

“ESTUDIO DE SELECCIÓN DE DIFERENTES RESINAS PARA DECOLORACIÓN DE SALMUERAS Y POSTERIOR REUTILIZACIÓN. GENERACIÓN DE UN PROTOTIPO: ATHENEA”.

AUTORES: Frutos Blanco J¹, Tamayo Gutierrez S¹, y Álvarez Rangel M¹.

¹ Heral Enología S.L. C/ Polígono Industrial nº3; Parcela 12, 06200 Almendralejo (Badajoz).

Resumen.

Las salmueras pardeadas procedentes del proceso de aceitunas de aderezo son consecuencia de la transferencia de polifenoles de las aceitunas en el proceso de fermentación y conservación. Con el presente estudio, se ha generado un prototipo para la decoloración de las salmueras pardeadas, estas son desechadas y no pueden ser utilizadas como líquido de expedición. La base de dicho estudio se centra en la selección de una resina absorbente efectiva para dicha decoloración. Se ha diseñado y elaborado un prototipo industrial para el reciclaje de las salmueras desechadas de las industrias entamadoras. La iniciativa no solo busca optimizar la gestión de residuos, sino contribuir a la eficiencia en la producción de aceitunas de mesa, alineándose con las normativas de gestión ambiental.

Palabras claves: salmuera, aceitunas, polifenoles, entamadoras, decoloración, prototipo.

Summary.

The brown brines resulting from the table olive curing process are the result of the transfer of polyphenols from the olives during fermentation and preservation. This study has developed a prototype for the decolorization of the browned brines, which are discarded and cant be used as processing liquid. The focus of this study is on the selection of an effective absorbent resin for this decolorization process. An industrial prototype has been

designed and developed for the recycling of discarded brines from olive-processing industries. This initiative aims not only to optimize waste management but also to contribute to the efficiency of table olive production, aligning with environmental management regulations.

Keywords: brine, olives, polyphenols, olive-processing, decolorization, prototype.

Introducción:

La producción de aceitunas de mesa tiene gran relevancia a nivel mundial, tanto económica como culturalmente, ya que es uno de los alimentos tradicionales más consumidos en el mundo. Según la Organización Internacional del Aceite de Oliva (IOOC), España, Italia y Grecia son los principales países productores de este alimento a nivel mundial (75% del total) (MAPA.GOB.ES).

En España la variedades más utilizadas con el propósito de entamar son la manzanilla, arbequina y picual. La **salmuera** se emplea debido a su capacidad como conservante, influyendo además sobre la textura y el sabor final de las aceitunas. La concentración de sal en la salmuera, la temperatura de conservación y el tiempo de fermentación son factores determinantes que afectan a la calidad final del producto.

Estas salmueras están formadas principalmente por una concentración de 8 al 10% de sal en el agua, además se puede emplear ácido acético. Una vez preparada la salmuera, se sumergen las aceitunas en ella, manteniendo las condiciones de calidad necesarias para el proceso de fermentación (Ruíz Barba, J.L. y Jiménez Díaz. R., 2005).

Las aceitunas en salmueras reposan durante un periodo largo que puede comprender de semanas a meses, durante este tiempo las aceitunas se someten a la **fermentación láctica** (Figura 1). Ese proceso bioquímico es llevado a cabo por bacterias lácticas, del género *Lactobacillus*, presentes de manera natural en las aceitunas. Durante esta fermentación,

los azúcares de las aceitunas, principalmente glucosa, se transforman en ácido láctico, lo que hace que el pH vaya disminuyendo, volviendo el medio más ácido. El ácido láctico crea un ambiente ácido que impide el crecimiento de bacterias patógenas y otros microorganismos indeseados, preservando las aceitunas durante largo periodos de tiempo. Además, las aceitunas absorben sal de la salmuera modificando su estructura. La oleuropeína presente en las aceitunas pasan a la salmuera disminuyendo el amargor, este compuesto junto a otros polifenoles se acumulan en el medio, debido a su solubilidad. Una parte significativa de los polifenoles se pierde en la salmuera, especialmente en una alta concentración de sal o si el proceso se realiza durante un periodo prolongado de tiempo (Ruíz Barba, J.L. y Jiménez Díaz. R., 2005) (Fernández Llano, J. et. al., 2001).

