

CAMBIOS TECNOLÓGICOS EN LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN

Espínola Lozano, F.

Dpto. de Ingeniería Química, Metalúrgica y de los Materiales (Universidad de Jaén)

E. U. Politécnica - Alfonso X El Sabio, 28 - 23700 Linares (Jaén)

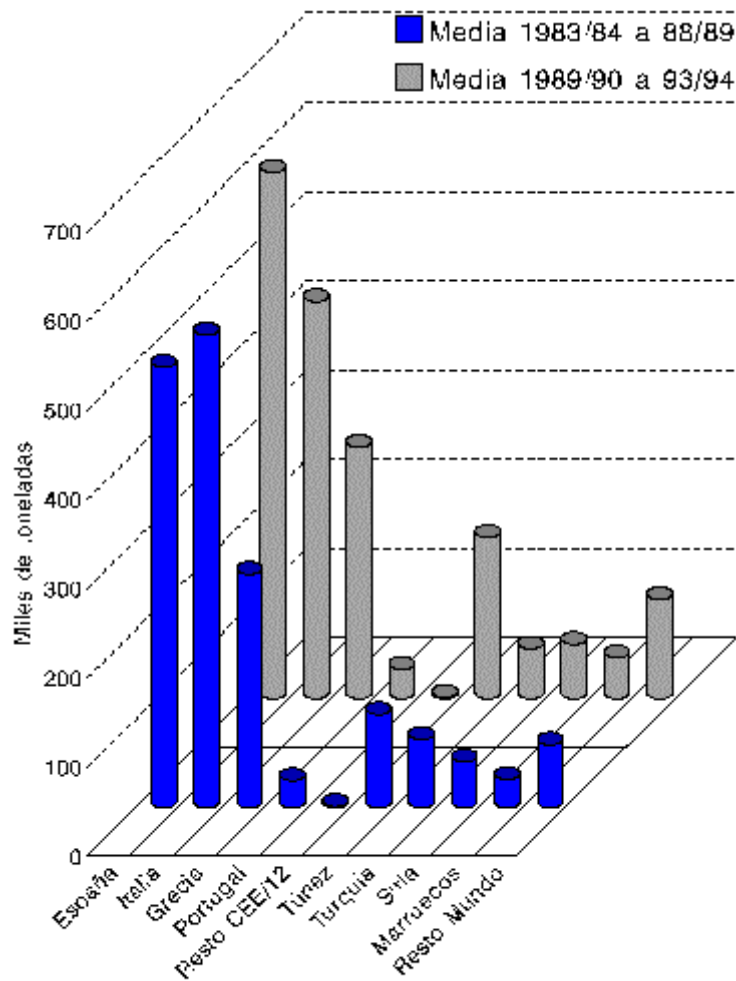
Este artículo fue publicado en *Alimentación, Equipos y Tecnología* Abril, 1996

RESUMEN

El aceite de oliva tiene una importancia económica muy grande en nuestro país, y especialmente en Andalucía donde se encuentran la mitad de las almazaras de España. En este trabajo se recoge una visión global de la tecnología necesaria para la extracción del aceite de oliva virgen, comparando los distintos procesos de extracción, es decir, los antiguos sistemas de presión y centrifugación en tres fases con el sistema actual de centrifugación en dos fases.

1 INTRODUCCIÓN

El principal país productor y exportador de aceite de oliva a nivel mundial es España, con una media de 590.000 toneladas/año (33 % de la producción mundial) según los datos de las últimas cinco campañas recogidos en la Figura 1 y facilitados por el Consejo Oleícola Internacional. Para conocer la importancia económica de este producto, basta decir que incluido subvenciones esta producción media puede suponer 380.000 millones de pesetas en 1995.



Fuente: OOI (Consejo Oleícola Internacional)

Figura 1.- Principales países productores de aceite de oliva.

Dentro del conjunto de aceite y grasas vegetales el consumo de aceite de oliva a nivel mundial representa sólo el 3,3 %, poco significativo, pero responde a un patrón de calidad que lo distingue cada vez más. La producción española se lleva a cabo en un número aproximado de 1.600 almazaras de las cuales la mitad se encuentran en Andalucía (Civantos *et al.*, 1992).

