

El raspón ha demostrado ser una fuente muy rica de polifenoles, sobre todo en la Maturana Blanca.
Rafael Lafuente



Valorización de subproductos y bioeconomía circular

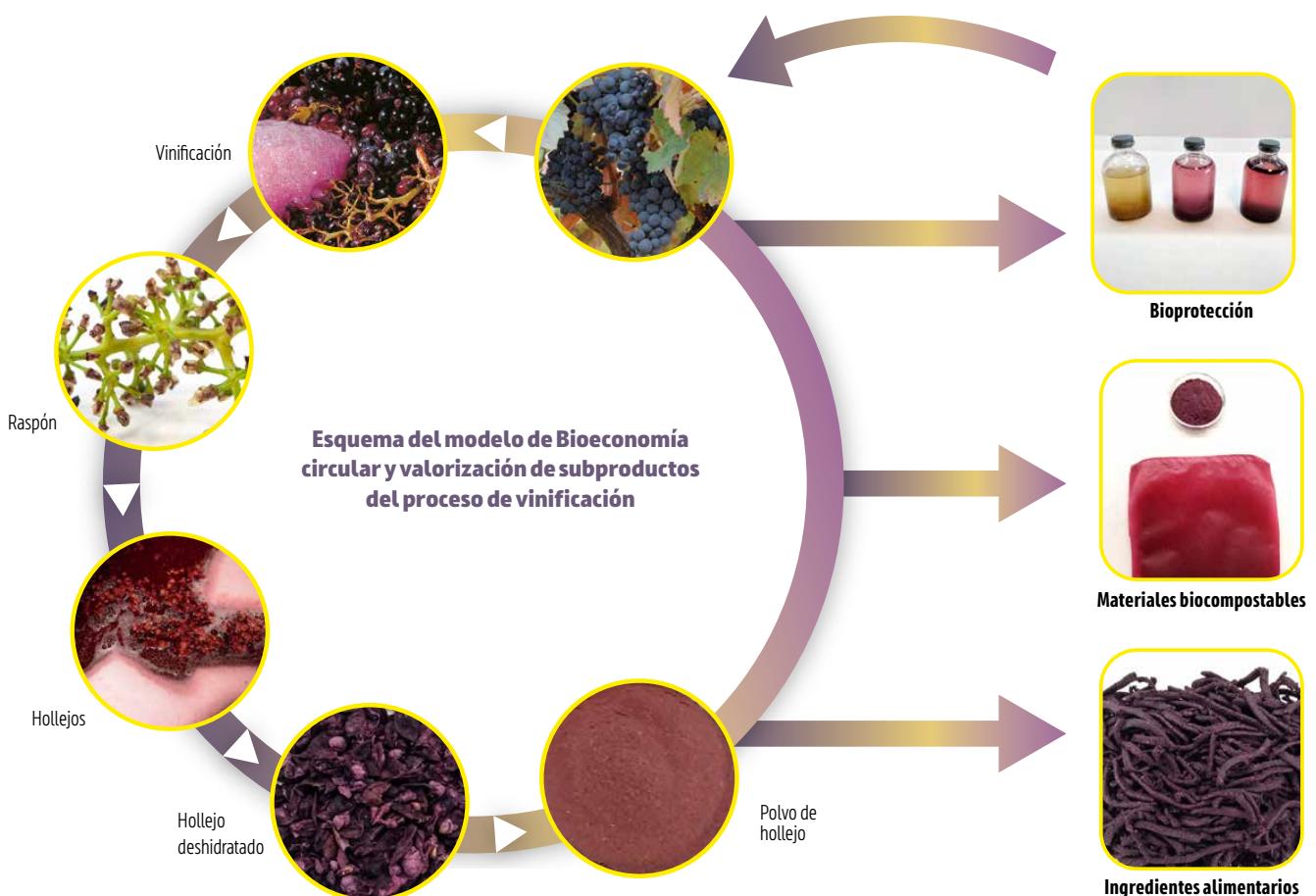
El proyecto de innovación PlusProduct obtiene ingredientes de alto valor añadido para la formulación de nuevos alimentos a partir de subproductos de vinificación y procesado de tomate

➤ **María José Motilva Casado.** Investigadora del CSIC. Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja)

German Soldevilla Muro. CTIC-CITA. Asociación para la Investigación, Desarrollo e Innovación del sector agroalimentario

El Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) a través del Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV), junto con la Asociación para la Investigación, Desarrollo e Innovación del sector agroalimentario que gestiona el CTIC-CITA, han liderado el proyecto Plusproduct “Aprovechamiento de subproductos y desarrollo de la economía circular de la industria agroalimentaria”, financiado en el marco del programa para la creación de equipos de innovación que planteen acciones conjuntas con vis-

tas a la mitigación o adaptación al cambio climático (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Gobierno de La Rioja). En este proyecto se ha desarrollado una estrategia de valorización de subproductos o residuos de los procesos de vinificación y de transformación de tomate, mediante procedimientos simples y viables técnica y económicamente, que han permitido obtener diferentes ingredientes con alto contenido en compuestos bioactivos.



En el caso concreto del sector vitivinícola, a nivel mundial, anualmente se generan alrededor de 9 millones de toneladas de residuos orgánicos que se obtienen en diferentes etapas: los sarmientos durante la poda, los raspones en el despalillado y el hollejo en el estrujado o prensado. Los raspones suponen el 14% de los residuos sólidos y el hollejo de uva representa aproximadamente el 60%, siendo el principal residuo orgánico sólido de las industrias vitivinícolas. Los principales componentes del hollejo son las pieles y las semillas, a lo que hay que añadir restos de raspón. El gran crecimiento que ha tenido la industria vitivinícola en las últimas décadas ha generado la necesidad de establecer estrategias y adoptar mejores prácticas de utilización de los residuos generados para preservar la sostenibilidad del medio ambiente.

Los subproductos derivados del proceso de vinificación tradicionalmente se han destinado a las alcoholeras para la obtención de etanol mediante destilación, para la extracción de ácido tartárico, obtención de aceite a partir de las semillas y, en menor medida, el residuo último como pienso para alimentación animal.

Sin embargo, en los últimos años se está incrementando la demanda de productos naturales y el desarrollo de alimentos con propiedades beneficiosas para la salud, lo que ha aumentado de forma significativa el interés por los sub-

productos generados por la industria de transformación de vegetales. En el año 2008, la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) publicó una guía para una vitivinicultura sostenible con un apartado dedicado a los efluentes y residuos generados en la producción de vino, donde viene indicado que “la eliminación de los residuos y de los efluentes deberá reducir su impacto sobre el medioambiente y sobre la red colectiva” (Resolución CST 1/2008).

En el caso concreto de La Rioja, de acuerdo con el último dato oficial de la Consejería de Agricultura, la producción de uva para vinificación está en torno a 300.000 t anuales, lo que podría suponer una generación de subproductos de vinificación aproximada de 90.000 t anuales, considerando un rendimiento del 70% en la vinificación. Por lo que su valorización podría tener un impacto económico importante para el sector vitivinícola de la región.

En relación al tomate, es uno de los vegetales más cultivados en el mundo, con una producción en torno a los 180 millones de toneladas (FAO, 2019). Debido a la estacionalidad y alta caducidad de esta hortaliza, solo una pequeña proporción de la producción de tomate se consume en fresco. En 2019, la industria alimentaria procesó unas 367.000 toneladas de tomates (FAO, 2019) para la elaboración de diferentes productos, como

tomate entero pelado enlatado, zumo, puré, pasta, salsa y ketchup. El procesamiento industrial del tomate genera una gran cantidad de residuos, fundamentalmente compuestos por piel, restos de pulpa y semillas, que contienen una gran variedad de compuestos biológicamente activos, incluidos polifenoles y carotenoides (licopeno), proteínas, minerales, fibra dietética y aceites. A pesar del potencial de valorización de los subproductos del tomate, en la actualidad son un problema de gestión importante, principalmente su almacenamiento y conservación. En particular, el procesado del tomate se realiza durante el verano y, debido al elevado contenido de agua de sus subproductos, al ser acumulados se produce una fermentación anaeróbica descontrolada con el consiguiente impacto medioambiental.

La problemática de la generación de residuos, junto con el potencial de valorización de los subproductos de vinificación y de transformación de tomate, como fuente de compuestos bioactivos de alto valor añadido, han justificado el proyecto PlusProduct. En el marco del proyecto se ha priorizado la aplicación de diferentes tecnologías de conservación de los subproductos para la generación de nuevos ingredientes, lo que lleva consigo la reducción de residuos dentro del concepto de “economía circular”. Por otro lado, el proyecto ha abordado una serie de objetivos técnicos centrados en el es-

tudio de diferentes tecnologías de conservación (deshidratación) capaces de preservar las cualidades organolépticas y nutricionales, al mismo tiempo que se ha pretendido conseguir que el proceso global sea energéticamente efectivo y viable económicamente.

