

**Trabajo Fin de Máster Universitario  
Tecnología e Industria Alimentaria**

**REVALORIZACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS  
ENOLOGICOS**



Roberto Castillo Orellana

Tutoras: María Dolores Hernanz Vila y María José Jara Palacios.

Departamento de Química Analítica. Facultad de Farmacia.

Universidad de Sevilla

Sevilla, 4 de Julio de 2023



Universidad de Sevilla  
Escuela Politécnica Superior



MARÍA DOLORES HERNANZ VILA, Profesora Titular del Departamento de Química Analítica y MARÍA JOSÉ JARA PALACIOS, Profesora Ayudante Doctora del Departamento de Química Analítica de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Sevilla,

INFORMAN, que el presente trabajo titulado **Revalorización de los subproductos enológicos** ha sido realizado, bajo nuestra tutorización y asesoramiento, durante el curso académico 2022/2023, constituyendo la memoria que presenta el Gdo. ROBERTO CASTILLO ORELLANA como Trabajo Fin de Máster del Máster Universitario en Tecnología e Industria Alimentaria, y que cumple los requisitos necesarios para ser presentado como Trabajo Fin de Máster.

Y para que conste, a los efectos oportunos, se expide el presente informe en Sevilla, a 4 de Julio de 2023.

**Título:** Revalorización de los subproductos enológicos

**Autor:** Roberto Castillo Orellana

**Tutoras:** María Dolores Hernanz Vila y María José Jara Palacios.

## **RESUMEN**

A lo largo del proceso de elaboración del vino se generan grandes cantidades de residuos que, debido a su composición química, constituyen un punto de interés en la industria vitivinícola por los diversos beneficios que pueden aportar. La posibilidad de que estos residuos puedan ser utilizados en nuevos procesos hace que sean considerados subproductos y que se reduzca la contaminación que supondría su eliminación. La utilización de los subproductos de vinificación en el propio proceso de vinificación puede mejorar la calidad del vino.

## **PALABRAS CLAVE**

Subproductos enológicos, revalorización, orujos, hollejos, semillas, raspones, lías, barricas de roble.

## **ABSTRACT**

Throughout the winemaking process, large quantities of residues are generated which, due to their chemical composition, constitute a point of interest in the wine industry due to the various benefits they can provide. The possibility that these wastes can be used in new processes means that they are considered by-products and the pollution that their elimination would entail is reduced. The use of winemaking by-products in the winemaking process itself can improve wine quality.

## **KEYWORDS**

Oenological by-products, revalorization, pomace, skins, seeds, stems, lees, oak barrels.

## ÍNDICE

<b>1. RESUMEN.....</b>	<b>5</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Vinificación en tinto .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Vinificación en blanco.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 Clasificación y composición química de los subproductos vitivinícolas.....</b>	<b>11</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
<b>4. METODOLOGÍA.....</b>	<b>16</b>
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>5.1 Adición de subproductos enológicos en la vinificación como alternativa al anhídrido sulfuroso .....</b>	<b>17</b>
5.1.1 <u>Adición de extractos de raspones de uvas.....</u>	18
5.1.2 <u>Adición de extractos de semillas y raspones en combinación con plata coloidal.....</u>	21
<b>5.2 Adición de orujos para mejorar la calidad del vino .....</b>	<b>23</b>
5.2.1 <u>Adición de extractos de orujos de uva blanca pasificada.....</u>	24
5.2.2 <u>Adición de hollejos y semillas de uva blanca.....</u>	29
<b>5.3 Adición de virutas de barrica para mejorar la calidad del vino .....</b>	<b>31</b>
5.3.1 <u>Adición de virutas de roble al vino.....</u>	32
5.3.2 <u>Adición de extractos de madera de roble a la vid .....</u>	34
<b>5.4 Revalorización de lías .....</b>	<b>37</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>43</b>

## 1. RESUMEN

El vino es el producto resultante de la fermentación alcohólica total o parcial de uvas frescas o mosto de *Vitis vinifera*. A lo largo del proceso de elaboración del vino se generan grandes cantidades de residuos que, debido a su composición química, constituyen un punto de interés en la industria vitivinícola por los diversos beneficios que pueden aportar. La posibilidad de que estos residuos puedan ser utilizados en nuevos procesos hace que sean considerados subproductos y que se reduzca la contaminación que supondría su eliminación. La utilización de los subproductos de vinificación en el propio proceso de vinificación puede mejorar la calidad del vino.

En este trabajo de revisión bibliográfica se ha revisado principalmente el efecto que supone la adición de diferentes tipos de subproductos durante la elaboración del vino, y sus posibles usos en otras industrias. La variabilidad de los subproductos y la diferencia en la obtención de los mismos en las diferentes etapas de vinificación hace que tengan diferente composición.

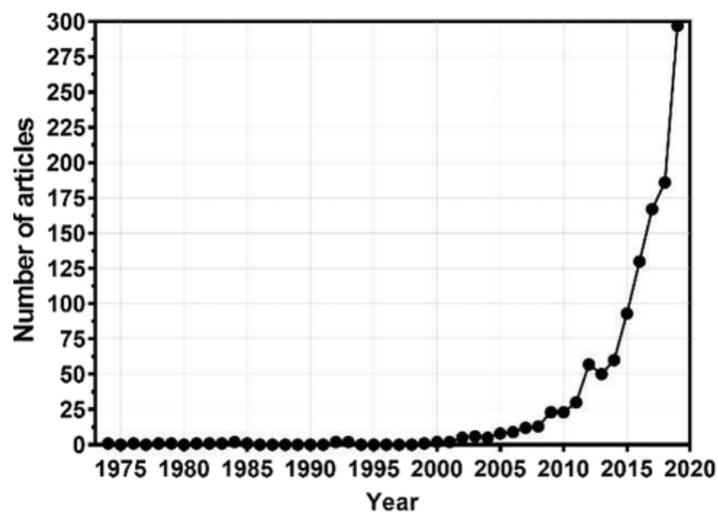
Distintas acciones como la adición de raspones y orujos durante la vinificación como alternativa al uso de anhídrido sulfuroso, la adición de orujos o virutas de roble para mejorar la calidad del vino, o el uso de lías para mejorar productos de diferentes industrias, son ejemplos de revalorización de los subproductos enológicos.

**Palabras clave:** subproductos enológicos, revalorización, orujos, hollejos, semillas, raspones, lías, barricas de roble.

## 2. INTRODUCCIÓN

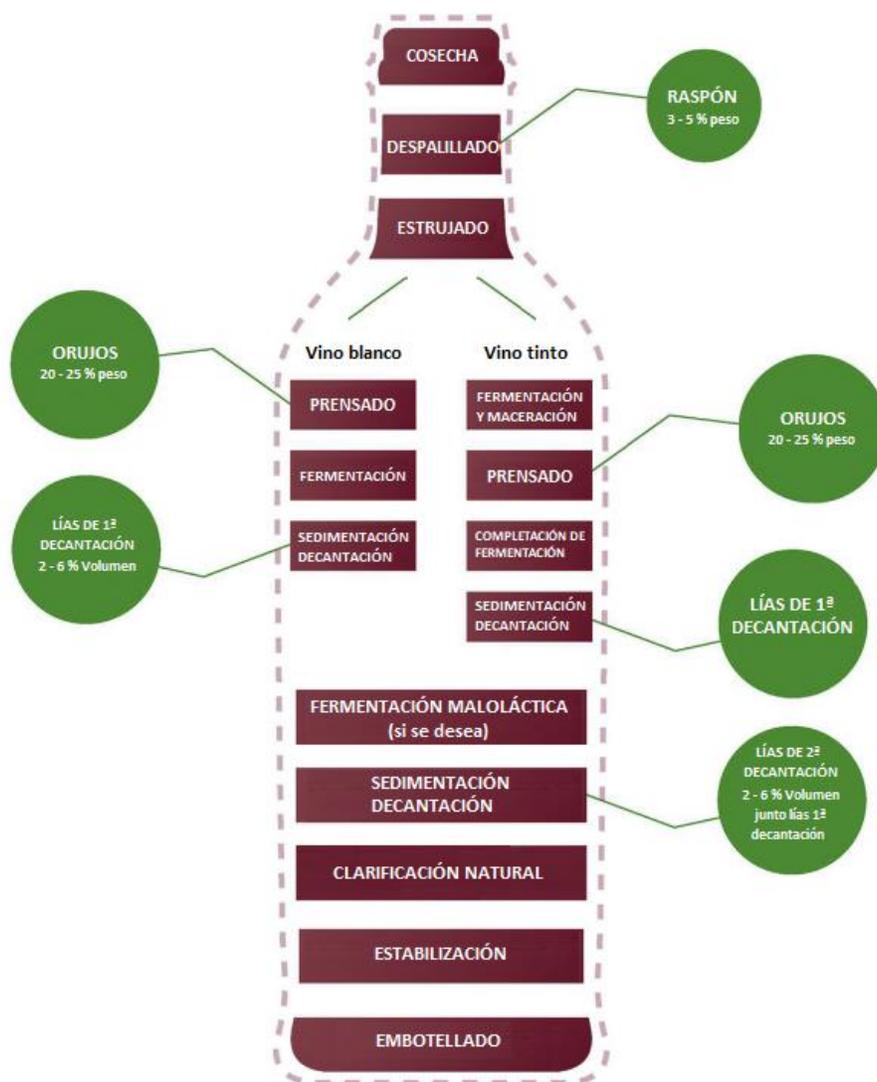
En la industria vitivinícola se generan gran cantidad de residuos procedentes de la vinificación como los orujos, lías, lodos de aguas residuales, hojas y sarmientos de la vid, e incluso la madera de las barricas. Es importante la eliminación efectiva e inocua de estos residuos para evitar riesgos medioambientales, así como la búsqueda de alternativas de uso para su revalorización. La gestión sostenible de estos residuos es uno de los retos a los que se enfrentan las empresas del sector. Esta gestión sostenible suele estar dificultada por la alta carga orgánica, que complica su degradación biológica (Jara-Palacios et al., 2014). En la mayoría de los casos, la eliminación más frecuente de residuos como los sarmientos o los raponos es la incineración, la extensión en la tierra o la alimentación animal (Spigno et al., 2020).

Algunos de los residuos generados en el proceso de producción de la industria alimentaria se utilizan como subproducto. Para considerarlo como un subproducto, la ley 7/2022 de 8 de abril de residuos y suelos contaminados para una economía circular (BOE-A-2022-5809) define las normas de seguridad alimentaria que debe tener para su clasificación como subproducto. Siendo el primer criterio de consideración el que se tenga la seguridad de que va a ser utilizado posteriormente. Por este motivo, algunos de los residuos generados en el proceso de vinificación se utilizan como subproducto, siendo la base de la economía circular que promueve la optimización y la obtención de nuevas materias primas. En la actualidad este concepto ha provocado un cambio de mentalidad, dando lugar a un incremento exponencial de estudios enfocados en las posibles aplicaciones (Figura 1).



**Figura 1:** Número de publicaciones relacionadas con "revalorización de subproductos" entre 1974-2019 (De Iseppi et al., 2020).

Durante la vinificación se generan diferentes tipos de subproductos como son el raspón, los orujos de la uva y las lías (Figura 2). La aplicación de éstos durante la elaboración puede mejorar las características sensoriales o la estabilidad del vino.



