

Información tecnológica

Las nuevas tecnologías aplicadas al sector de la aceituna manzanilla fina sevillana

Por Francisco Javier Santos Siles

Ingenieros del Sur, S.L. (INSUR). Avda. Manuel Siurot 3, Bl. 3.º - Bajo. 41013 - Sevilla.

Trabajo presentado en el Segundo Congreso de la Aceituna Manzanilla Fina Sevillana. Pilas- Sevilla, 3 y 4 Abril 1998.

RESUMEN

Las nuevas tecnologías aplicadas al sector de la aceituna manzanilla fina sevillana.

El artículo comenta, partiendo de los sistemas y técnicas desarrolladas en la década de los setenta para la reducción de los costes de producción y mejora de la calidad del producto final hasta llegar a los procesos, máquinas y equipos actuales. La experiencia está dividida en tres partes: cultivo del olivar, proceso de elaboración y aguas residuales.

PALABRAS-CLAVE: Aceituna - Información (artículo) - Manzanilla fina sevillana - Nuevas tecnologías.

SUMMARY

New technologies in table olive processing

The paper comments, beginning with the systems and technologies developed in the 70th to reduce the production cost and improve the final product quality to arrive to the current processes, machinery and equipments. The content is divided in three parts: olive growing, processes and waste waters.

KEY-WORDS: Information (paper) - New technologies - Olive - Sevillian genuine Manzanilla.

1. INTRODUCCIÓN

En primer lugar quiero dar las gracias por haber sido invitado a participar en este Segundo Congreso de la Aceituna Manzanilla Fina Sevillana que se está desarrollando en Pilas.

Al conocer el título de la Conferencia me sentí un poco preocupado por el concepto de «Nuevas Tec-

nologías» ya que a nivel industrial en este sector se siguen utilizando los sistemas y técnicas desarrollados durante los años 70 para la elaboración de aceitunas de mesa, a los cuales progresivamente se han ido incorporando mejoras tecnológicas encaminadas a reducir los costes de producción, mejorar la calidad del producto final y reducir los vertidos, hasta llegar a los procesos, máquinas y equipos actuales.

No obstante, después de 22 años desarrollando Proyectos y realizando instalaciones para las Industrias de Elaboración y Envasado de aceitunas de mesa, me he sentido obligado a hacer un resumen histórico de las Nuevas Tecnologías que han afectado al sector y que desarrollo en esta Conferencia.

La exposición estará dividida en 3 apartados:

- **Olivar:**
Breve mención al cultivo y a las técnicas de recolección mecánica.
- **Procesos de Elaboración:**
Descripción de los procesos industriales con los avances tecnológicos de la maquinaria y equipos empleados.
- **Aguas Residuales:**
Algunas de las técnicas utilizadas en la reducción y eliminación de los efluentes.

Quiero resaltar, que la mayor parte de la tecnología que actualmente se emplea en las industrias del sector ha sido investigada y puesta en práctica por empresas sevillanas, posteriormente implantada en el resto de España, y exportada a otros países mediterráneos y EEUU. De esta forma se desarrolló el uso de grandes envases de poliéster «fermentadores», para el cocido y la fermentación, el transporte de aceitunas por tuberías, líneas de escogido electrónico, líneas de deshueso y relleno, etc., todas ellas puestas en el mercado por empresas sevillanas.

2. OLIVAR

Cultivo

Las nuevas tendencias para hacer competitivo el olivar de verdeo debe estar orientado fundamentalmente al olivar de riego en plantaciones intensivas (8 x 4). Las producciones medias de estas son de 10.000/12.000 Kg/Ha., frente a las 1.500 Kg/Ha que se obtienen en las plantaciones tradicionales de secano.

Todas las operaciones de riego, labores, tratamientos, etc. se deben mecanizar al máximo. Precisamente, las nuevas tecnologías apuntan a la poda mecánica del olivar, mediante cuchillas que dejan al árbol en forma de seto y forma triangular (árbol de Navidad). Pruebas realizadas en EEUU con olivos manzanillos han dado resultados satisfactorios, tanto en el mismo año de la poda como al año siguiente, como se observa en la Tabla I.

Tabla I
Poda mecánica en olivos manzanillos

Poda	1996		1997	
	Producción	Valor monetario	Producción	Valor monetario
Normal	100%	100%	100%	100%
Forma de seto	99%	94%	126%	126%
De copa	77%	80%	84%	85%
Seto/copa	76%	80%	80%	82%

Recolección

Desde hace 25 años se ha intentado incorporar la recolección mecánica a la recogida de aceitunas manzanillas finas, fundamentalmente por el sistema de vibradores mecánicos. Precisamente una de las empresas que colaboró en estas experiencias realizadas por ASEMESA está ubicada en el municipio de Pilas, ACEITUNAS SEVILLANAS, S.A.

