

TDC
OLIVE

"Setting up a network of Technology Dissemination Centres to optimise SMEs in the olive and olive oil sector".



TDC
OLIVE



**Tecnología de la elaboración
de aceite de oliva y aceitunas de mesa**



Índice

1.- ACEITE DE OLIVA	4
1.2.- PROCESOS DE EXTRACCIÓN	5
1.2.1.- Proceso tradicional	5
1.2.2.- Proceso de tres fases	7
1.2.3.- Proceso de dos fases	10
1.3.- ALMACENAMIENTO DEL ACEITE DE OLIVA.....	12
2.- ACEITUNAS DE MESA	13
2.1.- PREPARACIONES COMERCIALES	13
2.2.- ELABORACIÓN DE LAS PRINCIPALES ELABORACIONES COMERCIALES.....	14
2.2.1.- Aceitunas verdes aderezadas en salmuera.....	16
2.2.2.- Aceitunas negras naturales en salmuera	19
2.2.3.- Aceitunas negras (por oxidación) en salmuera	21
3.- REFERENCIAS	24
4.- LINKS	25

Este fascículo se ha escrito para ayudar a los consumidores de países no productores de aceite de oliva y aceitunas de mesa de todo el mundo a conocer la composición de estos productos con especial énfasis en las características nutricionales.

La Enciclopedia del Olivo es una colección de 12 publicaciones y forma parte del proyecto TDC-OLIVE, cuyo objetivo es recolectar información relacionada con el sector de la aceituna y del aceite de oliva y hacerla accesible para el público interesado.

Esta publicación se ha llevado a cabo con ayuda de la Comisión Europea, dentro de la Prioridad 5 del Programa de Calidad y Seguridad Alimentaria. Es un Proyecto de Acción Específica, (contrato número FOOD-CT-2004-505524) llamado "Creación de una Red de Centros de Difusión Tecnológica para optimizar la Pyme del sector de la aceituna y del aceite de oliva".

Este fascículo ha sido diseñado y escrito por Antonio Garrido Fernández, Pedro García García, Antonio López López y Francisco Noé Arroyo López del Instituto de la Grasa, CSIC para su inclusión en la Enciclopedia del Olivo del TDC-OLIVE.

El estado de la ciencia está en continuo cambio y desarrollo a través de la investigación y la experiencia. Los autores, traductores y el editor han compuesto este trabajo con la máxima rigurosidad, pero no se asumen responsabilidades por la exactitud de la información. Todos los derechos reservados. No está permitido sin autorización del autor y/o el editor duplicar o copiar este fascículo o partes del mismo, así como usarlo comercialmente. Las marcas protegidas o registradas no se señalan especialmente. Las fuentes literales utilizadas en este fascículo están señaladas y no se han utilizado otras más que éstas.



Características nutricionales del aceite de oliva y las aceitunas de mesa

PREFACIO

TDC-OLIVE project is an initiative included in the Sixth Framework Programme of the European Union, aimed to table El proyecto TDC-OLIVE es una iniciativa del Sexto Programa Marco de la Unión Europea, dirigido a la pyme del sector de la aceituna de mesa y del aceite de oliva. Su objetivo principal es la creación de una red física y virtual de Centros de Difusión Tecnológica (TDC) como medida de ayuda y soporte a las empresas de este sector. Además, pretende ser un puente entre éstas y los centros de Investigación y Desarrollo. Se pretende:

- ✓ Conseguir una pyme moderna, con personal cualificado, que emplea las nuevas tecnologías para acceder a la información y, en general, mejorar los sistemas de innovación tecnológica.
- ✓ Conseguir una pyme encaminada a la optimización de la calidad del producto y al tratamiento, reciclado y reutilización de todos los residuos generados en esta actividad.

Como los productores de aceitunas de mesa y de aceite de oliva del Mediterráneo (en particular las pequeñas y medianas empresas) necesitan modernizarse y aumentar así su competitividad, los TDC tienen como fin acelerar los procesos de innovación tecnológica en la pyme, estableciendo un programa de aprendizaje y ofreciendo alertas informativas totalmente actualizadas. De forma simultánea, los TDC llevarán a cabo una serie de acciones y actividades de promoción, intentando modificar la actitud del consumidor centro y norteeuropeo, con el fin de estimular el consumo de aceituna de mesa y de aceite de oliva en estos países.



PARTNERS



Istituto Sperimentale per la Elaiotecnica



National Agricultural Research Foundation, Institute of Technology of Agricultural Products



Technologie - Transfer - Zentrum



Bundesforschungsanstalt Für Ernährung und Lebensmittel - BFEL



Unilever



Asociación Agraria de Jóvenes Agricultores



Sabina-Agricola

Agricultural Association Agio Apostolon Vion



Alcubilla 2000 S.L.



Improtechnology Limited



Biozoon GmbH

1. - ACEITE DE OLIVA

Es el zumo oleoso obtenido únicamente de la fruta del olivo (*Olea europaea* L.), con la exclusión de los obtenidos con disolventes, por procedimientos de re-esterificación y de cualquier mezcla con aceites de otra naturaleza (IOOC 1991). Se comercializa según diversas designaciones y definiciones.

Entre todos ellos, el más importante es el aceite de Oliva Virgen que es el obtenido de la fruta del olivo exclusivamente por medios mecánicos o por otros medios físicos en condiciones, especialmente térmicas, que no haya tenido más tratamiento que el lavado, decantación, centrifugación y filtrado.

El aceite constituye el 15-26% de la aceituna y se encuentra en las vacuolas dentro de las células de las aceitunas. La producción de aceite de oliva consiste en la separación del aceite contenido en el fruto de los componentes sólidos y el agua de vegetación de las aceitunas. La molienda rompe estas células, desprendimiento el aceite que contienen las aceitunas.

La planta dónde se realiza este proceso se llama "Almazara" en España, "Moulin" en Francia y "Olificio" en Italia.

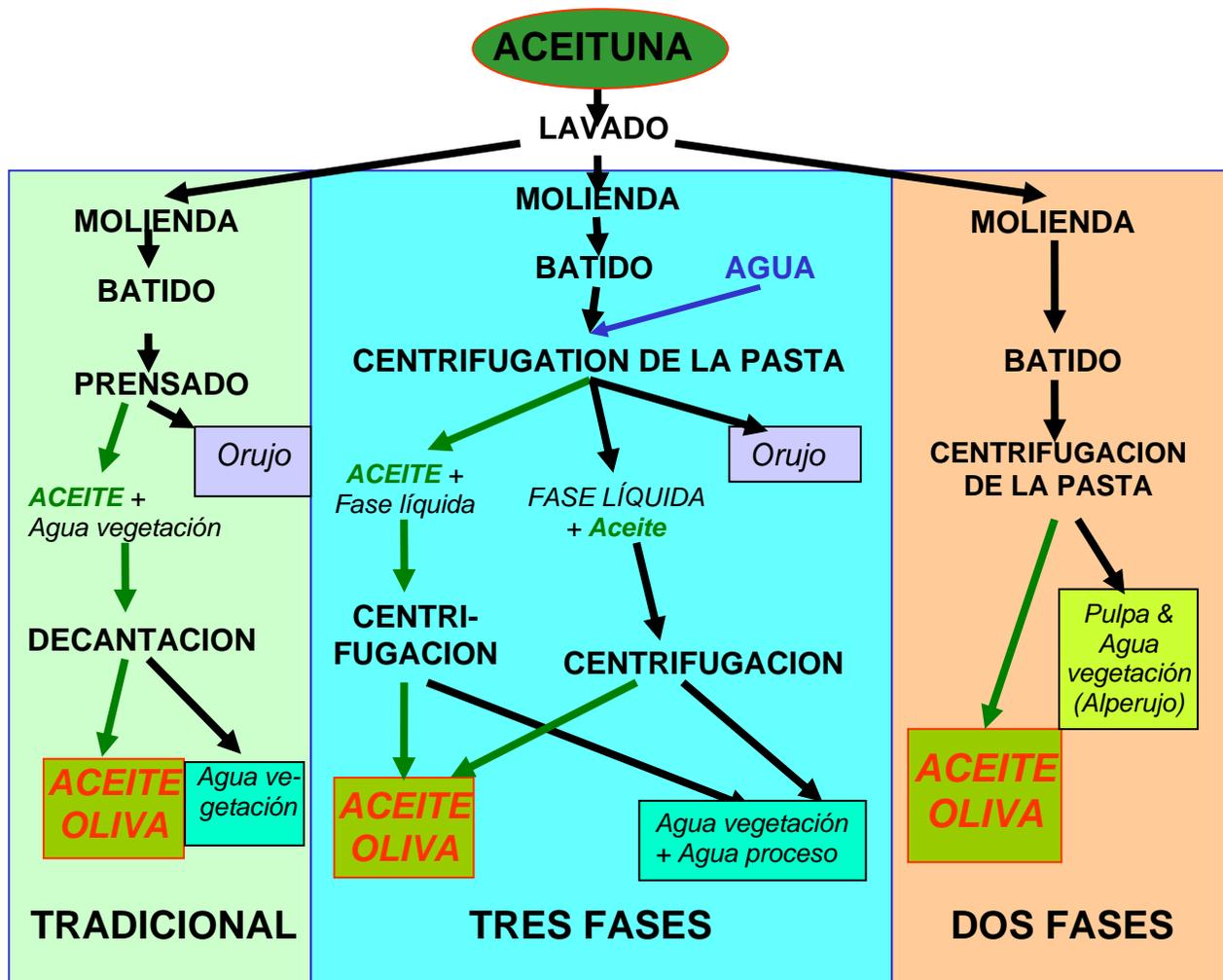


Figura 1.- Diagrama de flujo de las distintas operaciones que se realizan en cada uno de los tres procesos de extracción de aceite de oliva.