**Figura 2:** Subproductos y residuos generados durante la elaboración del vino (Barba et al., 2016).

Se pueden elaborar diferentes tipos de vinos, dependiendo del tipo de uva y del proceso de vinificación. La diferenciación de las distintas variedades de uva de *Vitis vinífera* L. en tintas y blancas establece la primera clasificación general del vino en esos dos grandes grupos, según sean elaborados a partir de cada una de

ellas. El proceso de vinificación también varía según el tipo de vino a producir. En la vinificación de vino blanco, la fermentación del mosto de uva blanca se produce en ausencia de las partes sólidas mientras que, en la elaboración del vino tinto, el mosto de la uva tinta es macerado con los hollejos durante la fermentación alcohólica (Jara-Palacios, 2014).

## 2.1 Vinificación en tinto

La primera etapa en la elaboración del vino tinto es el despalillado. El despalillado consiste en separar la uva del raspón y de restos vegetales que puedan acompañar al racimo. La parte eliminada supone entre un 3 % y un 5% en peso de la uva procesada. Esta etapa proporciona importantes ventajas en la producción de vinos, como son la reducción del volumen de encubado, la mejora gustativa, el aumento de color y un leve aumento en el grado alcohólico. El aumento del grado alcohólico es debido al contenido en agua del raspón. Después del despalillado le sigue la etapa del estrujado, que tiene como objetivo la liberación del mosto.

La etapa de maceración prefermentativa consiste en la maceración del mosto con los hollejos y pepitas obtenidos tras el estrujado. De esta manera se confiere más color y aroma al mosto. Después de un tiempo de maceración del mosto con las partes sólidas de la uva, comienza la fermentación alcohólica. Durante la fermentación alcohólica las levaduras, que pueden ser seleccionadas o naturales, transforman los azúcares presentes en el mosto en alcohol. Tras el proceso, las levaduras mueren y dan lugar a un sedimento que forma parte de lo que se conoce por lías. Las lías son residuos que se depositan en el fondo de los depósitos tras el proceso de fermentación, durante el almacenamiento del vino o después de tratamientos autorizados, así como después de la filtración o centrifugación. Están formadas, principalmente, por restos de levaduras, ácido tartárico, materia inorgánica y compuestos fenólicos (Jara-Palacios, 2019).

Con el prensado, después de la fermentación, se extrae el mosto, por medio de presión aplicada de manera controlada. En esta etapa se obtiene el orujo, que supone aproximadamente el 20 - 25% en peso de la uva procesada.

En la fermentación maloláctica, donde se transforma en el vino el ácido málico en ácido láctico por acción de levaduras y bacterias lácticas, se obtienen de nuevo lías que, junto con las obtenidas en la primera decantación, suponen aproximadamente entre un 2 % y un 6% del volumen total de vino producido (Spigno et al., 2020).

Según Vaquero (2013), en la última etapa del proceso de elaboración del vino tinto tiene lugar una clarificación natural, la estabilización y el embotellado. La clarificación natural permite que las materias sólidas se asienten en el fondo para posteriormente eliminarlas. Esta estabilización se puede conseguir dejando que decanten en el depósito o también se puede acelerar con diferentes técnicas, como aplicar frío o coadyuvantes tecnológicos como la caseína. Finalmente, en el embotellado se acondiciona el vino para su expedición y venta final, para lo que se necesita una botella de vidrio, tapones, cápsulas y otros elementos adicionales como etiquetas, cajas, mallas, etc.

## **2.2 Vinificación en blanco**

La vinificación en blanco se lleva a cabo sin macerar ni fermentar con las partes sólidas de la uva. Al igual que en el vino tinto, los granos de uva se separan del raspón. El raspón constituye entre un 3 % y un 5 % en peso de la uva procesada. En el estrujado se obtiene el mosto. En la etapa de prensado, la uva blanca se somete a presión rompiéndose el hollejo para que la pulpa que contiene el mosto y las semillas del interior sean liberados. La presión debe ser controlada, ya que, si los hollejos son triturados y las semillas laminadas por un prensado excesivo,

aumentaría el volumen de lías, fangos y ácidos grasos, y además se extraerían sustancias amargas y astringentes que perjudicaría la calidad del mosto. En esta etapa se obtiene el orujo de uva blanca donde las semillas constituyen un 25-30 %, los hollejos un 45-50 % y los raspones un 25-30 % (Jara-Palacios, 2014). Tras la fermentación alcohólica se obtienen los orujos que suponen entre un 20 % y un 25 % y las lías que suponen aproximadamente entre un 2 % y un 6 % del volumen total (Spigno et al., 2020).

### **2.3 Clasificación y composición química de los subproductos vitivinícolas**

De forma general, los subproductos generados en una bodega durante la vinificación son residuos orgánicos, principalmente orujos, lías, raspones y lodos. Estos subproductos se obtienen fundamentalmente de las diferentes partes de un grano de uva (Figura 3).



**Figura 3:** Partes de un grano de uva. (Bodega Torres, 2015).

Los raspones son los tallos de las uvas que se separan de los racimos en la etapa del despalillado. Como los sarmientos, son componentes de la uva lignocelulósicos, con una composición aproximada de 17-26 % de lignina, 20-30 % de celulosa, 3-20 % de hemicelulosa y 6-9 % de cenizas (Prozil et al., 2012; Spigno et al., 2013). Los raspones se caracterizan por una alta presencia de taninos, en torno al 16% (Prozil et al., 2014).

El orujo de uva es el principal y más abundante subproducto de la industria vitivinícola, y está constituido por restos de pulpa, hollejos y semillas.

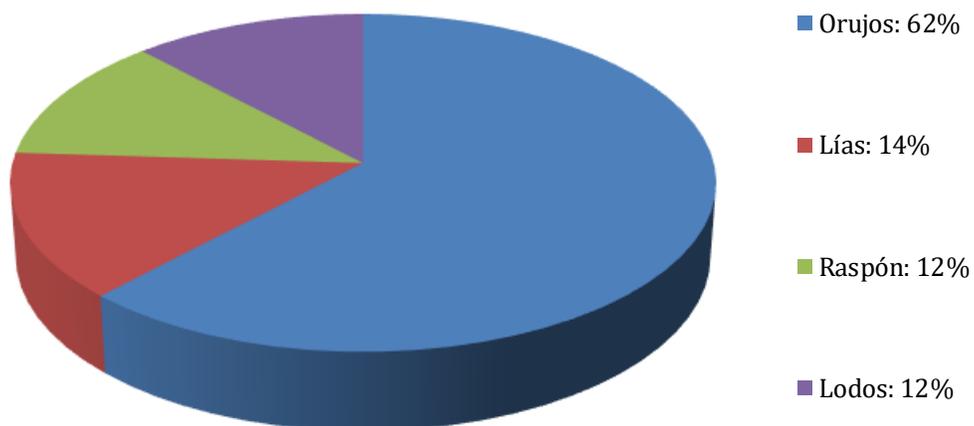
La pulpa es la parte más voluminosa de la uva, cuyo principal componente es el agua. En su composición se encuentran azúcares diluidos, que más adelante son transformados en alcohol por las levaduras, proteínas, ácidos y el resto de los componentes que forman el mosto.

Los hollejos, también conocidos como la piel de las uvas, constituyen el 50 % del orujo de la uva, pero la proporción entre los hollejos y las semillas puede variar mucho según la variedad de la uva. Estos subproductos destacan por su alto contenido en proteínas, entre un 5 % y un 12 %, el contenido en cenizas que va entre el 2 % y el 8 %, en azúcares solubles que va desde un 1 % y más del 70 % según el proceso aplicado, y sobre todo por el contenido en fibra y compuestos fenólicos. Los compuestos de mayor interés presentes en los hollejos son los antocianos o antocianinas de las uvas tintas, que dan el color al vino tinto, y los flavonoles de las uvas blancas, que también influyen en el color característico del vino blanco.

En cada grano de uva se pueden encontrar entre 2 y 4 semillas, las cuales tienen un contenido alto en fibras, proteínas y grasas. Las semillas se caracterizan por el alto contenido en flavanoles y taninos, que resultan de interés en el vino.

Los lodos orgánicos son los residuos y sedimentos que se forman durante la fermentación del mosto de uva, mientras que las lías son las células de levadura muertas y otros sólidos que se depositan en el vino después de la fermentación. Ambos residuos pueden tener influencia en las características organolépticas del vino, pero las lías en particular pueden ser aprovechadas, debido a su composición química, en la crianza del vino para obtener beneficios específicos en términos de aroma, sabor y estabilidad.

El porcentaje que se obtiene de cada subproducto en la vinificación se muestra en la Figura 4.



**Figura 4.** Distribución de los subproductos generados en la vinificación (Lavelli et al., 2016).

### 3. OBJETIVOS

El objetivo general de este Trabajo Fin de Máster es revisar los antecedentes existentes sobre la revalorización de los subproductos de la industria vitivinícola y sus aplicaciones. Para ello se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Describir los distintos subproductos que se generan en la industria enológica y las aplicaciones en la propia industria, y en otras como la alimentaria, química o farmacéutica.
- Revisar el efecto de la adición de subproductos durante la vinificación y las estrategias utilizadas para ello.

#### 4. METODOLOGÍA

En este Trabajo Fin de Máster se ha realizado una revisión bibliográfica de documentos científicos (tanto artículos científicos originales como revisiones) centrados en la revalorización de los subproductos enológicos.

Las palabras claves empleadas en esta búsqueda han sido: *subproductos enológicos* (*wine byproducts*), *revalorización* (*revalorization*), *orujos* (*grape pomace*), *hollejos* (*grape skins*), *semillas* (*grape seeds*), *raspones* (*grape stalks*), *lías* (*lees*), *barricas de roble* (*oak barrel*).

Para llevar a cabo esta búsqueda se consultaron las siguientes bases de datos: ScienceDirect, Pubmed, Catálogo FAMA (Universidad de Sevilla), Wiley Online Library y Scopus. Incluyendo artículos, libros y obras de consulta.

La búsqueda se limitó por fecha (2010-2023) y tema, y se seleccionaron de distintos idiomas (inglés, español y francés), utilizando para la traducción el diccionario *Linguee* (<https://www.linguee.es/ingles-espanol>).

Se siguieron criterios de inclusión y exclusión. En primer lugar, se incluyeron los documentos que trataban de los subproductos enológicos, del efecto de su adición en la industria vitivinícola, de la extracción de compuestos que dotan a los subproductos de características de interés y de las aplicaciones que pueden tener en otras industrias. Esta primera etapa de búsqueda permitió definir las palabras clave para una siguiente búsqueda más exhaustiva.