Una vez finalizada la fermentación, se retiran las aceitunas para su envasado. La salmuera resultante supone uno de los principales residuos generados por la industria aceitunera. Supone un problema medioambiental significativo cuando no se gestiona adecuadamente.

Tanto las altas concentraciones de sal, compuestos fenólicos y otros contaminantes en la salmuera pueden causar impactos ambientales negativos si se vierten al medio ambiente sin ser tratada. Tras la fermentación láctica queda una salmuera sucia con restos orgánicos, un color diferente a la salmuera inicial debido a los polifenoles liberados como oleuropeína, ácidos fenólicos y flavonoides, ácido láctico, sulfatos, nitratos y algunos compuestos minerales (Fernández Llano, J. et. al., 2001).

El presente estudio nace de la necesidad actual de las industrias de entamado en la gestión de sus residuos. La gestión de estos residuos en balsas de evaporación para su tradicional eliminación es un método tedioso, con compleja logística y altamente contaminante. Se generan lodos que pueden causar alteraciones directas en los ecosistemas, produciendo efectos negativos y altamente perjudiciales para la flora y fauna existente en el entorno, puede generar plagas y enfermedades para cultivos cercanos a la zona de vertido.

Entre los principales problemas del vertido de estas salmueras a cuerpos de agua como ríos o lagos del entorno, o su acumulación en balsas de evaporación destacan los siguientes:

- **Elevada salinidad:** la alta concentración de cloruro de sodio incrementa notablemente la salinidad del agua, alterando el equilibrio ecológico de los ecosistemas acuáticos, comprometiendo la supervivencia de las especies presentes en estos entornos; provocando la muerte de peces y a la desaparición de otras especies acuáticas, afectando a la biodiversidad local. Diversos estudios han demostrado que la alta salinidad modifica la osmolaridad de los organismos acuáticos, causando estrés fisiológico y afectando a la reproducción de las especies (AEDyR).

- **Eutrofización:** las salmueras pueden contener alta concentración de compuestos nitrogenados y fosforo derivados de la actividad bacteriana que, en el agua, pueden favorecer el crecimiento excesivo de algas (eutrofización). Todo esto conlleva un déficit de oxígeno disponible, provocando la muerte masiva de peces y otros organismos aerobios, alterando el equilibrio ecológico del ecosistema acuático (Calleja Cayón, P. y Vera García, F., 2022). Si esta salmuera llega al suelo del entorno de las entamadoras o balsas de evaporación, tiene efectos muy negativos sobre la fertilidad del suelo, por diversos motivos como son:

- **Salinización del suelo:** el NaCl se acumula en el terreno, reduciéndose la capacidad de absorción de agua tanto en las plantas como en los demás organismos, afectando a la actividad microbiana en el suelo. Estos suelos se vuelven infértiles e incluso dañino para plantaciones de cultivo, principalmente donde mayor es la concentración de sales (De la Fuente, J.A. et. al., 2008).

- Interferencia con la **estructura del suelo**: compuestos minerales y compuestos orgánicos que pasan a la salmuera pueden alterar la estructura fisicoquímica del suelo, modificando su porosidad y la capacidad de aireación, reduciendo la calidad del suelo agrícola (Arias, M.E. et. al., 2005).

Es evidente que estos vertidos en el medio ambiente, así como su gestión suponen problemas graves y un difícil control de logístico. La salmuera puede pasar al filtrarse sobre agua potable o se utiliza en riego agrícola, ingresando a la cadena alimentaria, representando un riesgo para la salud (Lopez Cabello, C., 2024).

Por todo ello, la gestión de estos residuos en balsas de evaporación es considerada la última opción en un baremo de respeto a la naturaleza, aunque, por el contrario, es el método de gestión más fácil y que menos energía consume debido a que no necesita el suministro de grandes cantidades de energía.

La evaporación depende de la climatología y puede oscilar entre 5 y 10 mm³ al día, por lo que el volumen y superficie de estas ha de tener en cuenta la pluviometría y la producción de la fábrica. Su empleo debe considerarse sólo como una etapa transitoria. Las balsas recogen la salmuera que no sea reutilizada en el proceso de fermentación de la aceituna de verdeo. Asimismo, en ocasiones la salmuera de fermentación es vertida juntamente con aguas alcalinas, resultando un agua residual con un pH de 7'2-7'3 como máximo (Imperplast2018).

