sería la parte carnosa y correspondería a la mayor parte del peso del fruto, entre el 71,5 y el 80,5%. Entre el 17,3 y 23,0% de la aceituna supone el endocarpio o pared del hueso. Y del 2,0 al 5,5% supondría la almendra.

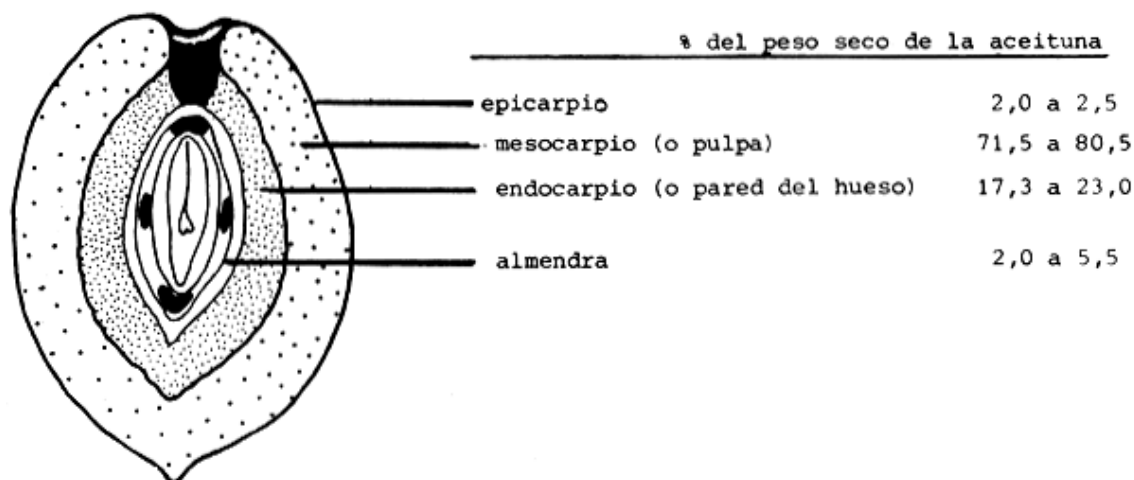


Fig. 2.2. Partes del fruto en cuanto al porcentaje en peso seco de la aceituna. (FAO, 1983).

2.2.2. Características de los aceites

El aceite de la variedad 'Picual' destaca por su alta proporción en ácido graso oleico, Tabla 2.1., que tiene gran importancia por sus efectos beneficiosos para la salud. Aparte, también destaca por su buen rendimiento graso y alto nivel de estabilidad.

Tabla 2.1. Composición en ácidos grasos, expresados en porcentajes en peso indicando su desviación estándar de los aceites de oliva en la variedad 'Picual' (López-Cortés, 2006).

Ácidos grasos	Porcentaje
Palmítico	10,52 ± 0,37
Palmitoleico	0,65 ± 0,03
Heptadecanoico	0,05 ± 0,01
Esteárico	2,90 ± 0,29
Oleico	79,70 ± 2,56
Linoleico	5,14 ± 0,24
Linolénico	0,57 ± 0,04
Eicosanoico	0,33 ± 0,01
Docosanoico	0,10 ± 0,01
Tetracosanoico	0,04 ± 0,01

Las características más representativas del aceite 'Picual' respecto a otras variedades es el amargor, y si se trata de un aceite joven, destaca también por el atributo picante. También es característico, en los casos en los que el aceite provenga de cosecha temprana, su extensa gama de aromas herbáceos, tales como higuera, tomate, hoja de olivo y tomatera.

Es un aceite potente que supera el 80% de todo su perfil lipídico en ácidos monoinsaturados. Tiene un perfil bajo en contenido en ácidos poliinsaturados, que hacen que sea un aceite estable a la oxidación y al enranciamiento. (Ávila, 2000).

Por otro lado, el aceite 'Picual', tiene altos niveles de compuestos fenólicos, que ayudan a reducir la oxidación de las grasas en el torrente sanguíneo. (Martínez-Valverde *et al.*, 2000).

2.3. Proceso de elaboración

2.3.1. Operaciones preliminares

Preparación y transporte de los frutos

Cuando se realiza la recolección hay que mantener separadas las aceitunas que se encuentran en el árbol, ya que tienen mayor calidad, de las que se encuentran en el suelo.

La partida de aceitunas debería quedar separada también por plagas y enfermedades, maduración u otras variedades que podrían afectar a la obtención de una mejor calidad del aceite y así evitar aceites defectuosos.

Una vez se ha recogido el fruto debe llevarse lo antes posible a la almazara. No debe almacenarse en la finca porque dificultaría la calidad del aceite de oliva.

El fruto que se encuentra en el suelo o tiene barro, tierra o piedras, debe lavarse a la entrada de la almazara.

Se debe evitar la compresión de las aceitunas, para ello se pueden utilizar cajas de material de plástico resistentes y que permiten cierta ventilación.

Recepción, selección y clasificación de los frutos en la almazara

En la almazara se debe comprobar que los frutos no estén mezclados y de la misma forma que no presenten defectos (tales como ataques por plagas, recogidos del suelo, frutos deteriorados,...). Por tanto, se debe disponer de frutos sanos y recogidos del árbol, que permite un buen control en la entrada de la línea de fabricación y una gestión eficaz para obtener aceites de calidad.

Limpieza y lavado

Serían los primeros tratamientos a los que se somete el fruto, con el fin de eliminar hojas, ramas, polvo u otros materiales que pudiera traer a la almazara. Para ello, se utilizan ventiladores de aire. Posteriormente, se lava en el caso de que el fruto no provenga del árbol para eliminar el barro.

Finalmente, se realiza la pesada del fruto mediante el sistema de doble tolva o en tramo de cinta transportadora. Antes o después de la pesada, se realiza una toma de muestra para el primer control de calidad.

2.3.2. Preparación de las pastas de aceitunas

Molienda

La molienda es una operación unitaria que tiene por objeto la rotura de los tejidos de la aceituna donde se aloja la materia oleosa y debe realizarse con la mayor uniformidad (Civantos, 2008b).

Las muestras que se han empleado en este trabajo para la elaboración de aceite de oliva virgen proceden de varios olivos de regadío de la variedad 'Picual' plantados en el Campus Universitario de Jaén.

El fruto se introduce en el molino (con una criba de tamaño determinado) y por la velocidad de giro de las crucetas, el tejido se rompe por impacto y cizallamiento. Las cribas tienen un tamaño diferente en función del índice de madurez, a mayor índice de madurez mayor será el tamaño de orificio de la criba y viceversa. El producto resultante de la molturación lo constituyen las pastas de aceitunas.

Hoy día, la mayoría de las almazaras cuentan con molinos metálicos de martillo, normalmente de eje horizontal. La velocidad a la que se lleve a cabo la molienda, afectan al tamaño de los huesos, al rendimiento industrial y a la composición química y sensorial de los aceites.

Una buena molienda es el primer punto para conseguir un aceite de calidad, se debe tener en cuenta aspectos como: un fraccionamiento uniforme del fruto, un control de la velocidad de molienda para que las pastas no alcancen altas temperaturas, evitar impurezas, formación de emulsiones y realizar la proceso antes de 24 h de haber recogido los frutos para evitar posible fermentaciones.

Batido

Una vez obtenida las pastas de aceitunas, se realiza el batido con el objetivo de extraer el aceite de las células y que este vaya creando gotas de mayor tamaño por agregación. Las batidoras tienen unas palas que mueven la pasta de manera lenta pero continua, en unos equipos de forma cilíndrica. Las batidoras tienen una camisa por la que se puede hacer circular agua caliente que a su vez calienta la masa batida y facilita la extracción del aceite. Es recomendable trabajar no sobrepasar los 25-28 °C, ya esta temperatura es suficiente para facilitar la extracción del aceite, disminuir su viscosidad y

favorecer la formación de la fase oleosa. Temperaturas más elevadas son perjudiciales debido a que favorecerían a la pérdida de compuestos volátiles y aceleran los procesos de oxidación.

En el batido es importante controlar una serie de variables como: temperatura, tiempo de batido y dosis del coadyuvante tecnológico empleado.

2.3.3. Separación sólido-líquido

Para separar la fase oleosa (aceite) del resto de componentes del fruto, fase acuosa (agua de vegetación) y fase sólida (piel + pulpa + huesos rotos) se puede recurrir a los siguientes procesos:

Por presión o método clásico, sistema discontinuo de prensas.

La pasta se pone sobre los capachos, que son unos grandes discos de fibras de coco y poliéster trenzado. En épocas pasadas, eran de esparto. Se apilan los capachos unos encima de otros introduciendo discos planos a ciertas alturas para equilibrar el cargo y mejorar la presión. Se colocan bajo la prensa y se presionan. De esta forma se recoge, por un lado el orujo bastante seco y por otro una mezcla de aceite y agua que se recoge en pozuelos de decantación. En estos decantadores se separa la fase oleosa de la acuosa, además de restos de partículas. Se deja reposar, y el aceite limpio flotará encima del agua y de las partículas sólidas debido a que presenta una menor densidad. Este proceso necesita mucha limpieza y mano de obra por lo que su uso es cada vez menor. Actualmente, en España apenas se utiliza.

Por centrifugación o sistema continuo.