Con la información analizada, se agrupó la información obtenida para los diferentes apartados de los Resultados, sintetizando en los beneficios de la adición de los subproductos en las etapas de la vinificación, los subproductos como alternativa al aditivo SO<sub>2</sub> y, por último, el aprovechamiento de dichos subproductos de uva en los distintos ámbitos.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Adición de subproductos enológicos en la vinificación como alternativa al anhídrido sulfuroso

Entre los principales retos en el campo de la vinificación está el encontrar alternativas para la sustitución o para reducir la concentración de anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ). El  $\text{SO}_2$  es uno de los conservantes más utilizados en la industria enológica debido principalmente a su potente actividad antioxidante, su efecto antimicrobiano y su influencia en la estabilidad del color. En los vinos evita el pardeamiento y, por tanto, cambios de color y pérdidas de calidad. Sin embargo, el uso de  $\text{SO}_2$  presenta algunos inconvenientes ya que, al ser un alérgeno, puede ocasionar efectos adversos sobre la salud, como son la aparición de sensibilidad, alteraciones en el metabolismo de la vitamina B1 o síntomas leves de dolores de cabeza en consumidores con deficiencia hepática (Nogueira et al., 2023).

Hay estudios recientes que utilizan métodos físicos como las altas presiones, ultrasonidos o pulsos de campo magnético como alternativas al  $\text{SO}_2$ . Otros se han enfocado en la adición de sustancias naturales con propiedades antimicrobianas y antioxidantes como son los extractos vegetales que contienen alta concentración de compuestos fenólicos, principalmente hidroxitirosol y taninos. Haciendo uso de subproductos enológicos como semillas y raspones se han conseguido de manera satisfactoria vinos blancos con una valoración sensorial similar a la de los vinos elaborados con  $\text{SO}_2$  (Marchante et al., 2019). Sin embargo, a pesar de que la mayoría de los sustitutos tienen efectos antimicrobianos y/o antioxidantes, ninguno es tan efectivo como el  $\text{SO}_2$ . Así, en estos estudios los vinos elaborados sin  $\text{SO}_2$  presentaron una mayor facilidad para la oxidación. Por tanto, la adición de subproductos enológicos no sustituye el uso de  $\text{SO}_2$ , pero sí puede ser una buena estrategia para conseguir que sea necesaria una menor concentración.

### 5.1.1 Adición de extractos de raspones de uvas

Los raspones son un subproducto de gran interés debido a su contenido en compuestos bioactivos, que están implicados en la prevención de enfermedades degenerativas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas, además de presentar propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias (Quero et al., 2021; Tsao, 2010; Salehi et al., 2019).

Nogueira et al (2023) estudian las propiedades fisicoquímicas de vinos tintos elaborados con la variedad de uva Tempranillo en los que el SO<sub>2</sub> es sustituido por la adición de raspones de uvas Mazuelo. En el estudio elaboraron vinos con adición de raspón y SO<sub>2</sub> y vinos control. Los raspones que emplearon fueron separados y secados en un horno a 25 °C, para posteriormente ser molidos y tamizados. Para la extracción de los compuestos de interés de los raspones de uvas de Mazuelo siguieron la metodología propuesta por Esparza et al. (2021). Los raspones se maceraron en una mezcla de etanol/agua (1:1, v:v) a 40 °C durante 24 h en agitación.

Los diferentes tratamientos aplicados fueron: 1) control con 60 mg/L de SO<sub>2</sub>, 2) control libre de conservantes, 3) 200 mg/L de extracto de raspones, 4) una mezcla de 100 mg/L de extracto de raspones con dosis reducidas de SO<sub>2</sub>, y 5) 400 mg/L de extracto de raspones. El SO<sub>2</sub> se añadió en forma de metabisulfito potásico (K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). En los vinos elaborados y antes del embotellado, se determinaron los parámetros enológicos generales y la capacidad antioxidante. Se determinaron espectrofotométricamente el contenido total de antocianos, fenoles y flavonoles. También se determinaron los fenoles individuales por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Además, se realizó un análisis sensorial con 11 panelistas expertos en un laboratorio acreditado en condiciones controladas, y los resultados fueron tratados estadísticamente.

Los resultados obtenidos en este estudio indicaron que la composición química de los raspones presentaba una fracción mayoritaria de lignina con un 32,84 %, seguido de la fracción celulósica con un 31,34 %. Otros constituyentes presentes en los raspones eran las proteínas, cenizas y grasas, con un 5,72 %, 1,85 % y 0,45 %, respectivamente. En el caso del extracto que adicionaron durante la elaboración, la lignina fue también la fracción más representativa con un 30,62 %, seguida de la celulosa con un 19,68 %, las cenizas con un 3,14 % y las proteínas con un 2,67%. No se detectaron ni hemicelulosa ni grasa.

Entre los parámetros enológicos que determinaron está el contenido alcohólico, pH, azúcares reductores totales, la acidez volátil, el contenido fenólico total o la densidad óptica. Estos parámetros enológicos estuvieron dentro del rango óptimo esperado en los vinos, y no hubo resultados discrepantes entre los tratamientos. Lo que indica que el reemplazo por el SO<sub>2</sub> no tuvo un impacto negativo en el valor de estos parámetros.

En comparación con otras variedades, el extracto de raspón de Mazuelo presentó una mayor capacidad antioxidante y un mayor contenido de fenoles y flavonoides totales (Esparza et al., 2021).

Los vinos y los mostos son matrices complejas que deben sus propiedades antioxidantes a una combinación de compuestos bioactivos, principalmente los compuestos fenólicos. Por tanto, para determinar su actividad antioxidante es recomendable aplicar métodos con diferentes mecanismos de acción (Marchante et al., 2019). En el estudio llevado a cabo por Nogueira et al. (2023), la determinación de la capacidad antioxidante se realizó aplicando tres métodos espectrofotométricos con diferentes mecanismos de acción: métodos de captación de radicales (ensayos ABTS y DPPH) y método de reducción del poder antioxidante (FRAP).

La capacidad antioxidante de los mostos fue baja probablemente porque los compuestos fenólicos, presentes en los hollejos y las semillas, tardan en ser extraídos y transferidos al mosto. La mayor capacidad antioxidante lo presentaron los vinos después de la fermentación alcohólica. A partir de esta etapa, la capacidad antioxidante de todos los vinos se mantuvo constante o disminuyó ligeramente, probablemente debido a las modificaciones químicas donde están implicados los compuestos fenólicos, como son las reacciones de oxidación (Garrido & Borges, 2013).

En general, las muestras control mostraron los valores más altos de capacidad antioxidante al final del estudio, independientemente del método de medida utilizado. Esto podría deberse al efecto que tiene el  $\text{SO}_2$  de aumentar la difusión de los compuestos fenólicos de los hollejos al mosto (Giacosa et al., 2018; Jackson, 2000). Así, en los vinos control, el contenido fenólico y los antocianos totales presentaron una mayor concentración en la mitad de la fermentación alcohólica. Posteriormente, fue decreciendo, posiblemente por la absorción de los compuestos sólidos, la polimerización con taninos, precipitación o la degradación química (Ribérreau-Gayon et al., 2006). En el caso de los flavonoides totales, la concentración fue superior en la primera mitad de la fermentación alcohólica. Esto puede ocurrir ya que estos compuestos presentes en los hollejos son normalmente extraídos de la fase acuosa (Boulton et al., 1999; Ribérreau-Gayon et al., 2006). Posteriormente hay un pequeño descenso de los flavonoides totales seguido de un aumento al final de la fermentación alcohólica.

Con respecto a los resultados obtenidos en el análisis sensorial, no tuvieron diferencias destacables entre los vinos control y los vinos con un contenido reducido o sin  $\text{SO}_2$ .

Los resultados de los análisis sirvieron para comprender la influencia de la adición de los raspones en la composición fenólica al sustituir parcial o totalmente el  $\text{SO}_2$ .

En los vinos embotellados no obtuvieron diferencias en los valores de los parámetros enológicos por la sustitución del SO<sub>2</sub>.

Por tanto, aunque antes de la implantación de raspones para reemplazar el SO<sub>2</sub> en las bodegas serían necesarios estudios adicionales, a priori resulta viable el uso de estos subproductos, reduciendo los riesgos asociados al consumo de aditivos y favoreciendo la economía circular.

#### 5.1.2 Adición de extractos de semillas y raspones en combinación con plata coloidal

Marchante et al., (2019) evaluaron la adición de extractos ricos en compuestos fenólicos obtenidos de subproductos de semillas y raspones, y plata coloidal como alternativa al uso de SO<sub>2</sub> en vinos blancos. El complejo de plata coloidal es un aditivo que tiene propiedades antimicrobianas (Gomez-Alonso et al., 2012). En la vinificación la plata coloidal puede ser una herramienta para controlar ciertos microorganismos indeseables durante las etapas de la fermentación y conservación del vino. El uso de este aditivo puede contribuir a mantener la estabilidad microbiológica del vino, pero su uso en la vinificación es discutido ya que un exceso o uso inadecuado puede tener efectos adversos en la salud debido a la toxicidad por acumulación de plata en el organismo.

En el estudio realizado por Marchante et al., (2019) evaluaron la actividad antioxidante y antimicrobiana, color, composición fenólica, compuestos volátiles y las propiedades sensoriales en los vinos obtenidos. Para el estudio utilizaron semillas molidas y raspones de la variedad tinta Tempranillo y la extracción la realizaron con agua a alta presión. En los vinos control el SO<sub>2</sub> se añadió como metabisulfito de potasio. En este estudio, el vino blanco fue elaborado con uvas de la variedad Airén de la cosecha de 2016. Se dividió el mosto para realizar cinco

ensayos: 1) vinos control con SO<sub>2</sub>, 2) vinos con extracto de semillas, 3) vinos con extracto de semillas y el complejo de plata coloidal, 4) vinos con extracto de raspón y 5) vinos con extracto de raspones y el complejo de plata coloidal. Después de la fermentación, los vinos se estabilizaron, filtraron y se embotellaron.

En los vinos blancos elaborados evaluaron parámetros fisicoquímicos como densidad, grado alcohólico, acidez total y volátil, el contenido en SO<sub>2</sub>, pH, la concentración de fructosa, glucosa, glicerina y ácidos orgánicos y el color. También determinaron el perfil fenólico por cromatografía de líquidos y los compuestos responsables del aroma por cromatografía de gases. Evaluaron las características sensoriales de los vinos elaborados con un panel de cata formado por nueve jueces entrenados y utilizaron una escala no estructurada para calificar la intensidad de atributos como son el aroma afrutado y floral, la acidez, el amargor y calidad sensorial global.

Los resultados que obtuvieron en este estudio mostraron que los vinos elaborados con extractos de raspones y el complejo de plata coloidal presentaron la misma actividad microbiana que los vinos control (elaborados con SO<sub>2</sub>). Además, los vinos obtenidos tenían diferente perfil fenólico, siendo los vinos elaborados con los extractos de subproductos los que tenían mayor concentración de flavonoles.

En el estudio, los vinos a los que se les adicionó una cantidad de extractos de semilla presentaron una mayor concentración de flavanoles, fenoles característicos de la semilla de uva. Además, estos vinos tenían una mayor concentración de compuestos volátiles, principalmente ésteres etílicos, que contribuyen a la calidad del aroma y una menor concentración de acetaldehído, que es un compuesto responsable de sabores y aromas no deseados, y que contribuye a una menor estabilidad del color del vino debido a oxidaciones. Los vinos elaborados con extractos de subproducto (semilla y raspón) y el complejo

plata coloidal tenían concentraciones similares de metionol y lactato de etilo que los vinos control, estos compuestos son responsables de sabores agrios.