1.2. – PROCESOS DE EXTRACCIÓN

Hoy día para la extracción del aceite de oliva se emplean dos procesos, uno de ellos se basa en una separación en una centrífuga horizontal ("decanter") de las tres fases presentes en la aceitunas (aceite, agua de vegetación y sólido), el otro (de dos fases) se separa el aceite del resto de componentes presentes en los frutos (sólido y agua de vegetación). Ello, influye significativamente en la cantidad y composición de los distintos subproductos que se generan. Además, todavía en algunos lugares se emplea el llamado "proceso tradicional" en el que el aceite se extrae mediante prensas. En la Figura 1 se muestra un esquema de las diferentes operaciones que se realizan para la extracción del aceite de oliva para cada uno de los tres de sistemas.

Lavado y Pesado



Figura 2.- Instalación para el lavado y pesado de la aceituna

Al llegar las aceitunas a las plantas procesadoras se les debe quitar el polvo que traen los frutos, así como otras sustancias extrañas que puedan traer (tierra, piedras, ramas y otras materias sólidas). Estas operaciones se realizan con máquinas automáticas que quitan las hojas por medio de ventiladores, a continuación las aceitunas se lavan en un tambor rotatorio en el que circula agua y en el que se separan los materiales más pesados (Figuran 2). Después del lavado, las aceitunas se pesan para saber la cantidad de aceituna limpia que aporta cada agricultor.

1.2.1. - Proceso tradicional

En este proceso la fase líquida (aceite de oliva + agua de vegetación) se separa de la fase sólida de las aceitunas por presión. Seguidamente, se realiza la separación del aceite de oliva contenido en el líquido obtenido en el prensado por decantación.

Molienda

Las aceitunas se trituran en molinos. El objetivo que se pretende en esta operación es romper las células de la pulpa para dejar que el aceite salga de las vacuolas, permitiendo así la formación de gotas más grandes que puedan separarse de las otras fases. Generalmente, en este proceso tradicional las aceitunas se trituran en molinos de piedra.



Figura 3.- Molino de piedras cilíndricas

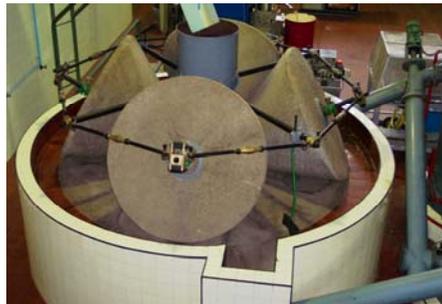


Figura 4.- Molino de piedras troncocónicas

En estos dispositivos los frutos se muelen sin una excesiva tensión mecánica, no formándose emulsiones que dificulten la separación del aceite, además no hay riesgo de contaminación metálica. Generalmente, constan de una base cilíndrica de granito sobre la que se disponen de 2 a 4 piedras cilíndricas (Figura 3) o troncocónicas (en España fundamentalmente) (Figura 4) que giran alrededor de un eje a una velocidad de 12-15 rpm

Batido

Una vez molidas las aceitunas, la pasta obtenida tiene que ser agitada lentamente (batido). Este es un proceso en el que unas palas mueven continuamente la pasta en unos recipientes semicilíndricos o semiesféricos (batidora). Estos equipos disponen de un sistema calentador en sus paredes interiores por el que circula agua caliente; sus paredes interiores son de acero inoxidable para evitar la posible contaminación metálica (Figura 4).



Figura 4.- Batidoras cilíndricas

El objeto de esta etapa es aumentar el tamaño de las gotas de aceite para que puedan separarse más fácilmente; además, se rompen las emulsiones aceite/agua.

Cuando se usan prensas para la extracción del aceite, la duración del batido se limita a 10-20 minutos.

Prensado



Figura 5.- Carro con "capacho"



Figura 6.- Prensas y carros

La extracción por presión es el método más antiguo usado para extraer el aceite de oliva. Se basa en el principio de que cuando se aplastan las aceitunas (prensado) se libera la fase líquida (el agua de vegetación y el aceite), separándose de la fase sólida.

En la prensa, la extracción consiste en la aplicación de presión a una pila de discos filtrantes ("capacho" en España), entre cada dos de ellos se dispone una capa de pasta de aceituna. Todo ello, se coloca sobre un carro que lleva un eje central (Figuras 5, 6 y 7).

La prensa puede aplicar una presión de 120-200 kg/cm² y el proceso de extracción dura unas 1,0-1,5 horas.

La introducción de maquinaria semiautomática para cargar y limpiar las pilas de capachos origina unos costos significativamente menores que cuando se opera de una forma manual.



Figura 7.- Extracción de aceite mediante prensas

Decantación

Al prensar la pasta de aceitunas se obtiene un líquido que contiene aceite de oliva, agua de vegetación y una cantidad pequeña de sólidos que se escapan en la prensa. La primera operación que se debe realizar es el retirar estos sólidos; para ello, se emplea un tamiz vibratorio en el que quedan retenidos (Figura 8) (Martinez et al. 1974).

Si se deja reposar la mezcla líquida que se obtiene en el prensado, el aceite se queda en la superficie debido a que es menos denso (alrededor de 0.91 kg/l) que el agua de vegetación (aproximadamente 1.01). Por ello, desde tiempo inmemorial se ha empleado la decantación para separar el aceite del agua de vegetación.



Figura 8.- Tamiz vibratorio Figura 9.- Conjunto de decantadores

El procedimiento consiste en disponer una serie de depósitos conectados mutuamente. El aceite pasa de depósito en depósito por la parte superior, teniendo lugar la sedimentación del agua (Figura 9). El agua de vegetación circula en el sentido opuesto, por medio de sifones en la parte inferior de los depósitos; con ello, se retiene en la superficie la mayor cantidad posible de aceite.

1.2.2.- Proceso de tres fases

La extracción de aceite de oliva por centrifugación de la pasta de aceituna y la obtención separada de aceite, agua de vegetación y el residuo sólido (orujo) se efectúa según el diagrama de flujo recogido en la Figura 1. Este proceso se realiza en plantas modulares que trabajan en continuo (Figura 10).

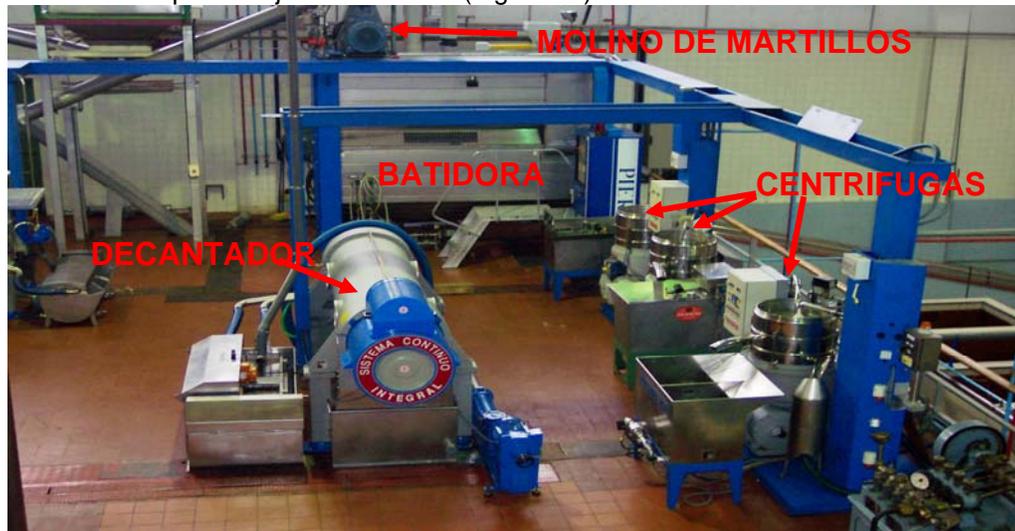


Figura 10.- Planta continua de centrifugación para la extracción de aceite de oliva

A continuación, se comentan como se realizan las diferentes fases de este proceso.