El aceite de oliva virgen tiene dos características esenciales que lo diferencia de los demás aceites vegetales y lo hace más apreciado: procede de un fruto y es comestible (no necesita ser refinado) en el momento de la producción cuando la materia prima es de buena calidad. En efecto, son aceites de oliva vírgenes los "aceites obtenidos a partir del fruto del olivo únicamente por procedimientos físicos, en condiciones, sobre todo térmicas, que no ocasionen la alteración del aceite, y que no hayan sufrido tratamiento alguno distinto del lavado, la decantación, el centrifugado y la filtración, con exclusión de los aceites obtenidos mediante disolventes o por procedimientos de reesterificación y de cualquier mezcla con aceites de otra naturaleza".

Reglamento (CEE) N° 356/92 del Consejo (Diario Oficial del día 15 de febrero de 1992), que modifica el Reglamento N° 136/66/CEE.

La operación de extracción, que puede parecer sencilla, no lo es, ya que para la obtención de un aceite de calidad hay que cuidar muchos detalles. El aceite presente en las aceitunas (en cantidades que oscilan, por múltiples factores, entre el 15 y el 35 %) se aloja en las células del mesocarpio, encerrado en su mayor parte en las vacuolas, y disperso, en menor medida, en el tejido coloidal del citoplasma. Condición indispensable para extraer el aceite por procedimientos mecánicos es "liberarlo" de los tejidos de modo que las minúsculas gotas se reúnan en gotas más grandes hasta formar las llamadas "bolsas", capaces de separarse en una fase líquida continua.

El aceite de oliva virgen conserva inalterables todos los componentes y propiedades de las aceitunas como auténtico zumo del fruto del olivo, destacando su valor nutritivo y su alto poder vitamínico. En la fracción insaponificable se pueden encontrar determinadas cualidades nutritivas. En primer lugar los aportes vitamínicos A y E. En segundo lugar su gran contenido en b-sitosterol que puede interferir competitivamente con la absorción intestinal del colesterol (Grande, 1985)(Mataix, 1987).

Es indudable que el sistema de extracción ejerce cierta influencia en las características cualitativas del aceite, pero no es el factor más importante de la calidad como se ilustra en la Figura 2 (Giovachino, 1991).

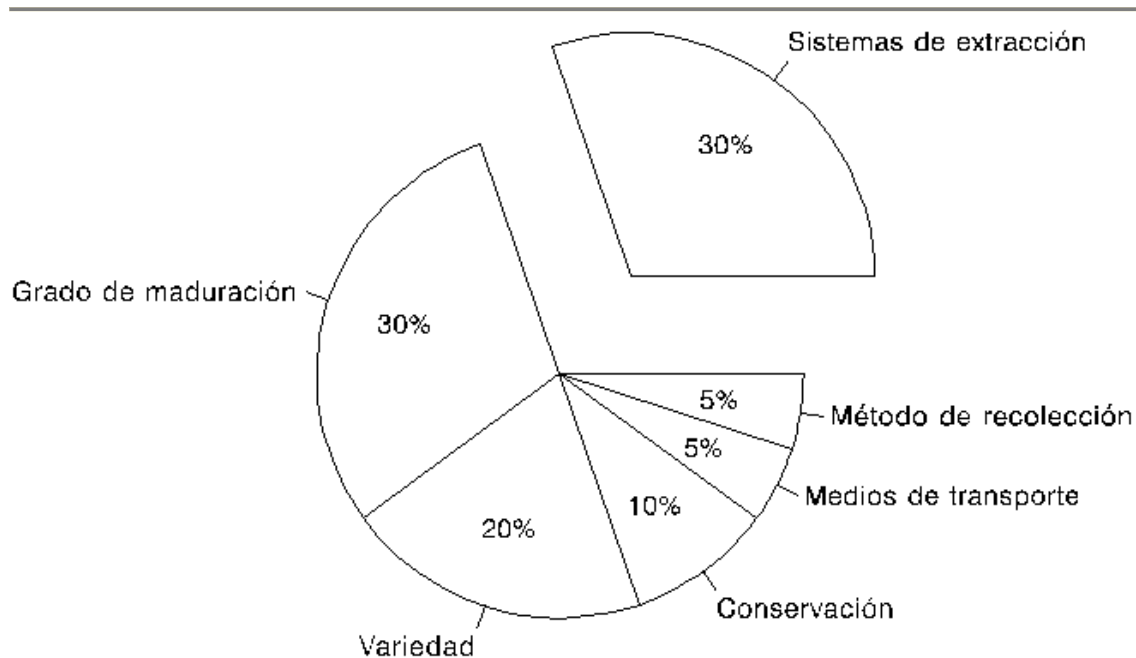


Figura 2.- Factores condicionantes de las características cualitativas de un aceite de oliva

Un buen aceite de oliva se obtiene de la aceituna sana, madura y entera, conforme se reciben debe ser procesada, sin esperar, porque los procesos fermentativos comienzan pronto y deterioran la calidad suministrando al aceite mal olor, sabor o elevando la acidez.

