



UNIVERSIDAD DE TALCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

**VALORIZACIÓN DE BROTES DE PODA DE VID: COMPOSICIÓN QUÍMICA, ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE
Y SU POTENCIAL USO COMO ADITIVO ENOLÓGICO DURANTE EL PROCESO DE MADURACIÓN DEL
VINO**

MEMORIA DE TÍTULO

Juan Felipe Miranda Tobar

TALCA, CHILE

2023

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2023

APROBACIÓN:



Profesor Guía

Felipe Laurie Gleisner

Ing. Agr., M.S., Ph. D.

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad de Talca



Profesor Informante

Verónica Rachel Olate Olave

T.M., Dra.

Facultad de ciencias agrarias

Universidad de Talca

Fecha de presentación de la Defensa: de Memoria: 26/01/2020

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a mi familia, en especial a mis padres y abuelos que me inculcaron la pasión por el campo desde muy pequeño, y no han cesado su apoyo incondicional en cada una de mis decisiones hasta este punto de mi vida, y me han permitido vivir esta etapa con total tranquilidad.

A todas las amistades que hice durante esta etapa, tanto dentro como fuera de las clases que hicieron que estos años de universidad sean mas amenos y que me dejaron grandes historias que contar, con algunos sin duda serán muchas más.

A la profesora Verónica Olate y a todo el equipo del Laboratorio de Química Enológica de la Universidad de Talca, quienes desde el primer momento que entré en el laboratorio mostraron total disposición en enseñarme y apoyarme, haciéndome sentir siempre como parte del equipo. También al profesor Felipe Laurie por sus conocimientos y darme un empujón inicial en el mundo del vino. Sin todos ellos este trabajo no hubiera sido posible.

RESUMEN

En la agricultura chilena, la vitivinicultura representa una de las actividades económicas más importantes, a partir de la cual se genera una cantidad importante de residuos. Entre ellos, se destacan los sarmientos producidos durante las actividades de poda. Investigaciones han reportado que la madera de los sarmientos de la vid contiene una gran variedad de compuestos fenólicos que podrían ser de interés para la industria vitivinícola. Por lo tanto, esta investigación propuso caracterizar la composición química de sarmientos de vid de variedades cultivadas en Chile. Para este fin se prepararon extractos de diferentes variedades de vid, analizando sus perfiles cromatográficos, contenido de fenoles totales y actividad antioxidante. Los sarmientos de vid presentaron una composición fenólica diferenciada de acuerdo a su variedad. Dentro de los principales constituyentes, se destacó la presencia de ácido gálico, ácido dihidroxibenzoico y resveratrol, en todas las variedades, aunque con concentraciones diferenciadas de acuerdo a la variedad.

Adicionalmente, se evaluó el potencial uso de sarmientos de vid como aditivo enológico durante el período de maduración del vino. Para ello se prepararon chips de madera de sarmientos de la variedad Cabernet Sauvignon con diferentes niveles de tostado y se aplicaron a un vino tinto, de la misma variedad, evaluando la composición química de los vinos obtenidos, considerando diferentes tiempos de maceración. Los resultados obtenidos se compararon con el uso de madera de roble y vino sin madera. A los 7 días de maceración, la composición fenólica de los vinos obtenidos fue menor en los tratamientos con madera de sarmientos que en los que se usó madera de roble, al igual que su capacidad antioxidante. Sin embargo, en los tiempos de 30 y 60 días estas variables no presentan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Los resultados obtenidos en este estudio representan una valiosa información. Sin embargo, aún se requiere más investigación orientada a las propiedades de los sarmientos y otros subproductos de variedades cultivadas en Chile, pudiendo ser éstos una materia prima importante para diversos propósitos.

ABSTRACT

In Chilean agriculture, viticulture represents one of the most important economic activities, from which an important amount of wastes are produced. Among them, stand out the wine-shoots producing during the pruning activities. Investigations have reported that the Wood of the vine-shoots contains a great variety of phenolic compounds, which could be of interest of the wine industry. Therefore, this investigation proposed to characterize the chemical composition of vine-shoots. For this purpose, extracts of different vine varieties were prepared, analyzing their chromatographic profiles, content of total phenolics, and antioxidant activity. The vine-shoots presented a different phenolic composition according to their variety. Among the main constituents highlighted the presence of gallic acid, dihydroxybenzoic acid and resveratrol in all varieties.