Molienda

Habitualmente, en los sistemas continuos se emplean molinos metálicos (martillo, dientes, discos, cilíndricos o de rodillos) para triturar la aceituna. El más usado es el molino de martillo.

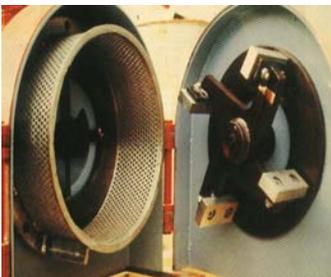


Figura 11.- Interior de un molino de martillos

En estos molinos metálicos es posible fijar el tamaño de los fragmentos que salen del mismo, porque disponen de una rejilla que sólo permite la salida de partículas del tamaño elegido de acuerdo con el posterior sistema de extracción que se aplica (Figura 11).

Este sistema tiene una serie de ventajas ya que al trabajar en continuo, tienen un alto rendimiento y son menos costosos y ocupan mucho menos espacio que los molinos de piedra.

Batido



Figura 12.- Batidora

El uso del molino de martillo para la molienda de aceituna puede dar lugar a la formación de emulsiones entre el aceite y el agua. Por ello, es necesario realizar el batido de la pasta para aumentar el tamaño de las gotas de aceite. Este proceso se realiza a temperaturas ligeramente superiores a la ambiente y su duración, en ningún caso, debe ser menor de una hora.

Las plantas modulares de extracción de aceite constan de dos o tres unidades de mezcla (batidoras) que consisten generalmente en cubas horizontales semicilíndricas que disponen de una cámara exterior por la que circula agua caliente para mantener la pasta a la temperatura prevista (Figura 12). Dentro de la batidora, la pasta de aceituna se mantiene en movimiento por medio de un dispositivo (paletas u otro sistema) que giran alrededor de un eje (Figura 13).



Figura 13.- Interior de una batidora

Un aumento de la temperatura a la que se realiza el batido incrementa el rendimiento de la extracción, especialmente cuando la pasta de aceituna no es manejable. La temperatura de trabajo más eficiente se encuentra sobre 30-35°C. Tratamientos más largos son particularmente efectivos cuando las aceitunas son "difíciles"; sin embargo, el aumento del tiempo de batido implica una disminución del contenido en polifenoles del aceite. (Giovacchio 1996).

Centrifugación de la pasta

En este proceso las fases líquidas se separan de la fase sólida por medio de la aplicación de fuerzas centrífugas que aumentan las diferencias entre las densidades específicas del aceite, agua de vegetación y la materia sólida.

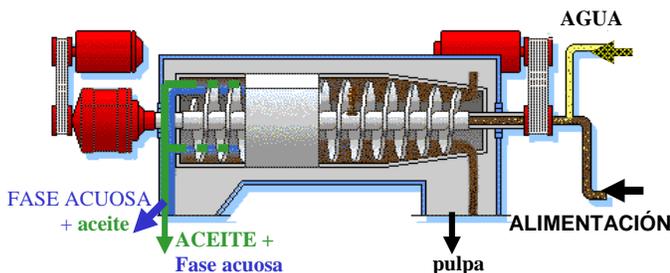


Figura 14.- Diagrama de un decantador de tres fases

Esta operación se realiza en una centrifuga horizontal (decantador) (Figura 14). Esta consiste en un rotor cilíndrico-cónico y un rascador helicoidal de eje hueco, que gira coaxialmente en el interior del mismo. La diferencia de la velocidad entre uno y otro hace que los sólidos se adosen a la pared interior del rotor y sean arrastrados hacia un extremo por el tornillo sinfín. Los líquidos (el aceite y la fase acuosa) forman anillos concéntricos más interiores según su densidad y salen al exterior por diferentes conducciones.

Para obtener una mejor separación de los componentes es necesario agregar agua a la pasta que viene de la batidora.

La cantidad de agua que se adiciona influye en el rendimiento de la extracción. El volumen que debe añadirse depende del tipo de planta y de las características reológicas de las aceitunas: tanto mucha, como poca cantidad de agua reduce el rendimiento de la extracción. La relación óptima pasta/agua puede variar desde 1:0,7 a 1:1,2 y se determina empíricamente observando las características del aceite y el agua que salen del decantador centrífugo.

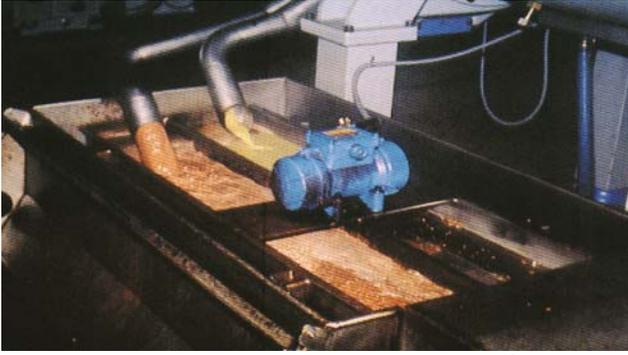


Figura 15.- Tamiz vibratorio en la salida de los líquidos del decantador centrífugo

Del decantador centrífugo salen dos tipos de líquidos: uno de color verde formado por el aceite y algo de fase acuosa (agua de vegetación y la agregada en el proceso) y el otro (en un volumen mayor) de color marrón constituido principalmente por la fase acuosa con algo de aceite. (Figura 15)

Como los líquidos que salen pueden llevar partículas sólidas, se pasan a través de un tamiz vibratorio para separar los pequeños trozos de hueso o pulpa (Figura 15).

Dependiendo básicamente de su tamaño, las máquinas que se encuentran en el mercado pueden procesar entre 0.5 y 4.0 toneladas de aceitunas/hora.

El empleo de los decantadores centrífugos tiene las siguientes ventajas: (i) es una maquinaria compacta y necesita poca superficie; (ii) es un proceso semicontinuo y automatizado (iii) se obtiene un aceite de mejor calidad que en el sistema de prensas y (iiii) con una menor mano de obra.

Las mayores desventajas de este sistema respecto de la extracción con prensas son: (i) es caro; (ii) requiere una mano de obra más especializada; (iii) necesita más consumo de energía y de agua caliente y (iiii) produce un mayor volumen de agua residual que debe disponerse en balsas de evaporación.

Centrifugación de los líquidos

La decantación natural requiere un gran espacio y un número elevado de depósitos. Por ello, a partir de la década de 1970 se aplica la fuerza centrífuga para separar el aceite contenido en las dos fases líquidas que se separan en el decantador centrífugo.

Ambos líquidos se someten a una centrifugación en dos centrifuga de platos (Figura 16). De esta manera, se recupera la fracción de aceite que acompaña a la fase acuosa (la de color marrón) y mediante la adición de una cierta cantidad de agua se retira parte de la humedad y se limpia el aceite de la fase oleosa (Figura 17).



Figura 16.- Centrifugas



Figura 17.- Salida de aceite limpio de una centrifuga

Los factores que se deben tener en cuenta para una óptima separación son:

- (i) homogeneidad del líquido,
- (ii) caudal de alimentación
- (iii) temperatura
- (iiii) volumen de agua agregada y
- (iiiii) tiempo entre descargas.

La centrifugación ha ayudado a aumentar la cantidad de aceite producido en áreas donde el rendimiento era mediocre o pobre.

Comentarios finales al proceso de extracción de tres fases

La calidad del aceite obtenido depende del sistema usado para procesar las aceitunas. En el proceso de tres fases se reduce la cantidad de antioxidantes naturales presentes en el aceite debido al agua agregada para diluir la pasta de aceituna. El agua disuelve una parte de los polifenoles del aceite, disminuyendo el tiempo de estabilidad oxidativa, que se correlaciona con la resistencia a la autooxidación. Sin embargo, el contenido en pigmentos clorofílicos es más alto en el aceite obtenido en las plantas modulares debido a que en la molienda en el molino de martillo se liberan más clorofilas que en el de piedras, disolviéndose en gran cantidad en el aceite.



Figura 18.- Balsa de evaporación de alpechín

El mayor problema del proceso de tres fases es el elevado volumen de agua residual que se genera ("alpechín") (1,2-1,3 litros/kilogramo de aceituna procesada). Ello es debido a la adición de agua que se realiza a la pasta de aceitunas antes de entrar en el decantador horizontal.