Este sistema consiste en introducir las pastas de aceituna en un cilindro horizontal y hacer girar las pastas a gran velocidad. En ausencia de aire y a lo largo de la trayectoria del cilindro se consigue la separación, por diferencia de densidad, entre orujo, agua y aceite (Civantos, 2008c). Este cilindro horizontal es conocido como decánter, dependiendo del número de salidas del equipo se puede diferenciar entre:

- Proceso con decánter de tres salidas. En este caso se introduce una cierta cantidad de agua del exterior (0,5-1,0 l/kg pasta) para incrementar la fase acuosa y facilitar la separación del aceite por formación de los anillos de centrifugación. Tras la operación se obtiene una salida oleosa (aceite con restos de agua y finas partículas sólidas), una salida acuosa (agua, algo de aceite y partículas sólidas) y un sólido (orujo con agua y algo de aceite).
- Proceso con decánter de dos salidas. No se adiciona agua del exterior, o se realiza en menor medida, por lo que la cantidad de agua generada en la operación es menor. Tras la centrifugación se obtendrá una salida oleosa (aceite con restos de agua y partículas finas solidas) y un sólido muy húmedo (orujo con una gran cantidad de agua y aceite).

2.3.4. Separación fases líquidas

Esta operación se lleva a cabo mediante una centrifuga vertical, cuya parte fundamental es un tambor cónico, cuyo interior presenta una serie de discos contiguos (platos de la centrífuga), en forma de cono, entre los cuales pasa la fase oleosa. Los discos reducen el recorrido de las partículas de aceite hasta encontrar su fase continua, y mejoran la separación.

En este proceso, se vierte la fase oleosa por la parte superior y la fuerza centrífuga le obliga a pasar por las perforaciones de los discos. El componente más pesado (agua) desciende por la cara superior del disco, acumulándose junto a la pared exterior del tambor. Y el componente más ligero (aceite) asciende a lo largo de la cara inferior del disco y ocupa la zona de la centrifuga próxima al eje.

2.3.5. Operaciones posteriores

A continuación, se describen las operaciones posteriores del proceso de elaboración de los aceites de oliva:

Decantación

El aceite se mantiene en unos depósitos de acero inoxidable comunicados entre sí en su parte superior, donde estará en reposo durante un cierto tiempo

para que se depositen partículas y microgotas de agua en suspensión que aún tiene. Finalmente, se transporta a la bodega donde permanece en oscuridad a temperatura suave y constante (17-18 °C).

Filtración

La filtración consiste en hacer pasar el aceite a través de tejidos (lonas de material textil, fibras, celulosa) o materiales porosos (tierras filtrantes, perlitas, diatomeas) donde quedan retenidas las impurezas que se desean eliminar. Para conseguir este objetivo, se pueden hacer dos tipos de filtración:

- *Desbastado*: Se realiza en aceites con un elevado contenido de sólidos, donde hay que hacer una separación grosera y que en muchas ocasiones se debe a que no ha tenido tiempo para una correcta decantación.
- *Abrillantado*: Este tipo de filtrado se encarga de la eliminación de toda traza de humedad y evita la formación de sedimentos en los envases.

Almacenamiento y conservación

El almacenamiento se realiza en la bodega de la almazara, utilizando depósitos de acero inoxidable de capacidades muy diferentes que pueden oscilar entre 1.000 y 100.000 kg. La bodega debe disponer de buen aislamiento térmico para evitar alteraciones en el aceite por reacciones de hidrólisis y oxidación que se ven muy favorecidas por la temperatura.

El objetivo del almacenamiento es realizar una buena conservación del aceite; se tienen en cuenta los factores que pueden incidir en la alteración de los aceites. Entre ellos, cabe destacar: presencia de aire, humedad, luz, impurezas, temperatura, y trazas metálicas.

2.4. Coadyuvantes tecnológicos

2.4.1. Bases de su utilización

Las características de la pastas de aceitunas afectan a la producción de aceites independientemente del método de elaboración empleado. Si la pasta que se utiliza es difícil de manejar, el rendimiento puede bajar debido a la gran cantidad de aceite que queda en los tejidos coloidales del citoplasma o emulsionada con las aguas de vegetación y adición, es lo que se conoce como aceite “no libre”.

Se utilizan coadyuvantes tecnológicos porque son capaces de aumentar la cantidad de “aceite libre” en la pasta mejorando el rendimiento del mismo, y de esta manera la producción. Los primeros coadyuvantes utilizados fueron los enzimas liofilizados con actividad pectolítica y celulosolítica (De Soroa y Pineda, 1952; Martínez-Moreno *et.al.*, 1957; Montedoro y Petruccioli, 1973; Montedoro y Petruccioli, 1978). Actualmente, en los países de la Comunidad Europea, no se pueden utilizar productos enzimáticos en los procesos de elaboración.

Hay que destacar que aparte de mejorar la textura de las pastas difíciles y aumentar el rendimiento de extracción, no afecta a la calidad del aceite de oliva, y por tanto no modifica las características físico-químicas y organolépticas de los aceites, pudiendo proporcionar aceites más limpios, con mayor agotamiento en los orujos.

2.4.2. *Microtalcos naturales*

El empleo de talcos naturales (silicato de magnesio hidratado, $\text{Mg}_3\text{SiO}_{10}(\text{OH})_2$) está estadísticamente comprobado en el sector de la elaboración de los aceites de oliva vírgenes por su interés y mejora en el tratamiento de pastas emulsionadas (pastas difíciles). Principalmente se utiliza en España, y los resultados obtenidos en experimentos en los que se emplea este coadyuvante para procesar las pastas difíciles por métodos de centrifugación indican que la producción es mayor cuando el contenido de agua en la masa es superior al 50% y se añade entre un 2 y un 4% de talco (Alba *et al.*, 1987). No se recomienda utilizar cantidades muy elevadas porque producen el efecto contrario al perseguido, es decir, pérdidas en el rendimiento, pues el aceite se puede quedar adsorbido en el talco.

En este trabajo se ha utilizado como coadyuvante tecnológico el talco natural micronizado, con tamaño medio de partícula inferior a $10\ \mu\text{m}$ (Sánchez *et al.*, 2017). A nivel de almazara, se tiene que usar talcos con registro sanitario para la Industria Alimentaria y deben de tener elevada pureza. Se trata de un material de uso alimentario totalmente inerte con el aceite y con los materiales de los equipos del proceso de elaboración. Actualmente, a nivel de la Comunidad Europea, junto con el caolín, son los únicos coadyuvantes tecnológicos autorizados y permitidos en el proceso de obtención de los aceites de oliva vírgenes, ya que son productos que no tiene actividad biológica ó química. Este es un producto que es preparado a partir de talco laminar extra blanco, ausente de minerales tipo asbestos del grupo de los anfíboles y serpentina.

3. OBJETIVOS

Como hipótesis de partida, en este trabajo se ha tratado de comprobar, durante el periodo completo de una campaña oleícola, si la adición de microtalco de pequeño tamaño de partícula incrementa los rendimientos de extracción y mejora la calidad de los aceites producidos.

El principal objetivo de este estudio ha sido alcanzar un mayor rendimiento industrial y mayor extractabilidad, mejorando la calidad de los aceites elaborados utilizando MTN durante el proceso de batido en un sistema Abencor, que reproduce a escala miniplanta el proceso de elaboración de los aceites de oliva.

Se propone como objetivos específicos de este trabajo los siguientes:

- Caracterización físico-química de los frutos de la variedad 'Picual'.
- Comparar tanto los rendimientos industriales como el índice de extractabilidad obtenidos, sin y con adición de MTN.
- Determinar la evolución de los rendimientos en materia grasa total y la composición de los aceites durante la campaña 2016/2017.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Se expondrá la procedencia de la muestra y posterior caracterización de los frutos. A continuación, el proceso de extracción de los aceites de oliva y caracterización físico-química de los aceites. Finalmente, se indicarán los reactivos químicos y otros productos utilizados en este trabajo.

4.1. Procedencia de la muestra

La recolección de los frutos se ha llevado a cabo en seis días de diferentes épocas del año, en la campaña oleícola 2016/2017, desde Noviembre hasta Marzo, Tabla 4.1.

Todas las muestras fueron de vuelo, excepto la última muestra que fue de vuelo y suelo.

Tabla 4.1. Fecha de recolección y producción del fruto.

Época de recolección	Fecha de extracción
1	02/11/2016
2	28/11/2016
3	23/01/2017
4	08/02/2017
5	23/02/2017
6	21/03/2017

4.2. Caracterización de la muestra

Los parámetros que se han determinado para la caracterización de los frutos, realizándose por duplicado, en este trabajo son:

- Peso medio del fruto
- Índice de madurez
- Relación pulpa/hueso
- Relación hueso/peso total
- Humedad y materia volátil (%)
- Materia grasa total (%)

4.2.1. *Peso medio del fruto*

La variedad 'Picual' se encuadra en el criterio de frutos de peso medio (Barranco *et al.*, 2005). Este peso medio se determina cogiendo cien aceitunas de manera representativa, se pesan y se obtienen los gramos de cada fruto. Esto se hace mediante la ecuación [4.1]:

$$PM = \frac{Pa}{n} \quad [4.1]$$

siendo,

PM	Peso medio del fruto en g
p_a	Peso de 100 frutos en g
n	100 (número de frutos)

4.2.2. *Índice de madurez*

El índice de madurez se utiliza para determinar el momento óptimo de recogida de la aceituna. Es muy importante para determinar la calidad pos cosecha.

Para su cálculo, se utiliza un procedimiento descrito y puesto a punto por Uceda y Frías (1975) para la variedad 'Picual'. En este se ha utilizado esta metodología. En este sentido, se toman cien frutos al azar de la muestra que se ha recogido, limpia y homogeneizada. Posteriormente, se puede clasificar

según las ocho categorías, Tabla 4.2., de acuerdo al color de la piel o pulpa; así pues, es un método basado en el color y en la pigmentación de la piel y la pulpa.

A partir de la categoría 4, para determinar el color se realiza un corte paralelo al hueso y se observa la pigmentación que presenta la pulpa.