La decoloración de salmueras pardeadas es un proceso interesante y de gran aplicación de cara a mejorar visualmente la salmuera para su posterior reutilización y así, reducir la problemática descrita anteriormente. Este color oscuro no es estéticamente agradable y

puede alterar la calidad del producto final. Se han desarrollado diferentes metodologías para mejorar el color e intentar recuperarlas:

El empleo de carbón activado es el más común para la eliminación del color, además el carbón absorbe compuestos colorantes como polifenoles. Posteriormente, se filtra y se separa el carbón de la solución. Los inconvenientes principales son el costo del carbón activado en grandes cantidades, desgaste y necesidad de regeneración del material y contaminación secundaria al someter la salmuera a más procesos mecánicos (ChiemiVall, 2025).

El tratamiento con ozono, que es un potente oxidante, puede descomponer los compuestos orgánicos que dan lugar a la coloración parda. Al introducir ozono en la salmuera, se eliminan y reducen significativamente pigmentos y compuestos fenólicos. Sin embargo, se necesitan sistemas de generación de ozono, suponiendo un coste adicional, además este gas es tóxico y reactivo pudiendo afectar a las características organolépticas de la salmuera y la aceituna (Garrido Fernández, A. et. al., 1992).

El peróxido de hidrógeno se utiliza como agente blanqueador permitiendo obtener una salmuera clara. Esta aplicación es más compleja y debe ser dosificada cuidadosamente, ya que puede afectar a las propiedades organolépticas de las aceitunas, haciéndolas amargas. Además, puede descomponerse en oxígeno alterando el equilibrio químico de la salmuera (Pastor Alcañiz, L. et. al., 2014).

La electrocoagulación utiliza la corriente eléctrica para inducir reacciones químicas que permiten la coagulación de compuestos colorantes, facilitando su eliminación de la salmuera. Este método supone una alta inversión inicial, durante su utilización supone un consumo energético elevado y es necesario un monitoreo preciso de las condiciones del proceso para evitar efectos no deseados sobre la calidad de la salmuera y las aceitunas.

También se emplean arcillas o tierras de diatomeas para adsorber los pigmentos y compuestos fenólicos responsables de la coloración. Esto impacta en la textura de la salmuera y la aceituna si no se filtran adecuadamente. Se deben retirar después del proceso, lo que puede requerir filtración adicional y generar residuos. No todos los tipos de arcillas o clarificantes naturales son igualmente efectivos para todo tipo de salmueras, limitando la aplicabilidad del método (TECNOAQUA, 2016).

Por tanto, el uso de resinas adsorbentes o intercambiadoras de iones es un método relativamente nuevo y bajo estudio que amplía la posibilidad de gestión de los residuos de entamadoras y presenta un futuro prometedor. Permitirá la reducción considerable de vertidos contaminantes y permitirá la generación de salmueras listas para ser reutilizadas en la industria.

Objetivo

El objetivo consiste en la decoloración de salmueras para disminuir el impacto ambiental de entamadoras de aceitunas, mediante el estudio basado en ensayos de selección de resinas que sean capaces de eliminar los compuestos responsables de la coloración (pardeado) y resulten una salmuera apta para su reutilización en el líquido de expedición y conservación de las aceitunas de aderezo. En base a la resina seleccionada, se desarrollará un prototipo para decolorar salmueras pardeadas saturadas de polifenoles.

Idea innovadora del estudio.

El origen de este proyecto proviene de la necesidad de una respuesta a los diferentes problemas causados por los vertidos de las entamadoras. Son problemas muy generalizados en esta industria. Representa un avance significativo en la búsqueda de soluciones innovadoras y sostenibles para abordar esta problemática. Esta iniciativa intenta reutilizar y recuperar salmueras, alineándose con los principios de la economía

circular y economía verde, identificando mecanismos que contribuyan a la sustitución de materia prima virgen por materia prima secundaria, adecuando salmueras y generando subproductos útiles para diversas aplicaciones, reduciendo así la gestión de residuos.

La decoloración de salmueras con resinas supone una técnica innovadora que resulta de un desafío crítico en la producción de aceitunas envasadas. El procedimiento consiste en la capacidad de las resinas para adsorber y eliminar sustancias indeseadas en las salmueras, mejorando su calidad y claridad. Este proceso mejora la salmuera obtenida permitiendo su reutilización, esta innovación permite la reutilización de las salmueras en etapas posteriores al proceso de producción, disminuyendo el consumo de recursos, como agua y sal. Optimiza estos recursos siendo un pilar fundamental para reducir la huella hídrica, basado en la economía circular y la sostenibilidad.