Este líquido tiene una alta contaminación (la demanda química del oxígeno es sobre 60-80 g O₂/l) y una elevada concentración de polifenoles que impiden su posible depuración por medios convencionales. Por ello, la única solución ha consistido en depositar este líquido en balsas de evaporación (Figura 18) con el aumento consiguiente en costos, problemas de salud e impacto visual.

1.2.3.- Proceso de dos fases

El elevado volumen de agua residual generada por el proceso de tres fases era un grave problema que tenían las industrias extractoras de aceite al principio de la década de 1990. Por ello, en 1992 algunas empresas fabricantes de maquinaria para las industrias oleícolas lanzaron al mercado nuevos modelos de decantadores centrífugos horizontales. Estos eran capaces de separar la fase aceitosa de la pasta de aceituna sin requerir la adición de agua caliente. Esto implicaba que no se producían vertidos líquidos, ya que el agua de vegetación de las aceitunas permanecía junto con la pulpa, teniendo por tanto el residuo sólido un mayor contenido en humedad.

La extracción del aceite de oliva por el sistema de centrifugación de dos fases se efectúa según el diagrama de flujo de la Figura 1. Este proceso se realiza en plantas modulares que trabajan en continuo y en las mismas se obtiene separadamente, por una parte, el aceite y, por otra, una pasta fluida ("alperujo") que contiene el agua de vegetación y la pulpa.

Las dos primeras fases de este proceso se realizan de forma similar a las comentadas para el sistema de tres fases. La única diferencia se encuentra en la centrifugación de la pasta y la subsiguiente centrifugación del aceite resultante.

Molienda

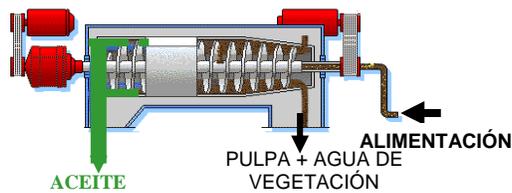
Como en el proceso de tres fases se emplea, generalmente, un molino de martillo para triturar las aceitunas (Figura 11).

Batido

El equipo empleado es parecido al ya comentado (Figuras 12 y 13), operándose de forma similar.

Centrifugación de la pasta

En este proceso la fase aceitosa se separa de la aceituna (pulpa + agua de vegetación) por efecto de la fuerza centrífuga que aumenta las diferencias entre las densidades específicas del aceite y el “alperujo” (materia sólida más el agua de vegetación).



Esta operación se realiza en un decantador centrífugo horizontal similar al empleado en el sistema de tres fases (Figura 19). El valor de “G” aplicado es superior en la centrifuga de dos fases (3000-3600) que en el proceso de tres fases (2000-2600). Este valor “G” depende de la velocidad de rotación y del diámetro interior del rotor.

En este caso no es necesario añadir agua para conseguir una mejor separación del aceite como ocurría en el proceso de dos fases.

Figura 19.- Diagrama de un decantador de 2 fases



Figura 20.- Decantador de dos fases

Como la fase oleosa que sale del decantador puede llevar partículas sólidas, es conveniente disponer a la salida del aceite un tamiz vibratorio para separar los pequeños trozos de pulpa o hueso (Figura 20).

Centrifugación de los líquidos



Figura 20.- Centrifuga

La fase oleosa se somete a una centrifugación en una centrifuga de platos (Figura 20).

En esta operación se añade una cierta cantidad de agua al aceite con objeto de lavarlo y poder retirarle parte de la humedad que traía del decantador.

Este agua es el único vertido que se genera en este proceso de extracción del aceite.

Comentarios finales al proceso de extracción de dos fases

El rendimiento en el proceso de extracción de dos fases es superior que el que se tiene en el de tres fases. Ello se debe fundamentalmente al hecho de que en el nuevo sistema no se añade agua a la pasta y se evita la formación de emulsiones aceite/agua.

Este proceso no produce apenas vertidos, sólo se origina un pequeño volumen del agua añadida en el lavado del aceite en la centrifugación. Con ello, se evitan los problemas medioambientales que se originan por las grandes dimensiones que deben tener las balsas de evaporación en las que se debería verter el agua residual que se produce en los otros dos sistemas de extracción y el consiguiente aumento de los costos que ello origina.

La calidad del aceite producido es superior a la obtenida en el proceso de tres fases. Ello es debido a la mayor concentración de polifenoles y o-difenoles que se tiene con el nuevo sistema. Ello implica que dicho aceite es más estable durante el almacenamiento como lo indican los elevados valores del tiempo de estabilidad oxidativa que se tienen en los aceites obtenidos por este sistema.

1.3. - ALMACENAMIENTO DEL ACEITE DE OLIVA

Los tanques para almacenar el aceite de oliva deberían construirse con materiales totalmente impermeables e inatacables. El material usado para la construcción debe presentar la inercia mayor con respecto al aceite, para que este no absorba olores y sabores defectuosos y no se disuelvan sustancias que podrían contaminar o producir fenómenos de oxidación (presencia de metales) en los aceites.

El tanque debe proteger al aceite de la luz y el aire, ya que estos factores aceleran la alteración del producto. Además, debe mantener el aceite a una temperatura casi constante (sobre 15-18°C), evitando cambios bruscos. Temperaturas bajas pueden provocar la congelación del aceite y altas contribuir a su oxidación. Hasta hace unos años los tanques que mejor cumplían estas condiciones eran los depósitos enterrados con un adecuado recubrimiento (generalmente azulejos refractarios).



Figura 21.- Bodega con depósitos de almacenamiento de aceite

Hoy día en España, se emplean depósitos de acero inoxidable de diferentes capacidades (generalmente de 50 toneladas), parecidos a los empleados en la industria de vino (Figura 21).

En el almacén no deber guardarse materiales y productos volátiles que podrían afectar al aroma del aceite.

2. ACEITUNAS DE MESA

"Las aceitunas de mesa son los frutos de variedades determinadas de olivo cultivado (*Olea europaea sativa*) sano, cosechados en el estado de madurez apropiado y de calidad tal, que, sometidos a las preparaciones adecuadas, de un producto comestible y de buena conservación como mercancía comercial. Estas preparaciones pueden, eventualmente, incluir la adición de diversos productos o condimentos de buena calidad alimenticia" (IOOC, 1991).

En general, los diferentes procesos de elaboración tienen como fin el quitar el amargor natural de esta fruta y que se debe a la presencia del glucósido denominado oleuropeína.

2.1. - PREPARACIONES COMERCIALES

Una definición completa de todas ellas pueden encontrarse en la Estándares Comerciales Aplicados a las Aceitunas de Mesa (IOOC, 2004). Generalmente, el nombre completo incluye información sobre:

- (i) *Su coloración*. Hay cuatro: verde, color cambiante, negras naturales y negras (obtenidas de frutos que no estando totalmente maduros son ennegrecidas por oxidación).
- (ii) *El procedimiento usado para eliminar el amargor*. El fin de los diferentes procesos de elaboración es el quitar el amargor natural de la aceituna. El "aderezo" es el proceso en el cual las aceitunas son tratadas con una solución acuosa de hidróxido sódico (lejía); en este caso los frutos pueden llegar a perder todo el amargor. Por el contrario, la oleuropeína puede ser lenta y parcialmente eliminada por su dilución en una solución salina; en este caso el término "curado en salmuera" debe incluirse en la denominación.
- (iii) *El método de conservar el producto*. La forma más usada es el empleo de salmuera (solución de NaCl), entonces la expresión "en salmuera" debe incluirse en la denominación comercial. Hay otros sistemas como "en sal seca", etc.

A continuación se describen las principales preparaciones comerciales:

Aceitunas verdes aderezadas en salmuera. Son frutos recogidos verdes que se tratan con una lejía alcalina y que, posteriormente, se colocan en una salmuera en la que experimentan una fermentación láctica. Si la fermentación es completa, las aceitunas alcanzan unas condiciones físico-químicas apropiadas que aseguran su conservación. Las aceitunas fermentadas parcialmente deben ser conservadas por esterilización, pasteurización, adición de profilácticos, refrigeración o por mantenimiento en una atmósfera inerte (sin salmuera). Esta preparación se conoce generalmente como "aceitunas verdes" (en salmuera).

Aceitunas negras naturales. Los frutos recogidos maduros se colocan directamente en salmuera y, generalmente, tienen un gusto ligeramente amargo. Se conservan bien por las condiciones alcanzadas en la fermentación natural en la salmuera o por esterilización, pasteurización o adición de profilácticos. Se conocen comúnmente como "aceitunas negras naturales" (en salmuera).

Aceituna negras (ripe) en salmuera. Se obtienen de frutos recogidos cuando no están totalmente maduros y que han sido oscurecidos por oxidación con una lejía alcalina. El amargor desaparece completamente. Deben ser envasadas en recipientes herméticos y conservadas por esterilización con calor. Se conocen como "aceitunas negras".

