Valorización de los bio-residuos procedentes del proceso de extracción del aceite de oliva

Ulises Navarro, Grad. en Tecnología de alimentos. Investigador¹

Teresa Mestre, Dra. en Biología. Técnica de Investigación¹

Huertas M. Díaz-Mula, Dra. en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria. Investigadora¹

César Mota Cadenas, Dr. en Fisiología Vegetal. Director Técnico²

Vicente Martínez, Dr. Ciencias Químicas. Profesor de Investigación¹

'Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Murcia, España.

²Fertilizantes y Nutrientes Ecológicos S.L. (Fyneco), Ceutí, Murcia, España.

Dentro del marco del proyecto europeo LIFE Olea Regenera, formado por el consorcio de empresas Orujo Frío, Fyneco, Olivais Do Sul y el centro de investigación CEBAS-CSIC (Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura) como centro de investigación asociado, se ha desarrollado un proceso para la obtención de bioestimulantes naturales a partir de residuos de la industria del aceite de oliva, y se ha comprobado su eficacia sobre un cultivo de cítricos (mandarina). Los bioestimulantes desarrollados consiguieron aumentar el peso, calibre, sólidos solubles totales y vitamina C de los frutos que, además, mostraron un color naranja más intenso. Por tanto, la aplicación de bioestimulantes desarrollados a partir de residuos de alperujo en el cultivo de mandarina aumenta tanto el valor comercial y como el nutricional.

Revalorización de residuos de almazara

La industria agroalimentaria produce gran cantidad de residuos orgánicos de muy diversa índole y que, potencialmente, pueden ser utilizados como fertilizantes y enmiendas del suelo debido a sus altos contenidos de materia orgánica y nutrientes vegetales (Martínez-Blanco et al., 2011). Alrededor del 38% de estos subproductos y desechos se generan durante el procesado de los alimentos. Su introducción en el medio ambiente es un inconveniente para el ecosistema debido a su escasa estabilidad biológica, alta concentración de compuestos orgánicos y pobre estabilidad oxidativa (Helkar, 2016).



La gestión adecuada de estos residuos juega un papel vital en el crecimiento de las industrias alimentarias y agrícolas. Estas industrias, que a menudo enfrentan problemas de rentabilidad, han de soportar el costo adicional del procesamiento de residuos. La valorización de estos residuos, a menudo ricos en compuestos funcionales, supone una fuente prometedora de ingresos y acerca la industria agroalimentaria a los cánones de la economía circular. El reciclaje con fines agrícolas de los residuos de la industria alimentaria puede resultar crucial para mantener la productividad del suelo en las zonas

mediterráneas, donde el contenido de materia orgánica es muy bajo (Lasaridi et al., 2006).

El problema de los residuos de la extracción del aceite de oliva afecta a muchos países, especialmente en el arco mediterráneo, donde se concentra la mayor parte de la producción mundial de aceite de oliva (Ahmadi-Esfahani, 2006). La diversidad de sistemas de extracción de aceite utilizados por la industria añade un grado más de complejidad en la gestión de residuos o subproductos, debido a las diferencias entre los desechos producidos en cada uno de estos sistemas.

La tecnología de producción de aceite de oliva ha experimentado importantes cambios tecnológicos durante las últimas décadas. La introducción de una centrifugación horizontal en dos fases ha mejorado tanto la eficiencia de la extracción como las características del aceite obtenido (Borja et al, 2006), siendo este el principal sistema utilizado por la industria española actualmente. Con este sistema se obtiene una fase oleosa de la que se obtiene el aceite de oliva virgen, y una segunda fase en la que se unen alpechín y orujo (alperujo). La gran preocupación de este sector es la alta producción de 'alperujo' y su eliminación, en comparación con el sistema de extracción en tres fases, que separa las fases de alpechín y orujo.

El alperujo es un residuo sólido, ácido y muy húmedo, que contiene fracciones fenólicas y lipídicas que se relacionan con efectos fitotóxicos y antimicrobianos cuando se utiliza como enmienda del suelo (Tortosa et al., 2012). En la actualidad, el alperujo se suele tratar con una segunda centrifugación, o se seca y luego se somete a extracción química para extraer el aceite residual. Los residuos resultantes se utilizan para obtener energía térmica o eléctrica, principalmente mediante su combustión (Gogebakan y Selçuk, 2009). Actualmente, el método más común de gestión y eliminación de este subproducto consiste en su almacenamiento en balsas rústicas de evaporación excavadas en el suelo cerca de la almazara.