El índice de madurez (IM) se define como la suma de los productos del número de frutos distribuidos en cada clase por el valor de esa clase o categoría, dividido por el número total de frutos clasificados, Ec. [4.2].

$$IM = \frac{A*0+B*1+C*2+D*3+E*4+F*5+G*6+H*7}{100} \quad [4.2]$$

Siendo A, B, C, D, E, F, G, H el número de frutos de la clase o categoría 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, respectivamente. Según esta ecuación el índice de madurez va a oscilar entre 0 y 7.

Tabla 4.2. Determinación del índice de madurez según el color y pigmentación, Uceda y Frías (1975).

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS
CLASE 0	Piel verde intenso
CLASE 1	Piel verde amarillento
CLASE 2	Piel verde con manchas rojizas en menos de la mitad del fruto
CLASE 3	Piel rojiza o morada en más de la mitad del fruto
CLASE 4	Piel negra y pulpa blanca
CLASE 5	Piel negra y pulpa morada sin llegar a la mitad de la pulpa
CLASE 6	Piel negra y pulpa morada sin llegar al hueso
CLASE 7	Piel negra y pulpa morada totalmente hasta el hueso

4.2.3. Determinación de la relación pulpa/hueso

Se toman 100 frutos (previamente pesados) de la muestra recogida, limpia y homogeneizada, se separa la pulpa del hueso y se pesan en balanza analítica. De esta manera, se calcula la relación pulpa/hueso, Ec. [4.3]:

$$\text{Relación pulpa/hueso} = \frac{\text{Peso de la pulpa}}{\text{Peso del hueso}} \quad [4.3]$$

4.2.4. Determinación de la relación hueso/peso total

Al azar, se toman 100 frutos de la muestra y se pesan previamente. Se separa la pulpa del hueso y se pesan por separado en balanza analítica. Para la determinación de la relación hueso/peso total se utiliza la Ec. [4.4]:

$$\text{Relación hueso/peso total} = \frac{\text{Peso del hueso}}{\text{Peso total de 100 aceitunas}} \quad [4.4]$$

4.2.5. Humedad y materia volátil

Las muestras de aceitunas fueron molturadas, de esta manera se han obtenido las pastas de aceitunas, que se han pesado en una balanza analítica sobre una placa de vidrio Petri con precisión de 0,01 g y se han secado a $105 \pm 1^\circ\text{C}$ en estufa de ventilación forzada hasta pesada constante. A partir de dicha temperatura, se elimina la humedad y materia volátil de la muestra, y a continuación, por diferencia de pesada usando la ecuación [4.5.], se puede determinar este parámetro:

$$\% \text{HVM} = \frac{P_h - P_s}{P_h} 100 \quad [4.5]$$

siendo,

HMV Humedad y materia volátil de las pastas u orujos (%)

P_h Peso de la muestra húmeda (g)

P_s Peso de la muestra seca (g)

4.2.6. Determinación del contenido de materia grasa total

Para calcular el contenido en grasa total en las pastas de aceitunas se ha utilizado un equipo Soxhlet.

Se trata de una operación unitaria con transferencia de materia. Partimos de la pasta desecada y se trata de poner en contacto el sólido portador con un disolvente extractor. El disolvente tiene que ser selectivo por la materia grasa. Cada disolvente fija la temperatura de extracción.

Las principales características del Soxhlet son:

- Es una operación de transferencia de materia.
- El disolvente elegido tiene que actuar a una temperatura próxima a su punto de ebullición, siendo higroscópico, evaporable y recuperable.
- El disolvente debe penetrar en el interior de las partículas de la muestra inmediatamente.

La extracción se basa en la solubilidad selectiva del componente sólido en el líquido disolvente utilizado para la extracción. Al contar con distintos puntos de ebullición, el disolvente se evaporará antes, quedando en el matraz de fondo redondo el aceite.

En este equipo se emplea un mecanismo mixto, es decir, existe percolación (donde el disolvente moja al sólido) e inmersión (todo el sólido está inmerso en el líquido). Se ha utilizado hexano técnico como disolvente extractor. Una vez terminada la extracción, el disolvente se separa mediante evaporación. Posteriormente, se introduce el matraz con el aceite en la estufa de secado para retirar cualquier resto de disolvente y de humedad que pudiera tener.

Para determinar el contenido en aceite, expresado en tanto por ciento, se ha empleado la ecuación [4.6]:

$$MG_T = \frac{P_f}{P_s} 100 \quad [4.6]$$

siendo,

MG_T Contenido graso total (%)

P_f Masa de aceite extraído (g)

P_s Masa de la muestra seca (g)

4.3. Proceso de extracción

A continuación, se describe el proceso de extracción de los aceites de oliva para los ensayos realizados a nivel miniplanta, utilizando el sistema Abencor, equipo suministrado por MC2. Consta de tres partes: molino de martillo, termobatidora de eje vertical y centrífuga tipo cesta, Fig. 4.1.



Fig. 4.1. Elementos del sistema Abencor (de izquierda a derecha: molino, termobatidora y centrífuga).

El molino de martillo es la primera operación a la que se somete el fruto, donde se tritura usando una criba adecuada, que rodea a la cruceta y martillos, accionado por un motor a 3000 rpm. Todas las partes en contacto con el fruto son de acero inoxidable extraduro. El fruto pasa por la criba, que tiene un diámetro determinado y el resultado es lo que llamamos pasta. En este trabajo se han utilizado cribas intercambiables de 4,0 y 6,0 mm.

Para una buena calidad del aceite, en la molienda se busca conseguir un fraccionamiento uniforme del fruto, evitar la formación de emulsiones y que la pasta no alcance altas temperaturas, para posteriormente extraer el aceite en sus células (Di Giovacchino, 2003).

En este trabajo, de la pasta que obtenemos, se toman aproximadamente 750 g, que se introducen en cazos de acero inoxidable, que posteriormente se someten a un batido con una termobatidora discontinua de eje vertical, de esta manera, se extrae el aceite y se forman gotas de mayor tamaño por agregación. La termobatidora usa agua como líquido calefactor, no hay que sobrepasar una temperatura superior a 27°C.

La duración del batido es 45 minutos y la temperatura con la que se trabaja es 25°C, ya que es una temperatura apropiada para facilitar la extracción del aceite, disminuyendo la viscosidad y favoreciendo la formación oleosa.

El MTN se ha añadido en esta etapa del proceso de extracción, en los últimos 15 minutos de batido y no se ha modificado la cantidad de MTN añadido (0,3%) en ninguna de las épocas.

La pasta batida pasa a la centrífuga tipo cesta, a modo de decánter de almazara. La velocidad es 3000 rpm y el tiempo de operación es un minuto.

Se recoge el mosto oleoso por el orificio de salida de líquidos en una probeta de 250 cm³. Se efectúa, previamente, una segunda centrifugación durante un minuto y se recoge en la misma probeta; esta operación sería equivalente al denominado 'repaso' en las almazaras.

La separación líquido-líquido se realiza mediante decantación estática de las fases acuosas y la fase del aceite en un tiempo aproximado de 30 minutos.

4.3.1. Rendimiento industrial.

Para determinar este parámetro se relaciona de forma directa el volumen de aceite que se ha recogido en la probeta con el peso de pasta húmeda de aceituna inicial empleada, de acuerdo a la ecuación [4.7]:

$$RI = \frac{V_a \times \rho}{P_p} 100 \quad [4.7]$$

siendo,

RI	Rendimiento industrial (%)
V _a	Volumen de aceite obtenido (cm ³)
ρ	Densidad del aceite de oliva (g/cm ³)
P _p	Peso de pasta inicial húmeda (g)

Los aceites obtenidos se filtran con papel jarabe para eliminar los restos de sólidos y de humedad. Después, se han centrifugado para eliminar el agua de

vegetación. Posteriormente, se han guardado en frascos de cristal topacio y se han congelado para su posterior caracterización físico-química.

4.3.2. Índice de extractabilidad.

Representa la relación entre el rendimiento industrial y el rendimiento en base húmeda, y se calcula mediante la ecuación [4.8].

$$IE = \frac{RI}{MG_T} 100 \quad [4.8]$$

siendo,

RI	Rendimiento industrial o porcentaje de materia grasa obtenido en el sistema Abencor (%)
MG _T	Porcentaje de materia grasa total obtenido en el laboratorio mediante el sistema Soxhlet o rendimiento en base húmeda (%)

4.4. Caracterización físico-química de los aceites

Cuando un aceite adquiere mal olor y sabor, conduce a pensar que el fruto no se ha recolectado de forma adecuada, se ha caído al suelo, se ha deteriorado por plagas, no se ha almacenado en el momento apropiado, y de esta forma pierde parte de su calidad.

Los criterios de calidad e identificación de los diversos tipos de aceite de oliva, se describen con detalle en la norma del Codex Alimentarius, y en la Comisión de la Regulación de la CEE 2568/91, así como en las enmiendas y adiciones subsiguientes a esta regulación básica.

En este trabajo se han determinado los siguientes parámetros de calidad:

- Acidez
- Índice de peróxidos
- Absorción al ultravioleta

4.4.1. Acidez

Los aceites no presentan una acidez alta, la hidrólisis sería la principal causa por la que se vería afectada. De esta manera, cuando un aceite presenta elevada acidez, no puede ser utilizado como alimento. Si supera el 2% de acidez, debe ser refinado.

La acidez puede expresarse mediante el grado de acidez o el índice de acidez.

Es una expresión del contenido en tanto por ciento de los ácidos grasos libres.

4.4.1.1. Grado de acidez

El grado de acidez se expresa en porcentaje de ácido oleico, y se determina con una cantidad de $5,000 \pm 0,001$ g de materia grasa que previamente se ha filtrado, en un Erlenmeyer de 250 cm^3 . Esta cantidad se disuelve en 50 cm^3 en una disolución de etanol absoluto:éter dietílico (50:50). Se valora con potasa alcohólica 0,1 N hasta viraje del indicador fenolftaleína, se añaden unas 5

gotas, aproximadamente. Se mide, de esta manera, la cantidad de hidróxido potásico, cuando la disolución tiene un color rosa.