Los resultados que se obtuvieron en un principio no fueron aceptables, con índices de molestado del 50%, pero desde el año 1991 esta misma empresa viene realizando parcialmente la recolección mecánica con el transporte en sosa cáustica diluida, con resultados satisfactorios.

Las principales características del sistema empleado se resumen en la Tabla II adjunta:

Tabla II
Recolección mecánica de aceitunas manzanilla fina sevillana

Equipo utilizado:	Vibrador mecánico con paraguas invertido incorporado y recipiente inferior de unos 250 Kg.
Tipo de árbol:	Variación manzanillo fino de 1 pie, con diferentes edades, de 40 a 15 años.
Tratamiento antes de vibrar:	Ninguno.
Producción vibrador:	6.000-8.000 Kg aceituna/7 horas, con producciones medias de 50 Kg/árbol.
Porcentaje recolectado:	50-55% sobre el total del árbol.
Transporte:	Depósitos cisternas de 5 m ³ de capacidad, equivalente a unas 3 Tn de fruto, con tolva y elevador de carga.
Descarga en Fábrica:	Por gravedad a fermentadores enterrados de cocido.
Cocido y fermentación:	Similar a la recolección manual.
Comportamiento del fruto:	Normal.
Incremento molestado (rehú):	8-10% más que en la recolección manual.
Coste de recolección:	10-12 Pts./Kg (3 personas + amortización).

La principal ventaja de esta recolección mecánica con respecto a la recolección manual es la reducción del coste unitario de recogida, que se cifra alrededor de las 18/20.-Pts/Kg de aceitunas, ya que la recolección manual supone las 29/30.-Pts/Kg.

Se han realizado pruebas en EEUU durante las dos últimas campañas con otro sistema de recolección y poda mecánica. El elemento recolector está compuesto por un cilindro vertical de 2 m. de altura con 370 varillas de fibra de vidrio de 1 m. de longitud, dispuestas en sentido radial que rotan a 500 r.p.m.

La eficacia de este sistema depende de la configuración del árbol y de la posición del fruto dentro de él, como observamos en la Tabla III.

Tabla III
Recolección y poda mecánica:
% fruto caído/total árbol

Posición aceituna en árbol	Arbol normal	Parcialmente seto	Seto
Extremo árbol (eje)	66%	74%	78%
1/4 árbol (calle)	77%	88%	89%
3/4 árbol (calle)	71%	91%	88%
Entre árbol (eje)	46%	61%	65%
MEDIA	64%	79%	80%

3. PROCESOS DE ELABORACIÓN

Comentaremos diferentes aspectos tecnológicos (máquinas, instalaciones, procesos) en cada una de las secciones que se ha dividido la misma.

Cocido y fermentación

La tecnología y sistemas de elaboración actuales no han sufrido grandes cambios en los últimos años. Para ambos procesos se utilizan depósitos de gran capacidad, fermentadores de 16 m³ de capacidad, equivalente a 10 Tn de fruto. Las diferentes modificaciones introducidas en el proceso de cocido se han desarrollado para disminuir la producción de vertidos nocivos, tanto de sosa caústica (lejía) como de agua de lavado.

Diferentes experiencias realizadas con éxito han demostrado que la reutilización de lejías, que aportan entre un 30 y un 40% de la sosa caústica original, además de un ahorro económico, supone la reducción de un vertido con difícil tratamiento para su depuración, y que generalmente se elimina mediante balsas de evaporación.

Con las aguas de lavado ocurre algo similar, no son reutilizables, por lo que generalmente se ha reducido a dar un solo lavado, eliminándose igualmente por medio de balsas de evaporación.

Posteriormente, en el apartado de eliminación de vertidos, comentaremos las distintas técnicas y métodos que a nivel de estudios de laboratorio y plantas piloto se están desarrollando actualmente para la depuración de estos líquidos.

En las instalaciones de fermentación creo oportuno un breve comentario sobre las distintas soluciones de instalación de fermentadores enterrados, ya que en la actualidad hay plantas con problemas de fuga y deterioro en los fermentadores.

Lógicamente, dependiendo del tipo de instalación, el fermentador no debe tener las mismas características y composición, siendo su coste diferente. En cualquier caso, deben estar contruidos en su totalidad con resinas isostáticas y fibras de vidrio de primera calidad, así como disponer de barreras, tanto internas como externas, que impidan posibles ataques de productos en contacto con él.

A título informativo, en la Tabla IV reflejamos los costes unitarios para cada una de las modalidades analizadas, en una instalación tipo para 100 fermentadores distribuidos en una superficie regular.

Tabla IV
Costos de instalación de fermentadores

Tipo de Instalación	PRECIOS UNITARIOS			Total 100 uds.
	Fermentador	Instalación	Total unitario	
Fermentadores enterrados en arena.	150.000	130.000	280.000	28.000.000
Fermentadores enterrados en hormigón celular.	155.000	145.000	300.000	30.000.000
Fermentadores instalados en interior nave aislada.	185.000	285.000	470.000	47.000.000
Fermentadores instalados en sótano visitable.	190.000	400.000	590.000	59.000.000

Oxidación

El incremento en la demanda de aceitunas negras por oxidación, denominadas tipo californiana o confite, fundamentalmente para el mercado de exportación, es muy superior al incremento que experimenta el mercado de las aceitunas verdes aderezadas al estilo sevillano o español, cuyo consumo está más estabilizado.