Las primeras operaciones a las que son sometidas las aceitunas antes de la extracción son la eliminación de las hojas y el lavado. Estas operaciones, que realizan por este orden, máquinas automáticas provistas de un sistema de aspiración de las hojas y de una pila con circulación forzada de agua para el lavado de las aceitunas, tienen por finalidad limpiar los frutos de impurezas de origen vegetal, como hojas y ramillas, y mineral, como polvo, tierra, piedras y otros cuerpos sólidos, además de posibles restos de contaminantes agrícolas, como los pesticidas, que pueden representar entre el 5 y 10 % del peso del fruto en el momento de entrar en la almazara. El lavado puede resultar inadecuado en el caso de aceitunas recogidas en avanzado estado de maduración, porque la acción mecánica podría arrancar trozos de pulpa, con la consiguiente pérdida de aceite.

2 MOLIENDA

Esta operación tiene por objeto romper las células de la pulpa y provocar la salida del aceite de las vacuolas para su reunión en gotas más gruesas y permitir su separación. Hasta 1960, la tecnología oleícola había utilizado únicamente el molino de rulos pero hoy día se utiliza los trituradores metálicos o molinos de martillos. Las almazaras que utilizan el sistema de presión, la molienda se sigue haciendo, en general, con el molino de rulos, que consta de una solera (1,60 a 2 m) o zona circular de piedra silíceas, muelas de forma troncocónica del mismo material, alfarje o canal exterior donde se acumula la pasta y rastra o paleta que barre el alfarje conduciendo la pasta a un depósito o sistemas de transporte. La molturación de las aceitunas dura entre 15 y 30 minutos (Arambarri, 1993).

Al molino de rulos se le reconoce el mérito, sobre todo, de triturar las aceitunas sin provocar emulsiones ni calentamientos, eliminar el riesgo de contaminación por metales, preparar la pasta adecuando la molienda a las características del fruto, al fragmentar los huesos al tamaño deseado, romper a fondo las células, favorecer la formación de gotas mayores de aceite, sustituyendo, en parte, la posterior operación de batido. Los únicos elementos negativos del molino de rulos es su coste excesivo, la capacidad de trabajo baja y discontinua, la necesidad de disponer de operarios que dominen perfectamente la operación y un aumento de los procesos de oxidación debido a exponer la pasta al aire una gran superficie durante un tiempo prolongado.

Los trituradores mecánicos giran a 3.000 rpm dentro de una cámara o rejilla perforada que va en sentido contrario a 80 rpm. Tienen a su favor la continuidad de molturación, su alta capacidad horaria de trabajo y su menor coste y volumen. Presentan, sin embargo, los siguientes inconvenientes: Molturación rápida que no asegura una preparación adecuada de la pasta, posibilidades de generar emulsiones que son difíciles de romper, posibilidad de alterar las características organolépticas del aceite (aceites amargos) y

desgaste de las partes metálicas que giran a gran velocidad y por tanto posible contaminación de metales. Si las aceitunas son "difíciles", dan más aceite cuando se muelen con el triturador de martillos.

El rendimiento industrial está relacionado con el grado de molienda que es regulable, en los molinos de martillos, por el diámetro de las perforaciones de la criba o rejilla. Depende del tipo de aceituna, por lo que es difícil dar normas generales, a principios de campaña debe ser más fino, mientras que con aceitunas maduras puede ser más grueso.

3 BATIDO

La operación de batido de la pasta de aceitunas consiste en un removido lento y continuo de la misma que se efectúa en recipientes de acero inoxidable (batidoras) de forma semicilíndrica o semiesférica, provistos de un sistema de calentamiento apropiado. Como muestra los resultados de muchas investigaciones específicas, el aumento de temperatura y de la duración del batido da como resultado el incremento del rendimiento en aceite en la extracción, cualquiera que sea el sistema empleado.