Uso de bioestimulantes

Según du Jardin (2015), un bioestimulante vegetal es cualquier sustancia o microorganismo aplicado a las plantas con el objetivo de mejorar la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y/o las características de calidad del cultivo, independientemente de su contenido de nutrientes. Por tanto, los bioestimulantes, incluidas las sustancias naturales, aparecen como una categoría novedosa y potencial de insumos agrícolas, que complementan los agroquímicos y mejoran la tolerancia al estrés abiótico, además de mejorar la calidad de los productos agrícolas y hortícolas (Rouphael, 2020). Además, los bioestimulantes vegetales son capaces de modificar el metabolismo primario y secundario de las plantas que conducen a la síntesis y acumulación de moléculas antioxidantes (metabolitos secundarios) que son importantes para la dieta humana (Colla y Rouphael, 2015).

Mejorar la síntesis de metabolitos secundarios es valioso tanto para la defensa de las plantas como para la nutrición humana (Iriti et al., 2005). Las síntesis de metabolitos secundarios, como los fenoles, ha demostrado una correlación positiva con el vigor de las plantas (Burguieres et al., 2007). La aplicación exógena de antioxidantes fenólicos estimula su concentración endógena en células vegetales activando, a su vez, enzimas que catalizan la síntesis de otros metabolitos antioxidantes (Yangui et al., 2011). De ello se deduce que los antioxidantes exógenos que estimulan la respuesta enzimática

antioxidante de las plantas también pueden estimular tanto el flujo de energía a través de la vía de las pentosas fosfato como la síntesis fenólica celular (Shetty et al., 2004).

Los metabolitos fenólicos, como el hidroxitirosol, tienen un peso molecular específico que les confiere un carácter antioxidante y bioestimulante muy potente, pudiendo intervenir en los procesos fisiológicos naturales de la planta. Se ha descrito que el hidroxitirosol estimula los procesos biológicos de las plantas, mejorando el uso de nutrientes, la tolerancia al ataque de plagas, la respuesta al estrés abiótico y la calidad de la cosecha (Yangui et al., 2010). El hidroxitirosol presente en el aceite de oliva y sus residuos es el principal responsable de sus importantes efectos antioxidantes.

El mercado de los bioestimulantes está siendo muy prolífico y aumenta cada año. Los productos con mayor potencial económico son los bioestimulantes que contienen en su formulación aminoácidos, extractos de algas, sustancias húmicas y enmiendas microbianas como principios activos. En 2019, estos productos representaron un valor de 2.6 billones de dólares y se pronostica que para 2025 alcancen alrededor de 5 billones de dólares, con una tasa anual de crecimiento de 11,2% (García-Morales et al., 2021).

Innovación en la valorización de subproductos de almazara

Con estas premisas, las empresas Orujo Frío y Fyneco han diseñado una estrategia de revalorización del alperujo, formulando compuestos funcionales para la industria agroalimentaria a partir de él. A partir de la fase líquida del alperujo, se han aplicado técnicas mecánicas de separación y concentración para obtener una segunda fase sólida (S2), con un alto contenido en grasas monoinsaturadas (35%) análogas a las del aceite de oliva, destinada a la suplementación animal y, tras otra separación adicional, una tercera fase líquida (L3) con potenciales aplicaciones en la industria agrícola como bioestimulante por su alto contenido fenólico, aprovechando la tercera fase sólida obtenida en este proceso (S3) para enriquecer el subproducto S2 (Figura 1).

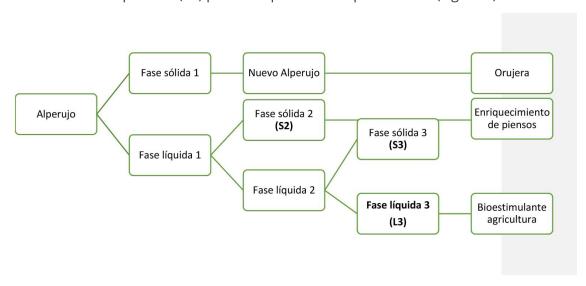


Figura 1. Diagrama de proceso de obtención de los subproductos S2, S3 y L3 a partir del alperujo. Son pocas las empresas competidoras a nivel europeo que elaboran productos bioestimulantes formulados a base de polifenoles o taninos. Estos productos, constituidos por polifenoles sintéticos o polifenoles naturales extraídos químicamente de otras fuentes, son muy apreciados en la industria agrícola.