Los vinos elaborados con estos subproductos muestran una mayor tendencia a las oxidaciones, por lo que no se podría sustituir el uso de SO<sub>2</sub>. Sin embargo, la adición de estos subproductos podría ser una alternativa a utilizar grandes cantidades de SO<sub>2</sub>

## **5.2 Adición de orujos para mejorar la calidad del vino**

Los orujos son los subproductos de la industria vitivinícola obtenidos en mayor proporción en el proceso de elaboración del vino. Además, son una fuente de compuestos bioactivos, como la fibra dietética, polifenoles y proteínas (Sousa et al., 2014). Es por esto por lo que han despertado gran interés por sus posibles revalorizaciones. En concreto, los orujos que provienen de uvas blancas resultan más adecuados para la revalorización, ya que al no ser macerados siguen manteniendo mayores cantidades de compuestos de interés.

Según Jara-Palacios et al. (2014), los orujos de uvas blancas contienen una gran variedad de compuestos fenólicos que podrían mejorar la estabilidad del color de vinos tintos al favorecer las reacciones de copigmentación con los antocianos. De manera que estos compuestos fenólicos actúan como copigmentos protegiendo las formas coloreadas de los antocianos de diferentes maneras según el tipo de subproducto utilizado.

Además, los hollejos de las uvas, que forman parte de los orujos, son una fuente rica en antioxidantes y se les atribuyen propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias, antimutagénicas y anticancerígenas (Jara-Palacios et al., 2015; Barba et al., 2016).

Tradicionalmente los orujos se han utilizado en Europa como un valioso subproducto. Algunos de sus usos han sido la extracción de aceite, como fuente de proteínas para alimentación animal, como fuente de taninos, o como fuente de

antioxidantes (Barba et al, 2016). En general, los orujos son subproductos con un alto valor para mejorar las características del vino, logrando aumentar su calidad.

### 5.2.1 Adición de extractos de orujos de uva blanca pasificada

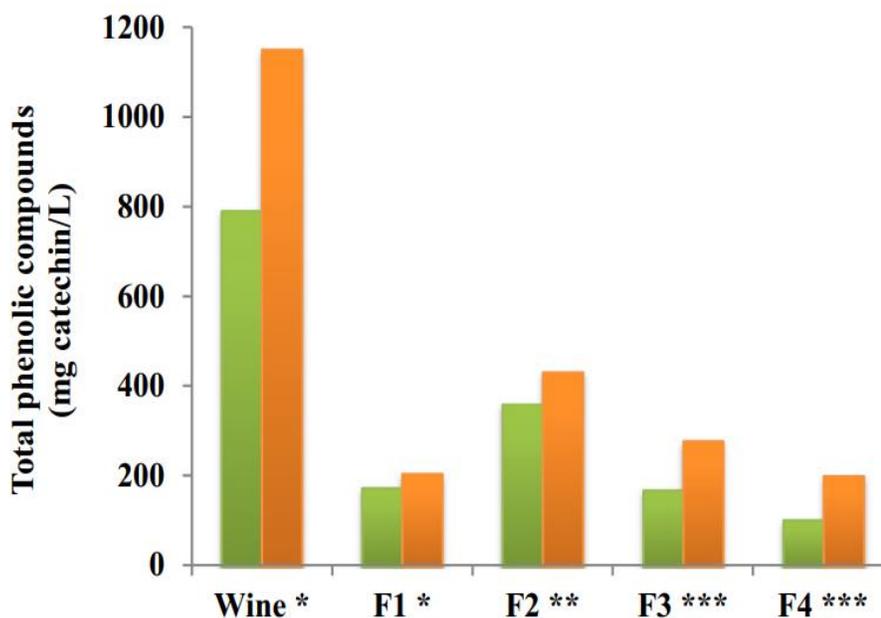
En la zona vinícola de Montilla-Moriles se hace uso de uno de los métodos de crianza más antiguos. Los racimos de uvas se exponen al sol durante 7-10 días provocando la pérdida de agua de la uva y concentrando sus compuestos (López de Lerma et al., 2014). El estrés hídrico mejora la expresión de los genes implicados en la biosíntesis de compuestos fenólicos (Rizzini, et al., 2009). De esta manera, la deshidratación postcosecha modifica el metabolismo primario, que pasa de aerobio a anaerobio, y el secundario, dando lugar a la síntesis de fenoles y volátiles.

Tradicionalmente, los vinos dulces en esta comarca vitivinícola se elaboraban añadiendo alcohol vínico al mosto obtenido de uvas pasificadas. El alcohol vínico era obtenido de hollejos de las uvas pasificadas. En el estudio llevado a cabo por Dumitriu et al., (2015), usaron uvas soleadas de Pedro Ximénez para fortificar el mosto, aprovechando los compuestos fenólicos presentes en los hollejos. En este estudio evaluaron el contenido fenólico y la actividad antioxidante de los vinos macerados frente a un vino elaborado de forma tradicional. Para la extracción fenólica optimizaron la proporción de mosto/etanol y las condiciones de maceración. Para ello, prepararon tres mezclas de 40/60, 50/50 y 60/40 mosto/etanol. Los extractos de uva los obtuvieron de la siguiente forma: 1) utilizando 10 mL de mezcla durante 24 h, dos veces y 2) una extracción en continuo con 20 mL de la disolución de extracción durante 48 h. Los extractos resultantes se centrifugaron y filtraron para determinar su índice de polifenoles totales midiendo la absorbancia a 280 nm. Los resultados mostraron que las mejores condiciones de extracción de los compuestos fenólicos se consiguieron

con la mezcla 40/60 de mosto/etanol después de 24 horas con extracción en continuo. Para la elaboración, los hollejos se añadieron en una relación 1:4 respecto a la mezcla de extracción.

Estudiaron cuatro fracciones fenólicas mediante columnas de fraccionamiento (C18). La fracción 1 correspondía a los ácidos hidroxibenzoico e hidroxicinámico y sus ésteres, la fracción 2 de catequinas, la fracción 3 de flavonoles y la fracción 4 de procianidinas de alto peso molecular.

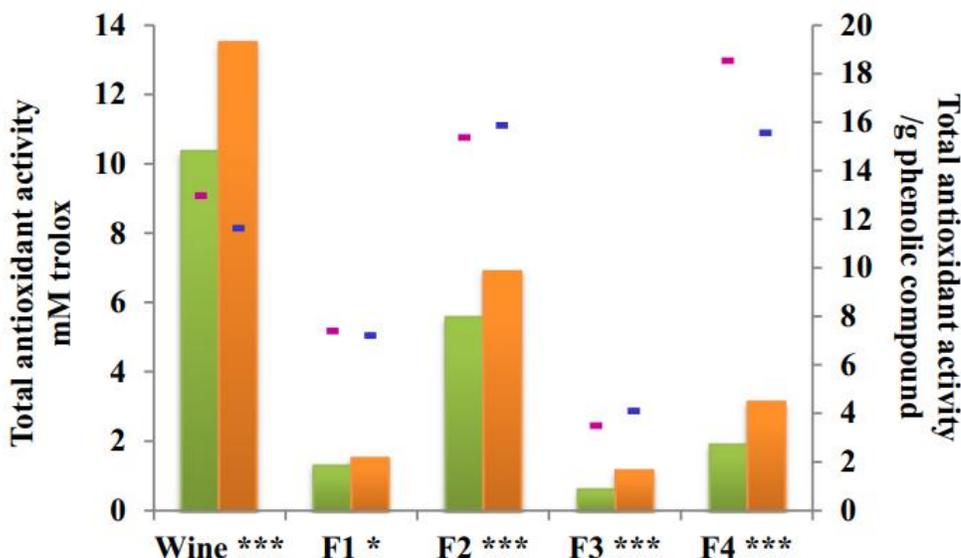
Respecto al contenido fenólico (Figura 5), el vino macerado con los hollejos de uvas pasificadas presentaba un 30 % más que el vino elaborado de forma tradicional. En el caso de las fracciones fenólicas, los vinos macerados tenían mayor concentración que el vino tradicional. Los mayores incrementos se observaron en las fracciones 3 (flavonoles) y 4 (compuestos poliméricos), lo que puede deberse a una mayor afinidad por la disolución de extracción y/o a que estos compuestos fenólicos son los más abundantes en los hollejos de la uva pasificada. Por otro lado, esta mayor concentración en flavonoles (fracción 2), no usual en vinos blancos, puede ser debida a la ruptura celular de la uva durante el soleado lo que facilita la difusión de compuestos fenólicos desde el hollejo a la pulpa (Bellincontro et al., 2009; Peinado et al., 2013).



\*: significant differences at 95% of confidence level \*\*: significant differences at 99% of confidence level. \*\*\*: significant differences at 99.9% of confidence level.

**Figura 5.** Contenido fenólico total: vino elaboración tradicional (barras verdes), vino macerado (barras naranjas). Fracciones fenólicas: F1: Ácidos fenólicos; F2: Flavanoles; F3: Flavonoles; F4: Procianidinas (Dumitriu et al., 2015).

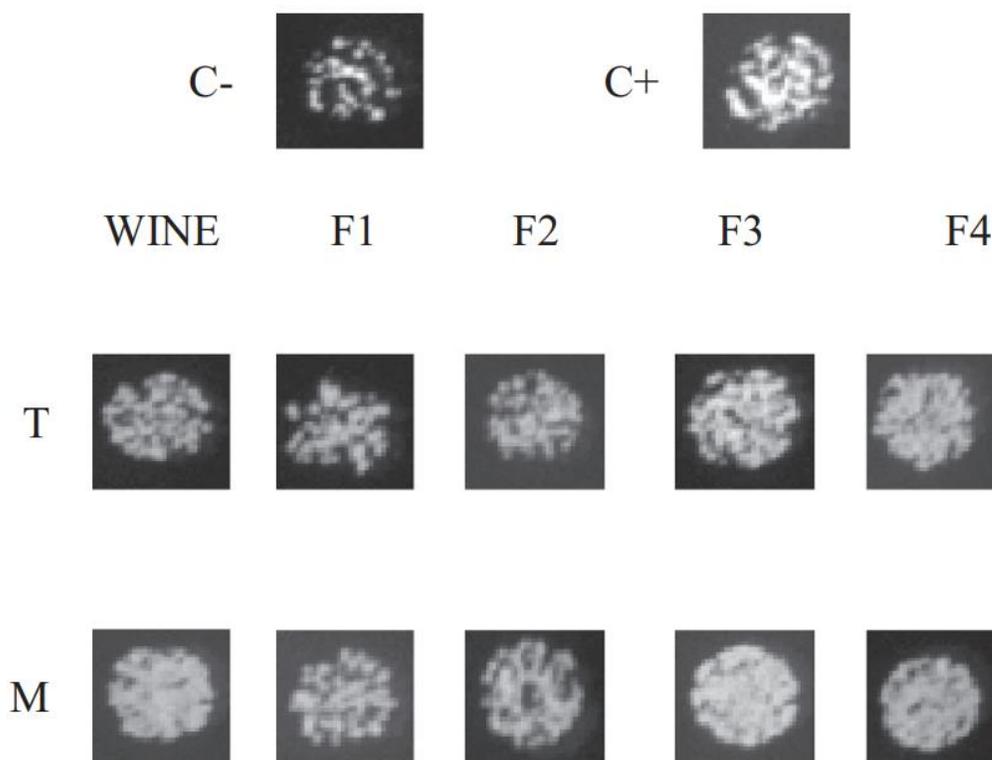
La actividad antioxidante de los vinos (Figura 6) mostró un comportamiento similar al descrito para el contenido fenólico. Evaluando la actividad antioxidante, observaron que los compuestos fenólicos que más contribuyen a esta actividad son las procianidinas de alto peso molecular, los flavanoles, seguidos de los ácidos fenólicos y finalmente los flavonoles.