Esta operación tiene por finalidad romper la emulsión aceite/agua y facilitar la reunión de las minúsculas gotas de aceite en gotas de diámetro superior a 30 micras, dimensión mínima que permite la separación del aceite en fase continua. Es interesante señalar que, incluso después de la molturación de las aceitunas mejor realizada, sólo el 40-45 % de las gotillas de aceite disperso en la pasta tienen un diámetro superior a 30 micras, porcentaje que asciende al 80-85 % tras un buen batido. Esta operación es, pues, fundamental para aumentar el rendimiento de extracción como se ilustra en la Figura 3 (Martinez *et al.*, 1957). Las gotas de menor tamaño permanecen en estado de emulsión y son arrastradas en los subproductos, sobre todo en el alpechín.

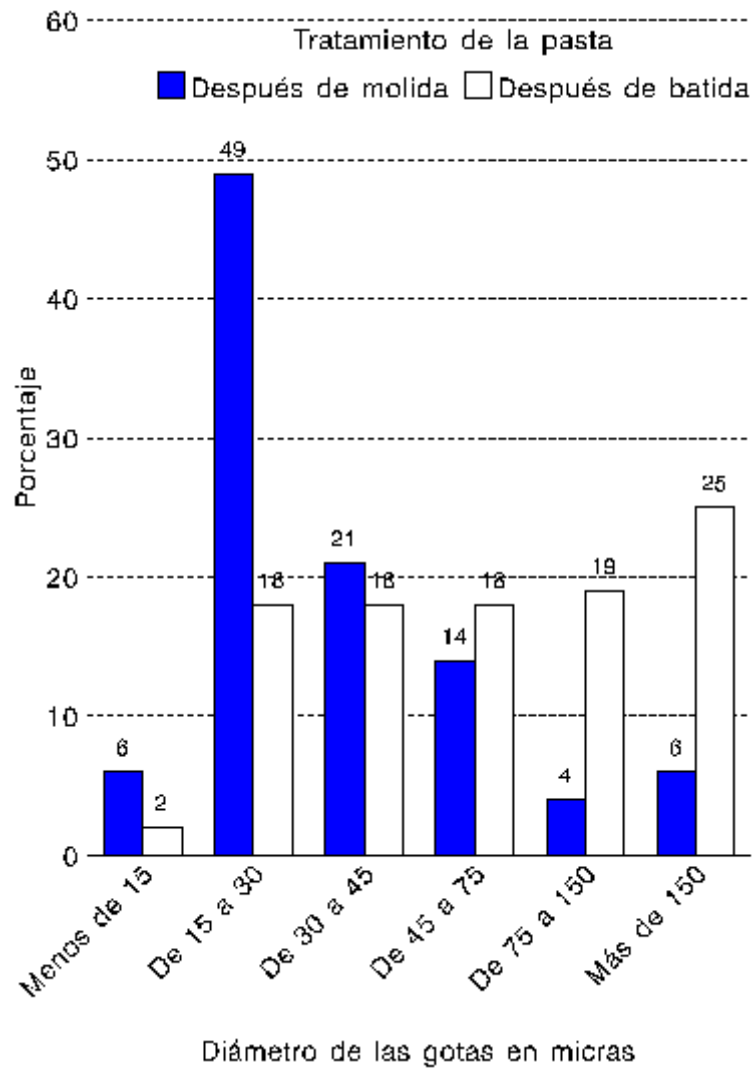


Figura 3.- Variación del porcentaje del diámetro de las gotas según el tratamiento de la pasta.

Por razones expuestas anteriormente, cuando las aceitunas se trituran con rulos el punto óptimo de liberación del aceite se consigue en 10-15 minutos de batido a temperatura ambiente. Cuando las aceitunas se molturan con trituradores de martillos, es necesario alargar el tiempo de batido, que se hace en dos o tres fases, durante más de 60 minutos y recurriendo al calentamiento de la pasta. Se aprovecha de este modo el poder antiemulsionante de la temperatura y se favorece igualmente la actividad de los enzimas contenidos en las aceitunas, los cuales actúan disgregando la membrana polivalente que rodea las gotas de aceite más pequeñas y que les impide unirse entre sí.

Por esta razón, las técnicas modernas prevén la adición, durante el batido, de coadyuvantes inocuos (microtalcó) para facilitar la rotura de la emulsión y de preparados enzimáticos complejos para disgregar la membrana.

El incremento de temperatura (superior a 30-35°C) y de la duración del batido tiene una incidencia negativa sobre el contenido en antioxidantes naturales y vitaminas de los aceites.