Tradicionalmente, la variedad manzanilla fina no ha sido utilizada como materia prima para la obtención de aceitunas negras oxidadas, sino que se han empleado otras variedades: cacereña, hojiblanca, etc.

Creo que habría que buscar en este tipo de elaboración un destino más para la aceituna manzanilla fina sevillana, toda vez que como ya hemos indicado, la competencia de otros países productores inci-

de en el consumo de nuestra materia prima, y el destino alternativo de ésta para la obtención de aceite no es rentable, al tener un bajo contenido graso en comparación con otras variedades.

La elaboración de aceitunas negras se realiza en depósitos abiertos, contruidos generalmente en hormigón o poliéster, de forma paralelepédica y fondos con fuertes pendientes para facilitar el movimiento de las aceitunas en su aireación. En la actualidad se le suelen realizar dos tratamientos de sosa caústica con concentraciones inferiores a las de las aceitunas verdes, entre el 1 y el 1,5%, con sus respectivos lavados (2 en el primer cocido y hasta 6 en el segundo), y aireación continua. Este proceso de aireación produce gran cantidad de espuma, que aunque se proceda a su eliminación por rebose y posterior arrastre, origina en las instalaciones suciedad y mal aspecto.

Actualmente, el tipo de depósitos y el propio proceso se están modificando con la utilización de depósitos cilíndricos cerrados en acero inoxidable o poliéster, que disponen de una salida de gran diámetro para eliminación de la espuma por tuberías.

Asimismo, se sustituyen parte de los lavados, neutralizando la lejía residual mediante el empleo de dióxido carbónico, CO₂, compuesto más económico, fácilmente manejable, sin problemas contaminantes, etc., que otros ácidos inorgánicos (ácido clorhídrico y ácido sulfúrico) y ácidos orgánicos (ácido láctico y ácido acético) que se han utilizado anteriormente.

El proceso de neutralización con CO₂ es gradual y depende de:

- Relación aceituna/líquido.
- Características del fruto.
- Concentración de sosa empleada.
- Fase o etapa del tratamiento alcalino, más prolongado en el segundo.

El consumo total de CO₂ es de 21,7 Kg., lo que representa un coste de 100 Pts./tn aceitunas.

Por último, la aireación se puede aplicar a intervalos cortos en lugar de en forma continua, reduciendo el consumo de aire en un 80%, con el consiguiente ahorro energético.

Con esta nueva tecnología, se consigue:

- Automatización del proceso.
- Mejor conservación y limpieza de las instalaciones.
- Reducción de un 75% en el consumo de agua, pasando de 8 l./Kg. en el sistema tradicional a 2 l./kg., reutilizando la lejía y neutralizando con CO₂.
- Reducción en la producción de vertido.
- Reducción del consumo eléctrico en el aporte de aire.

Escogido-Clasificado

La gran mayoría de los procesos de escogido y clasificado de las aceitunas se realiza actualmente como se ha venido realizando desde siempre, es decir, previa eliminación del pedúnculo del fruto en máquinas desrabadoras automáticas, se realiza un escogido de las aceitunas en cintas transportadoras, donde manualmente se separan las de mala calidad, y posterior clasificado por tamaños en máquinas de cables divergentes.

Desde el año 1975, se ha venido investigando y desarrollando el escogido automático a base de máquinas electrónicas, a fin de reducir los costes de este proceso. En ese año se comercializó el primer modelo de máquina escogedora, interviniendo en su desarrollo la Universidad de Sevilla. En aquellos tiempos la tecnología electrónica disponible obligaba a utilizar electrónica analógica con antiguas cámaras

de tubo para la visión, con problemas de derivas térmicas.

Los nuevos avances tecnológicos y la incorporación de la electrónica digital, con cámaras de estado sólido, han permitido desarrollar recientemente una máquina escogedora de aceitunas que mejora notablemente los resultados de los últimos modelos anteriores:

- Capacidad de regulación para seleccionar frutos de distinto color.
- Capacidad de regulación para seleccionar manchas de mayor o menor tamaño.
- Criterios y niveles de calidad establecidos por el usuario y fácilmente ajustables.
- Se puede digitalizar la información.
- Programación del proceso.
- Detección redundante: la máquina ve la aceituna de 11 a 12 veces, pudiendo eliminar un fruto a partir de ver el defecto el número de veces que se desee.
- Aumento de la producción en un 100%.