\*: significant differences at 95% of confidence level. \*\*\*: significant differences at 99.9% of confidence level.

**Figura 6.** Actividad antioxidante total del vino tradicional (barras verdes), del vino macerado (barras naranjas) y de sus fracciones fenólicas (F). Actividad antioxidante total por gramo de compuesto fenólico (líneas) del vino tradicional (líneas rosas), vino macerado (líneas azules) y sus fracciones fenólicas (F1 a F4). F1: Ácidos fenólicos; F2: Flavonoles; F3: Flavonoles; F4: Procianidinas (Dumitriu et al., 2015).

También midieron la actividad antioxidante *in vivo* evaluando cómo afecta la adición de las fracciones en la supervivencia de las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), sometidas a estrés oxidativo. Observaron que las levaduras incubadas con las fracciones 3 y 4 mostraron la mayor supervivencia y que los flavonoles y glucósidos de flavonol tuvieron un mayor efecto protector contra el estrés oxidativo (Figura 7).



**Figura 7.** Supervivencia bajo estrés oxidativo de levaduras preincubadas con compuestos fenólicos de vino tradicional (T), vino macerado (M), y sus fracciones fenólicas (F1 a F4). Se utilizó catequina (C+) como control positivo. Levadura incubada sin compuestos fenólicos (C-). F1: Ácidos fenólicos; F2: Flavanoles; F3: Flavonoles; F4: Procianidinas (Dumitriu et al., 2015).

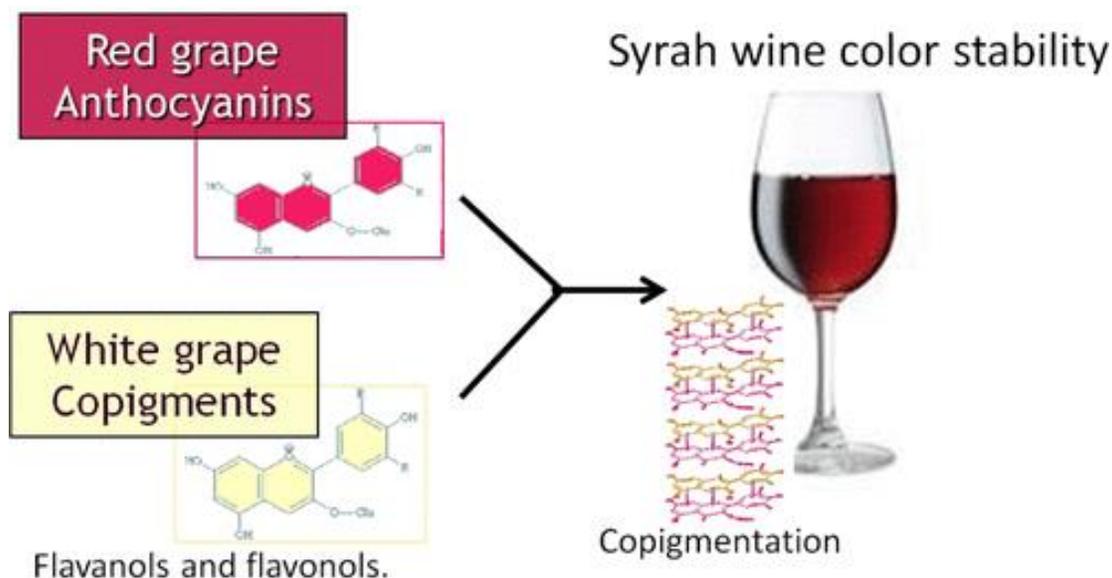
Los resultados muestran que los hollejos de las uvas pasificadas se pueden utilizar para fortificar el mosto. El vino resultante muestra una mayor concentración fenólica, principalmente flavanoles, flavonoles y procianidinas, y por tanto una mayor capacidad antioxidante.

### 5.2.2 Adición de hollejos y semillas de uva blanca

Las altas temperaturas dificultan la estabilización del color de los vinos tintos debido al desfase entre la madurez de la pulpa con respecto a la de las semillas y el hollejo, lo que dificulta que se alcance una adecuada madurez fenólica necesaria para elaborar vinos de calidad (Boulton, 2001).

En el caso de las regiones vitivinícolas de clima cálido es muy común disponer de grandes cantidades de subproductos ya que debido a las condiciones meteorológicas las uvas tintas y blancas coinciden en los periodos de maduración (Gordillo et al., 2014). Es especialmente interesante el uso de subproductos de vinos blancos en la elaboración de vinos tintos ya que, al tener periodos cortos de maceración los fenoles permanecen en los hollejos y semillas. Este hecho hace que recientemente sea muy popular esta aplicación tecnológica que permite aprovechar estos subproductos y repercute en el beneficio económico de la industria vitivinícola.

El estudio realizado por Cejudo-Bastante et al. (2016) puso de manifiesto el aumento en la concentración de compuestos fenólicos y la mejora en la estabilidad del color en vinos elaborados con uvas Syrah si se les adiciona un hidrolizado enzimático de semillas de uvas blancas. Por otro lado, Gordillo et al. (2014) obtuvieron resultados similares en vino tintos también elaborados con uvas Syrah adicionados con hollejos de uva blancas durante la etapa de fermentación (Figura 8).



**Figura 8.** Mejora de la estabilidad del color en uvas Syrah (Gordillo et al., 2014)

Rivero et al. (2017) estudiaron como fuente alternativa de copigmentos las semillas sobremaduradas de uvas de la variedad Pedro Ximenez y su efecto en la estabilidad del color y la composición fenólica. La adición de semillas condujo a vinos tintos de Syrah con mejores propiedades fenólicas que los vinos macerados de forma tradicional. Esta mayor extracción de fenoles durante la fermentación en los vinos con semillas sobremaduras, hizo que los vinos presentarán una mayor estabilidad de color y vinos con colores más oscuros y con tonos azulados. Como los autores indican, las semillas sobremaduras de Pedro Ximenez son una buena fuente natural de copigmentos y su adición en la etapa de la maceración prefermentativa representa una técnica útil para la elaboración de vinos tintos en clima cálido, ya que produce una mejora tanto de la composición fenólica como de la calidad y estabilidad cromática.

### **5.3 Adición de virutas de barrica para mejorar la calidad del vino**

La crianza del vino consiste en un proceso de dos etapas, en el que el vino consigue características especiales y aumentar su longevidad. La primera etapa es de carácter oxidativo y ocurre en las barricas de madera, mientras que la segunda etapa ocurre en las botellas y es de carácter reductor. El vino es almacenado en barricas para que poco a poco, a través de los poros y pequeños orificios que tienen, se vaya oxigenando de manera prolongada haciendo que evolucione modificando su color y aromatzidad (Vaquero, 2013).

Según Coelho et al. (2021) durante la crianza, el contacto del vino con la madera puede dar lugar a diferentes procesos de envejecimiento. Entre estos procesos está el envejecimiento aditivo, sustractivo, químico y biológico. En el envejecimiento aditivo, tiene lugar la transferencia al vino de los componentes presentes en la madera (Canas et al., 2013; García-Estévez et al., 2015). En el sustractivo, ocurre la pérdida de compuestos del vino debido a la sustracción de estos por la madera (Barrera-García et al., 2007; Coelho et al., 2019). El envejecimiento químico consiste en las reacciones de los componentes del vino con la madera (Coetzee & Du Toit, 2015). Por último, en el envejecimiento biológico el cambio en la matriz del vino es debido a la acción de microorganismos (Snauwaert et al., 2016; Coelho et al., 2020).

El roble es la madera más utilizada para la elaboración de la barrica. Las barricas suelen ser de roble americano o francés. En el caso del roble francés, las duelas se obtienen mediante separación para garantizar la estanqueidad de la barrica. Esto es una desventaja frente a las barricas de madera americana, ya que son más compactas y presentan mejores rendimientos (Jimenez-Moreno et al., 2018). El uso de estas maderas en el envejecimiento del vino es debido a sus propiedades mecánicas y a su capacidad de actuar como contenedor dinámico (Alamo-Sanza & Nevares, 2018). Durante la vida útil de la barrica, la madera se puede utilizar, reutilizar y regenerar antes de ser desechada. La crianza del vino

suele realizarse en barricas nuevas, pero pueden ser reutilizadas en función de su contenido extractivo. En el envejecimiento hay cesiones de compuestos químicos de la madera que contribuyen a las características sensoriales del vino tales como los fenoles volátiles, furano, lactonas y taninos, entre otros (Mosedale & Puech, 2003).

Como alternativa a la crianza en barrica, se han desarrollado varios procesos para acelerar los fenómenos de envejecimiento y por tanto la crianza del vino, entre estos procedimientos está la inmersión de virutas de madera de roble en el vino en combinación con otros tratamientos fisicoquímicos (Tao et al., 2014). Estas tecnologías de envejecimiento acelerado a menudo hacen uso de la madera de roble en formas de chips, duelas, cubos o palos (Chatonnet, 2007), los cuales son una alternativa económica, ecológica y sostenible para el proceso de envejecimiento del vino (García-Alcaraz et al., 2020).

Actualmente, la investigación sobre el envejecimiento se centra en la transferencia de compuestos de roble al vino en las etapas del proceso de vinificación, y las transformaciones químicas y biológicas que tienen lugar. Para ello, se hace uso de virutas de madera usadas anteriormente en la industria de la tonelería, lo que permite darle un nuevo uso logrando su revalorización.

### 5.3.1 Adición de virutas de roble al vino

Coelho et al., (2021) estudian el efecto de la adición de subproductos de madera de roble americano, en forma de virutas, que previamente fue utilizado en el envejecimiento de vinos de Oporto. Para el ensayo de extracción se hizo uso de un vino tinto comercial que tenía una concentración de etanol de 12,5 %. Las virutas de madera se sumergieron en el vino en una proporción de 20 g/L. Las dos fases se pusieron en contacto a 48 horas. También realizaron ensayos control de vino sin madera en las mismas condiciones para discriminar los efectos de la

temperatura. Después del proceso se separó el vino de la madera mediante decantación, y luego se filtraron.

En el estudio se evaluaron las diferencias entre los vinos en cuanto a su perfil volátil mediante cromatografía de gases acoplada a un espectrómetro de masas. Estos estudios pusieron de manifiesto la cesión de compuestos característicos de la madera a los vinos, principalmente de furanos, fenoles volátiles y aldehídos. Además, los vinos envejecidos con estas virutas presentaron un menor contenido en decanoato de etilo, octanoato de etilo y ácido decanoico, debido al envejecimiento sustractivo (Coelho et al., 2019).