3 EXTRACCIÓN

La extracción del aceite de oliva virgen se hace hoy día por dos métodos fundamentalmente: Presión (Sistema tradicional) y centrifugación (Sistema continuo). No obstante, previamente se puede intercalar un dispositivo que extraiga una parte importante del aceite suelto conseguido en el batido: Filtración selectiva (Extracción parcial).

3.1 EXTRACCIÓN PARCIAL

El principio físico que explica la *filtración selectiva* es la diferente *tensión superficial* (la tensión superficial es la fuerza que mantiene unida las moléculas de un líquido) del aceite y del agua de vegetación. Así, la tensión superficial del aceite es menor que la del agua, lo que hace que al poner ambos líquidos en contacto con los poros de una superficie filtrante, el aceite pase por ellos pero no el agua, ya que es mayor la fuerza con la que se unen las moléculas de esta última.

Actualmente existen en el mercado dos dispositivos para realizar esta extracción a escala industrial. El objetivo de ambos no es la obtención de todo el aceite de la masa, sino sólo de una parte del mismo, el resto se extraerá por otros sistemas. Los factores que influyen en la cantidad de aceite extraído mediante este sistema, cualquiera que sea el dispositivo industrial utilizado, se pueden resumir en tres:

- a) Cantidad de aceite suelto presente en la masa.
- b) Duración del proceso, estableciendo un tiempo óptimo de 30 minutos.
- c) Otros factores: características de la máquina, la superficie filtrante, las revoluciones de los extractores, las relaciones aceite/agua y aceite/sólidos de la masa, etc.

El aceite obtenido sale con una humedad del 1% y hay que centrifugarlo rápidamente.

En un mercado caracterizado por productos sustitutivos a menor precio, el aceite de oliva sólo sobrevivirá potenciando sus caracteres diferenciales, ya sean químicos, organolépticos, nutricionales, etc. En el proceso de fabricación deberemos evitar que estas cualidades desaparezcan o se atenúen, de manera que obtengamos un producto de calidad que compense con su mayor precio el mayor coste de materia prima y el menor precio obtenido con aceites de inferior calidad.

En este esquema comercial, la introducción de un dispositivo que separa una parte importante de aceite suelto, a baja temperatura, sin haber sido sometido

a presiones, centrifugaciones, adiciones de agua y con un período de contacto con el resto de las fases de la masa muy corto, aparece como muy interesante para la obtención de un producto que se adecue a aquel por el que el mercado está dispuesto a ofrecer un mayor precio.

El aceite procedente del extractor parcial mantiene mejores características organolépticas, menores niveles de acidez y mayor resistencia al enranciamiento. Además, se pueden señalar las siguientes ventajas operativas de este sistema:

- Bajo costo de instalación y mantenimiento.
- Posibilidad de incluirlo en una línea de extracción preexistente, ya sea tradicional o continua.
- Escasa necesidad de mano de obra suplementaria y bajo consumo de energía.
- Favorece los posteriores tratamientos de la pasta facilitando el agotamiento de los orujos.

La laboriosa extracción con este sistema se ve recompensada con la alta calidad del 60% de aceite obtenido por término medio, que puede ser considerado como un aceite excelente. Por otra parte, al haber sido obtenido simplemente por goteo, conserva íntegras las características de composición y organolépticas naturales que tenía el fruto.

3.2 EXTRACCIÓN POR PRESIÓN

Históricamente la extracción por presión es el procedimiento más antiguo y utilizado para obtener el aceite de oliva. El instrumental que se utiliza son prensas hidráulicas. La pasta preparada se coloca en capas finas sobre discos de material filtrante denominados capachos. Los capachos se disponen unos sobre otros, en una vagoneta y van guiados por una aguja central. Este conjunto de vagoneta, aguja y capachos con su carga de pasta, constituye el cargo, que se somete a cada operación de prensada. Es por tanto un sistema discontinuo con formación de cargo, prensada y descapachado.

La prensa hidráulica está compuesta por una puente baja empotrada en el suelo y una puente alta, unidas por columnas de acero. El pistón, situado en el interior de un cilindro unido a la puente baja y empotrado en el suelo o sobre la puente alta, recibe la presión hidráulica generada en una bomba y la transmite al cargo a través de la vagoneta, que es conducida por las columnas a fin de mantener la verticalidad del mismo.

En la caja de bombas se introduce agua a presión en un cuerpo de pequeño diámetro, que se transmite al émbolo de la bomba según el principio físico de Pascal, con la misma intensidad. Al ser mayor la sección del pistón, la fuerza que se generó en la bomba se multiplica por la relación de secciones de pistón

y bomba, resultando mucho más elevada. Las presiones que se ejercen en la caja de bombas alcanzan de 300 a 400 kg/cm².