Para el cálculo de la acidez se emplea [4.9]:

$$GA = \frac{V N M}{10 P_a} \quad [4.9]$$

siendo,

GA	Grado de acidez (% de ácido oleico)
V	Volumen de disolución de KOH utilizado (cm ³)
N	Concentración exacta de la disolución de KOH (mol/dm ³)
M	Peso molecular del ácido al cual va referido la acidez (ácido oleico 282 g/mol)
P _a	Peso de la muestra de aceite (g)

4.4.1.2. Índice de acidez

Este análisis se realiza de la misma manera que para la determinación del grado de acidez, pero utilizando la ecuación [4.10]. Este índice expresa la acidez en mg KOH/g grasa.

$$IA = \frac{56,1 V N}{P_a} \quad [4.10]$$

siendo,

IA	Índice de acidez (mg KOH/g grasa)
56,1	Peso molecular KOH (g/mol)
V	Volumen de disolución KOH (cm ³)
C	Concentración de la disolución de KOH (N)
P _a	Peso de la muestra de aceite (g)

4.4.2. Índice de peróxidos

Este parámetro determina el estado de oxidación inicial de un aceite y se refiere a la cantidad en miliequivalentes de oxígeno activo contenidos en un kg de materia ensayada. Nos da una indicación sobre los hidroxiperóxidos, y de esta forma, es de las medidas más directas de la peroxidación de los lípidos (Boskou, 1998).

Se calcula a partir de una iodometría por retroceso. La muestra se disuelve en un disolvente orgánico y se trata con KI en exceso; es decir, se calcula el yodo liberado del IK con tiosulfato sódico utilizando almidón como indicador.

En el procedimiento experimental, se toma un matraz Erlenmeyer con boca esmerilado de 250 cm³, previamente seco, y se llena con un gas inerte, puro y seco (en este trabajo se ha utilizado nitrógeno). Se introduce la muestra tan rápido como se pueda ensayar en función del índice previsto (CE, 2013).

Se pesan 1,00 ± 0,01 g de aceite previamente filtrado en un matraz Erlenmeyer esmerilado de 250 cm³. El matraz se llena de gas inerte. Se disuelven en 25 cm³ de una mezcla de ácido acético-cloroformo (15:10), se añade 1 cm³ de una disolución acuosa de yoduro potásico. Se cierra el matraz y se agita durante un minuto, se deja en reposo y en oscuridad durante cinco minutos. Cuando transcurre este tiempo, se agregan 75 cm³ de agua destilada PA, se agita vigorosamente y se valora con una disolución de tiosulfato sódico 0,002 N, utilizando almidón (se adicionan, aproximadamente, tres gotas) como indicador. El cambio de color va de un color grisáceo a un blanco roto. De la misma forma, se realiza un ensayo de blanco y debe dar un índice nulo.

El índice de peróxidos se calcula mediante la ecuación [4.11]:

$$IP = \frac{V N 1000}{P_a} \quad [4.11]$$

siendo,

IP Índice de peróxidos (mEq. O₂/kg aceite)

V Volumen de la disolución de Na₂S₂O₃ empleado en el ensayo (cm³)

N Normalidad exacta de la disolución de Na₂S₂O₃

P_a Masa de la muestra de aceite (g)

4.4.2. Absorción al ultravioleta

Esta prueba es un indicador de la presencia de los compuestos de oxidación que presenta un aceite. Se basa en la medida espectrofotométrica ultravioleta del coeficiente de extinción específica a longitudes de onda de 232 y 270 nm.

Los aceites vírgenes extra no deben sobrepasar el valor de 2,50 para el K_{232} y para el K_{270} no deben sobrepasar 0,20.

El coeficiente de extinción específica a 270 nm se toma como criterio de calidad y puede modificarse por las condiciones de conservación del aceite.

Para realizar el análisis, se requiere que la muestra de aceite esté filtrada y sea homogénea; se toman $0,10 \pm 0,01$ g de la muestra en un matraz aforado de 10 cm^3 . Previamente se disuelve en ciclohexano, quedando una disolución sin turbidez. Dicha disolución se mide a las longitudes de 232, 270, 266 y 274 nm.

La medición a longitudes de onda de 266 y 274 nm serán empleados para el cálculo de ΔK . Los valores de extinción están comprendidos entre 0,1 y 0,8.

El cálculo se hace utilizando la ecuación [4.12]:

$$K_{\lambda} = \frac{E_{\lambda}}{e C_a} \quad [4.12]$$

siendo,

K_{λ} coeficiente de extinción específica a la longitud de onda indicada (232 o 270 nm).

A_{λ} absorbancia neta a la longitud de onda dada (232 o 270 nm).

C_a concentración de la disolución en $\text{g}/100 \text{ cm}^3$.

e espesor de la cubeta en cm.

Según el método oficial, la prueba espectrofotométrica del aceite de oliva requiere la determinación de ΔK definido mediante la ecuación [4.13].

$$\Delta K = K_m - \frac{K_{m-4} + K_{m+4}}{2} \quad [4.13]$$

siendo,

K_m extinción específica a la longitud de onda "m"

m longitud de onda de máxima absorbancia (270 nm)

4.4.4. Otros parámetros

4.4.1.1. Contenido en compuestos fenólicos

Los compuestos volátiles son los responsables principales del aroma del aceite de oliva, mientras que los compuestos fenólicos están relacionados con el sabor del aceite de oliva. (Morales y Tsimidou 2003).

Para la determinación del contenido en compuestos fenólicos totales se emplea el método descrito por Vázquez-Roncero *et al.* (1973). Este procedimiento se ha usado para la caracterización de los aceites de este trabajo.

Se pesan $10,00 \pm 0,01$ g de aceite de oliva previamente filtrado, se disuelve en 50 cm^3 de n-hexano. Se realiza por triplicado la extracción líquido-líquido con 20 cm^3 de metanol:agua (60:40). En un matraz aforado, se recogen los extractos y se llevan a un volumen final de 100 cm^3 con agua ultrapura. Se deja decantar con el fin de separar algún resto de aceite que quede en el extracto.

Se agregan 5 cm^3 del extracto metanólico, 35 cm^3 de agua ultrapura y $2,5 \text{ cm}^3$ de reactivo de Folin – Ciocalteu, en un matraz aforado de 50 cm^3 , se agita y se dejan 3 minutos de reposo para que se desarrolle la reacción. Pasados estos minutos, se añaden 5 cm^3 de disolución NaOH al 5% (p/v), y se lleva a un volumen final de 50 cm^3 con agua ultrapura, con agitación para que la mezcla quede homogeneizada.

Al cabo de 45 minutos de tiempo de reacción se mide la absorción a una longitud de onda de 725 nm. Se prepara un blanco, siendo éste una disolución preparada de forma similar a la que no se le añade el extracto de polifenoles. Para la medida de la absorbancia se empleó un espectrofotómetro UV/Vis, Thermo, mod. Helios γ , de un solo haz.

Los resultados se expresan en mg/kg de ácido cafeico. Se ha establecido una recta de calibrado a partir de concentraciones conocidas de disoluciones de ácido caféico en agua y en sus valores de absorbancia medida a 725 nm. El valor de la recta de calibrado establecida es $[CFT] = 177,94 A_{725} + 1,2185$.

4.4.5. Estabilidad oxidativa.

El Rancimat es un método de medida para la determinación de la estabilidad oxidativa (EO) de grasas y aceites. Se basa en la exposición de la muestra a elevadas temperaturas y a flujo constante de aire. Se determina como tiempo de estabilidad oxidativa el momento a partir del cual la muestra ha superado el tiempo que permanece estable; por tanto, es un indicador de la pérdida de calidad de la muestra. En este trabajo se emplea dicho método, descrito por Gutiérrez *et al.* (1989).

Para la determinación de la estabilidad de los aceites de oliva se ha empleado un equipo Metrohm, mod. Rancimat 743.

Se pesan 3 g de la muestra de aceite en un tubo de vidrio de reacción que seguidamente se coloca en el bloque de calentamiento. Se llenan los recipientes con 60 cm³ de agua ultrapura. Se conecta la corriente de aire y se pasa por los tubos que contienen las muestras de aceite.

Las curvas de oxidación se registran por medida de conductividad iónica, como resultado de la estabilidad mediante el tiempo expresado en horas, que corresponde al período de inducción. Se trabaja a 120 °C y todas las muestras se han realizado por duplicado.

4.5. Reactivos químicos y otros productos utilizados

4.5.1. Productos químicos

A continuación, se presenta un listado con el nombre, fórmula, origen y pureza de los reactivos químicos utilizados en este trabajo:

- Ácido acético glacial, CH_3COOH , PA, J.T. Baker.
- Agua ultrapura, resistividad 18,2 $\text{M}\Omega\text{-cm}$.
- Ciclohexano UV-VIS, C_6H_{12} , PA, Sigma Aldrich.
- Cloroformo, CHCl_3 , PA, J.T. Baker.
- Disolución saturada de yoduro potásico, KI.
- Disolución indicadora de almidón al 1% de agua, $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$, PA.
- Etanol absoluto, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, PA, Panreac.
- Éter dietílico, $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$, PA, Sigma Aldrich.
- Fenolftaleína, $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$, PA, Panreac.
- Hidróxido de sodio en lentejas, NaOH, Panreac.
- Hidróxido potásico en etanol, KOH, PA, Panreac.
- Metanol (HPLC), CH_4O , Sigma Aldrich.
- n-Hexano, C_6H_{14} , J.T. Baker.
- Reactivo de Folin-Ciocalteu, DC, Panreac.
- Silicato de magnesio hidratado, $\text{Mg}_3\text{SiO}_{10}(\text{OH})_2$, Mondo Minerals BV/Campi&Jov (Ref. FC 8 KN). Tamaño medio partícula 2,1 μm .
- Tiosulfato sódico, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, PA, Panreac.