Hay otras preparaciones comerciales como: aceitunas negras en sal seca, aceitunas negras arrugadas, aceitunas negras deshidratadas, etc.

Según las Normas del IOOC (IOOC, 2004) las aceitunas pueden presentarse al consumidor en una de las formas siguientes: entera; deshuesada; rellena, dividida en: mitades, cuartos, rodajas; troceadas, rotas, machacadas o partidas; seccionadas; arrugadas; punzadas; alcaparrado (con alcaparras); para ensalada; etc. Los productos para rellenar las aceitunas pueden ser muy diversos: pimiento, pasta de pimiento, anchoas, almendras, etc.

2.2. - ELABORACION DE LAS PRINCIPALES PREPARACIONES DE ACEITUNAS DE MESA

Los recipientes usados para el procesamiento de todas las preparaciones comerciales de aceitunas, excepto los tanques empleados para ennegrecer las aceitunas negras, son hoy día de forma cilíndrica o esférica realizados en poliéster y fibra de vidrio y suelen tener una capacidad de unas 10 toneladas de frutos y unos 5500 litros de líquido. En la mayoría de las industrias estos tanques o fermentadores se colocan subterráneos (Figura 23); también es posible disponerlos sobre el suelo (aéreos), bien cubiertos dentro de una nave (Figura 24) o colocados al aire libre. En las nuevas instalaciones, los depósitos se colocan en bodegas subterráneas similares a las empleadas en la industria vinícolas (Figura 25).



Figure 23.- Patio de fermentadores enterrados



Figure 24.- Fermentadores aéreos



Figura 25.- Bodega con fermentadores



Figura 26.- Bomba para transportar. aceitunas



Figura 28.- Tuberías para transportar líquidos y aceitunas.

Para el transporte de los frutos y salmueras en las industrias se han desarrollado bombas especiales (Figura 26) y otros dispositivos como tuberías (Figura 27).

En la Figura 28 se resumen las distintas operaciones a la que se someten las aceitunas para elaborar las tres principales preparaciones comerciales.

La principal diferencia entre las tres radica en el grado de madurez de la materia prima. Para el tipo verde, el momento óptimo para recolección es cuando los frutos han alcanzado color verde-paja amarillento. Las aceitunas negras naturales se recogen cuando están completamente maduras (superficialmente negro) y el color morado rojizo se extiende por lo menos a la mitad de la pulpa (entre la piel y el hueso). Las aceitunas negras (ripe) se cosechan a la vez que las aceitunas verdes.



Figura 29.-Recolección Manual



Figura 30.- Vibrador en un tractor



Figura 31.- Pequeño vibrador

Tradicionalmente, la recolección de las aceitunas se ha realizado a mano mediante la técnica del ordeño (Figura 29); sin embargo, el costo de esta operación es elevado, representando casi un 70% del gasto de producción. Por ello, hoy día, en variedades que no son sensibles a los golpes los frutos se recolectan con máquinas grandes, que vibran el olivo (Figura 30) o más pequeñas que vibran las ramas del árbol (Figura 31).

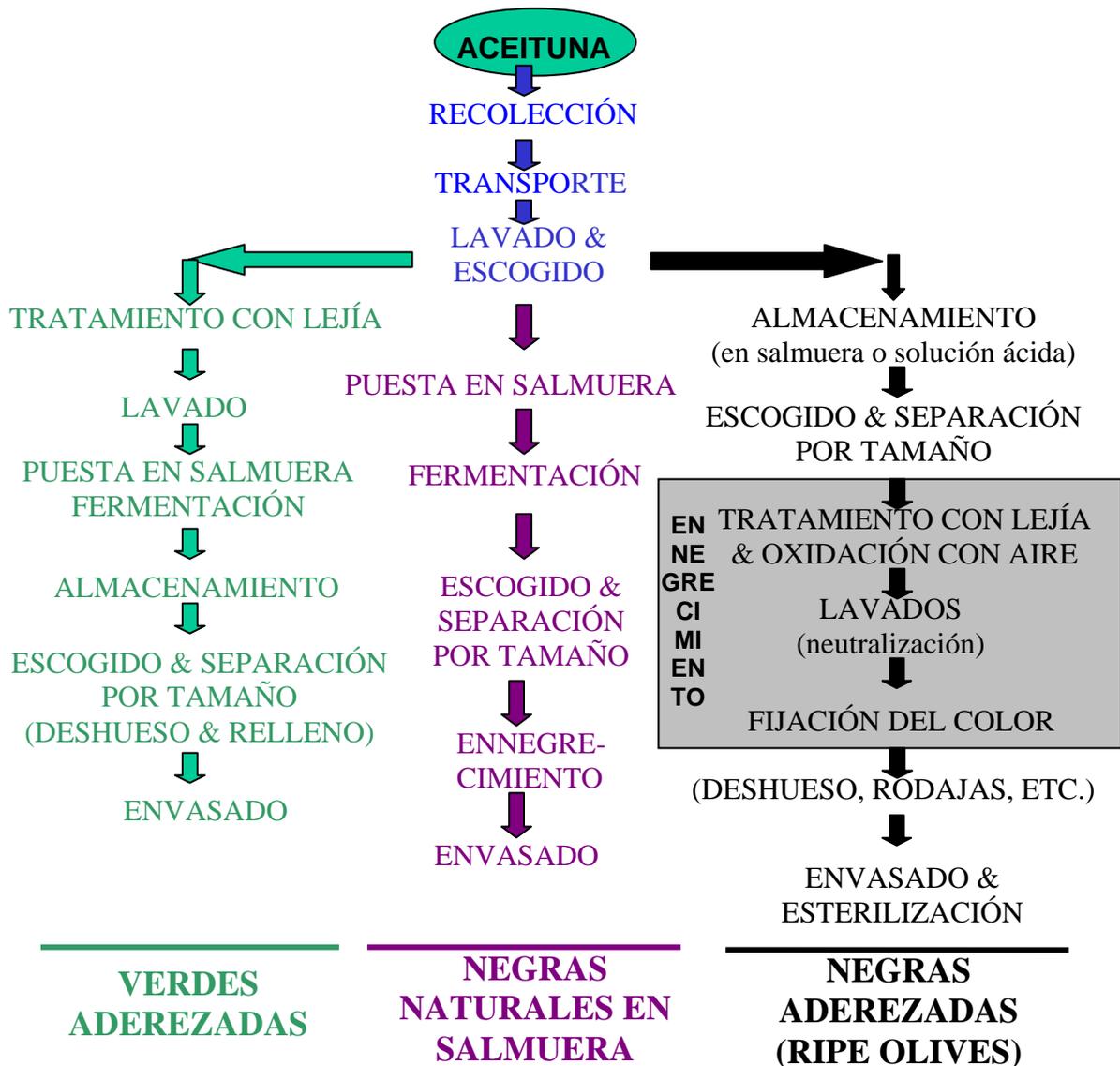


Figura 28.- Diagrama de flujo de las distintas operaciones para elaborar las tres principales preparaciones comerciales de aceitunas de mesa.



Figura 32. - Recipientes para transportar las aceitunas

El transporte, lavado de los frutos y escogido por tamaño son comunes para las tres principales preparaciones comerciales. Las aceitunas se transportan generalmente a la fábrica en recipientes metálicos de unos 500 kg de capacidad con paredes plásticas horadadas que permiten el paso del aire (Figura 32). El transporte en grandes volúmenes, usando camiones de 10 a 20 toneladas afecta seriamente la calidad del fruto.



Figura 33.- Instalación para la recepción, lavado y pesado de las aceitunas

Cuando las aceitunas llegan a industrias, es conveniente lavarlas para separar el polvo, así como las hojas, tierra y ramas pequeñas que suelen venir en los recipientes. Para ello, se emplea la misma maquinaria que en la extracción de aceite (Figura 33). Después, las aceitunas se clasifican según el tamaño. Ello tiene sus ventajas, ya que informa sobre los tamaños disponibles y además, permite unos tratamientos posteriores más homogéneos.

2.2.1.- Aceitunas verdes aderezadas en salmuera

Para elaborar este tipo de preparación, las aceitunas deben recogerse cuando tienen una tonalidad verde o verde - amarillenta. También se conocen como “aceitunas verdes” o de “estilo español o sevillano”

Tratamiento con lejía y lavado

La concentración de la solución de NaOH se fija para que la duración del tratamiento en la mayoría de las variedades sea de 5-7 horas. Sin embargo, en la Gordal y Ascolano se requiere que sea más lento (9-10 horas, empleándose una lejía más diluida). La penetración apropiada debe ser de dos terceras partes a tres cuartos de la distancia entre la piel y el hueso. Generalmente, la concentración de la solución de NaOH varía entre 1.3 y 2.6 % (p/v), aunque, en algunos casos en zonas frías, se puede alcanzar hasta un 3.5 % (Fernández et al. 1985)

El equilibrio entre concentración de la lejía, tiempo en el que los frutos están en la solución y penetración de la solución de NaOH constituye la llamada “energía del tratamiento”. Concentraciones bajas de NaOH (tratamiento largo) producen aceitunas con un color aceptable; concentraciones altas ocasionan pérdidas de substratos fermentables y textura deficiente.