El proyecto paso a paso

Dada la estacionalidad de los subproductos, en primer lugar, se han evaluado diferentes estrategias para la recogida y almacenamiento de los mismos asegurando su trazabilidad. En una segunda fase se han estudiado diferentes procedimientos de deshidratación de los subproductos bajo el principio de preservar la estabilidad de los compuestos bioactivos de interés, además de ser efectivos energéticamente y con un bajo impacto medioambiental. Para alcanzar los objetivos del proyecto se ha trabajado en diferentes fases para transformar el subproducto en un ingrediente final de fácil conservación y manejo, para su uso en futuras aplicaciones.

Fase 1. Recogida de los subproductos

Subproductos derivados del proceso de vinificación. Se recogieron hollejos y raspones procedentes de la vinificación de diferentes variedades de uvas tintas y blancas de tres bodegas: Bodega Experimental del ICVV, Bodega Institucional del Gobierno de La Rioja (Finca La Grajera) y una bodega comercial, entre octubre y noviembre de las campañas 2020 y 2021. Con el objetivo de estudiar la singularidad varietal, se han muestreado hollejos procedentes de la vinificación de diferentes variedades: Tempranillo Blanco y Tinto, Garnacha Blanca y Tinta, Maturana Blanca y Tinta, Viura y Mazuelo. Las muestras de raspón se recogieron inmediatamente después del proceso de despalillado y las muestras de hollejo se obtuvieron después del prensado, tanto en vinificaciones de blanco como de tinto.

Subproductos de tomate. Las muestras de subproductos de tomate, procedentes de diferentes lotes de fabricación, se obtuvieron directamente de una planta de procesado industrial ubicada en Alfaro, La Rioja (España), entre octubre-noviembre de 2020 y 2021. Los subproductos corresponden al residuo derivado del triturado del tomate fresco destinado a la elaboración de concentrado de tomate y están compuestos por una mezcla de piel, se-

millas y una pequeña proporción de pulpa. Cada lote de subproducto de tomate (aproximadamente 15 kg) se recogió en contenedores de plástico inmediatamente después de ser producido y transportado a la planta piloto de alimentos del Centro Tecnológico Agroalimentario CTIC CITA (Calahorra, La Rioja).

Fase 2. Selección del proceso de deshidratación de los subproductos

Las tecnologías de deshidratación para la conservación de los subproductos del proyecto han tenido como premisa mantener los compuestos bioactivos (polifenoles y licopeno en el caso del tomate), a la vez que se ha priorizado que el proceso fuera eficiente energéticamente y con bajo impacto medioambiental.

Se han estudiado los siguientes métodos de deshidratación: 1) liofilización (sistema que combina la congelación de la muestra y la aplicación de alto vacío

para eliminar el agua por sublimación); 2) Secado por aire en estufa convencional a 40 °C y 60 °C, respectivamente; 3) Túnel de microondas en continuo, cuyo principio de secado se basa en la energía de microondas que actúa directamente sobre el producto dando lugar a un movimiento vigoroso de las moléculas del agua generando energía térmica que permite evaporar las moléculas de agua, por lo que la velocidad de calentamiento es muy rápida y la velocidad de secado se puede acortar para productos con contenido de agua por debajo del 30%; 4) Sistema de secado con aire forzado a alta velocidad denominado Spiral Flash Dryer, cuyo principio de secado se basa en el contacto de las partículas del producto a secar con un flujo de aire caliente que asciende en espiral generando una alta turbulencia, lo que permite un secado muy rápido del producto (30-60 segundos).

Fase 3. Estudio de la composición de los subproductos deshidratados

Una vez deshidratados los subproductos de vinificación y de tomate, se ha analizado su contenido de polifenoles y licopeno (antioxidantes) mediante métodos de análisis avanzado basados en cromatografía líquida de alta resolución (UHPLC-MS/MS), además de su contenido de fibra soluble (pectina). El contenido de polifenoles en los productos deshidratados nos ha permitido seleccionar el sistema de deshidratación más efectivo para cada subproducto, en base a la máxima preservación de la concentración de polifenoles y licopeno, en el caso del tomate.