4.5.2. Otros materiales.

A continuación se muestra un listado de otros materiales usados en este trabajo:

- Balanza analítica Mettler Toledo, Mod. AB 204-S/FACT.
- Buretas analógicas tipo A de 10 y 25 cm^3 .
- Equipo Soxhlet, Pobel, de 250 cm^3 .
- Espectrofotómetro de un solo haz, Thermo, Mod. Helios γ .
- Estufa de ventilación forzada Memmert, mod. UFE600.
- Frascos de toma de muestras, cristal topacio y de volumen.

- Papel de filtro plegado, PL 1320200. Filtros Anioia, diámetro de 200 mm.
- Matraces aforados, tipo A de 10, 25, 50, 100, 250 y 500 cm³.
- Matraces Erlenmeyer de cierre esmerilado, con tapón, de 250 cm³.
- Sistema Abencor MC2. Ingeniería y Sistemas S.L.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se tratarán los resultados correspondientes a la caracterización de los frutos. Posteriormente se expondrán los resultados de la etapa de procesos de elaboración. Finalmente, se abordarán los resultados de la caracterización físico-química de los aceites.

5.1. Caracterización de los frutos

Previamente, se ha realizado la caracterización físico-química de los frutos, determinándose el peso medio, índice de madurez, relación pulpa/hueso, relación hueso/peso total, porcentaje de humedad y materia volátil y el contenido en materia grasa total (en base húmeda y base seca), Tablas 5.1 y 5.2.

Tabla 5.1. Caracterización de los frutos en relación al peso medio (PM), índice de madurez (IM), relación pulpa/hueso (P/H) y relación hueso/peso total (H/P_t) durante la campaña 2016/2017.

	1 ^a Época	2 ^a Época	3 ^a Época	4 ^a Época	5 ^a Época	6 ^a Época
PM	4,56	3,35	2,61	2,69	3,29	3,45
	4,67	3,41	2,65	2,64	3,39	3,42
	4,62±0,01	3,38±0,04	2,63±0,03	2,66±0,03	3,34±0,07	3,43±0,02
IM	2,53	2,95	4,50	5,10	6,30	7,00
	2,40	2,97	4,55	5,11	6,40	7,00
	2,46±0,09	2,96±0,01	4,52±0,03	5,11±0,01	6,35±0,07	7,00±0,00
$\frac{P}{H}$	4,44	2,71	1,34	1,61	2,47	2,42
	4,34	2,60	1,26	1,73	2,31	2,43
	4,39±0,07	2,65±0,07	1,30±0,06	1,67±0,08	2,39±0,11	2,43±0,01
$\frac{H}{P_t}$	0,24	0,25	0,41	0,37	0,27	0,27
	0,25	0,20	0,36	0,40	0,26	0,27
	0,25±0,01	0,22±0,03	0,39±0,04	0,39±0,02	0,27±0,01	0,27±0,00

Las muestras de aceitunas corresponden a 6 épocas de la campaña 2016/2017. Durante el proceso de extracción, se ha mantenido constante la dosis de MTN y el tiempo de batido.

Tabla 5.2. Porcentajes de humedad y materia volátil (%H_{MV}), y materia grasa total durante la campaña 2016/2017.

	1 ^a Época	2 ^a Época	3 ^a Época	4 ^a Época	5 ^a Época	6 ^a Época
%H _{MV}	50,45±0,07	60,24±0,24	61,38±0,12	59,45±0,27	60,20±0,21	58,84±0,14
% R _S	38,09±0,34	44,09±0,22	37,08±0,08	63,63±0,19	62,69±0,23	41,97±0,27
%R _H	17,72±0,13	17,03±0,10	18,37±0,12	25,80±0,17	24,95±0,14	17,27±0,16

5.1.1. Peso medio, relación pulpa/hueso y relación hueso/peso total

El peso corresponde a un peso medio de aceituna, que está entre 2 y 4 (Barranco *et al.*, 2005). Aunque hay que destacar que en la primera época sobrepase un poco el valor.

Se observa que el peso medio disminuye con el paso del tiempo, Tabla 5.1. En los frutos de la primera época se detecta mayor PM, con un valor de 4,56. En las épocas 3 y 4 disminuye y vuelve a aumentar en las épocas 5 y 6, respectivamente. El fruto que presenta menor peso medio es el de la época 3 con un valor de 2,61.

En cuanto a la relación pulpa/hueso, es en la segunda época donde se observa un mayor valor (4,44), Tabla 5.1. La época que menor valor presenta es la tercera con 1,34. La relación pulpa/hueso corresponde a un parámetro bajo, el valor está en 4,8 (Del Río *et al.*, 2005).

En la relación hueso/peso total, es en la tercera época donde se observa un valor más alto (0,41). El resto de épocas presentan valores entre 0,20 y 0,35, aproximadamente.

A modo de resumen, se puede decir que la época 3 es la que tiene menor peso medio y ha presentado mayor relación hueso/peso total de los frutos.

5.1.2. Índice de madurez

Este parámetro ha ido aumentando, como era de esperar, en función de la época en la que nos encontrábamos, Tabla 5.1. En la primera época, presentó un IM de 2,53 y en la época 6 un valor de 7, Fig. 5.1.



Fig. 5.1. Evolución del índice de madurez con el tiempo. a) 1ª época, b) 6ª época

5.1.2. Humedad y materia volátil

Se observa que el porcentaje de humedad y materia volátil es alto, no variando demasiado en la campaña, oscilando en el rango 50,5 a 61,4%, Tabla 5.2. Estos valores se pueden justificar considerando que el fruto procede de olivos de regadío (Civantos, 2008a).

Es en la tercera época donde se presenta el porcentaje de HVM más elevado, 61,4%. Si se compara el índice de pluviometría de todas las épocas, usando la base de datos de la Estación Meteorológica de la Universidad de Jaén, es en esta fecha donde se alcanza el mayor índice. Además, cabe destacar que llovió los días anteriores e incluso el día que se recogió la muestra.

Es en la primera época donde menor porcentaje de HVM se obtiene. Si se considera el índice de pluviometría durante los meses de octubre y noviembre, se observa que no llovió, exceptuando los días 23 y 24 de octubre. Por tanto, la humedad que se esperaba en esta época era baja.

Se puede justificar la variación de los contenidos en HMV considerando las precipitaciones previas a la fecha de recogida de las muestras.

5.1.3. Materia grasa total

Los rendimientos en materia grasa, en base húmeda son bajos. En todas las épocas oscila en el rango 17,0 a 18,4%, excepto en la cuarta y quinta época que oscila entre 24,9 y 25,8%, Tabla 5.2. Este hecho puede justificarse considerando que las pastas de aceitunas han permanecido un tiempo elevado en la estufa y de esta forma la extracción de la materia grasa no ha sido totalmente cuantitativa.

El rendimiento en base seca aumenta conforme avanza la campaña, siendo la primera época la que presenta un menor porcentaje, 38,1%, de la misma forma, es en la cuarta época donde se alcanza un mayor valor, 63,6%. En la variedad 'Picual' el contenido en aceite en base seca está en 50,1% (Del Río C *et al.*, 2005).

Relacionando R_H y R_S , nos encontramos que la primera época es la que menor porcentaje presenta en ambos casos y la cuarta época es donde mayor porcentaje hay en los dos casos.

5.2. Proceso de extracción

A continuación, se ha determinado el rendimiento industrial (RI) y el índice de extractabilidad (IE) en el proceso de elaboración de los aceites. Se ha utilizado el sistema Abencor en muestras recogidas en 6 épocas diferentes, que corresponden a la misma fecha de recolección y elaboración de los aceites extraídos, Tabla 5.3.

En todas las épocas se ha adicionado la misma cantidad de MTN, 0,3% y se ha añadido al mismo tiempo, a los 30 minutos del inicio del batido, siendo el tiempo total de batido 45 minutos, Tabla 5.3.

En cuanto al resultado del porcentaje de microtalco, coincide con las conclusiones obtenidas en trabajos previos del Grupo de Investigación 'Bioprocesos', Sánchez *et al.* (2006), operando con diferentes variedades de aceitunas propensas a formar pastas difíciles tales como 'Picual', 'Hojiblanca', 'Cobrançosa' y 'Verdial de la Axarquía'.

Tabla 5.3. Evolución de los rendimientos industriales en materia grasa (%RI) y el índice de extractabilidad (%IE) con la época de recolección, en muestras sin y con adición de MTN.

Época	%MTN	tb (min)	ta (min)	% RI	% IE
1	0,00	45		6,33	35,72
	0,30	45	30	9,27	52,31
				7,80±2,07	44,01±11,73
2	0,00	45		9,52	55,90
	0,30	45	30	10,74	63,06
				10,13±0,86	59,48±5,06
3	0,00	45		12,27	66,79
	0,30	45	30	13,76	74,90
	0,30	45	30	12,64	68,81
				12,89±0,77	70,16±4,22
4	0,00	45		6,98	27,05
	0,30	45	30	9,32	36,12
	0,30	45	30	9,08	35,19
				8,46±1,28	32,78±4,98
5	0,00	45		4,02	16,11
	0,30	45	30	10,57	42,36
				7,29±4,63	29,23±18,56
6	0,00	45		9,26	53,62
	0,30	45	30	12,30	71,22
	0,30	45	30	11,63	67,34
				11,06±1,59	64,06±9,25

En principio, se iba a suponer un mayor RI e IE conforme aumenta la madurez en los frutos. Es decir, a mayor IM, mayor cantidad de materia grasa e índice de extractabilidad. Aunque hay que destacar que el hecho de presentar mayor porcentaje de aceite extraído, no significa que el aceite obtenido tenga mejor calidad (Di Giovacchino, 2003).