El exceso de álcali presente en la pulpa de las aceitunas debe quitarse. Para ello, los frutos se lavan con agua. El número y duración de los lavados es un factor importante. Un número elevado de lavados reduce la concentración de substratos disponibles y estos tendrían que ser agregados posteriormente para lograr una fermentación adecuada. Los lavados largos pueden facilitar una contaminación bacteriológica indeseable. Lavados cortos conducen a una retención de ácidos orgánicos (alta lejía residual) que no permite alcanzar valores finales bajos de pH que aseguren una buena conservación.

Un enjuague rápido después del tratamiento alcalino, seguido de un primer lavado de 2-3 horas y un segundo de 10-20 horas puede considerarse adecuado. Actualmente, no se realiza el primero que puede ser reemplazado por una neutralización parcial de la lejía residual con HCl de grado alimentario (González et al. 1984). Esto ayuda a reducir la contaminación originada por estas soluciones.

Puesta en salmuera y fermentación

Dependiendo de la variedad y el grado de madurez de los frutos la concentración inicial de sal debe estar entre 10-12 % (p/v). Seguidamente, la sal penetra en la pulpa de la aceituna y disminuye su concentración en la salmuera. La concentración más alta de equilibrio en NaCl debe ser tal que no impida el crecimiento de los lactobacilos (< 6 %) y la más baja que no permita el crecimiento de microorganismo esporulados del tipo clostridium (>4%) durante la primera etapa de fermentación cuando el pH permanece alto (Garrido et al. 1995).

Durante los primeros días se pueden mantener valores de pH superiores a 7,0 unidades, hasta que los microorganismos inicien la acidificación de la salmuera. Para reducir la duración de este período, la salmuera inicial puede acidificarse con HCl de grado alimentario o corregir el pH de la salmuera mediante inyección de CO₂ en los fermentadores durante la primera semana después de la puesta en salmuera.

El proceso fermentativo de las aceitunas verdes en salmuera se realiza de forma espontánea en la mayoría de los casos. La solución acuosa llega a ser un medio bueno para el crecimiento de los microorganismos. El efecto osmótico conduce a la disolución en la salmuera de substratos como carbohidratos (glucosa principalmente, fructosa, manitol y sacarosa) y ácidos orgánicos (málico, cítrico y acético). Asimismo, se disuelve una cierta proporción de compuestos fenólicos (oleuropeína, hidroxytyrosol, tyrosol y otros).

Las características físico-químicas de la salmuera producen una selección natural de los microorganismos cuando progresa la fermentación. El crecimiento espontáneo de los lactobacilos es suficiente para producir una población adecuada de estas bacterias. Sin embargo, el uso de un inóculo (a partir de cultivos comerciales) puede asegurar un predominio más rápido de la flora láctica.

Hay acuerdo general entre los distintos autores de que en esta fermentación hay tres etapas diferentes. La primera se caracteriza por el crecimiento de bacterias Gram-negativas no esporuladas; su población alcanza un máximo sobre el 2º día después de la puesta en salmuera. A partir de este momento, su población disminuye gradualmente hasta desaparecer alrededor de los 12-15 días. Estos microorganismos son responsables del gran volumen de gas que se produce durante los primeros días de fermentación. Las especies más relevantes aisladas son: *Enterobacter cloacae*, *Citrobacter freundii*, *Klebsiella aerogenes*, *Flavobacterium diffusum*, *Aerochromobacter superficialis*, *Escherichia coli* y *Aeromonas* spp (Fernández et al. 1985).

La segunda etapa comienza en el momento en el que se alcanza un pH de 6,0 unidades. Se caracteriza por un crecimiento rápido de lactobacilos y levaduras y una disminución de la población de bacterias Gram-negativas. El crecimiento máximo de bacterias ácido lácticas se alcanza a los 7-10 días de iniciado el proceso y disminuye lentamente hasta desaparecer entre los 60-300 días de fermentación. En España, la especie encontrada ha sido mayoritariamente *Lactobacillus plantarum*. Sin embargo, actualmente también se observa durante esta fase un crecimiento abundante de cocos productores de ácido láctico de los géneros *Pediococcus* y *Leuconostoc*.

La tercera etapa del proceso de fermentación se extiende hasta que se agotan los substratos fermentativos. A lo largo de este período está también presente una flora de levaduras. El crecimiento de estos microorganismos contribuye a mejorar las características organolépticas del producto final; las principales especies encontradas son: *Hansenula anomala*, *Candida krusei* y *Saccharomyces chevalieri*. El crecimiento de levaduras oxidativas se produce en las películas superficiales en contacto con el aire y son indeseables porque consumen el ácido láctico, aumentando consiguientemente los valores de pH.

Durante la fermentación se degradan prácticamente todos los carbohidratos, formándose principalmente ácidos D y L-láctico y en cantidades menores ácidos acético y succínico, así como también etanol. Al final de la fermentación, el valor de pH deber ser menor de 4,0 para asegurar la buena conservación de las aceitunas.

El pH y la acidez libre son los variables más usadas para el control de proceso de fermentación. Los valores de acidez libre se pueden incrementar calentando la salmuera cuando la temperatura ambiente es baja o por la adición de azúcares, si la flora microbiológica es la adecuada, y hay carencia de materia fermentable.

Es necesario controlar la concentración de sal y la acidez combinada de la salmuera para asegurar la conservación de las aceitunas. El ajuste de la proporción de NaCl se logra mediante la adición de sal (sólida o en solución saturada), siendo necesario recircular el líquido para lograr la homogeneidad del mismo en el fermentador. La acidez combinada se modifica reemplazando un volumen predeterminado de salmuera con una solución nueva de NaCl y ácido láctico; para este fin, también se puede usar HCl de grado alimentario.

Almacenamiento de aceitunas fermentadas

Después de la fermentación, las aceitunas se conservan en la misma salmuera hasta su venta. Cuando la temperatura aumenta (primavera y verano), las características químicas de la salmuera deben ajustarse para impedir la aparición de la alteración denominada "zapatería". Esto implica la corrección de la acidez combinada para obtener valores de pH entre 3,7 y 4,0 y aumentar la concentración de sal hasta alcanzar un valor mínimo del 8 % o más alto.

Si no se ajustan las características físico-químicas, pueden desarrollarse microorganismos del género *Propionibacterium* que consumen el ácido láctico (4ª etapa de la fermentación), y lo que da lugar a cambios indeseables (aparición de la "zapatería").

Operaciones antes del envasado



Figura 34.- Desrrabadora



Figura 35.- Máquinas de escogido por el color

Antes de envasar, las aceitunas se someten a diversas operaciones. En primer lugar es necesario quitar el pedúnculo mediante máquinas de rodillos (desrrabadoras) (Figura 34); a continuación, se separan las que no tienen un buen color, por medio de máquinas fotosensibles (Figura 35).



Figura 36.- Clasificadora por tamaño



Figura 37.- Deshuesadora-rellenadora

Seguidamente, se procede a su clasificación por tamaños en una máquina de cables divergentes (Figura 36); esta operación es necesaria para evitar roturas de las aceitunas durante el deshuesado y conseguir un tamaño homogéneo de frutos en los envasados. El tipo más normal de presentación de las aceitunas verdes estilo sevillano es deshuesadas y rellenas con pasta de pimienta. Para ello, se emplean máquinas que realizan simultáneamente estas dos operaciones (Figura 37).

Envasado



Figura 38.- Línea de envasado de latas



Figura 39.- Pasteurizador

Si la fermentación ha sido completa, las aceitunas pueden conservarse durante toda la vida de mercado tan sólo usando una condiciones físico-químicas adecuadas: $\text{pH} < 3.5$ y $\text{NaCl} > 5.0\%$.

Para ello, los frutos se colocan en los recipientes (frascos de vidrio, latas o bolsas de plástico), añadiéndose un líquido de gobierno con las concentraciones de ácido y sal necesarias para que se alcancen los valores prefijados en el equilibrio.

Si la fermentación es sólo parcial o no es posible alcanzar valores de pH inferiores a 3,5 unidades, las aceitunas deben ser pasterizadas. Las condiciones del tratamiento térmico se fijaron por González y Rejano (1984) y deben adaptarse para cada recipiente e industria.