Modernamente las cajas de bombas están provistas de manómetros automáticos que conlleva a programar las presiones deseadas. Todo esto permite elegir y conocer las presiones más indicadas en cada caso (en función del tipo, variedad, madurez, etc, de aceituna), comparando el agotamiento conseguido en los orujos con el modo de operación que se ha seleccionado.

En el flujo de aceite que se produce durante el prensado influye positivamente la presencia en la pasta de un grado de humedad y de un alto porcentaje de materias sólidas incompresibles (hueso), condiciones que facilitan el drenaje de las fases líquidas a través de la torta de orujo.

Es usual hacer el llamado "repicado", es decir, cuando se ha alcanzado la presión máxima, se quita la presión, y cuando el cargo se separa de la parte alta, se vuelve a aplicar presión. En el intervalo, se ha producido un esponjamiento de la masa y de los capachos, se han reconstruido algunos canales de salida de líquidos y puede conseguirse extraer una nueva fracción de mosto oleoso.

Este sistema permite obtener aceites excelentes (naturalmente dependiendo de la calidad del fruto), gracias a las bajas temperaturas a lo largo del proceso. Sin embargo, los principales inconvenientes para la aplicación práctica de este sistema son los elevados costes de mano de obra, la discontinuidad del proceso y los gastos inherentes al empleo de materiales filtrantes en condiciones óptimas.

3.3 SISTEMA CONTINUO POR CENTRIFUGACIÓN

tras muchos años de investigación, se encontró solución al problema de la extracción del aceite por efecto de la fuerza centrífuga recurriendo a máquinas que giran a gran velocidad. Las primeras experiencias prácticas de extracción por centrifugación de la pasta se realizaron con el equipo Perogio y, posteriormente, con el sistema Corteggiani, consistente en una centrifugadora con una cuba de gran diámetro, con capacidad para 100 kilos de pasta, que giraba a 900 revoluciones por minuto. Por efecto de la velocidad, y mediante la adición de agua, el aceite se separaba y era evacuado, junto con el agua, por la máquina, mientras que para vaciar el orujo era necesario pararla.

**EXTRACCION DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN POR
CENTRIFUGACION EN TRES FASES**

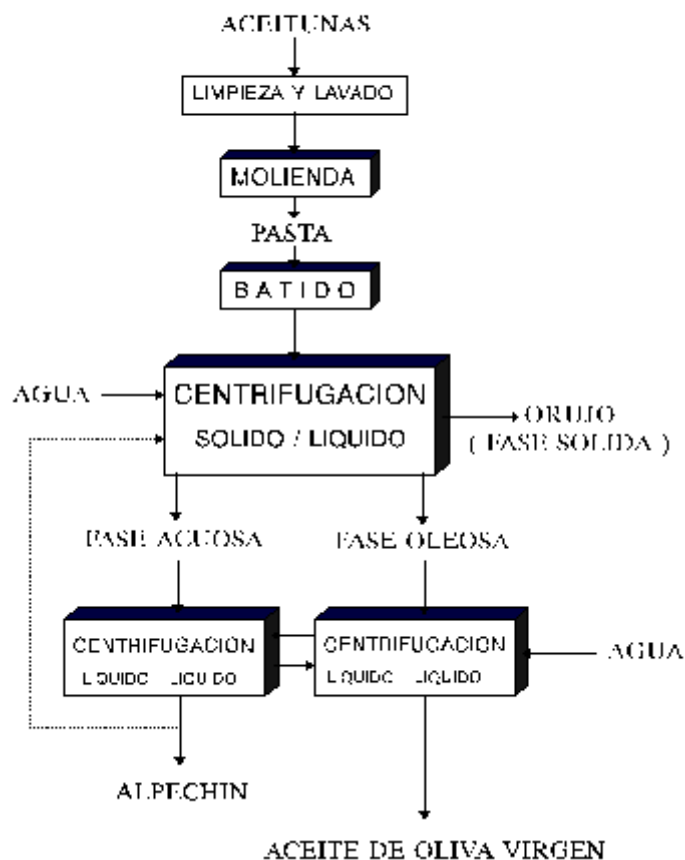


Figura 4.- Sistema continuo por centrifugación en tres fases

Un esquema general del proceso lo podemos ver en la Figura 4. La centrifugadora horizontal (decánter) que permite la separación sólido/líquido consiste en un tambor cilindro-cónico que puede girar de 3.000 a 4.000 revoluciones por minuto y lleva en su interior un cuerpo hueco, de forma similar, con resalto helicoidal. Merced a una pequeña diferencia entre la velocidad de rotación del tambor y del tornillo sin fin (más rápido), el orujo sale por un extremo de la centrifugadora y el aceite y el agua por el opuesto. Los mostos oleosos obtenidos (aceite con poca agua y agua con poco aceite) son separados definitivamente en las centrifugadoras verticales de descarga automática.