Bautista-Ortín et al. (2008) evaluaron el efecto de la adición de virutas de roble en la crianza del vino. Para ello, sumergieron virutas de roble americano en vino tinto en depósitos de acero inoxidable. En general, los resultados que obtuvieron fueron similares, a excepción de que en el estudio de Coelho et al. (2021), se detectaron concentraciones inferiores de 4-etilfenol y 4-etilguayacol, que se suelen asociar al deterioro del vino.

En el estudio de Bautista-Ortín et al. (2008) de revalorización de subproductos de madera, se puso de manifiesto la importancia de la cantidad de madera y la temperatura durante la crianza. Concluyeron, que cuando hay más cantidad de virutas y es más alta la temperatura durante el envejecimiento el perfil sensorial de los vinos era más marcado en descriptores de vainilla y coco, por el contrario, si tenían una menor cantidad de madera proporcionaba vinos más afrutados.

La reutilización de virutas de roble es una alternativa válida para procesos de envejecimiento acelerado, teniendo lugar un envejecimiento aditivo y sustractivo, y permitiendo la revalorización del subproducto.

### 5.3.2 Adición de extractos de madera de roble a la vid

Como se ha comentado anteriormente, el uso de las barricas no está relacionado exclusivamente con contener el vino. Según el tipo de barrica usada, el vino puede mejorar sus características organolépticas y/o su composición química. Por estos motivos, el uso de las barricas de roble en el vino puede ser una garantía de calidad para su elaboración. Uno de los problemas del uso de la barrica es que para su elaboración requiere una gran cantidad de madera, condicionando negativamente la preservación de los bosques. Los árboles usados para la elaboración de las barricas deben ser como mínimo de una antigüedad de unos 100-150 años, con diámetros de entre 45 a 60 centímetros, y solo se utiliza la madera del duramen de la parte inferior del tronco. Lo que se traduce en un proceso muy costoso.

Por otro lado, algunas cepas de uva como la Garnacha no presentan la misma capacidad de envejecimiento en barricas que otras variedades como el Tempranillo o el Cabernet Sauvignon. La Garnacha es ampliamente reconocida como una de las uvas tintas más populares a nivel mundial debido a su color intenso y su perfil frutal. No obstante, esta cepa es sumamente susceptible a la oxidación y su proceso de envejecimiento en barrica resulta menos favorable si no se implementan las precauciones adecuadas. La Garnacha requiere condiciones secas y cálidas para alcanzar su máximo potencial, características que suelen encontrarse en el clima español.

Ante esta problemática, se ha observado que la vid puede absorber compuestos característicos de la madera de roble a través de sus hojas y proporcionar compuestos volátiles típicos de la madera de roble a la uva y, por lo tanto, al vino, sin necesidad de utilizar barricas de roble (Martínez et al., 2012). De esta manera, se aprovechan los desechos de la fabricación de barriles para obtener estos extractos de madera de roble y, por lo tanto, se optimiza el uso de la madera.

Por esta razón, Nogueira et al., (2018) estudiaron la influencia de la composición volátil del vino Garnacha procedente de una viña, rociada tanto con extractos de roble tostado como sin tostar. Estos resultados se compararon con un vino de control obtenido de las mismas uvas, pero rociado solo con agua destilada, sin ningún extracto de roble.

Para llevar a cabo el estudio utilizaron uvas de Garnacha de la cosecha de 2014 de un viñedo en Navarra (España). Disponían de 3 parcelas, con 72 vides cada una, y a cada una le aplicaron un tratamiento diferente, uno con extractos de roble tostado, otro con extractos de roble sin tostar, y otro únicamente con agua destilada, cuyas uvas se utilizaron como muestra de control. La madera utilizada la prepararon secando astillas de roble francés, tostado y sin tostar, durante 18 meses, y los extractos se obtuvieron de cada tipo de madera por separado mediante una infusión en agua caliente a 100 °C.

La aplicación de estos extractos fue durante la etapa de envero, ya que es cuando la actividad metabólica de la planta es mayor y se producen la mayoría de los cambios en la uva. Para el tratamiento los extractos se diluyeron previamente en agua destilada al 40% y realizaron cuatro aplicaciones de 300 mL por vid, iniciándose en agosto de 2014 y las tres restantes a los 7, 14 y 21 días. Durante este período no llovió en la zona geográfica donde se encuentra el viñedo y las temperaturas oscilaron entre 10 y 35 °C. Las uvas fueron cosechadas de las tres parcelas: parcela de control (C) y parcelas tratadas con extractos de roble sin tostar (U) y tostado (T). Después de la cosecha, las uvas se lavaron, despallillaron y prensaron. La vinificación fue tradicional y los vinos se embotellaron.

Realizaron tomas de muestra en cuatro etapas de la vinificación: mosto inicial, al 50% de la fermentación alcohólica, después de la fermentación alcohólica y después de la fermentación maloláctica, y determinaron los parámetros enológicos, los compuestos volátiles, un análisis sensorial y un análisis estadístico.

En el perfil volátil del extracto de roble tostado destacaba una alta concentración de compuestos como la vainillina, siringaldehído, coniferaldehído y acetovanillona. Estos compuestos se forman durante el tostado de la madera por la degradación térmica de las unidades monoméricas de la lignina. También, presentaban, aunque en menor concentración, compuestos como el furfural y el 5-metilfurfural. Mientras que en el extracto de roble sin tostar destacaban el eugenol, el 2-feniletanol y las lactonas.

En el estudio no encontraron diferencias significativas en los parámetros enológicos entre los vinos diferenciados por el tratamiento aplicado a las uvas durante el envero. Cabe destacar que el contenido fenólico total fue algo superior en las muestras tratadas con extractos de roble respecto a la muestra de control, lo cual podría indicar que los compuestos fenólicos del roble han pasado al vino.

Aplicaron técnicas quimiométricas a los datos obtenidos para analizar las diferencias en la composición volátil de los vinos. Los vinos elaborados con las uvas tratadas presentaban diferencias significativas. Así, destacan la presencia de ésteres etílicos, acetato de isoamilo, 2-feniletanol, lactato de etilo, lactonas de roble *cis* y *trans*, eugenol y aldehídos fenólicos en los vinos elaborados con extractos de roble.

Para llevar a cabo el análisis sensorial realizaron primeramente una prueba triangular a los vinos antes del embotellado, no encontrando diferencias entre los atributos sensoriales. Después de 18 meses de conservación en botella, se realizó otro análisis sensorial a los vinos siendo en este caso un análisis descriptivo. El vino control obtuvo mejores resultados en la intensidad de color, tonalidad e intensidad aromática, pero peores resultados que los vinos con extractos en claridad y calidad aromática, ya que presentaba ciertos signos de oxidación. Los vinos de extractos de roble destacaron por una mejor conservación, un aroma más intenso a madera, especialmente en el vino obtenido con extractos de roble tostado, y un aroma a especias más intenso. Además, los vinos tratados con

extractos de roble presentaron mayor cuerpo y persistencia en boca que el vino de control. Los catadores consideraron que el vino más equilibrado fue el obtenido después de aplicar el extracto de roble tostado.

El envejecimiento del vino en la botella permitió la disminución de compuestos de origen fermentativo que otorgan al vino los aromas frutales y florales característicos del vino joven, haciendo que los sabores característicos de los extractos de roble fuesen más evidentes.

Debido a la complicada regulación del metabolismo de la vid, el proceso de absorción de los componentes de los extractos de roble es más complejo que una simple absorción por las hojas y su transporte a las uvas. Se precisan más estudios para aplicar el método de manera consistente durante el desarrollo de la vid. Esta estrategia de adición de extractos de madera a la vid de la variedad Garnacha puede ser útil para elaborar vinos con connotaciones de crianza, sin haberse envejecimiento en madera.

#### **5.4 Revalorización de lías.**

Las lías son subproductos que a pesar de tener un amplio potencial de revalorización y ser los segundos subproductos más generados en la industria, son los que menos atención han recibido y menos opciones de revalorización tienen. Las lías contienen grandes cantidades de polisacáridos, proteínas, lípidos y otras sustancias orgánicas que complican su degradación, llegando a ser consideradas un problema medioambiental al complicarse su degradación biológica (Jara-Palacios et al., 2014). Después de la separación del vino, suelen ser usadas para compostaje o alimentación animal. Sin embargo, estas aplicaciones son más una manera de reducir los costes que una revalorización como tal (Lavelli et al., 2016).

En el estudio de De Iseppi et al. (2020) se esquematizan las principales estrategias de valorización para las lías (Figura 9). Una de estas estrategias es el

aprovechamiento del etanol presente en las lías, que es un alcohol rico en compuestos aromáticos y puede ser usado para la producción de bebidas espirituosas (Bustos, et al., 2004). Normalmente es separado en destilerías siguiendo lo indicado por el Reglamento del Consejo Europeo (Reglamento CE nº 479/2008, 2008). Tras el proceso de destilación quedan las lías destiladas o vinazas, que contienen varios componentes potencialmente aprovechables de gran valor, como polifenoles, tartratos y biomasa procedente de las levaduras.

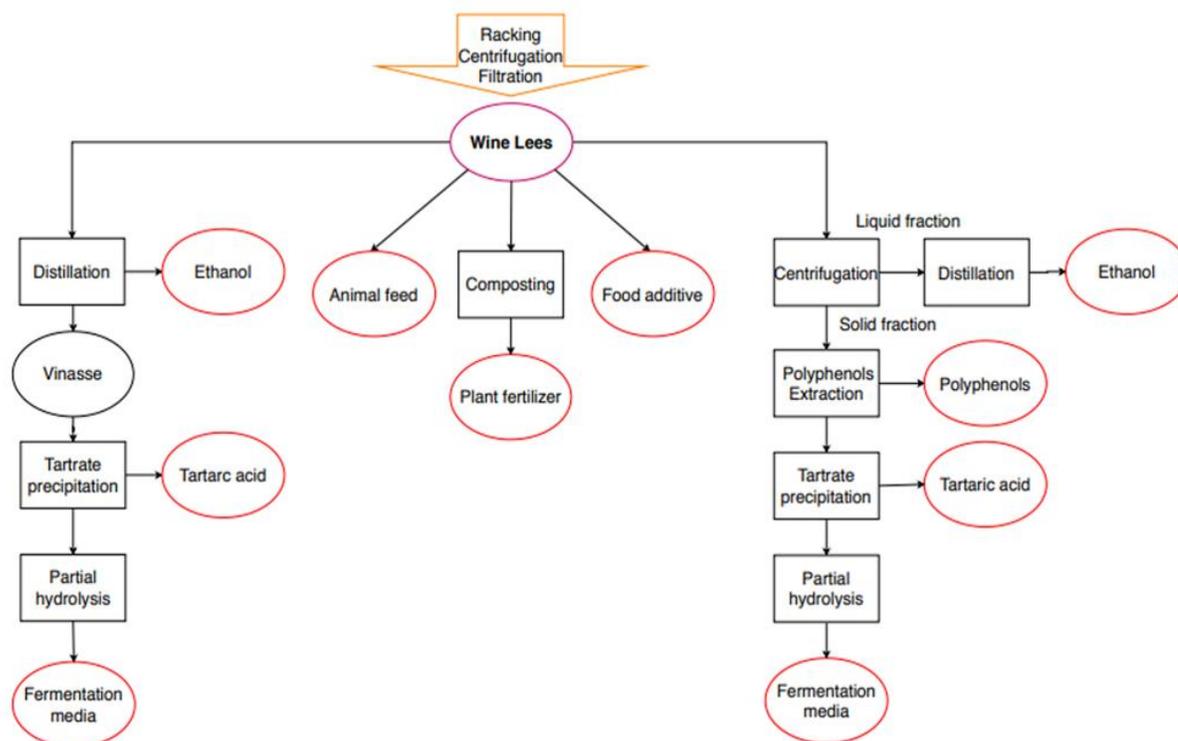
De las vinazas, el compuesto extraíble con más valor es el ácido tartárico. Este ácido es predominante en las uvas y en los vinos y es un compuesto muy poco común en otros materiales vegetales (Keller, 2015). Es un importante acidulante utilizado en diferentes industrias como la farmacéutica, química o de alimentos y bebidas (Kassaian, 2000). Actualmente existe un procedimiento a nivel industrial para recuperar el ácido tartárico. Este procedimiento implica el secado y la molienda de las lías, seguido de la solubilización del bitartrato de potasio utilizando agua a 70 °C. Después de eliminar las lías sólidas, se agregan sales de calcio para inducir la precipitación del tartrato de calcio. Este último se descompone utilizando ácido sulfúrico para obtener ácido tartárico solubilizado y sales de sulfato de calcio insolubles, que se desechan como residuos. Después de la purificación y la decoloración, la disolución de ácido tartárico se concentra y se cristaliza para obtener ácido tartárico sólido.