La innovación de este estudio tiene un componente tecnológico significativo, debido a que implica el ensayo y selección de resinas de adsorción adecuadas, así como el diseño y elaboración de un prototipo eficiente en la decoloración de la salmuera a nivel industrial.

Metodología y Métodos.

Inicialmente se tomó una muestra de salmuera virgen (no empleadas en fermentación ni como líquido de conservación), procedente de Viñaoliva SC. También se tomaron muestras de salmueras pardeadas (destinadas a desecho) para ser analizadas y someterlas a los ensayos con las diferentes resinas.

Por otra parte, se preseleccionaron 3 resinas para los ensayos de decoloración de las salmueras. Estas tres resinas se han seleccionado en función a aplicaciones similares como decoloración de vinos y otros fluidos. Las resinas fueron denominadas como R1-65%, R2-75% y R3-85% (figuras 2, 3 y 4), son resinas estirénicas adsorbentes en base a

una matriz polimérica de polistireno-divinilbenceno con diferentes porcentajes. Imágenes de las resinas empleadas:

Las resinas se cargaron en una bureta y se pasaron 50 ml de salmuera, manteniéndolas con un periodo de residencia de 10 minutos en contacto con la resina. Las salmueras resultantes de pasar por cada una de las resinas fueron analizadas en los mismos parámetros que las iniciales.

Se realizaron análisis con ciertos parámetros encontrados en bibliografía (Fernández Segovia, I. et. al., 2016; Pastor Alcañiz, L. et. al., 2014; Garrido Fernández, A. et. al., 1992) de:

- Salmuera inicial.
- Salmuera pardeada.
- Salmueras ensayo R1, R2 y R3.

Los parámetros analizados fueron pH, conductividad, acidez, % sal, lejía residual, sólidos en suspensión totales, turbidez, polifenoles totales, DBO, DQO5, cloruros y sodio

Resultados, estudio estadístico y conclusiones

Los análisis de cada parámetro fueron analizados por triplicado y se muestran en la tabla 1. A los resultados derivados de los análisis de diferentes parámetros se les realizó un estudio estadístico con el programa SPSS Statistic, para ver si hay diferencias significativas entre los diferentes tratamientos mediante el test de ANOVA (tabla 2) y realizar posteriormente un test de DUNCAN que agrupa los parámetros analizados de cada ensayo y los aproxima en subconjuntos en función de su similitud. Con esta prueba, de DUNCAN, se determinó que salmuera procedente del tratamiento con R1, R2 o R3 es la que más se aproximó a los parámetros de la salmuera inicial y por tanto fue la

seleccionada para generar el prototipo. Los resultados estadísticos se presentan en las tablas de los anexos (tablas 3 a 12).

Conclusiones.

El análisis estadístico comenzó con una prueba **ANOVA** (tabla 2) para comparar las medias de varias muestras y determinar si existen diferencias significativas entre ellas. Un valor de $p < 0,05$ se considera indicativo de diferencias estadísticamente significativas. Al obtener resultados significativos ($p < 0,05$), se procedió a realizar un **test de Duncan**, que es una prueba post-hoc para identificar qué grupos presentan diferencias entre sí. Esta prueba agrupa las muestras en **subconjuntos**, de manera que aquellos valores más similares se agrupan. Si dos valores están en el mismo subconjunto, no hay diferencias significativas entre ellos, mientras que los valores en subconjuntos diferentes indican diferencias significativas.

A continuación, se presenta (tablas 3 a 12) la comparación estadística de los diferentes parámetros analizados en el laboratorio, entre cada una de las muestras; salmuera inicial, salmuera pardeada, salmuera obtenida de la resina 1 (R1), salmuera obtenida de la resina 2 (R2) y salmuera obtenida con la resina 3 (R3).

Los parámetros “acidez, lejía residual, turbidez y concentración de polifenoles” (tablas 7, 8, 9 y 10), en la muestra “R3” y la salmuera inicial se agrupan en el mismo subconjunto sin diferencias significativas entre ellas, demostrando la recuperación en la salmuera R3 hasta los valores iniciales, demostrando la efectividad de esta resina.