Los resultados reales contrastados en estas industrias se reflejan en la Tabla V:

Tabla V
Máquina Escogedora Electrónica

Producción (tamaño 300)	2.100/2.200 Kg./h.
Eficacia de la máquina	70-80%
Aceitunas buenas en matas	0,1% s/Kg. entrada
Costos	1,60-1,70 Ptas./Kg. (régimen alquiler)

Actualmente está en estudio el proceso que permita realizar las tres separaciones que se realiza a mano, es decir, aceitunas aceptables, terceras y molino.

Deshueso y Deshueso-relleno

Hasta el año 1970, el deshuesado y deshueso-relleno de aceitunas se realizaba manualmente, con grandes necesidades de mano de obra. El progresivo encarecimiento de esta mano de obra creó la necesidad de mecanizar ambos procesos desarrollándose la mayor parte de la tecnología necesaria por dos empresas españolas ubicadas en Madrid y Sevilla. Las primeras máquinas deshuesadoras con una producción de 220 frutos por minuto, supuso en su día un importante avance implantándose rápidamente en España y en otros países por la reducción de costes de producción que supuso. En 1973 se presenta al sector la primera máquina deshuesadora-rellenadora, desarrollada por la empresa sevillana SADRYM en colaboración con el Instituto de la Grasa. Más rá-

pida aún fue su implantación en el sector, ya que resolvía la mecanización del relleno de aceitunas con pimiento morrón, producto con muy buena aceptación en Estados Unidos, Canadá y otros países de Europa, donde la demanda era superior a la propia capacidad productiva. Las necesidades de esta máquina era de 3 personas y su capacidad de producción el equivalente a 12 operarios manualmente, lo cual significaba:

- Importante disminución de los costes de producción.
- Aumento de la capacidad de fabricación.
- Mejor respuesta en la entrega de pedidos.
- Espectacular aumento del volumen de cifra de exportaciones.

A partir de 1975, se introduce una nueva modalidad, realizándose el relleno con cintas de pimiento, utilizando *gelificantes* (carraginato o alginato), y que tiene buena aceptación en el mercado, al incorporar:

- Mayor aprovechamiento del pimiento.
- Menor necesidad de mano de obra.
- Posibilitó el desarrollo de nuevas máquinas rellenas, cuya producción estaba limitada por la capacidad de alimentación de pimiento.

De esta forma se presentan al mercado las nuevas máquinas rellenas con pasta de pimiento, con una producción de 1.200 frutos por minuto, cuya utilización se generaliza por los empresarios del sector. Estos modelos fueron progresivamente mejorándose y aumentando en producción hasta las 1.750 aceitunas/minuto que tienen los modelos actuales, equivalente a 300 Kg/h de fruto.

También en 1975 aparecen las primeras máquinas deshuesadoras del tipo «continuo», cuyos modelos mejorados en la actualidad permiten producciones de hasta 2.500 aceitunas/minuto, equivalente a 350 Kg/h de fruto, incorporando variadores electrónicos de frecuencia, que permiten ajustar la velocidad de la máquina a las propias condiciones del fruto, mejorando la calidad del producto final deshuesado.

En este último año se ha puesto en el mercado una nueva máquina deshuesadora para todo tipo de calibres, es decir, desde el tamaño 400 al 80, permitiendo deshuesar la misma máquina las variedades manzanilla y gordal. La producción oscila entre las 2.500 aceitunas/minuto para calibres pequeños, a 1.200 aceitunas/minuto para calibres grandes.

Relleno de anchoas

Mención especial merece este producto, de gran aceptación y elevado precio y cuyas máquinas son diferentes a las de relleno de pasta de pimiento. Como otros rellenos, en los años 70 se producía y comercializaba, sobre todo en el Levante español, aceitunas rellenas con anchoa triturada, envasada

en latas de diferentes formatos, empleándose como conservante ácido acetilsalicílico.

Posteriormente este conservante fue prohibido por el Ministerio de Sanidad, investigándose como alternativa por la empresa sevillana SADRYM la mezcla de anchoa triturada con alginato sódico, permitiendo el gel formado el proceso de pasterización, con lo cual se conseguía:

- Aumentar el tiempo de caducidad.
- Bajar el contenido de sal.
- Mejorar el sabor del producto.

La capacidad de producción de estas máquinas de relleno de anchoas es de 1.500 aceitunas/min., equivalente a 270 Kg/h de fruto.

Este tipo de máquina, y en base a la misma tecnología, ha permitido que recientemente se hayan probado otros productos que entran en el campo de las especialidades «delicatesses» que están teniendo una buena demanda, comercializándose aceitunas rellenas de otros triturados (con alginato): almendra, atún, limón, ajos, cebollas, salmón, etc., y últimamente aceitunas rellenas con pimiento natural triturado (sin alginato).

Rodajas

El consumo de este producto, sobre todo rodajas obtenidas de aceitunas negras oxidadas, ha ido aumentando paulatinamente en los últimos años, calculándose en unas 175.000 Tn/año.

El primer país que comercializó este producto fue Estados Unidos, incorporándose posteriormente España y otros países de la cuenca Mediterránea.