L3 tiene un alto valor funcional debido a su contenido en hidroxitirosol (>2,7gr/l) y a bajo nivel de sólidos en suspensión (<6%). La extracción mecánica de L3 permite posicionar los productos finales en el mercado de la agricultura ecológica (mercado en notable crecimiento y con un alto potencial), sin generación de residuos y con un consumo energético reducido en los procesos. L3 y los diferentes formulados con base L3 desarrollados (fórmula 2 y fórmula 4) fueron probados sobre diferentes cultivos en fincas experimentales, con resultados muy prometedores.

Resultados del estudio de la aplicación foliar y radicular sobre cultivo de mandarina

En un cultivo de mandarina, variedad *Clemenules*, se realizaron tres aplicaciones foliares y una aplicación radicular con la fracción L3 y dos formulaciones de bioestimulantes con L3 como principio activo, *fórmula 2 y fórmula 4*. Las aplicaciones foliares se realizaron en las etapas fenológicas de brotación, aparición del botón floral y cuaje, y la aplicación radicular durante la segunda movida del árbol. A final de cultivo, se evaluaron los efectos de los tratamientos sobre la cosecha obtenida.

El peso promedio de los frutos se vio incrementado con la aplicación de los tres bioestimulantes entre un 13%-15%, mientras que *fórmula 2 y fórmula 4* elevaron el calibre promedio frente al control desde los 53 mm a los 56 mm (Figura 2).

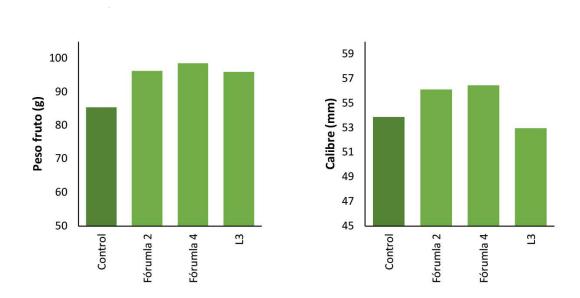


Figura 2. Peso (g) y calibre (mm) promedio de los frutos tras la aplicación de los bioestimulantes L3, fórmula 2 y fórmula 4 en un cultivo de mandarina

Además, se observó un incremento de los sólidos solubles totales del fruto. Mientras que los frutos de los árboles control promediaron una concentración de 9.9 °Brix, los frutos de los árboles tratados con los diferentes bioestimulantes obtuvieron valores entre los 10.4-10.6 °Brix. El color de la corteza también se vio modificado por la aplicación de los diferentes bioestimulantes. Los parámetros que miden el tono (ángulo HUE) y la saturación del color (croma) indicaron que las mandarinas de los árboles tratados con L3, *fórmula 2* y *fórmula 4* tuvieron un tono más anaranjado y un color más

intenso (Figura 3). Estos parámetros, peso, calibre, °Brix y color, pueden incrementar de forma significativa el valor comercial de la cosecha y su aceptación por el consumidor.

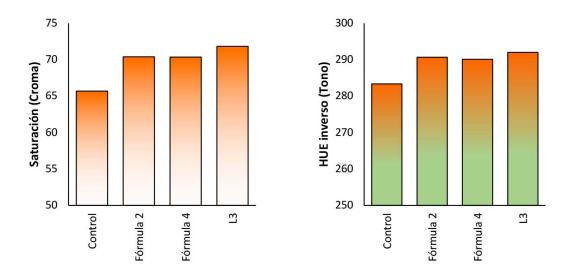


Figura 3. Saturación (croma) y tono (HUE invertido) promedio de los frutos tras la aplicación de los bioestimulantes L3, fórmula 2 y fórmula 4 en un cultivo de mandarina.

La concentración de vitamina C también se vio incrementada con los bioestimulantes empleados, especialmente en el caso de L3, donde se observaron incrementos de hasta el 30% con respecto a los frutos control. Este hecho, además de suponer un valor adicional para los consumidores, aumentando la calidad nutricional y funcional del producto, puede alargar su vida útil, protegiéndolo de reacciones oxidativas que lo degraden durante su almacenaje.