En el resto de los parámetros, “pH, conductividad, solidos en suspensión, cloruros” (tablas 3, 4, 6 y 11), existen diferencias cuantitativas, pero los valores de los resultados de la salmuera inicial y salmuera R3 son agrupado en los subconjuntos más próximos,

siendo los valores más cercanos entre sí, que si comparamos los valores de salmuera inicial con el resto de las salmueras.

En el caso del sodio y % sal (tablas 5 y 12), los subconjuntos son más aproximados en la salmuera inicial y la salmuera pardeada, sin verse esto valores recuperados frente a la salmuera inicial, esto debido que en el proceso de absorción en las resinas se elimina una pequeña cantidad de sal. Esto se puede suplir en la salmuera obtenida para ser reutilizada en los procesos de las entamadoras, añadiendo la cantidad de sal necesario que rondará entre un 1-2% dependiendo del pardeado de la salmuera tratada. Con los valores obtenidos en los análisis fisicoquímicos realizados sobre la salmuera generada mediante la resina 3 y considerando la bibliografía especializada consultada, se determina que la salmuera obtenida es adecuada para su utilización como líquido de expedición. Este proceso no solo permite una optimización en los costos de producción, sino que también contribuye significativamente a la reducción de vertidos contaminantes, lo cual es crucial en el contexto de sostenibilidad y eficiencia industrial. Los análisis indican una disminución notable en la concentración de compuestos indeseables, como los polifenoles, la lejía residual, la acidez y la turbidez. Estos parámetros, cuyo control es fundamental para garantizar la calidad del producto final, aseguran que la salmuera cumpla con las especificaciones necesarias para su uso en procesos industriales posteriores, como el de expedición.

Asimismo, se observa una reducción en la concentración de sal con respecto a la salmuera inicial, un fenómeno característico del proceso de fermentación de aceitunas y de tratamiento con resina. Sin embargo, esta disminución puede ser corregida de manera eficiente mediante la adición controlada de cloruro sódico, lo que permite ajustar la concentración de sal a los niveles óptimos según las recomendaciones establecidas en la

bibliografía especializada, garantizando así que la salmuera sea apta para su empleo en las condiciones operativas previstas.

Bibliografía consultada: de la Torre, J.E., Moya, E.R., Bota, E. y Sancho, J., 1993. “Estudio fisicoquímico y microbiológico de la fermentación de aceitunas verdes arbequinas”.

Creación prototipo:

Una vez seleccionada la resina R3, más efectiva en los ensayos, con la colaboración de la empresa PHI PROCESOS ALIMENTARIOS, S.L, se ha diseñado y elaborado el prototipo decolorador de salmueras denominado ATHENEA. Este prototipo consta de una columna con la resina absorbente seleccionada (R3) debido a su mayor eficacia demostrada en los ensayos de laboratorio. Se basa en la capacidad de retener polifenoles por parte de la resina, estos compuestos son los principales responsables del color pardeado de la salmuera. La estructura del equipo consta de lo siguiente:

1. Estructura y carenado de acero de carbono recubierto de una resina epoxi resistente a las condiciones necesarias.
2. Columna específica para el proceso, con la **resina de absorción R3** (figura 5).
3. Bombas de proceso: una principal y otra secundaria cuyo objetivo es la recirculación de los principales productos consumibles.
4. Bombas de procesos de adición de la solución de regeneración de resina.
5. Dos electrodos de pH (entrada y salida) para la gestión eficiente del tratamiento y la regeneración de la resina.
6. Caudalímetro electrónico.
7. Entradas de aire comprimido y nitrógeno a presión que incluyen filtro, regulador de presión y manómetro.

8. Sensor de presión: monitoriza la presión del sistema, evita sobrepresiones deteniendo el tratamiento y confirma la presencia de aire y nitrógeno a presión.
9. Válvulas motorizadas de tratamiento y regulación del flujo de 2 y 3 vías.
10. Válvulas antirretornos para evitar que los productos corrosivos afecten a la vida del sistema.
11. Filtro de seguridad a la entrada para evitar que lleguen partículas indeseables a la columna de resina adsorbente.
12. Entradas de aire comprimido y nitrógeno a presión que incluyen filtro, regulador de presión y manómetro.
13. Tuberías y accesorios fabricados en PPH (polipropileno homopolímero de alta densidad). Recorrería de uso alimentario.
14. Dos salidas de agua de regeneración para la gestión total de los residuos en función de su carga electrolítica.
15. Panel mandos táctil que permite dirigir el equipo.