Las máquinas utilizadas en la elaboración de rodajas son líneas de deshuesado de aceitunas, que al final de la misma lleva incorporada la máquina de rodajado o slicer.

En el último año se ha presentado al mercado una nueva máquina deshuesadora rodajadora que permite obtener aceitunas deshuesadas o rodajadas según necesidades.

Estas máquinas ofrecen unos resultados de calidad más favorables que los obtenidos con las máquinas tradicionales y que reflejamos en la Tabla VI:

Tabla VI
Máquina rodajadora

Concepto	Tipo	Máquinas Tradicionales	Nueva máquina
	— Rendimiento del fruto		67%
— Rodajas rotas o trozos		10-30%	2-5%

La diferencia de rendimiento del fruto supone un 4% más de aprovechamiento de la materia prima y un significativo aumento de la calidad de presentación del producto.

La producción de esta máquina es de 2.500 frutos/minuto para los calibres pequeños, permitiendo rodajar incluso calibres de la variedad gordal, cuya práctica es usual en Estados Unidos.

Envasado

En la provincia de Sevilla se ubican el 70% de las industrias de elaboración y envasado de aceitunas de mesa, estando representado este sector desde hace años por grandes compañías con importantes plantas de envasado.

Existen en el mercado bastantes referencias de aceitunas manzanillas envasadas, tanto en modalidades de productos: lisas, deshuesadas, rellenas de pasta de pimiento, rellenas de anchoas y otros rellenos, aliñadas, etc., como en tipo de envases: frascos de cristal, latas, bolsas de plástico, tarrinas y tarros de plástico, pet, etc.

Los tipos de envases abarcan una gama muy extensa de formatos, siendo las más representativas:

- Frascos de cristal: existen alrededor de 20 formatos diferentes, que van desde 3,5 CYL (60 gr) al Galon (2.700 gr), referidas a aceitunas lisas.
Aceitunas enteras, deshuesadas, rellenas de pasta de pimiento, rotas, salad, cuyo destino principal es la exportación, Estados Unidos.
- Latas: existen también gran cantidad de formatos, desde el MINIBAR (45 gr) hasta el formato rectangular (5.000 gr). Aceitunas enteras, deshuesadas, rellenas de anchoas, cuyo destino principal es el mercado nacional, y negras oxidadas, cuyo principal mercado es la exportación y el mercado nacional.
- Bolsas de plástico: fundamentalmente bolsas planas, formato de 90/125 gr. Aceitunas enteras y deshuesadas, para mercado nacional.
- Otros: se utilizan en menor proporción otros tipos de envases plásticos, tarrinas y garrafas desde 200 gr. a 2.000 gr. Son envases con períodos de caducidad cortos (6 meses), al no poderse pasteurizar. Algunas industrias utilizan envases de pet con cierre hermético por termosellado, cuyo período de caducidad es de 2 años. Por último, también se utilizan envases sin salmuera, bandejas con gas inerte.

La automatización y velocidad de estas líneas es cada vez mayor con la incorporación de máquinas que incluyen autómatas programables para su funcionamiento automático, tales como: despaletizadores automáticos, máquinas cerradoras, etiquetadoras,

encartonadoras automáticas wrap-around y paletizadores automáticos de cajas.

Para formatos pequeños de latas o frascos estas líneas suelen tener una velocidad de 300/400 envases/minuto, disminuyendo a la mitad para envases mayores.

Las nuevas tecnologías se han aplicado fundamentalmente al propio proceso en sí, con la incorporación a estas líneas de la pasteurización (temperatura 80/95° C y tiempo variable según formato y producto). Dicho tratamiento es necesario para el envasado de relleno de anchoas y muy conveniente para el resto de productos, ya que permite bajar el contenido de sal, que al ser perjudicial para la salud, es fundamental para estar en muchos mercados. En el envasado de aceitunas negras oxidadas es necesaria la esterilización (temperaturas de 123° C, dependiendo el tiempo del formato).

Asimismo, los sistemas de pasteurización y esterilización se han ido modificando sucesivamente. En un principio eran por inmersión de los envases en agua caliente, posteriormente por aporte directo de vapor y hoy día se aplica una tecnología intermedia, aprovechando las ventajas de cada una de ellas, mediante el aporte a los envases de multitud de chorros de agua caliente, que circula en circuito cerrado a través de un intercambiador de calor vapor-agua, y que permite recuperar los condensados de vapor con el consiguiente ahorro energético. El agua de enfriamiento es recuperada mediante torre de enfriamiento con importante reducción en su consumo.

Por último, indicar que hoy las industrias más importantes de envasado de aceitunas de mesa tienen incorporadas en sus instalaciones: etiquetadoras, formadoras de cajas y bandejas, líneas de retráctil y paletizadores de funcionamiento automático provistos de avanzada tecnología actual.