Hoy día, la industria dispone de las instalaciones apropiadas para realizar automáticamente el envasado y pasteurización de las aceitunas (Figuras 38 y 39).

2.2.2. - Aceitunas negras naturales en salmuera

Para preparar este tipo de aceitunas, los frutos deben recogerse completamente maduros pero en ningún caso excesivamente maduros porque las aceitunas cosechadas al final de la campaña, tienen, después del procesamiento, un color óptimo pero su textura es defectuosa.

Puesta en salmuera y fermentación

Tradicionalmente las aceitunas se han puesto en salmuera con una concentración de sal entre el 8 al 10 % (p/v), aunque en zonas más frías se emplean concentraciones inferiores (sobre 6 %). El proceso de fermentación se desarrolla durante un periodo de tiempo largo porque la difusión de los compuestos fermentables se realiza a través de la piel y, cuando las aceitunas no se han tratado con álcali, este proceso es más lento. La eliminación del amargor de las aceitunas se logra únicamente por solubilización de la oleuropeína en la salmuera y el equilibrio se alcanza en 8-12 meses.

Durante los primeros días en salmuera se desarrollan bacterias Gram-negativas, alcanzando su mayor población entre el 3^{er} – 4^o día, desapareciendo a los 7-15 días. Los géneros más frecuentemente encontrados son: *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Achromobacter*, *Aeromonas* y *Scherichia*. Sin embargo, los microorganismos responsables de esta fermentación espontánea son las levaduras. Su crecimiento comienza a los pocos días de la puesta en salmuera y alcanza su máxima población a los 10-25 días y están presente a lo largo de todo el tiempo que las aceitunas permanecen en los fermentadores. Las especies más representativas de esta fermentación son: *Saccharomyces oleaginosus* y *Hansenula anomala* seguido por *Torulopsis candida*, *Debariomyces hansenii*, *Candida didensii* y *Picchia membranaefaciens*. En algunas variedades de frutos (Gordal, Hojiblanca, etc.) y cuando se mantiene una concentración de sal inferior al 6% se observa el crecimiento, durante los primeros días, de cocos Gram-positivos de los géneros *Pediococcus* y *Leuconostoc* que producen ácido láctico; también, durante todo el período de fermentación, si la concentración de sal no es superior al 7,0 % se pueden desarrollar lactobacilos (Garrido et al. 1985).



Figura 40.- Aceitunas "alambradas"

Durante la fermentación de las aceitunas en condiciones anaeróbicas tradicionales se produce una proporción variable de frutos con la alteración denominada "alambrado" también llamada en inglés "gas-pocket" o "fish eye" (Figura 40). Ello se debe a la acumulación de CO_2 en el interior de los fermentadores, que se produce por el efecto de la respiración de las aceitunas y/o la actividad de los microorganismos responsables del proceso fermentativo.

Para evitar la aparición del "alambrado" se puede efectuar la fermentación en condiciones aerobias. El fermentador deber ser modificado introduciéndole una columna central por la que se burbujea aire (Figuras 41 y 42) (García et al. 1985).



Figura 41.- Columna para la aireación Figura 42.- Fermentador con aireación

El aire purga el CO_2 disuelto en la salmuera. El caudal de aire que se debe inyectar depende del diseño de los fermentadores y de la columna. Suele oscilar entre 0,1-0,3 litros por litro de capacidad del fermentador y por hora.

El aire burbujeando mantiene una cierta concentración de oxígeno disuelto en la salmuera que induce el crecimiento de microorganismos de carácter oxidativo y/o facultativo en vez de fermentativo.

Las especies encontradas de bacterias Gram-negativas en el proceso con aireación son todas de la misma familia (*Enterobacteriaceae*) como las que se tienen en el sistema tradicional. Las levaduras están presente durante todo el proceso de fermentación con una población más alta que bajo condiciones anaeróbicas. Las especies identificadas más representativas de metabolismo facultativo son: *Torulopsis candida*, *Debaryomices hansenii*, *Hansenula anomala* y *Candida diddensii* y de metabolismo oxidativo: *Pichia membranaefaciens*, *Hansenula mrakii* y *Candida bodinii*. Si la concentración de sal se mantiene en valores inferiores al 8% pueden crecer bacterias ácido lácticas. Durante los primeros días están presentes casi exclusivamente de los géneros *Leuconostoc* y *Pediococcus*, pero a partir de los 20 días predominan los lactobacilos.

Las principales ventajas de este proceso, comparadas con la fermentación anaeróbica, son: (i) una incidencia muy pequeña de la aparición del "alambrado"; (ii) se elimina el arrugado superficial de los frutos; (iii) se reduce la duración del proceso ya que el burbujeo de aire provoca una recirculación continua de la salmuera, que produce una rápida difusión de los azúcares y los compuestos amargos en el líquido, el periodo de fermentación activa es mucho más corto (2-3 meses) y las características organolépticas de las aceitunas (desaparición del amargor) permiten que sean aptas para el consumo en sólo tres meses; (iiii) se obtienen frutos con mejor color, sabor y textura en el producto final.

La fermentación tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas está influida por el valor inicial del pH y la concentración de NaCl que se tenga. Para impedir el crecimiento de bacterias Gram-negativas, debe agregarse ácido acético a la salmuera para mantener el pH en valores inferiores a 4,2 unidades. Si se tiene el pH más alto, hay un gran desarrollo de la población de Gram-negativos que producen una gran cantidad de CO_2 , que es la causa de la aparición del "alambrado" en las aceitunas (Fernández et al. 1985).

La concentración de NaCl se fija también según el tipo de fermentación que se desee. Si sólo se desea el desarrollo de levaduras, el porcentaje de sal debe mantenerse en valores superiores al 8%. En este caso la producción de ácido es escasa (0,2-0,4%, como ácido láctico), lo que, a su vez, da lugar a valores relativamente altos de pH (4,3-4,5), lo

que implica que la concentración de sal debería ser del 8-10%, con objeto de asegurar una buena conservación. Si se prefiere el crecimiento de bacterias lácticas, la concentración inicial de NaCl debe ser del 3-6 %; en este caso se alcanza un pH inferior (3,9-4,1) y un mayor valor de acidez libre (0,6% o superior) que cuando se tiene elevadas concentraciones de sal. Una vez que concluye la fermentación activa, debe agregarse NaCl para alcanzar una concentración del 6-8% en el equilibrio.

Cuando se burbujea aire, el flujo se controla mediante un rotámetro adaptado a la entrada de aire al fermentador. Sin embargo, generalmente, el flujo se fija en base a la experiencia obtenida por los técnicos. Cuando termina el proceso activo de fermentación, la aireación sólo es necesaria cuando aumenta la concentración de CO₂.

Operaciones antes del envasado

Una vez que los frutos fermentados bajo condiciones anaeróbicas están listo para ser comercializados (sin amargor), se oxidan (oscurecen) por exposición al aire en cajas de no más de 20 kg; esta operación mejora el color de la piel. La duración máxima del tratamiento no debería sobrepasar las 48 horas para evitar arrugas en las aceitunas. Esta operación no es necesaria cuando se han fermentado las aceitunas en condiciones aerobias.

Antes del envasado, las aceitunas son seleccionadas para separar los que no tengan un buen color o hayan sufrido daños y, por último, se clasifican según su tamaño.

Envasado

Hasta hace unos años, estas aceitunas no se envasaban, vendiéndose a granel. Sin embargo, hoy día hay una demanda creciente de este producto envasado en frascos de vidrio y latas. Las dos formas de presentación más empleadas comercialmente son: negras naturales en salmuera (estilo Griego) y estilo Kalamata. En el primero, los valores más frecuentes en el equilibrio para los productos comerciales son: pH sobre 4,0-4,2 y concentración de sal entre 6-8%. Para el estilo Kalamata se tienen valores inferiores de pH, ya que se agrega vinagre de vino y aceite de oliva.

Para asegurar la buena conservación del producto envasado puede emplearse la pasteurización (en condiciones similares a como se realiza en las aceitunas verdes) o la adición de sorbato sódico para alcanzar un nivel del 0,05 % (como ácido sórbico) en el equilibrio.

2.2.3. - Aceitunas negras (por oxidación) en salmuera

El momento óptimo para la recolección de las aceitunas destinadas a elaborarse según esta preparación es cuando tienen una tonalidad amarilla-paja con ligeras diferencias según variedades. Sin embargo, hoy día, se recogen cuando los frutos tienen un color verde, prácticamente a la vez que los destinados a la preparación estilo sevillano o español.

Las aceitunas, una vez recolectadas, pueden ennegrecerse inmediatamente sin conservación previa. Sin embargo, no todos los frutos podrían procesarse, porque las fábricas no tienen la capacidad requerida para ello y porque no es deseable guardar grandes cantidades de producto terminado. Por ello, las aceitunas se conservan en fermentadores hasta su ennegrecimiento.