El decolorador consta de bombas de alimentación de salmueras y una columna con resina absorbente que hace que se retengan los polifenoles, además posee un sistema de regeneración de la resina. Este recibe salmuera pardeada y no transforma su composición química solo la decolora con su mecanismo.

Tras elaborar el prototipo industrial se realizaron varias pruebas de ajustes y una vez puesto a punto, se realizó un ensayo industrial en Viñaoliva SC, con 10.000 litros de salmuera pardeada destinada a desecho. En la tabla 13 se muestran las analíticas de antes y después de la salmuera pardeada, además del análisis de una salmuera inicial.

Tras la puesta en marcha del prototipo se recogieron muestras para el análisis anterior y para la comparativa visual de la salmuera pardeada y la salmuera obtenida del equipo (figura 6).

Agradecimientos

Al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) y el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) que financian el proyecto del “G.O.ATHENEA” mediante el Plan Estratégico de la PAC. (Figura 7).

Bibliografía.

- Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. “Aceituna de mesa”. Consulta: febrero 2025.
- Ruiz Barba, J.L. y Jiménez Díaz, R., 2005. Aceituna de Mesa: de la fermentación tradicional a la utilización de cultivos iniciadores.
- Asociación Española de Desalación y Reutilización. Apuntes sobre el impacto medioambiental de la desalación y salmuera. Consulta: febrero 2025.
- Cantera Alonso, C., 2014. “Regeneración de salmueras de la industria de aderezo de aceitunas”. Imagen 1.
- Calleja Cayón, P. y Vera García, F., 2022. “Modelling and aanalysis of brine removal evaporation system base don mechanical vapour compression process”.
- De la Fuente, J.A., Ovejero, M. y Querealt, T., 2008. “Gestión medioambiental de salmueras en plantas de desalación marina”.
- Enriqueta Arias, M., González-Pérez, J.A., González-Vila, F.J. y Ball, A.S., 2005. “Soil health-a new challenge for microbiologists and chemists”.
- López Cabello, C., 2024. “Metales pesados: el daño invisible a la salud humana y cosistémica”.
- Imperplast2018. “Balsas de evaporación”. Consulta: febrero de 2025.
- ChiemiVall, 2025. “Como funciona el proceso de decoloración con carbón activado”. Consulta: enero 2025.

- Garrido Fernández, A., Brenes Balbuena, M. y García García, P., 1992. “Tratamiento de salmueras de fermentación de aceitunas verdes”.
- Pastor Alcañiz, L., Doñate Hernández, S., Ferrer Polonio, E., Mendoza Roca, J.A. y Iborra Clar, A., 2014. “Alternativas para el tratamiento de salmueras procedentes del procesado de aceitunas: procesos químicos y biológicos”.
- TECNOAQUA, 2014. “Alternativas para el tratamiento de salmueras procedentes del procesado de aceitunas: procesos químicos y biológicos”.
- Fernández Segovia, I., García Martínez, E. y Fuentes López, A., 2016. “Parámetros de calidad de aceitunas de mesa”.
- De la Torre, J.E., Moya, E.R., Bota, E. y Sancho, J., 1993. “Estudio físico-químico y microbiológico de la fermentación de aceitunas verdes arbequinas”.

ANEXOS:

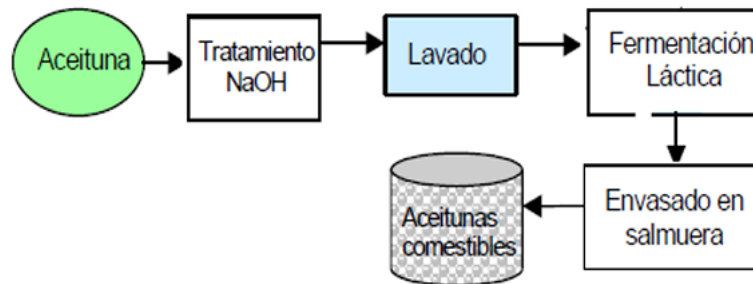


Figura 1: Proceso de elaboración de aceitunas de mesa.



Figura 2, 3 y 4 izquierda-derecha: muestra resina1 y salmuera obtenida, resina dos y salmuera, resina 3 y salmuera.