4. AGUAS RESIDUALES

De acuerdo con la legislación medioambiental vigente, en la Industria de elaboración y envasado de aceitunas de mesa existe el problema de los vertidos, necesitando métodos de control y tratamientos de los mismos.

En la actualidad no existe un tratamiento de depuración satisfactorio de aguas residuales procedentes de este tipo de industrias que consiga aportar una solución plenamente eficaz a la problemática contaminante de sus efluentes.

Ante este problema actual, desde diferentes Organismos, Entidades (Instituto de la Grasa, ASEMESSA, etc.) y Empresas privadas, se vienen desarrollando investigaciones y plantas piloto a fin de reducir volumen de las aguas residuales o conseguir los límites permitidos para su vertido.

Las aguas residuales generadas en las industrias de aceituna de mesa son de varios tipos:

- Lejías de cocido.
- Aguas de lavado.
- Aguas del proceso de oxidación en medio alcalino.
- Salmueras de fermentación.
- Aguas de otros procesos: deshueso, relleno, etc.

La problemática de estas aguas se agudiza por los siguientes parámetros que las caracterizan:

- Grandes volúmenes.
- Alto contenido de materia orgánica y poco biodegradable.
- Elevado porcentaje de sólidos en suspensión y grasas.
- Elevada DQO.
- pH ácido o alcalino.
- Elevada conductividad por su alto contenido salino.
- Aguas fuertemente coloreadas por los polifenoles que forman parte de la composición de los frutos.

Por todo ello, los efluentes de este tipo de industrias deben ser abordados paso a paso, modificando los procesos tradicionales para reducir o eliminar algunos de éstos.

1. Reutilización de lejías de cocido

Las lejías procedentes del cocido de las aceitunas de mesa son aguas fuertemente alcalinas, $\text{pH} \cong 12$, con alto contenido en materia orgánica disuelta y DQO elevada. Su reutilización ya fue investigada hace años por el Instituto de la Grasa de Sevilla, con resultados positivos. Esta práctica permite un ahorro de sosa cáustica (están relativamente concentradas, 11gr/l), y una reducción en el volumen de vertidos. Las características de esta sosa reutilizada lógicamente se modifican, aumentando su carga contaminante aunque no de forma lineal, por lo que sería aconsejable someterlas a procesos de filtración, microfiltración, decantación, etc. En la actualidad se suele reutilizar la lejía en mayor o menor número de veces, eliminándose el sobrante en balsas de evaporación.

2. Aguas de lavado

De los 2 ó 3 lavados a que se sometía la aceituna después del cocido, se ha pasado a dar un solo lavado. Por sus características estas aguas no son reutilizables, tienen inferior contenido en sosa cáustica libre, 1,5 gr/l y el resto de características similares a la

anterior, es decir, fuertemente alcalina $\text{pH} = 11$, alto contenido en materia orgánica, DQO elevada. Su eliminación se realiza recogiendo en balsas de evaporación. Actualmente está en fase de utilización durante el primer año, unas experiencias para 3 años realizadas por ASEMESA -Instituto de Recursos Naturales, referente a la reutilización de aguas de lavado para riegos agrícolas.

3. Salmueras de fermentación

La salmuera procedente del proceso de fermentación de las aceitunas verdes o «salmueras madres» se suele eliminar en las plantas envasadoras, sustituyéndose por salmueras nuevas.

Existen diferentes estudios y publicaciones muy completas desarrolladas por el Instituto de la Grasa de Sevilla. Está en fase de experimentación un estudio encargado por ASEMESA a dicho Organismo para la reutilización de salmueras de aceitunas verdes, pendiente de llevarlo a la práctica.

Estas salmueras madres tienen importante carga contaminante y son aguas fuertemente coloreadas por la presencia de polifenoles. Sus valores medios, comparados con los valores medios de vertido del conjunto de una industria de envasado de aceitunas verdes, se reflejan en la Tabla VII:

Tabla VII

Características salmuera de fermentación - vertidos globales planta de envasado

Valores medios	Salmuera de fermentación	Vertidos globales
pH	4	7,5
Cloruro sódico (mg/l)	80.000	8.000
DQO (mg/l)	20.000	4.500
DB05 (mg/l)	16.000	2.000
Sólidos en suspensión (mg/l)	2.000	800

Nota: Los valores reflejados en cada caso son valores medios.

La composición de estas aguas residuales provocan dificultades de tratamiento, por lo que se han venido desarrollando diferentes métodos para su eliminación o reutilización.