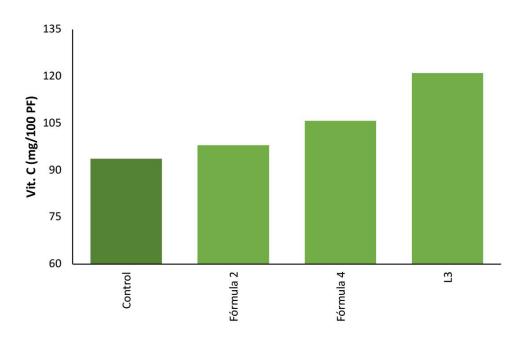


Figura 4. Vitamina C (mg/100g de peso fresco) promedio de los frutos tras la aplicación de los bioestimulantes L3, fórmula 2 y fórmula 4 en un cultivo de mandarina.

En conclusión, los bioestimulantes L3, *fórmula 2 y fórmula 4* se perfilan como una herramienta para mejorar el rendimiento y la calidad del cultivo, aumentando así el valor comercial y nutricional de la cosecha.

Bibliografía

- Ahmadi-Esfahani, F. Z. (2006). Constant market shares analysis, uses, limitations and prospects. Aust. J. Agric. Resour. Econ. 50, 510−526.
- Borja, R., Sánchez, E., Raposo, F., Rincón, B., Jiménez, A. M., & Martín, A. (2006). A study of the natural biodegradation of two-phase olive mill solid waste during its storage in an evaporation pond. Waste Manag., 26(5), 477-486.
- Burguieres, E., McCue, P., Kwon, Y., Shetty, K., (2007) Effect of vitamin C and folic acid on seed vigour response and phenolic-linked antioxidant activity. Biores. Technol., 98, 1393–1404.
- Colla, G., and Rouphael, Y. (2015). Biostimulants in horticulture. Sci. Hortic. 196, 1−2.
- du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Sci. Hortic. 196, 3–14.
- García-Morales, S., García-Gaytán, V., & León-Morales, J. M. (2021). Current Overview of Agricultural Biostimulants. Tópicos de Herramientas Biotecnológicas para el Desarrollo Agrícola, 14.
- Gogebakan, Z., Selçuk, N., (2009). Trace elements partitioning during co-firing biomass with lignite in a pilot-scale fluidized bed combustor. J. of Hazardous Mat. 162, 2-3. 1129-1134
- Helkar, P. B., Sahoo, A. K., & Patil, N. J. (2016). Review: Food industry by-products used as functional food ingredients. Int. J. of Waste Resources, 6(3), 1-6.
- Iriti, M., Rossoni, M., Borgo, M., Ferrara, L., Faoro, F., (2005) Induction of resistance to gray mold with benzothiadiazole modifies amino acid profile and increases proanthocyanidins in grape: primary versus secondary metabolism. J. Agric. Food Chem., 53, 9133–9139.
- Lasaridi, K., Protopapa, I., Kotsou, M., Pilidis, G., Manios, T., Kyriacou, A., (2006). Quality assessment of composts in the Greek market: the need for standards and quality assurance. J. Env. Manag., 80, 58-65.
- Martínez-Blanco, J., Muñoz, P., Antón, A., Rieradevall, J., 2011. Assessment of tomato Mediterranean production in open-field and standard multi-tunnel greenhouse, with compost or mineral fertilizers, from an agricultural and environmental standpoint. J. Cleaner Prod., 19, 985-997.
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture. Frontiers in plant science, 11, 40.
- Shetty, K., Wahlqvist, M., (2004) A model for the role of the prolinelinked pentose-phosphate pathway in phenolic phytochemical bio-synthesis and mechanism of action for human health and environmental applications. Asia. Pac. J. Clin. Nutr., 13, 1–24.
- Tortosa, G., Alburquerque, J. A., Ait-Baddi, G., & Cegarra, J. (2012). The production of commercial organic amendments and fertilisers by composting of two-phase olive mill waste ("alperujo"). J. Cleaner Prod., 26, 48-55.
- Yangui, Thabet, et al. (2010) Potential use of hydroxytyrosol-rich extract from olive mill wastewater as a biological fungicide against Botrytis cinerea in tomato. J. Pest Sci., vol. 83, no 4, p. 437-445.
- Yangui, Thabèt, et al. (2011) Effect of hydroxytyrosol-rich preparations on phenolic-linked antioxidant activity of seeds. Engin. Life Sci., vol. 11, no 5, p. 511-516.