Parámetros	Salmuera inicial				Salmuera pardeada				Salmuera Resina 1				Salmuera Resina 2				Salmuera Resina 3			
	Medida 1	Medida 2	Medida 3	MEDIA	Medida 1	Medida 2	Medida 3	MEDIA	Medida 1	Medida 2	Medida 3	MEDIA	Medida 1	Medida 2	Medida 3	MEDIA	Medida 1	Medida 2	Medida 3	MEDIA
pH	7,6	7,58	7,61	7,597	3,98	3,99	3,91	3,960	4,2	4,22	4,19	4,203	4,66	4,67	4,66	4,663	7,15	7,11	7,21	7,157
Conductividad (mS/cm)	187	192	186	188,333	120	123	120	121,000	85	86	85	85,333	132	133	129	131,333	163	162	165	163,333
Acidez (%)	0	0	0	0,000	1,14	1,1	1,2	1,147	1,1	1,04	1,21	1,117	0,81	0,82	0,8	0,810	0,007	0,0069	0,0063	0,007
Sal (%)	10,61	10,72	10,6	10,643	9,74	9,82	9,88	9,813	7,2	7,3	7,21	7,237	7,76	7,81	7,75	7,773	8,7	8,78	8,83	8,770
Lejía residual (g/L)	0,006	0,006	0,005	0,006	0,12	0,1	0,15	0,123	0,08	0,09	0,09	0,087	0,09	0,08	0,07	0,080	0,011	0,025	0,01	0,015
Sólidos en suspensión (mg/L)	305	301	307	304,333	1.900	1.875	1.855	1876,667	840	841	838	839,667	675	671	673	673,000	326	324	331	327,000
Turbidez (NTU)	14,4	14,73	14,54	14,557	3260	3245	3263	3256,000	1182	1172	1193	1182,333	623	631	630	628,000	17,33	17,41	17,38	17,373
Polifenoles totales (mg/L)	0	0	0	0,000	1,08	1,05	1,1	1,077	0,88	0,86	0,91	0,883	0,55	0,63	0,61	0,597	0,003	0,002	0,0025	0,003
Cloruros (g/L)	74,55	74,5	74,63	74,560	65,67	66,12	65,52	65,770	59,5	58,78	58,69	58,990	58,12	58,25	58,4	58,257	68,12	67,32	68,09	67,843
Sodio (g/L)	54,49	55,1	53,78	54,457	32,38	33,15	32,1	32,543	29,5	30,1	29,6	29,733	30,15	30,2	30,21	30,187	31,02	30,98	31,1	31,033

Tabla 1: resultados análisis físico-químico de laboratorio en salmueras.

ANOVA PARÁMETROS TRATAMIENTOS SALMUERAS	
PARÁMETRO	SIG
PH	0,000
CONDUCTIVIDAD	0,000
ACIDEZ	0,000
SAL	0,000
LEJIARESIDUAL	0,000
SOLIDOSSUSPENSION	0,000
TURBIDEZ	0,000
POLIFENOLES TOTALES	0,000
CLORUROS	0,000
SODIO	0,000

Tabla 2: estudio ANOVA en salmueras.

DUNCAN PH TRATAMIENTOS SALMUERAS						
TIPOSALMUERA	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
SALMUERA-P	3	3,9600				
SALMUERA-R1	3		4,2033			
SALMUERA-R2	3			4,6633		
SALMUERA-R3	3				7,1567	
SALMUERA-I	3					7,5967
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.						
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.						

Tabla 3: test de Duncan en pH de salmueras.

DUNCAN CONDUCTIVIDAD TRATAMIENTOS SALMUERAS						
TIPOSALMUERA	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
SALMUERA-R1	3	85,3333				
SALMUERA-P	3		121,0000			
SALMUERA-R2	3			131,3333		
SALMUERA-R3	3				163,3333	
SALMUERA-I	3					188,3333
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.						
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.						

Tabla 4: test de Duncan en conductividad de salmueras.

DUNCAN SAL TRATAMIENTOS SALMUERA						
TIPOSALMUERA	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
SALMUERA-R1	3	7,2367				
SALMUERA-R2	3		7,7733			
SALMUERA-R3	3			8,7700		
SALMUERA-P	3				9,8133	
SALMUERA-I	3					10,6433
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.						
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.						

Tabla 5: test de Duncan en % sal de salmueras.