En este trabajo, los frutos que presentan un mayor RI e IE corresponden a la época 3, con valores de 13,7 y 14,9%, respectivamente, Fig. 5.2. Como se esperaba en ambos casos, en muestras a las que se les ha adicionado MTN, el rendimiento es mayor, Tabla 5.3. El rendimiento en aceite en la almazara depende de la época de recogida y del sistema de extracción utilizado. El contenido en aceite obtenido es bajo, ya que es menor de un 18% (Barranco *et al.*, 2005).

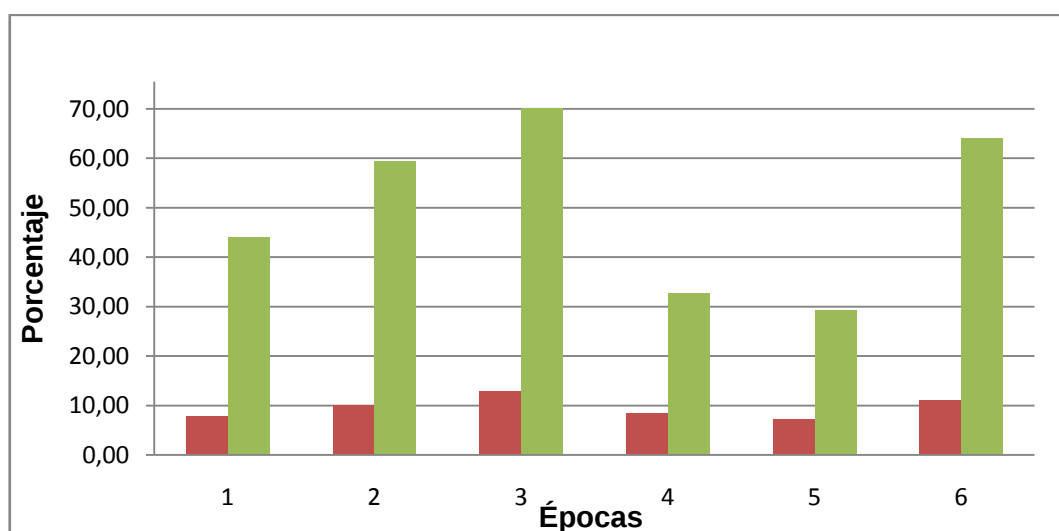


Fig. 5.2. Variación en los rendimientos y en el índice de extractabilidad del proceso de extracción de aceite de oliva, %RI (■) e %IE (■), y la época de recogida de los frutos.

La época que menor rendimiento industrial e índice de extractabilidad presenta es la quinta, con valores de 7,3% para el RI y 29,3% para el IE; se trata de la muestra que no contenía MTN, Tabla 5.3. Este hecho puede justificarse considerando que es una de las muestras que mayor humedad y materia grasa presentaba, Tabla 5.2., tan sólo 0,04% por debajo de la muestra que mayor porcentaje tiene en HMV y por tanto la extracción del aceite presentó mayor dificultad.

5.3. Caracterización físico-química de los aceites

Se ha determinado para todas las muestras los siguientes parámetros de calidad: acidez (índice de acidez y grado de acidez), índice de peróxidos y los coeficientes de absorción al ultravioleta. Todos los análisis de las muestras se han realizado como mínimo por duplicado.

Si comparamos los aceites obtenidos con la normativa europea (CE 2016) relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sus métodos de análisis, se podrían incluir en la categoría de 'Aceites de Oliva Vírgenes Extra', ya que cumplen los requisitos exigidos por esta reglamentación. Es decir, un valor de acidez inferior o igual a 0,80%, un índice de peróxidos inferior o igual a 20 mEq. O₂/kg, K₂₃₂ inferior o igual a 2,50, K₂₇₀ con valor inferior o igual a 0,22 y ΔK inferior o igual a 0,01.

5.3.1. Acidez

En todas las muestras se han obtenido aceites con acidez inferior a 0,5%, oscilando en un rango entre 0,1 y 0,5% para el IA y 0,05 y 0,2% para el GA, valores que se corresponden a las épocas 3 y 6 respectivamente; en ambos casos se tratan de muestras que se les ha adicionado MTN, Tabla 5.4.

La muestra que presenta mayor acidez corresponde a los frutos recolectados en la época 6, dichos frutos fueron de vuelo y suelo, justificando este defecto. Esta muestra era una de las que mayor rendimiento presentó, por tanto, cabe resaltar que aunque tuviera mayor rendimiento, no posee mejor calidad. Aunque cabe indicar que esta muestra no sobrepasaba los límites establecidos por la CE.

También en la primera época, la acidez fue alta; este hecho se puede justificar que era inicio de campaña y eran pastas con baja extractabilidad. La extracción del aceite fue más difícil y por este hecho pudo conducir a incrementar el porcentaje de acidez. Los frutos de la época 3 son los que menor acidez presentan.

En cuanto a la relación del microtalco natural con la acidez de los aceites, se observa que, dentro de la misma época, los aceites presentan menos acidez cuando se ha añadido este coadyuvante.

Atendiendo a este parámetro, los aceites obtenidos se pueden clasificar como “Vírgenes Extra”, de acuerdo con la normativa actual (CE 2016), ya que presentan valores inferiores a 0,8% (% ácido oleico).

Tabla 5.4. Variación del índice de acidez (mg de KOH) y grado de acidez (% ácido oleico) obtenidos en la época de recolección, en muestras sin y con adición de MTN.

ÉPOCA	MTN (%)	IA (mg KOH/g aceite)	GA (% ácido oleico)
1	0,00	0,44±0,04	0,22±0,04
	0,30	0,30±0,01	0,15±0,01
2	0,00	0,38±0,01	0,19±0,00
	0,30	0,34±0,01	0,17±0,00
3	0,00	0,19±0,04	0,10±0,02
	0,30	0,11±0,00	0,05±0,01
4	0,00	0,31±0,03	0,15±0,01
	0,30	0,23±0,01	0,11±0,00
5	0,00	0,20±0,03	0,10±0,02
	0,30	0,20±0,03	0,10±0,02
6	0,00	0,38±0,00	0,24±0,00
	0,30	0,47±0,04	0,19±0,02

5.3.2. Índice de peróxidos

En todas las muestras se ha obtenido un valor inferior a 20 mEq. O₂/kg aceite, de acuerdo con el Reglamento de la CE 2016/2095; por tanto, desde la perspectiva de este parámetro, se trata de un “Aceite de Oliva Virgen Extra”. Los resultados oscilan en un rango de 3,72 a 14,95 mEq. O₂/kg aceite, siendo el valor más pequeño para la época 3 sin adición de MTN y la primera época la que mayor IP ha presentado, Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Variación del índice de peróxidos (IP), en mEq. O₂/kg aceite, en función de las distintas épocas de recolección de los frutos, sin adición y con adición de MTN.

ÉPOCA	MTN (%)	IP (mEq O ₂ /kg aceite)
1	0,00	13,96±0,65
	0,30	14,85±0,14
2	0,00	4,80±0,15
	0,30	5,15±0,25
3	0,00	3,72±0,00
	0,30	4,01±0,06
4	0,00	4,90±0,36
	0,30	6,20±1,31
5	0,00	4,21±0,35
	0,30	4,04±0,03
6	0,00	6,33±0,26
	0,30	6,48±0,24

Cabe resaltar, que hay un ligero incremento en índice de peróxidos cuando se ha añadido microtalco natural, exceptuando la muestra 5.

5.3.3. Absorción al ultravioleta

Los valores de las absorbancias en el ultravioleta, K₂₇₀ y K₂₃₂, son altos y oscilan en un rango con valores de entre 0,05 y 0,17, siendo en las épocas 1 y 2 donde presentan valores más elevados, tal y como cabría esperar. Siendo la época 1 la que mayor absorbancia presenta y la época 6 la que menos. Todos los valores están por debajo de los valores indicados en la normativa para los aceites de oliva vírgenes extra, Tabla 5.6.

No hay diferencias significativas entre los aceites sin y con adición de MTN, todos se han obtenido dentro de los parámetros de la normativa y destacando que en todas las muestras el valor de ΔK está comprendido entre 0,01 y 0,02, exceptuando la muestra 6 que es 0,038-0,040, recordando que esta muestra fue recogida de vuelo y suelo; se esperaba que este parámetro iba a estar por encima del límite. Los aceites de oliva vírgenes extra tienen un valor igual o

inferior a 0,01 en ΔK según la normativa comunitaria; por tanto, con respecto a este parámetro se clasificaría como ‘aceite de oliva vírgen’ en todas las épocas, excepto en la 1 cuando no se adicionó MTN y en la 2 que se corresponderían con la categoría de ‘vírgenes extras’.

Tabla 5.6. Variación de la absorción al ultravioleta en los aceites obtenidos con la época de recolección, en muestras producidas sin y con adición de MTN.