El residuo sólido resultante de las extracciones de etanol y ácido tartárico presenta una cantidad inferior de compuestos orgánicos, lo que reduce significativamente su demanda química de oxígeno. Por lo tanto, los problemas ecológicos derivados de la eliminación de las vinazas después de la extracción de etanol y ácido tartárico son considerablemente menores en comparación con las lías originales del vino. Sin embargo, los residuos de extracción, compuestos principalmente por levaduras, aún pueden ser objeto de estudio para su aprovechamiento.

Las vinazas también se han planteado como una opción para producir medios de cultivo para bacterias ácido-lácticas, y ha demostrado ser una estrategia rentable. Las vinazas tratadas después de la recuperación de ácido tartárico también se utilizan para la producción de ácido láctico, xilitol y ácido cítrico.

Después de la separación del ácido tartárico pueden obtenerse polifenoles que están absorbidos en las lías y biomasa de las levaduras. Kopsahelis et al. (2018) valoran la posibilidad de incluir la extracción de polifenoles en el procesamiento de lías de vino. Para ello, desarrollaron un protocolo que con la separación inicial de las lías de vino en sus fracciones sólida y líquida. A continuación, la fracción líquida se destila para la producción de etanol, mientras que la fracción sólida se somete tanto a extracciones efectivas de polifenoles como de tartrato antes de aplicarse como sustrato para medios de cultivo. Por lo tanto, con este enfoque se intenta extraer todos los componentes valiosos de las lías de vino y luego utilizar los residuos sólidos como sustrato para obtener un producto biotecnológico de alto valor.

En la Figura 9, se muestran las técnicas de revalorización actuales, que no consiguen reducir los niveles de demanda de oxígeno a un nivel seguro y las estrategias potenciales, aún con necesidad de nuevos estudios.



**Figura 9.** Principales estrategias de valorización para las lías del vino (De Iseppi et al., 2020).

Otro ejemplo de revalorización es la producción de medios de cultivos microbianos. Pero, debido a la elevada variabilidad de la composición de las lías, en ocasiones es complicada la producción de medios de cultivo estándar. Es por ello por lo que se plantean otras técnicas de revalorización de la parte sólida de las lías haciendo uso de la pared celular de polisacáridos, en concreto manoproteínas y  $\beta$ -glucanos, que son los componentes mayoritarios.

Los  $\beta$ -glucanos tienen diversos usos en la industria alimentaria debido a sus propiedades funcionales, tecnológicas y nutraceuticas. De hecho, varios productos alimenticios disponibles en el mercado como las galletas y los crackers ya se preparan con este componente de la levadura. Las manoproteínas pueden ser una alternativa a los emulsificantes comerciales, además de posibles usos en

preparaciones vegetarianas y veganas. También tienen usos en la industria vitivinícola, mejorando atributos de calidad como la espumabilidad o la textura en la boca. Esto se debe principalmente a que, en comparación a otros aditivos exógenos, las manoproteínas se encuentran presentes de manera natural en los vinos haciendo que sean aceptadas con mayor facilidad. Por este motivo las manoproteínas además de ser una solución actual para limitar los aditivos exógenos, incrementarán su relevancia a lo largo de los años. A pesar de todo, es importante seguir desarrollando procesos de extracción que sean efectivos y económicamente rentables, que permitan usar este componente como fuente de recursos.

El problema principal de los extractos de polisacáridos de las lías es que la mayoría de los polifenoles se encuentran absorbidos en la pared celular, especialmente cuando provienen de vinos tintos. La interacción de ambos componentes compromete la extracción, la pureza, y en definitiva la funcionalidad del extracto final. La solución que se propone es separar los polifenoles de las lías o usar lías que provengan de vinos blancos.

En definitiva, las futuras aplicaciones deben tener como objetivo desarrollar un enfoque integrado para extraer de las lías de vino el mayor número y cantidad de compuestos con posibles aplicaciones en diferentes sectores. Estos compuestos incluyen los mencionados: etanol, ácido tartárico, polifenoles,  $\beta$ -glucanos y polisacáridos presentes en la biomasa restante. El desarrollo de esta línea de revalorización de las lías que se muestra en la parte derecha de la Figura 9, podría contribuir a mejorar las herramientas disponibles para su valorización y ofrecer a la industria del vino un medio importante para mejorar su sostenibilidad tanto ambiental como económica.

## 6. CONCLUSIONES

- Los subproductos de la industria vitivinícola (orujos, raspones, hollejos, virutas de roble y lías) son susceptibles de reutilización, fundamentalmente en la elaboración del vino.
- Los raspones y las semillas pueden reforzar la acción antioxidante del  $\text{SO}_2$ , consiguiendo que sea necesaria una menor concentración de este aditivo químico.
- La adición de orujos y hollejos, como fuente de compuestos fenólicos y de copigmentos, mejora la estabilidad cromática y las propiedades antioxidantes de los vinos.
- Las virutas de roble de las barricas son una alternativa para procesos de envejecimiento acelerado, aportando a los vinos compuestos característicos de la madera, como son el 2,6-dimethoxyphenol y el siringaldehído.
- La adición de extractos de virutas de roble durante el envero puede aportar al vino compuestos como la vainillina y el siringaldehído, que mejoran su perfil aromático.
- Las lías son subproductos que gracias a su contenido en compuestos fenólicos, ácido tartárico y etanol poseen múltiples aplicaciones en distintas industrias.
- Se ha visto reflejado el interés de la revalorización de los subproductos vitivinícolas en el aumento de estudios que ofrecen alternativas viables y sostenibles, con el consiguiente beneficio medioambiental y económico para la industria.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Alamo-Sanza, M., & Nevares, I. (2018). Oak wine barrel as an active vessel: A critical review of past and current knowledge. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(16), 2711–2726. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1330250>
- Barba, F. J., Zhu, Z., Koubaa, M., Sant'Ana, A. S., & Orlie, V. (2016). Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 49, 96–109. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.01.006>
- Barrera-García, V. D., Gougeon, R. D., Di Majo, D., De Aguirre, C., Voilley, A., & Chassagne, D. (2007). Different Sorption Behaviors for Wine Polyphenols in Contact with Oak Wood. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(17), 7021–7027. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/jf070598v>
- Bautista-Ortín, A. B., Lencina, A. G., Cano-López, M., Pardo-Mínguez, F., López-Roca, J. M., & Gómez-Plaza, E. (2008). The use of oak chips during the ageing of a red wine in stainless steel tanks or used barrels: Effect of the contact time and size of the oak chips on aroma compounds. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 14(2), 63–70. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2008.00008.x>
- Bellincontro, A., Nicoletti, I., Valentini, M., Tomas, A., Santis, D. D., Corradini, D., & Mencarelli, F. (2009). Integration of Nondestructive Techniques with Destructive Analyses to Study Postharvest Water Stress of Winegrapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60(1), 57–65. Disponible en: <https://doi.org/10.5344/ajev.2009.60.1.57>

- Bodega Torres (2015). *Partes de la uva: Elaboración, Los básicos*. Recuperado el 10 enero 2023, de <https://www.torres.es/es/blog/elaboracion/partes-de-la-uva>
- Boulton, R. (2001). The Copigmentation of Anthocyanins and Its Role in the Color of Red Wine: A Critical Review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52(2), 67–87. Disponible en: <https://doi.org/10.5344/ajev.2001.52.2.67>
- Boulton, R. B., Singleton, V. L., Bisson, L. F., & Kunkee, R. E. (1999). *Principles and Practices of Winemaking*. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6255-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6255-6_5)
- Bustos, G., Moldes, A. B., Cruz, J. M., & Domínguez, J. M. (2004). Evaluation of vinification lees as a general medium for *Lactobacillus* strains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(16), 5233–5239. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/jf049763m>
- Canas, S., Caldeira, I., & Belchior, A. P. (2013). Extraction/oxidation kinetics of low molecular weight compounds in wine brandy resulting from different ageing technologies. *Food Chemistry*, 138(4), 2460–2467. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.12.018>
- Cejudo-Bastante, M. J., Rodríguez-Morgado, B., Jara-Palacios, M. J., Rivas-Gonzalo, J. C., Parrado, J., & Heredia, F. J. (2016). Pre-fermentative addition of an enzymatic grape seed hydrolysate in warm climate winemaking. Effect on the differential colorimetry, copigmentation and polyphenolic profiles. *Food Chemistry*, 209, 348–357. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.092>
- Chatonnet, P. (2007). Produits alternatifs à l' élevage en barriques 1ère partie : Utilisation dans le monde et tipologies. *Revue Internet de Viticulture et Oenologie*, (19), 1–5.