Fase 4. Desarrollo de nuevos alimentos

Una vez obtenidos los diferentes productos deshidratados, se han elaborado a escala piloto pastas alimenticias en las que se ha sustituido diferentes porcentajes de harina de trigo (10-50%) por el producto obtenido a partir de la fracción de la piel de los hollejos deshidratada, tanto los de vinificación de blanco como de tinto. Además, se han elaborado salsas con diferentes proporciones de los subproductos de tomate deshidratados. La formulación de estos alimentos con los ingredientes obtenidos a partir de los subproductos supone una primera "prueba de concepto" que ha permitido establecer una metodología de aplicación de estos ingredientes de alto valor añadido a la formulación de nuevos alimentos más saludables.



De los hollejos se pueden obtener subproductos tanto de la piel como de las semillas. Rafael Lafuente

Resultados del proyecto

Subproductos como fuente de polifenoles. En el caso concreto de los subproductos de vinificación, la mayor parte de los polifenoles de la uva se encuentran en las partes sólidas (hollejos, semillas y raspón), por lo que, finalizada la vinificación, una elevada proporción de éstos aún permanece en el residuo sólido generado, el hollejo. La deshidratación de los subproductos llevada a cabo en el proyecto PlusProduct nos ha permitido obtener tres tipos de productos: piel y semilla (fracciones del hollejo deshidratado) (figura 1) y raspón (figura 2). El análisis de su contenido de polifenoles ha permitido cuantificar una gran diversidad de compuestos, que incluyen antocianos (responsables del color rojo), ácidos fenólicos, flavonoides, procianidinas (taninos res-

ponsables de la estabilidad y astringencia del vino) y estilbenos (fundamentalmente derivados de resveratrol). Se ha observado que la fracción de piel de los hollejos de vinificación de tinto es una fuente importante de antocianos, que son los pigmentos responsables del color rojo, morado o azul en las uvas y en el vino. Estos compuestos se encuentran en la piel de la uva y se transfieren a mostos y vinos durante la maceración, siendo responsables del color en los vinos tintos, y se fijan por reacción con otros compuestos fenólicos a los que se unen formando polímeros y coloides. Además de su importancia en el color, los antocianos también tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias beneficiosas para la salud humana.

Figura 1. Ingredientes obtenidos de la fracción de piel de diferentes variedades de uvas tintas y blancas



ponsables de la estabilidad y astringencia del vino) y estilbenos (fundamentalmente derivados de resveratrol). Se ha observado que la fracción de piel de los hollejos de vinificación de tinto es una fuente importante de antocianos, que son los pigmentos responsables del color rojo, morado o azul en las uvas y en el vino. Estos compuestos se encuentran en la piel de la uva y se transfieren a mostos y vinos durante la maceración, siendo responsables del color en los vinos tintos, y se fijan por reacción con otros compuestos fenólicos a los que se unen formando polímeros y coloides. Además de su importancia en el color, los antocianos también tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias beneficiosas para la salud humana.

La cantidad y tipo de antocianos y polifenoles en el vino depende de facto-

res como la variedad de uva, el clima, el suelo y las prácticas agrícolas utilizadas en el cultivo de la vid. En el proyecto se ha observado que en función de la variedad de uva el contenido de antocianos en los hollejos varía desde Graciano (12.000 mg/kg), Maturana Tinta (11.000 mg/kg), Mazuelo (6.000 mg/kg), Tempranillo Tinto (4.000 mg/kg) hasta Garnacha Tinta (3.000 mg/kg) (figura 1). El contenido de antocianos en los hollejos es muy superior a su concentración en vinos tintos que, dependiendo de la variedad y el método de elaboración, puede oscilar entre los 20 a 500 mg por litro de vino.

En relación a las semillas, han mostrado un alto contenido de los denominados "polifenoles no coloreados", concretamente procianidinas (taninos) y ácidos fenólicos que también tienen propieda-

Tinta, Tempranillo Tinto y Garnacha Tinta (12.000 mg/kg), Garnacha Blanca (11.000 mg/kg), Mazuelo (10.000 mg/kg) hasta Tempranillo blanco (9.000 mg/kg) (figura 2).

Tecnología de deshidratación. En relación a las tecnologías de deshidratación, el sistema Spiral Flash Dryer, que aplica aire forzado mediante turbulencia, se ha revelado como la mejor tecnología para los subproductos de vinificación, tanto para el hollejo como para el raspón, aunque este requiere un triturado previo. Destacar que uno de los principales logros del proyecto ha sido la optimización de esta tecnología de deshidratación que permite un secado muy rápido (30-60 segundos) protegiendo los polifenoles de su degradación por calor, y además es

técnicamente viable por su posibilidad de escalado industrial.