Época	MTN (%)	K ₂₇₀	K ₂₃₂	ΔK
1	0	0,15±0,01	1,55±0,39	0,003
	0,3	0,17±0,01	1,55±0,16	0,012
2	0	0,13±0,01	1,60±0,01	0,001
	0,3	0,12±0,01	1,56±0,01	0,001
3	0	0,09±0,01	0,75±0,01	0,012
	0,3	0,09±0,01	0,75±0,01	0,011
4	0	0,12±0,01	1,56±0,01	0,026
	0,3	0,09±0,01	1,76±0,01	0,012
5	0	0,05±0,01	1,35±0,01	0,019
	0,3	0,09±0,01	1,38±0,01	0,019
6	0	0,06±0,01	0,44±0,01	0,040
	0,3	0,07±0,01	0,44±0,01	0,039

5.3.4. Otros parámetros.

Además de los parámetros vistos hasta ahora, se han estudiado la concentración de compuestos fenólicos totales (CFT) y la estabilidad oxidativa (EO) a 120°C, Tabla 5.7.

En todas las muestras, se ha obtenido mayor concentración de CFT cuando se ha añadido microtalco natural, Fig. 5.3., en el proceso de extracción de los aceites de oliva. En general, la estabilidad oxidativa es también mayor cuando está presente el MTN. La CFT es más elevada en la época 1 y cabe esperar que sea también en esta cuando mayor EO presente, Fig. 5.4. En la época 6 es la que menor concentración de CFT presenta, hecho que se podría justificar considerando que se trata de una muestra de vuelo y suelo.

Tabla 5.7. Variación de la concentración de CFT (en mg/kg aceite) y EO (en h de Rancimat a 120 °C) de los aceites obtenidos con la época y la adición de MTN.

Época	MTN (%)	CFT (mg/kg)	EO (h Rancimat)
1	0	208,75±5,92	21,66±0,02
	0,3	236,30±8,89	21,66±0,01
2	0	168,64±6,73	20,64±0,01
	0,3	180,31±4,72	21,20±0,04
3	0	160,47±1,37	18,92±0,01
	0,3	158,04±2,92	19,04±0,01
4	0	122,43±182	15,30±0,01
	0,3	168,07±8,70	15,31±0,01
5	0	130,67±2,19	13,79±0,01
	0,3	139,97±0,55	14,21±0,01
6	0	81,92±0,85	11,66±0,01
	0,3	97,86±1,82	11,93±0,01

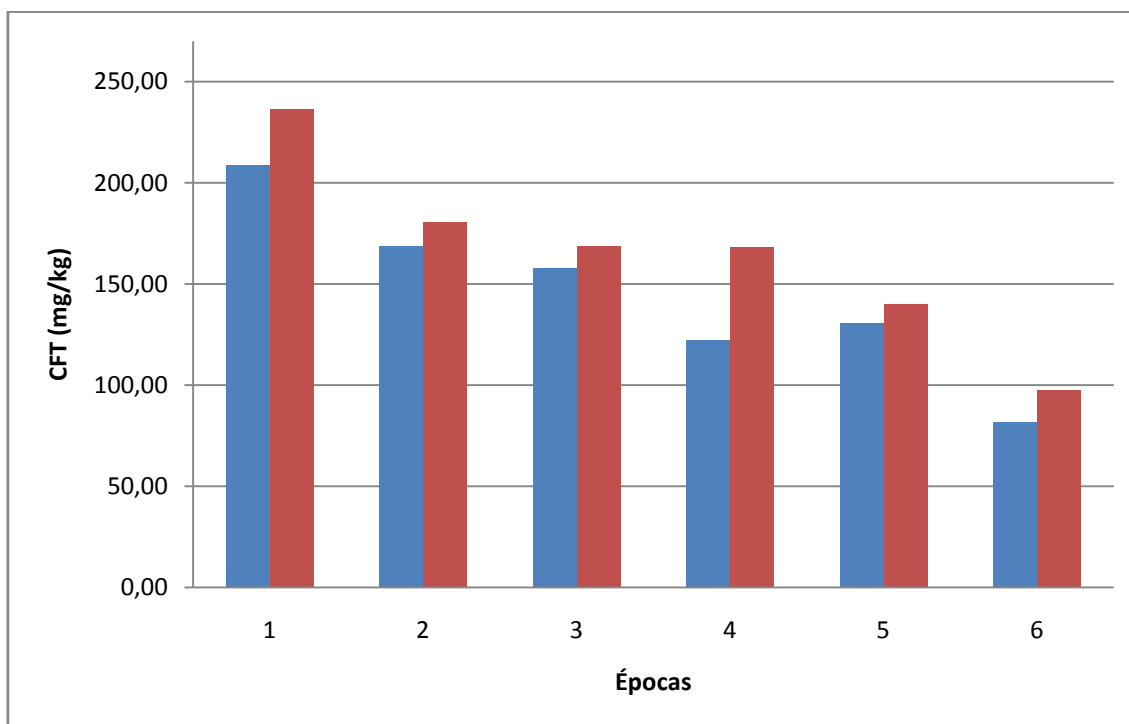


Fig. 5.3. Variación de la concentración de compuestos fenólicos totales (CFT) en procesos sin (■) y con adición (■) de microtalc en las diferentes épocas de extracción de los aceites de oliva.

Los parámetros que influyen en la composición fenólica son la madurez, las condiciones climáticas y el suelo (Kiritsakis *et al.*, 2003). Se observa que existe una relación significativa entre IM y concentración de CFT. La primera muestra es la que tiene mayor concentración de compuestos fenólicos y la muestra de final de campaña la que menos.

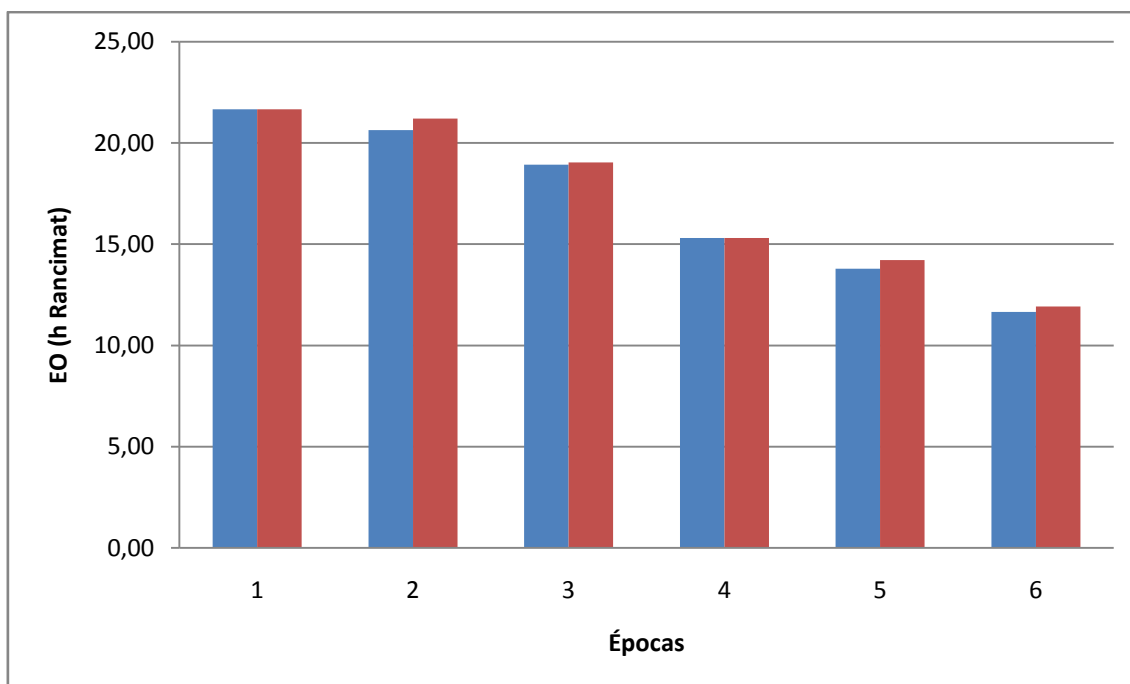


Fig. 5.4. Variación de EO en función de las épocas de extracción de los aceites de oliva en procesos sin (■) y con adición (■) de microtalc en las diferentes épocas de extracción de los aceites de oliva.

Estos resultado están de acuerdo con lo establecido en la bibliografía, en el sentido de que los aceites de oliva contienen compuestos fenólicos que incrementan notablemente la estabilidad oxidativa (Aparicio *et al.*, 1999). Con respecto a la relación de concentración de compuestos fenólicos totales y estabilidad oxidativa, se observa una linealidad con pendiente positiva. Mediante el método de mínimos cuadrados se han ajustado los valores de [CFT] en mg/kg de aceite vs EO expresada en horas de Rancimat (determinada a 120°C), obteniéndose la expresión [5.1.]:

$$[\text{CFT}] = 3,56 \text{ EO} + 102,90 \quad r^2 = 0,951 \quad [5.1]$$

representado r^2 la bondad del ajuste.

6. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos y discutidos en el apartado anterior, se han deducido las siguientes conclusiones:

1. Tanto el estado físico como el índice de madurez influyen en la calidad de los aceites de oliva. Se han obtenido unos valores muy bajos, en un rango de 0,05-0,24 (% ácido oleico). Siendo la época 3 la que menos acidez presenta, observándose valores ligeramente más elevados al principio y final de campaña.
2. Con la adición de microtalco de pequeño tamaño de partícula en la etapa de batido se observa un incremento significativo de la cantidad de materia grasa y la extractabilidad de los aceites obtenidos. De esta forma, en todas las muestras se ha obtenido mayor rendimiento industrial (RI) e índice de extractabilidad cuando se ha utilizado el coadyuvante. Siendo en la 3ª época (23/01/2017) donde se ha obtenido un mayor resultado.
3. El contenido de compuestos fenólicos totales ha ido variando a lo largo de la campaña, obteniéndose mayor concentración a principio de campaña, siendo en la muestra con adición de MTN cuando se ha alcanzado mayor valor (236,3 mg CFT/kg aceite). La estabilidad oxidativa está relacionada con los compuestos fenólicos totales, determinándose en la primera época un tiempo de inducción de 21,66 h de Rancimat a 120 °C. Cabe destacar que hay mayor CFT y EO en muestras con adición de microtalco natural.
4. Según la normativa actual, los aceites obtenidos se pueden clasificar dentro de “Aceites de Oliva Vírgenes Extra” de acuerdo con los resultados de caracterización físico-química. El aceite que presenta mayor calidad se corresponde con los frutos de la época 3, con fecha de recolección 23/01/2017. Es en la muestra que mayor cantidad de materia grasa y extractabilidad se ha obtenido, menor acidez, IP, y que presenta una estabilidad oxidativa alta.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alba J. (1978). Eficacia de la formulación enzimática en la tecnología del aceite de oliva. Composición y valoración organoléptica de los aceites obtenidos. *Grasas y Aceites*, pp. 271-277.
- Ávila J. (2000). El olivo y la aceituna. En: Enciclopedia del Aceite de Oliva. Ávila J., Planeta (1ª Ed.), Barcelona, pp. 47-105.
- Aparicio R., Roda L., Álbi M.A., Gutiérrez F. (1999). *Effect of various compounds on virgin olive oil stability measured by Rancimat*, *J. Agric. Food Chem.*, **47**, pp. 4150-4155.
- Barranco D., Trujillo I., Rallo L. (2005). Elaiografía Hispánica. En: Variedades de Olivo de España, Rallo L., Barranco D., Caballero J.M., Del Rio C., Martín A., Tous J., Trujillo I. (Eds.), Mundi Prensa, Madrid, pp. 45-231.
- Boskou D. (1998). Historia y características del olivo. En: Química y Tecnología del Aceite de Oliva. (Eds.) AMV, Mundi-Prensa, Madrid, pp. 13-24.
- Civantos L. (2008a). Aspectos previos a la elaboración. En: Obtención de aceite de oliva virgen. Editorial Agrícola Española, Madrid, pp. 37-62.
- Civantos L. (2008b). Preparación de la pasta: molienda y batido. En: Obtención de Aceite de Oliva Virgen. Agrícola Española, Madrid, pp. 77-99.
- Civantos L. (2008c). Sistema continuo de extracción en obtención de aceite de oliva. En: Obtención de Aceite de Oliva Virgen. Agrícola Española, Madrid, pp. 119-134.
- Comunidad Europea (CE). Reglamento en Ejecución N° 1348/2013 de la comisión del 16 de diciembre de 2013, que modifica el Reglamento (CEE) N° 2568/91 relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva sobre sus métodos de análisis. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 338, pp. 31-67.
- CE (2016). Reglamento Delegado 2016/2095 de la Comisión de 26 de septiembre de 2016, que modifica el Reglamento (CEE) n° 2568/91 relativo

a las características de los aceites de oliva y los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis. *Diario Oficial de la Unión Europea*, pp. 3-5.

- Di Giovacchino, L. (2003). Aspectos tecnológicos. En: Manual del Aceite de Oliva. Aparicio R., Harwood J. (Eds.), Mundi-Prensa, Madrid, pp.33-63.
- Del Río C., Caballero J.M., García-Fernández M.D. (2005). Rendimiento graso de la aceituna. En: Variedades de Olivo en España. Rallo L., Barranco D., Caballero J.M., Del Río C., Martín A., Tous J., Trujillo I. (Eds.). Mundi Prensa, Madrid, pp. 347-356.
- Gutiérrez R., Janer del Valle C., Gutiérrez F., Vázquez A. Relación entre los polifenoles y la calidad y estabilidad del aceite de oliva virgen. *Grasas y Aceites*, **28**, 101-106 (1977).
- Jiménez A., Hermoso M., Uceda M. (1995). Elaboración del aceite de oliva virgen mediante sistema continuo en 2 fases. Influencia de diferentes variables del proceso en algunos parámetros relacionados con la calidad del aceite. *Grasas y Aceites*, **46**, pp. 299-303.
- Kiritsakis A., Christie W.W. (2003). Análisis de aceites comestibles. En: Manual del Aceite de Oliva. Aparicio R., Harwood J. (Eds.). Mundi Prensa, Madrid, pp. 135-162.
- López-Cortés I., Salazar-Hernández D. (2006). Variedades de olivo y composición de sus aceites en el oeste del Mediterráneo. Phytoma, Valencia.
- Madrid Vicente, A. (1988). Control de la calidad. En: Producción, análisis y control de calidad de aceites y grasas comestibles. Ediciones AMV, Madrid.
- Martínez-Valverde I., Periago M.J., Ros G. (1999). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. Unidad Docente de Bromatología e Inspección de Alimentos. Campus Universitario de Espinardo, Murcia.
- Morales M.T., Tsimidou M. (2003). El papel de los compuestos volátiles y los polifenoles en la calidad sensorial del aceite de oliva. En: Manual del aceite de oliva. (Eds.) Mundi-Prensa, Madrid, pp. 381-441.

- Sánchez S., Landeta J.M., Sabalet J.M., Olivares I., Puentes J.G., Órpez R., La Rubia M^a D., Pacheco R. (2017). Aplicación de microtalco natural de tamaño de partícula pequeño en la elaboración de aceites de oliva vírgenes, XVIII Symposium Internacional Científico-Técnico – Expoliva 2017, Actas del Congreso, Fundación del Olivar, Jaén.
- Sánchez S., Pacheco R, La Rubia M.D., Sánchez A., Pereira M.G., Molina T. (2006). Utilización de microtalcos naturales en los procesos de obtención de aceite de oliva. *Oleo*. **113**, pp. 54-59.
- Uceda M., Frías L. (1975). Épocas de recolección. Evolución del contenido graso, de la composición y la calidad del aceite. II Seminario Oleícola Internacional. Córdoba (1985).
- Vilar Hernández, J. Velasco Gámez, M. (2004). Gestión de la calidad en el proceso de extracción de aceite de oliva . En: Calidad en el Ámbito Agroalimentario, Westfalia Separator Andalucía, pp. 20-75. Úbeda (Jaén).

Direcciones de internet:

- FAO.org. (2017). *Los subproductos del olivar en la alimentación animal en la cuenca del Mediterráneo*. Disponible en web:
<http://www.fao.org/docrep/004/X6545S/X6545S01.htm>
- Histórico de datos mensuales de la estación meteorológica del Campus Universitario de Jaén. Disponible en web:
<http://www.ujaen.es/dep/fisica/estacion/historico1.html>

8. NOMENCLATURA

- CFT, compuestos fenólicos totales, mg/kg aceite.
- EO, estabilidad oxidativa, horas de Rancimat.
- GA, grado de acidez, % ácido oleico.
- HMV, humedad y materia volátil, %.
- IA, índice de acidez, mg KOH/g grasa.
- IE, índice de extractabilidad, %.
- IM, índice de madurez.
- IP, índice de peróxidos, mEq. O₂/kg de aceite.
- K₂₃₂, absorción al ultravioleta a longitud de onda 232 nm.
- K₂₇₀, absorción al ultravioleta a longitud de onda 270 nm.
- MG, materia grasa.
- MTN, microtalco natural.
- P_a, peso de la muestra de aceite, g.
- P_H, peso de la muestra húmeda, g.
- P_p, peso de la pasta, g.
- P_s, peso de la muestra seca, g.
- PM, peso medio, g.
- $\frac{P}{H}$, relación pulpa/hueso.
- $\frac{H}{P_t}$, relación hueso/peso total.
- RI, rendimiento industrial, %.
- R_H, rendimiento graso en base húmeda, %.
- R_S, rendimiento graso en base seca, %.
- ΔK, incremento de absorción al ultravioleta.

9. ANEXO

Características de los aceites de oliva y aceites de orujo de oliva.

Categoría	Acidez (%) (*)	Índice de peróxidos mEq O ₂ /kg (*)	K ₂₃₂ (*)	K ₂₇₀ (*)	Delta-K (*)	Mediana del defecto (Md)(*)	Mediana del frutado (Mf)(*)
Aceite de oliva virgen extra	≤0,8	≤20	≤2,50	≤0,22	≤0,01	Md = 0	Mf > 0
Aceite de oliva virgen	≤2,0	≤20	≤2,60	≤0,25	≤0,01	Md ≤ 3,5	Mf > 0
Aceite de oliva lampante	>2,0	-	-	-	-	Md > 3,5 (¹)	-
Aceite de oliva refinado	≤0,3	≤5	-	≤1,25	≤0,16	-	-
Aceite de oliva compuesto de aceites de oliva refinados y de aceites de oliva vírgenes	≤1,0	≤15	-	≤1,15	≤0,15	-	-
Aceite de orujo de oliva crudo	-	-	-	-	-	-	-
Aceite de orujo de oliva refinado	≤0,3	≤5	-	2,00	≤0,20	-	-
Aceite de orujo de oliva	≤1,0	≤15	-	≤1,70	≤0,18	-	-

Notas:

(¹) La mediana del defecto puede ser inferior o igual a 3,5 cuando la mediana del frutado es igual a 0.

a) Los resultados de los análisis deben expresarse indicando el mismo número de decimales que el previsto para cada característica. La última cifra expresada debe redondearse hacia arriba si la cifra siguiente es superior a 4.

b) Es suficiente con que una sola de las características no se ajuste a los valores indicados para que el aceite cambie de categoría o se declare conforme en cuanto a su pureza, a efectos del Reglamento.

c) Las características indicadas con un asterisco (*), implican: - en el caso del aceite de oliva lampante, pueden no respetarse simultáneamente los dos límites correspondientes: - en el caso de los aceites de oliva vírgenes, el incumplimiento de al menos uno de estos límites supondrá un cambio de categoría aunque seguirán clasificándose en una de las categorías de los aceites de oliva vírgenes.