DUNCAN SOLIDOS SUSPENSION TRATAMIENTOS SALMUERAS						
TIPOSALMUERA	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
SALMUERA-I	3	304,3333				
SALMUERA-R3	3		327,0000			
SALMUERA-R2	3			673,0000		
SALMUERA-R1	3				839,6667	
SALMUERA-P	3					1876,6667
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.						
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.						

Tabla 6: test de Duncan en solidos en SS de salmueras.

DUNCAN ACIDEZ TRATAMIENTOS SALMUERA				
TIPOSALMUERA	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
SALMUERA-I	3	0,0000		
SALMUERA-R3	3	0,0067		
SALMUERA-R2	3		0,8100	
SALMUERA-R1	3			1,1167
SALMUERA-P	3			1,1467
Sig.		0,858	1,000	0,432
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.				

Tabla 7: test de Duncan en acidez de salmueras.

DUNCAN LEJIA RESIDUAL TRATAMIENTO SALMUERA				
TIPOSALMUERA	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
SALMUERA-I	3	0,0057		
SALMUERA-R3	3	0,0153		
SALMUERA-R2	3		0,0800	
SALMUERA-R1	3		0,0867	
SALMUERA-P	3			0,1233
Sig.		0,382	0,542	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.				

Tabla 8: test de Duncan en lejia residual de salmueras.

DUNCAN TURBIDEZ TRATAMIENTOS SALMUERAS					
TIPOSALMUERA	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
SALMUERA-I	3	14,5567			
SALMUERA-R3	3	17,3733			
SALMUERA-R2	3		628,0000		
SALMUERA-R1	3			1182,3333	
SALMUERA-P	3				3256,0000
Sig.		0,616	1,000	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.					
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.					

Tabla 9: test de Duncan en turbidez de salmueras.

DUNCAN POLIFENOLES TOTALES TRATAMIENTOS SALMUERAS					
TIPOSALMUERA	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
SALMUERA-I	3	0,0000			
SALMUERA-R3	3	0,0025			
SALMUERA-R2	3		0,5967		
SALMUERA-R1	3			0,8833	
SALMUERA-P	3				1,0767
Sig.		0,903	1,000	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.					
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.					

Tabla 10: test de Duncan en polifenoles totales.

DUNCAN CLORUROS TRATAMIENTOS SALMUERAS						
TIPOSALMUERA	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
SALMUERA-R2	3	58,2567				
SALMUERA-R1	3		58,9900			
SALMUERA-P	3			65,7700		
SALMUERA-R3	3				67,8433	
SALMUERA-I	3					74,5600
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.						
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.						

Tabla 11: test de Duncan en cloruros de salmueras.

DUNCAN SODIO TRATAMIENTOS SALMUERAS					
TIPOSALMUERA	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
SALMUERA-R1	3	29,7333			
SALMUERA-R2	3	30,1867			
SALMUERA-R3	3		31,0333		
SALMUERA-P	3			32,5433	
SALMUERA-I	3				54,4567
Sig.		0,205	1,000	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.					
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.					

Tabla 12: test de Duncan en sodio de salmueras



Figura 5: columna de prototipo con resina 3.

Parámetros	SALMUERA INICIAL	SALMUERA PARDEADA	SALMUERA OBTENIDA PROTOTIPO
pH	7,5	3,95	7,2
Conductividad (mS/cm)	190	119	164,1
Acidez (%)	0	1,15	0,008
Sal (%)	10,65	9,8	8,95
Lejía residual (g/L)	0,006	0,13	0,02
Sólidos en suspensión (mg/L)	302	1850	331
Turbidez (NTU)	14,1	3125	17,45
Polifenoles totales (mg/L)	0	1,09	0,003
Cloruros (g/L)	75,1	66,1	67,95
Sodio (g/L)	55,21	32,25	31,37

Tabla 13: resultados comparación análisis salmueras inicial, pardeada y obtenida del prototipo.



Figura 6: comparativa visual salmuera pardeada y salmuera obtenida del prototipo.



Cofinanciado por
la Unión Europea



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN

GO ATHENEA.
APROVECHAMIENTO Y MEJORA DE LA
CALIDAD DE LA SALMUERA PRODUCTO DE
INDUSTRIAS ACEITUNERAS

PLAN ESTRATÉGICO DE LA PAC-LEADER

Inversión:

Total:	595.436,22€
Cofinanciación UE	80%

Figura 7: cartel publicitario proyecto Athenea.