Conservación

En España, tradicionalmente se ha empleado un método similar al usado durante la elaboración de aceitunas negras naturales. Consistía en colocar las aceitunas en los fermentadores en una solución con el 4-6 % NaCl (p/v). Esta concentración se aumentaba progresivamente hasta el 8-9 % en la que se mantenía durante el resto de la etapa de almacenaje.



Figura 43.- Aceitunas arrugadas



Figura 44.- Aceitunas "alambradas"

Sin embargo, este sistema produce, en muchos casos, daños en los frutos, arrugándose superficialmente (Figura 43) y apareciendo el "alambrado" (Figura 44). Las dos alteraciones se originan por la acumulación del CO₂ producido en la respiración de las aceitunas y en la actividad de las bacterias Gram-negativas y levaduras responsables de la fermentación que tiene lugar durante esta conservación, al igual que pasaba en el caso de las negras naturales.

Para evitar la aparición de estas alteraciones se realizaron modificaciones en este procedimiento de conservación. Así, el crecimiento de las bacterias Gram-negativas puede ser impedido corrigiendo el pH inicial de la salmuera a 3,8-4,0 mediante adición de ácido acético y la acumulación de CO₂ se reduce pasando aire a los fermentadores de forma similar a como se realiza en las aceitunas negras naturales. El uso de una concentración inicial baja de NaCl (alrededor 4-6%) completa el efecto de la adición de aire para evitar el arrugado. Sin embargo, posteriormente, la concentración de sal se debe aumentar hasta el 6-7% para asegurar la conservación cuando aumentan las temperaturas (primavera, verano).

En Estados Unidos se emplea para conservar las aceitunas una solución ácida (de ácidos láctico y/o acético), sin sal, en condiciones anaeróbicas. Este método se desarrolló para aliviar los problemas que crea el vertido de soluciones salinas; además se añadía benzoato sódico para evitar alteraciones microbiológicas y cloruro cálcico para mejorar la textura de las aceitunas.

En España, la conservación ácida se realiza añadiendo inicialmente ácido acético en una concentración entre 1,5-3,0 %; en algunos casos, también se agrega CaCl₂ (0.1-0.3 %, p/v) para impedir la pérdida de textura de las aceitunas y, en muchos casos, se pasa aire para evitar la aparición del arrugado y/o "alambrado".

Instalaciones para el ennegrecimiento



Figura 45.- Depósitos de oxidación de acero Inoxidable



Figure 46.- Depósitos de oxidación de fibra de vidrio

Este proceso se realiza en recipientes cilíndricos horizontales de acero inoxidable (Figura 45) o de poliéster y fibra de vidrio (Figura 46). Generalmente, tienen la misma capacidad de aceituna que los fermentadores (sobre 10 toneladas), pero el volumen de líquido es superior (unos 10000 litros). Por la parte inferior de los recipientes se dispone un dispositivo para introducir aire presurizado con objeto de que el proceso de oxidación sea uniforme.

Tratamientos con lejía y oxidación

El procedimiento industrial para la producción de aceituna negra consiste en tratamientos consecutivos con soluciones diluidas de NaOH (lejía). Durante los intervalos entre ellos, los frutos se mantienen en agua por la que se burbujea aire. En el transcurso de estas operaciones las aceitunas se oscurecen progresivamente debido a la oxidación de los ortodifenoles: hidroxitirosol (3,4 dihidroxifenil etanol) y ácido cafeico.



Figura 47.- Penetración de la lejía en la pulpa de la aceituna

El número de tratamientos con lejía es, generalmente, entre 2 y 5. La penetración en los frutos se controla para que el álcali en el primer tratamiento sólo pase la piel. Los siguientes se realizan de forma que el NaOH penetre cada vez más profundamente en la pulpa. En el último se debe alcanzar el hueso (Figura 47). Es posible realizar un único tratamiento con lejía. La concentración en NaOH de la soluciones alcalinas (entre 1-4 %, p/v) depende de la madurez del fruto, variedad, sistema de conservación, temperatura ambiente y la velocidad deseada de penetración.

Después de cada tratamiento, se agrega agua en la que se mantienen las aceitunas con aireación hasta completar un ciclo de 24 horas. Para reducir el volumen de vertidos es posible reusar la solución empleada en la conservación, diluida con agua.

Lavado (neutralización)

Después del último tratamiento con lejía, las aceitunas se lavan varias veces con agua para retirar el exceso de NaOH y reducir el pH de la pulpa hasta valores alrededor de 8 unidades. Es posible disminuir el número de lavados agregando HCl de grado alimentario o inyectando CO₂ en los recipientes.

Fijación del color

El color superficial negro obtenido no es estable, decolorándose los frutos progresivamente después de la oxidación y durante la vida de mercado del producto envasado. Para impedir este deterioro está autorizado en la elaboración de aceitunas negras el uso de gluconato y lactato ferroso. Generalmente, las sales ferrosas se añaden en unas concentraciones de 100 partes por millón de hierro en el líquido. La difusión del hierro en la pulpa se completa en unas 10 horas; pero, normalmente, esta fase se prolonga unas 24 horas.

Envasado y esterilización



Figura 48.- Autoclaves

Las aceitunas negras (enteras, deshuesadas, en rodajas, en cuarto o en pasta) se envasan en latas barnizadas o frascos de vidrio con un líquido de gobierno que contiene un 2-4 % de NaCl y 10-40 ppm de hierro, añadido como gluconato o lactato ferroso.

Cualquier recipiente que se emplee, una vez cerrado debe ser esterilizado en autoclave (Figura 48). Para asegurar la conservación se debe alcanzar un valor mínimo de letalidad acumulada de 15 F₀. Generalmente, el tratamiento térmico se realiza entre 121 y 126°C.

3.- REFERENCIAS

Fernández, M., Castro, A., Garrido, A., Gozález, F. Nosti, M. Heredia, A., Minués, M.I., Rejano, L., Sánchez, F., García, P., Castro, A. (1985). "*Biotecnología de la Aceituna de Mesa*". Servicio de Publicaciones del CSIC. Madrid-Sevilla.

García, P., Durán, M.C., Garrido, A. (1985) "*Fermentación aeróbica de aceitunas maduras en salmuera*". *Grasas y Aceites* 36, 1, 14-20.

Garrido, A., García, P., Brenes, M. (1995) "*Olive fermentations*" (Cap. 16). *Biotechnology. A multi-volume Comprehensive Treatise*. ED: H.J.Reed & T.W. Nagodawitana. VCH Inc. 593-625.

Giovacchio L., (1996) Olive harvesting and olive oil extraction (Chapter 2) Olive Oil. Chemistry and Technology Ed: Boscou, D., AOCS Press.

González, F., Rejano, L., Durán, M.C., Sánchez, F., Castro, A., García, P., Garrido, A. (1984). "*Elaboración de aceitunas verdes, estilo sevillano, sin lavados. Solución a los problemas de adición de HCL y efecto de los tratamientos con lejías bajas.*" *Grasas y Aceites* 35 , 3, 155-159.

González, F. and Rejano, L., "*La pasteurización de aceitunas estilo sevillano*" *Grasas y Aceites* 35, 4, 235-239.

IOOC (Internacional Olive Oil Council) (2004). "*Trade Standard Applying to Table Olives*". Madrid: IOOC.

Kiritsakis, A.K. (1991). "*Olive oil*". AOCS (Champaign, Illinois. USA)

Martinez, J.M., Gómez, C., Alba, J., Petruccioli, G., Muñoz, E., Cucaracha, A., Gutierrez, R., Carola, C., Fernández, P. (1974) "*Manual de Elaiotecnia*". Editorial Agrícola Española, S.A.

4.- LINKS

ORGANIZACIONES INTERNACIONALES:

International Olive Oil Council (IOOC)

<http://www.internationaloliveoil.org/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

<http://www.fao.org/>

Codex Alimentarius

<http://www.codexalimentarius.net/>

ASOCIACIONES NACIONALES :

Asociación Española de la Industria y el Comercio del Aceite de Oliva

<http://www.asoliva.com>

Asociación Española de Exportadores de Aceitunas de Mesa (ASEMESA)

<http://www.asesesa.es>

Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas (FIAB)

<http://www.fiab.es>

North American Olive Oil Association (NAOOA)

<http://www.afrus.org/public/naooa/>

Associazione Italiana dell'Industria Olearia (ASSITOL)

<http://www.federalimentare.it/docassitol.html>

Australian Olive Oil Association

<http://www.aooa.com.au>

Greek Association of Industries and Processors of Olive Oil (SEVITEL)

<http://www.oliveoil.gr>