La separación de la fase sólida de las líquidas por centrifugación se realiza mediante la adición de agua (más o menos caliente) a la pasta de aceituna. Dada la posible incidencia del volumen de agua añadida en el rendimiento en aceite, es necesario ajustar la proporción pasta/agua al tipo de aparato pero, sobre todo, a las características reológicas de las aceitunas. El exceso o la falta de agua entraña un descenso del rendimiento de extracción. La proporción óptima se determina empíricamente observando las características del aceite y

del agua a la salida del decánter. A título orientativo diremos que varía de 1:0,6 a 1:1.

Se han introducido ciertas mejoras encaminadas a reducir el consumo de agua, así las pruebas experimentales de reciclaje del alpechín en el decánter han demostrado la viabilidad de esta técnica y sus efectos positivos en el rendimiento de extracción y en el contenido fenólico del aceite mientras la viscosidad del alpechín no sea tan alta que dificulte la circulación del agua.

Entre las ventajas del sistema continuo de extracción por centrifugación, cabe citar:

- Limitado volumen de las máquinas.
- Ciclo semicontinuo, con operaciones automatizadas.
- Reducidas necesidades de mano de obra.
- La acidez del aceite es generalmente inferior.
- Los rendimientos en aceite se compararan en general a los obtenidos en las instalaciones tradicionales.
- El sistema continuo garantiza la perfecta higiene del proceso.

Sin embargo, también presenta aspectos negativos:

- Considerables costes de inversión.
- Dudas sobre la estabilidad de los aceites y sus características organolépticas.

3.4 NUEVO SISTEMA DE EXTRACCIÓN POR CENTRIFUGACIÓN.

En la campaña de molturación de aceitunas 1991/92, se instalaron en algunas almazaras prototipos de centrífugas horizontales o decánter de dos fases. En la campaña 92/93 se instalaron más sistemas continuos de dos fases, o bien se han transformado las centrífugas horizontales de 3 a 2 fases. Actualmente la Administración recomienda y subvenciona su uso, llagándose en la campaña 93/94 a contabilizar el 20% del total de aceituna molturada en las almazaras de Andalucía con este sistema.

La adición de agua caliente del grifo a las pastas, como requiere el sistema de extracción por centrifugación de tres fases, da como resultado la eliminación de determinadas sustancias contenidas en los alpechines, entre las que se encuentran especialmente los antioxidantes naturales presentes en los aceites. El reciclado de los alpechines, en sustitución del agua del grifo, elimina este inconveniente y, además, reduce el consumo de agua y el volumen de aguas residuales que hay que evacuar.

Los resultados obtenidos gracias al reciclado han impulsado la introducción del decánter de dos fases. Por lo demás, esta técnica era ya utilizada desde hace tiempo para el secado de los lodos. Mediante este sistema de extracción ya no es necesario añadir agua del grifo o se ha reducido a cantidades mínimas en el caso de aceitunas con bajo contenido de humedad, con la ventaja suplementaria de eliminar la evacuación de alpechines, aunque se obtienen orujos todavía más húmedos. El decánter de dos fases trabaja mejor con aceituna de principio de campaña o recién recolectada, lo cual está relacionado con la humedad de la aceituna que es mayor al principio de temporada y para frutos poco tiempo atrojados. los autores sugieren la conveniencia, cuando la humedad de la aceituna descienda de adicionar agua a la pasta, bien en la batidora, bien inyectándola directamente en el decánter que no tiene que ser superior al 10-15% del peso del fruto.