- a) **Eliminación:** se trata de reducir la mayor parte del agua contenida por procesos de evaporación y destruir la materia orgánica resultante. El alto contenido en sal al concentrarse las aguas, provoca un incremento del punto de ebullición y el peligro de corrosión por cloruros. Los nuevos evaporadores trabajan al vacío, evitando las altas temperaturas y por tanto el peligro de corrosión. El calentamiento en cada evaporador se realiza mediante los gases producidos en el evaporador anterior. El sistema más generalizado por las industrias del sector para la eliminación de salmueras es la utilización de balsas de evaporación.
- b) **Reutilización:** Actualmente continúan realizándose investigaciones en la regeneración de las salmueras madres para su reutilización. En este campo se han realizado estudios para su reutilización en posteriores procesos fermentativos, que no han dado resultados satisfactorios. Por el contrario, los resultados han sido aceptables para otros usos, fundamentalmente en el proceso de envasado, así como en otras secciones que requieren aporte de salmuera, como suele ser en el deshueso, relleno, etc. Las dos tecnologías que han dado resultados más favorables y que parecen más prometedoras para la recuperación de salmueras, según las investigaciones del Instituto de la Grasa de Sevilla, han sido de tipo físico-químico, mediante:
- Tratamiento con carbón activo y filtración tangencial.
 - Ultrafiltración.

Adsorción-filtración tangencial

Se han investigado diferentes productos para obtener soluciones factibles de ser regeneradas. Entre ellos, la adición de *polielectrolitos* mejora la velocidad de sedimentación, y un tratamiento posterior con carbón activo retiene las sustancias disueltas que contribuyen al color, afectando sólo en un máximo del 10% las pérdidas de ácido láctico. Una filtración tangencial posterior elimina los sólidos en suspensión y da lugar a una salmuera clarificada que retenía la sal y casi la totalidad de la acidez.

La intensidad y, por tanto, el coste de este tratamiento se puede ajustar al destino posterior de la salmuera. Si su uso es para envasado, se requiere mayor cantidad de carbón activo para la

eliminación casi total del color, que si el uso fuese para clasificado, deshueso, etc.

Ultrafiltración

La tecnología de filtración de membranas, con aplicaciones en la preparación de alimentos o en el tratamiento de sus residuos, se ha aplicado también a la regeneración de salmueras de fermentación de las aceitunas de mesa. Del tamaño de los poros de la membrana filtrante depende la capacidad de decoloración y el nombre del proceso:

Filtración \Rightarrow Microfiltración \Rightarrow Ultrafiltración \Rightarrow
Nanofiltración \Rightarrow Osmosis inversa

El caudal de las membranas y la facilidad de limpieza dependen del tamaño de los poros. Para optimizar su funcionamiento es conveniente dar tratamientos previos. Así, la floculación con *bentonita*, el aumento de la temperatura y la presión favorecen el caudal de permeado, aumentando el rendimiento de los equipos. Por el contrario, a medida que la proporción de sólidos orgánicos disueltos aumenta, disminuye el flujo.

El proceso de ultrafiltración con membranas poliméricas, mantiene en el permeado de forma aceptable los porcentajes de NaCl, acidez libre y pH de la salmuera original, disminuyendo los polifenoles y por tanto el color.

A nivel industrial, el Instituto de la Grasa ha realizado experiencias que demuestran la posibilidad de utilizar un 45% de la salmuera así regenerada en el envasado. En envases pasterizados, la textura, color y características organolépticas de las aceitunas no se han modificado con respecto a los de salmuera blanca.

4. Aguas Industriales

El vertido global de las Industrias de Elaboración de Aceitunas de Mesa, es una mezcla de los anteriormente descritos, con otros procedentes del funcionamiento de máquinas: desrabadoras, deshuesadoras, rellenadoras, etc. Por ello, es conveniente en primer lugar recoger los vertidos en un depósito previo para proceder a su homogeneización y correcciones oportunas según el tratamiento y procedimiento que se prevea.

En general, los procedimientos biológicos presentan inconvenientes por el alto contenido en Na Cl. Se recomiendan los tratamientos físico-químicos, eliminando previamente grasas y sólidos en suspensión, y corrigiendo el pH a valores más elevados. Con este tratamiento físico-quí-

mico se obtiene una reducción del 40-45%, aunque la carga final, si no se separan las salmueras, es superior a la permitida por la ley.

A modo de ejemplo reflejamos los datos obtenidos recientemente con tres procesos diferentes de eliminación de vertidos, tomados en tres Industrias del sector donde están instalados cada uno de ellos.

Tratamiento físico-químico de flotación

Está funcionando en varias Industrias del sector, instaladas por la empresa DEPUFLUID, S.L. El sistema consiste en un tamizado y una eliminación de aceites, grasas y sólidos en suspensión por tratamiento físico-químico por inyección de aire con acti-

vación de un polielectrolito para romper la emulsión. De esta forma se separan las grasas y los sólidos en suspensión por flotación, que se recogen superficialmente, disminuyendo la DQO. La producción de fango es mínima y muy compactados, no siendo necesario una deshidratación posterior por centrifugación.

Los datos obtenidos en la empresa ACEITUNAS SEVILLANAS, S.A. de Pilas, se reflejan en la Tabla VIII, cuyos valores para este primer tratamiento de depuración (la salmuera de fermentación se recoge en balsa de evaporación), son inferiores a las exigencias marcadas en su día por la C.H.G. y ALJARAFESA:

- DQO < 2.000 mg/l.
- Sólidos en suspensión < 150 mg/l.
- Aceites y Grasas < 120 mg/l.