En el caso de los subproductos de tomate, la deshidratación del subproducto y su posterior tamizado ha permitido obtener una fracción rica en semillas con un alto contenido en fibra soluble (superior al 15%) y una fracción rica en piel de tomate con un alto contenido en licopeno. En relación a la tecnología de deshidratación más efectiva, el túnel de microondas en continuo ha mostrado una buena eficacia en cuanto a la estabilidad del licopeno, que es el principal antioxidante presente en el tomate.

Formulación de pastas alimenticias y salsa de tomate. En el caso concreto de los ingredientes derivados de la fracción de piel del hollejo, se han elaborado

diferentes fórmulas de pasta fresca, llegando a sustituir el 50% de la harina de trigo de su formulación por piel de hollejo de Tempranillo Tinto, o bien el 20% de Garnacha Blanca. En relación a los subproductos de tomate, se han aplicado a la elaboración de salsas con una textura y sabor muy agradables (figura 3).

En síntesis, el proyecto PlusProduct ha demostrado el potencial de los subproductos derivados de los procesos de vinificación y de transformación industrial de tomate para la obtención de ingredientes de alto valor añadido, ricos en antioxidantes (polifenoles y licopeno), además de ser una importante fuente de fibra. En el marco de las actividades del proyecto se han establecido estrategias de gestión en origen de la recogida y almacenamiento de los subproductos y se

formación de vegetales, concretamente derivados de tomate. El procedimiento que se ha desarrollado en el marco de este proyecto para la recogida, conservación y aplicación de los subproductos es extensible en un futuro a todo tipo de subproductos.

Perspectivas de futuro

Los productos obtenidos a partir del proyecto PlusProduct tienen un interesante potencial para futuras aplicaciones, de manera especial los subproductos de vinificación. Una de las aplicaciones futuras de gran interés estarían en la línea de la búsqueda de soluciones para mejorar la productividad agrícola, más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. En este sentido, en los últimos años, son numerosos los estudios que han centrado

a sus componentes biológicamente activos, que incluyen los polifenoles entre otros, con funciones en la fertilización del suelo; protección de las plantas contra factores de estrés bióticos y abióticos; y estimulación del desarrollo de la planta (bioestimulantes). En base a los potenciales beneficios para el desarrollo de una agricultura sostenible, tanto la biomasa como los extractos de microalgas están disponibles comercialmente.

Estos productos de base biológica que en la actualidad ya están en el mercado, como una solución real a la limitación del uso en agricultura de fertilizantes minerales y químicos, sería extrapolable a los productos derivados de los subproductos de vinificación (hollejos y raspones) que, en base a su elevado contenido de polifenoles, podrían tener funciona-

Figura 2. Ingredientes obtenidos de los raspones de diferentes variedades de uvas tintas y blancas



han seleccionado los procesos de deshidratación más adecuados para preservar los compuestos bioactivos que aportan valor añadido a estos subproductos. A partir de los ingredientes obtenidos, se han formulado diferentes productos a base de pasta y salsa de tomate como primera "prueba de concepto" que permite establecer una metodología de aplicación de estos ingredientes de alto valor añadido a la formulación de nuevos alimentos más saludables y con nuevos sabores y aspecto diferenciado.

Hay que destacar que los resultados del proyecto tendrán un impacto socioeconómico directo, ya que proponen alternativas viables para el aprovechamiento y la valorización de los subproductos de dos subsectores de gran importancia en el sector agroalimentario de La Rioja, como son el sector vitivinícola y el de trans-

Figura 3. Pasta fresca elaborada con subproductos de hollejo y salsa de tomate elaborada con subproducto de tomate deshidratado



su atención en productos de base biológica, concretamente derivados de microalgas y cianobacterias emergentes como un recurso valioso para la producción y protección de cultivos, debido a su capacidad de biofertilización y su potencial bioestimulante. En el caso concreto de las algas, estos efectos se han atribuido

lidad como biofertilizantes y bioestimulantes. Esta aplicación cerraría en ciclo de bioeconomía circular, ya que el material biológico que sale del viñedo, que se transforma en vino y genera una serie de subproductos, regresa al viñedo con una función de bioprotección y bioestimulación del cultivo.