- Coetzee, C., & Du Toit, W. J. (2015). Sauvignon blanc wine: Contribution of Ageing and Oxygen on Aromatic and Non-aromatic Compounds and Sensory Composition: A Review. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 36(3), 347–365. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84956651551&partnerID=40&md5=b3369e0884e9fd658bf4b24c39f43d0c>
- Coelho, E., Azevedo, M., Teixeira, J. A., Tavares, T., Oliveira, J. M., & Domingues, L. (2020). Evaluation of multi-starter *S. cerevisiae*/ *D. bruxellensis* cultures for mimicking and accelerating transformations occurring during barrel ageing of beer. *Food Chemistry*, 323, 126826. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126826>
- Coelho, E., Domingues, L., Teixeira, J. A., Oliveira, J. M., & Tavares, T. (2019). Understanding wine sorption by oak wood: Modeling of wine uptake and characterization of volatile compounds retention. *Food Research International*, 116, 249–257. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.025>
- Coelho, E., Teixeira, J. A., Domingues, L., Tavares, T., & Oliveira, J. M. (2019). Factors affecting extraction of adsorbed wine volatile compounds and wood extractives from used oak wood. *Food Chemistry*, 295, 156–164. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.093>
- Coelho, E., Teixeira, J. A., Tavares, T., Domingues, L., & Oliveira, J. M. (2021). Reuse of oak chips for modification of the volatile fraction of alcoholic beverages. *LWT*, 135, 110046. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110046>

- De Iseppi, A., Lomolino, G., Marangon, M., & Curioni, A. (2020). Current and future strategies for wine yeast lees valorization. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 137, 109352. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109352>
- Dumitriu, D., Peinado, R. A., Peinado, J., & de Lerma, N. L. (2015). Grape pomace extract improves the in vitro and in vivo antioxidant properties of wines from sun light dried Pedro Ximénez grapes. *Journal of Functional Foods*, 17, 380–387. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.003>
- Esparza, I., Moler, J.A., Arteta, M., Jiménez-Moreno, N., Ancín-Azpilicueta, C., 2021. Phenolic composition of grape stems from different Spanish varieties and vintages. *Biomolecules* 11, 1221. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/biom11081221>
- García-Alcaraz, J. L., Flor Montalvo, F. J., Martínez Cámara, E., Pérez de la Parte, M. M., Jiménez-Macías, E., & Blanco-Fernández, J. (2020). Economic-environmental impact analysis of alternative systems for red wine ageing in re-used barrels. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118783. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118783>
- García-Estévez, I., Alcalde-Eon, C., Le Grottaglie, L., Rivas-Gonzalo, J. C., & Escribano-Bailón, M. T. (2015). Understanding the ellagitannin extraction process from oak wood. *Tetrahedron*, 71(20), 3089–3094. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tet.2014.10.047>
- Garrido, J., & Borges, F. (2013). Wine and grape polyphenols - A chemical perspective. *Food Research International*, 54(2), 1844–1858. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.08.002>

- Giacosa, S., Río Segade, S., Cagnasso, E., Caudana, A., Rolle, L., & Gerbi, V. (2019). *Red Wine Technology*. Academic Press. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814399-5.00021-9>
- Gordillo, B., Cejudo-Bastante, M. J., Rodríguez-Pulido, F. J., Jara-Palacios, M. J., Ramírez-Pérez, P., González-Miret, M. L., & Heredia, F. J. (2014). Impact of Adding White Pomace to Red Grapes on the Phenolic Composition and Color Stability of Syrah Wines from a Warm Climate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(12), 2663–2671. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/jf405574x>
- Izquierdo-Cañas, P. M., García-Romero, E., Huertas-Nebreda, B., & Gómez-Alonso, S. (2012). Colloidal silver complex as an alternative to sulphur dioxide in winemaking. *Food Control*, 23(1), 73–81. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.06.014>
- Jackson, R. S. (2000). *Wine Science (Second Edition)*. Academic Press. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-012379062-0/50008-1>
- Jara-Palacios, M. J. (2019). Wine Lees as a Source of Antioxidant Compounds. *Antioxidants*, 8(2). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/antiox8020045>
- Jara-Palacios, M. J., Gordillo, B., González-Miret, M. L., Hernanz, D., Escudero-Gilete, M. L., & Heredia, F. J. (2014). Comparative study of the enological potential of different winemaking byproducts: implications in the antioxidant activity and color expression of red wine anthocyanins in a model solution. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(29), 6975–6983. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/jf500978n>

- Jara-Palacios, M.J., Hernanz D., Cifuentes-Gómez, T., Escudero-Gilete, M.L., Heredia, F.J., Spencer, J.P.E. (2015). Assessment of white grape pomace from winemaking as source of bioactive compounds, and its antiproliferative activity, *Food Chem*, 183, 78–82. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.022>
- Jara-Palacios, M. J., Hernanz, D., Luisa Escudero-Gilete, M., & Heredia, F. J. (2014). Antioxidant potential of white grape pomaces: Phenolic composition and antioxidant capacity measured by spectrophotometric and cyclic voltammetry methods. *Food Research International*, 66, 150–157. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.009>
- Jiménez-Moreno, N., Moler, J. A., Urmeneta, H., Suberviola-Ripa, J., Cibriain-Sabalza, F., Gandía, L. M., & Ancín-Azpilicueta, C. (2018). Oak wood extracts applied to the grapevine. An alternative to obtain quality Garnacha wines. *Food Research International*, 105, 628–636. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.070>
- Kassaian, J.-M. (2000). Tartaric acid. *Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry* Disponible en: [https://doi.org/10.1002/14356007.a26\\_163](https://doi.org/10.1002/14356007.a26_163)
- Keller, M. (2015). *The science of grapevines: Anatomy and physiology*. Academic Press. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/C2013-0-06797-7>
- Kopsahelis, N., Dimou, C., Papadaki, A., Xenopoulos, E., Kyraleou, M., Kallithraka, S., ... Koutinas, A. A. (2018). Refining of wine lees and cheese whey for the production of microbial oil, polyphenol-rich extracts and value-added co-products. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 93(1), 257–268. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jctb.5348>

- Lavelli, V., Torri, L., Zeppa, G., Fiori, L., & Spigno, G. (2016). Recovery of winemaking byproducts for innovative food applications. *Italian Journal of Food Science*, 28, 542–564. Disponible en: <https://doi.org/10.14674/1120-1770/ijfs.v507>
- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y sueltos contaminados para una economía circular. *Boletín Oficial del Estado*, 5809, de 9 de abril de 2022. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2022/BOE-A-2022-5809-consolidado.pdf>
- López de Lerma, N., Moreno, J., & Peinado, R. A. (2014). Determination of the Optimum Sun-Drying Time for *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo Grapes by E-nose Analysis and Characterization of Their Volatile Composition. *Food and Bioprocess Technology*, 7(3), 732–740. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1086-8>
- Marchante, L., Loarce, L., Izquierdo-Cañas, P. M., Alañón, M. E., García-Romero, E., Pérez-Coello, M. S., & Díaz-Maroto, M. C. (2019). Natural extracts from grape seed and stem by-products in combination with colloidal silver as alternative preservatives to SO<sub>2</sub> for white wines: Effects on chemical composition and sensorial properties. *Food Research International*, 125, 108594. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108594>
- Martínez-Gil, A. M., Garde-Cerdán, T., Zalacain, A., Pardo-García, A. I., & Salinas, M. R. (2012). Applications of an oak extract on Petit Verdot grapevines. Influence on grape and wine volatile compounds. *Food Chemistry*, 132(4), 1836–1845. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.016>
- Mosedale, J. R., & Puech, J.-L. (2003). *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* Academic Press. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00082-1>

- Nogueira, D. P., Jiménez-Moreno, N., Esparza, I., Moler, J. A., Ferreira-Santos, P., Sagües, A., Texeira, J. A., Ancín-Azpilicueta, C. (2023). Evaluation of grape stems and grape stem extracts for sulfur dioxide replacement during grape wine production. *Current Research in Food Science*, 6, 100453. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100453>
- Peinado, J., López de Lerma, N., Peralbo-Molina, A., Priego-Capote, F., de Castro, C., & McDonagh, B. (2013). Sunlight exposure increases the phenolic content in postharvested white grapes. An evaluation of their antioxidant activity in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Functional Foods*, 5(4), 1566–1575. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.06.007>
- Prozil, S., Evtuguin, D., & Cruz-Lopes, L. (2012). Chemical composition of grape stalks of *Vitis vinifera* L. from red grape pomaces. *Industrial Crops and Products*, 35, 178–184. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.06.035>
- Prozil, S. O., Evtuguin, D. V., Silva, A. M., & Lopes, L. P. (2014). Structural characterization of lignin from grape stalks (*Vitis vinifera* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(24), 5420–5428. Disponible en <https://doi.org/10.1021/jf502267s>
- Quero, J., Jiménez-Moreno, N., Esparza, I., Osada, J., Cerrada, E., Ancín-Azpilicueta, C., & Rodríguez-Yoldi, M. J. (2021). Grape Stem Extracts with Potential Anticancer and Antioxidant Properties. *Antioxidants*, 10(2). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/antiox10020243>
- Reglamento (CE) No 479/2008, de 29 de abril de 2008, por el que se establece la organización común del mercado vitivinícola. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 148, de 6 de Junio de 2008, 148/1-148/61. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R0479>

- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006). *Handbook of Enology: The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments*. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/0470010398.ch6>
- Rivero, F. J., Gordillo, B., Jara-Palacios, M. J., González-Miret, M. L., & Heredia, F. J. (2017). Effect of addition of overripe seeds from white grape by-products during red wine fermentation on wine colour and phenolic composition. *LWT*, 84, 544–550. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.019>
- Rizzini, F. M., Bonghi, C., & Tonutti, P. (2009). Postharvest water loss induces marked changes in transcript profiling in skins of wine grape berries. *Postharvest Biology and Technology*, 52(3), 247–253. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.12.004>
- Salehi, B., Vlaisavljevic, S., Adetunji, C.O., Adetunji, J.B., Kregiel, D., Antolak, H., Pawlikowska, E., Uprety, Y., Mileski, K.S., Devkota, H.P., Sharifi-Rad, J., Das, G., Patra, J.K., Jugran, A.K., Segura-Carretero, A., Contreras, M. del M., 2019. Plants of the genus *Vitis*: Phenolic compounds, anticancer properties and clinical relevance. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 362–379. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.042>
- Snauwaert, I., Roels, S. P., Van Nieuwerburgh, F., Van Landschoot, A., De Vuyst, L., & Vandamme, P. (2016). Microbial diversity and metabolite composition of Belgian red-brown acidic ales. *International Journal of Food Microbiology*, 221, 1–11. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.009>

- Sousa, E. C., DuarteAlexandrino, C., Carioca, J. O. B., Rodrigues, S. P., Uchoa-<sup>^</sup> Thomaz, A. M. A., Rodrigues, L. L., Lima, A., de Ferreira, P. A. T., Morais, S. M. de, Rodrigues, A. L. M., Martins, C. G., & Silva, J. do N. (2014). Chemical composition and bioactive compounds of grape pomace (*Vitis vinifera* L.), Benitaka variety, grown in the semiarid region of Northeast Brazil. *Food Science and Technology (Campinas)*, 34(1), 135–142. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/s0101-20612014000100020>
- Spigno, G., Maggi, L., Amendola, D., Dragoni, M., & De Faveri, D. M. (2013). Influence of cultivar on the lignocellulosic fractionation of grape stalks. *Industrial Crops and Products*, 46, 283–289. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.01.034>
- Spigno, G., Marinoni, L., & Garrido, G. D. (2017). *Handbook of Grape Processing*. Academic Press. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809870-7.00001-6>
- Tao, Y., García, J. F., & Sun, D.-W. (2014). Advances in Wine Aging Technologies for Enhancing Wine Quality and Accelerating Wine Aging Process. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(6), 817–835. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.609949>
- Tsao, R., 2010. Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients* 2, 1231–1246. <https://doi.org/10.3390/nu2121231>
- Vaquero González, J. (2013). *Servicio de vinos: manual*. Editorial CEP S.L. Disponible en: [https://fama.us.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991013266367204987&context=L&vid=34CUBA\\_US:VU1&lang=es&search\\_scope=all\\_data\\_not\\_idus&adaptor=Local%20Search%20Engine](https://fama.us.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991013266367204987&context=L&vid=34CUBA_US:VU1&lang=es&search_scope=all_data_not_idus&adaptor=Local%20Search%20Engine)