Tabla VIII
Tratamiento físico-químico de flotación. Planta de elaboración de aceitunas verdes

Tipo de Vertido	DQO (mg/l)		Sólidos susp. (mg/l)		Aceites y Grasas (mg/l)		Conductividad (μ S/cm)	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Agua Deshueso-relleno	4.035	1.036	1.150	140	717	57	10.880	10.310
Agua Deshueso-relleno + envasado	5.725	972	800	24	629	112	11.350	9.450
Agua Deshueso-relleno + envasado + salmuera	5.750	1.140	850	104	464	115	12.210	11.440

Caudal medio:	18,85 m ³ /h
Caudal diario:	150 m ³ /día
Caudal de salmuera añadida:	0,5 m ³ /h
Consumo polielectrolito (150 ppm):	24 Kg/día
Consumo sosa cáustica:	34 Kg/día
pH:	5,5-9,5

Microfiltración

Actualmente existe una planta piloto funcionando en la industria que FADIA, S.A. tiene en Lucena (Córdoba), instalada por la empresa ECOFLUID SPAIN, S.L. El objetivo es depurar las aguas residuales generadas del resultado de cuatro tipos de vertidos: salmueras de conservación, lejías de cocido, aguas de lavado y aguas de proceso de oxidación en medio alcalino.

El conjunto de aguas residuales se recoge en un depósito enterrado en el que se ajusta el pH mediante dosificación automática y agitación, a fin de favorecer su estabilización. Estas aguas pasan previamente

por un filtro de malla autolimpiante para eliminar partículas de mayor tamaño: huesos, hojas, trozos de aceitunas, etc.

El agua prefiltrada entra en la sección de microfiltración obteniendo un permeado «limpio» y un concentrado con alto contenido en materia orgánica. La relación de volúmenes permeado/concentrado óptima es 100/10. Se utilizan *membranas cerámicas* con gran resistencia a los álcalis y a los ácidos.

En un segundo paso, utilizando *membranas poliméricas*, se retiene la sal y la materia orgánica, alcanzándose los límites de vertido.

Los valores medios del agua de entrada, tras la microfiltración y después de la nanofiltración, son los que se recogen en la Tabla IX:

Tabla IX
Tratamiento de vertidos por microfiltración y nanofiltración. Planta de elaboración de aceitunas verdes y negras

PARÁMETROS ANALÍTICOS	VALOR MEDIO DE LA ENTRADA	VALOR MEDIO SALIDA MF	VALOR MEDIO SALIDA NF
pH	6*	6	6
DQO (mg O ₂ /l)	8.500	4.100	160
ACEITES Y GRASAS (ppm)	200	10	1
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN (ppm)	800	100	10
MATERIAS SEDIMENTABLES (ppm)	5	—	—
COLOR	3.000	1.400	50
CLORUROS (ppm)	3.000	3.000	200
HIERRO (ppm)	1	0,5	—
FENOLES (ppm)	13	5	0,1
NITRÓGENO NÍTRICO (ppm)	5	5	5

* Este valor del pH no es el original, sino tras el proceso de ajuste de pH.

En ella observamos, que dado los buenos resultados de la nanofiltración, una de las soluciones sería la reutilización del agua para el envasado, pero utilizando otro tipo de membranas poliméricas que retengan la materia orgánica y el color, y permita el paso de la mayor parte de la sal.

La solución adoptada ha sido utilizar la microfiltración, diluyendo el permeado obtenido con los volúmenes de agua que se vierten en los procesos de esterilización en autoclave.

Evaporación

Una planta de este tipo ha sido recientemente instalada en AGROSEVILLA ACEITUNAS, S.C.A. La Roda de Andalucía, por la empresa NIRO ESPAÑA, S.A. Como en cualquier proceso se necesita previamente la homogeneización de los vertidos a fin de poder asegurar una calidad constante. La instalación trabaja al vacío, evitando con ello las altas temperaturas y el peligro de corrosión, por lo que el contenido en sal debe ser lo más bajo posible. La instalación es de 3 efectos de evaporación del tipo de película descendente para la concentración de aguas residuales.

Los datos obtenidos se reflejan en la Tabla X:

Tabla X
Tratamiento de vertidos por evaporación. Planta de elaboración y envasado de aceitunas negras

	Entrada	Salida
Caudal de vertidos	15.000 Kg/h	1.500 Kg/h
Concentración de extracto seco	3%	30%

Es decir, se ha conseguido una concentración final del 30%, por lo que se ha reducido el volumen de vertidos a la décima parte, recuperándose 13.500 Kg/h de condensados a una temperatura media de 75° C.

Para una instalación de este tipo, el consumo de vapor es de unos 4.800 Kg/h y el agua de refrigeración del orden de 200 m³/h a 30° C, que se recupera mediante torre de enfriamiento.