**EXTRACCION DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN POR
CENTRIFUGACION EN DOS FASES**

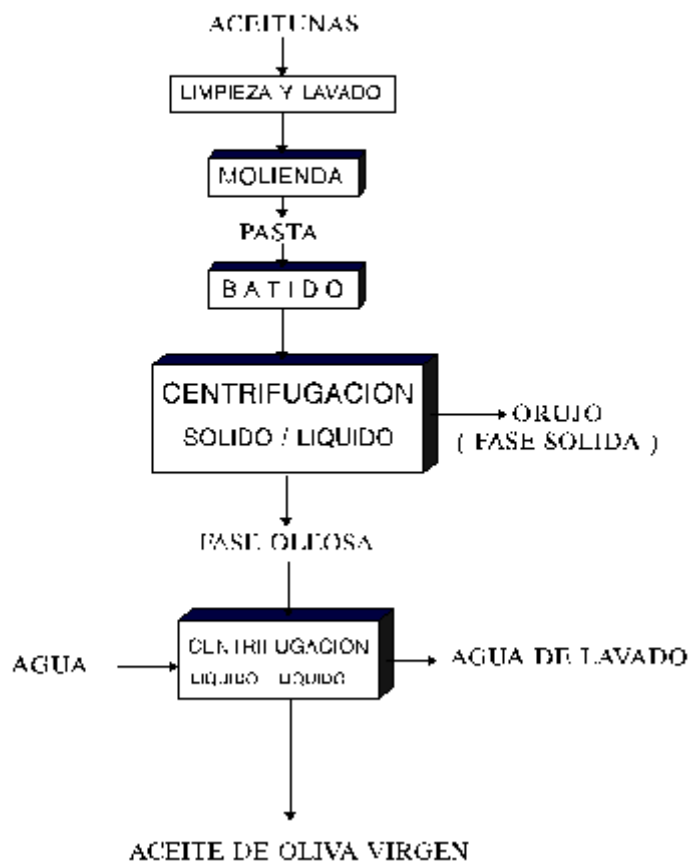


Figura 5.- Sistema continuo de centrifugación en dos fases

Un esquema del proceso completo se puede ver en la Figura 5, el cual nos permite la comparación con el sistema de tres fases.

Respecto al caudal de masa inyectada en el decánter, ocurre igual que en el de 3 fases: cuando se aumenta el ritmo de inyección, el rendimiento industrial tiende a bajar (Espínola y Moya, 1995). Sin embargo, mientras en el de tres fases el mayor incremento de pérdidas se produce en el alpechín, en el de dos fases, lógicamente, se produce en el orujo. No se aprecia ninguna diferencia respecto al proceso de limpieza del aceite entre dos y tres fases. El agua procedente del lavado de los aceites tiene un nivel de grasa tan bajo que no merece la pena volver a centrifugar, eliminándose una centrifuga vertical (centrifugación cruzada). En otros aspectos del proceso de fabricación (molienda y batido) tampoco se aprecia diferencias notables (Giovacchino, 1994).

BIBLIOGRAFÍA

ARAMBARRI, DE A., *Primer estudio sobre soleras y rulos, en el proceso de la molienda de la aceituna*, Agricultura **730**, 386 (1993).

BERNARDINI, E., *Tecnología de aceites y grasas*, Editorial Alhambra, Madrid (1981).

CIVANTOS, L., CONTRERAS, R., GRANA, R., *Obtención del aceite de oliva virgen*, Editorial Agrícola Española, Madrid (1992).

FAO-INIA, *Manual de Elayotecnia*, Editorial Agrícola Española, Madrid (1975).

GIOVACHINO, DI L., *Extracción del aceite de las aceitunas por presión, centrifugación y percolación: efecto de las técnicas sobre los rendimientos en aceite*, Olivae **36**, Abril (1991).

GIOVACHINO, DI L., *Resultados obtenidos de la extracción del aceite de las aceitunas con un nuevo decanter de dos fases*, Olivae **50**, Febrero (1994).

GRANDE COVIAN, F., *El aceite de oliva en la prevención de las enfermedades cardiovasculares*, ponencia II Simposio Científico-Técnico, EXPOLIVA, Jaén (1985).

ESPINOLA L., F. y MOYA L., A. J., *Simulación del decantador centrífugo en la extracción del aceite de oliva virgen*, VII Simposio Andaluz del Alimento, Jaén (1995).

MARTINEZ MORENO, J. M., GOMEZ HERRERA, G., JANER DEL VALLE, C., *Estudios físico-químicos sobre las pastas de aceitunas molidas: IV Las gotas de aceite*, Grasas y Aceites **8**, 112 (1957).

MATAIX, J., *Valor nutricional y terapéutico del aceite de oliva*, ponencia III Simposio Científico-Técnico de EXPOLIVA, Jaén (1987).