Furthermore, it was evaluated the potencial use of the vine-shoots as enological additive during the wine maduration process. For this purpose, chips of vine-shoots of Cabernet Sauvignon variety were prepared with different toast levels and then aplicated in a red wine of the same variety, evaluating the chemical composition of the wines obtained, considering different maceration times. The results obtained were compared with the use of oak Wood and a woodless wine. At 7 days of maceration, the phenolic composition of the wines obtained was lower in the treatments with vine-shoots Wood than wines with oak Wood, as well as its antioxidant capacity. However, at 30 and 60 days of maceration, this variables don't present statistically significant differences between the treatments.

The results obtained in this investigation represent a valuable information. However, still required more investigation oriented to the wine-shoots properties and other by-products of varieties cultivated in Chile, these might be a important raw material for different purposes.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Hipótesis	2
1.2. Objetivo general	2
1.3. Objetivos específicos	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Producción vitivinícola en Chile.....	3
2.2. Proceso de maduración o crianza.	4
2.3. Uso de maderas en el vino	4
2.4. Propiedades de los sarmientos de vid y potenciales usos	5
2.5. Efectos del tostado en sarmientos de vid	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
3.1. Análisis de la composición química de sarmientos de vid	8
3.1.1. Muestras de sarmientos.....	8
3.1.2. Obtención de extractos fenólicos.....	8
3.1.3. Análisis de la composición químicas de los extractos de sarmientos	9
3.2. Uso de chips de sarmientos como aditivo enológico durante la maduración del vino	9
3.2.1. Preparación y tostado de chips de sarmientos	9
3.2.2. Caracterización del vino	10
3.2.3. Diseño experimental	10
3.3. Análisis de la composición química (extractos y tratamientos del vino)	11
3.3.1. Análisis de taninos totales por el método de la metil-celulosa	11
3.3.2. Cuantificación de fenoles totales mediante el método Folin-Ciocalteu	12
3.3.3. Evaluación de la actividad antioxidante a través del método del atrapamiento del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)	12

3.4. Análisis estadístico y tratamiento de datos	13
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
4.1 Análisis de extractos.....	14
4.1.1. Composición fenólica y capacidad antioxidantes de sarmientos de vid	14
4.1.2. Análisis de perfiles cromatográficos (HPLC-DAD-FLD)	15
4.2. Uso de chips de sarmientos como aditivo enológico durante la maduración del vino	17
4.2.1. Caracterización inicial del vino	17
4.2.2. Anhídrido sulfuroso	17
4.2.3. Acidez total, pH y contenido de azúcares	18
4.2.4. Contenido de azúcares	21
4.2.5. Contenido de taninos, fenoles totales y capacidad antioxidante	22
5. CONCLUSIONES	24
6. BIBLIOGRAFÍA	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Fenoles totales y capacidad antioxidante de sarmientos de distintas variedades.....	14
Tabla 4.2. Coeficiente de variación de los distintos tratamientos en cuanto a acidez total.....	19
Tabla 4.3. Coeficiente de variación de los distintos tratamientos en cuanto a pH.....	20
Tabla 4.4. Coeficiente de variación de los distintos tratamientos en cuanto a contenido de azúcares (glucosa y fructosa).....	21
Tabla 4.5. Efecto de los diferentes tratamientos sobre la media de concentraciones de taninos (TT), fenoles totales (TPC) y capacidad antioxidante (DPPH).....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de las exportaciones de vino chileno en el Periodo 2002 a 2021. (Fuente: Boletín del vino, 2022).....	3
Figura 2. Diseño experimental.....	11
Figura 3. Ejemplos de los perfiles cromatográficos obtenidos mediante HPLC-DAD a 280 nm.....	16
Figura 4. Contenido de anhídrido sulfuroso libre, promedio de todos los tratamientos.....	17
Figura 5. Contenido de anhídrido sulfuroso total, promedio de todos los tratamientos.....	18
Figura 6. Comportamiento de la acidez total en los distintos tratamientos a través del tiempo.....	19
Figura 7. Comportamiento del pH en los distintos tratamientos a través del tiempo.....	20
Figura 8. Contenido de azúcares representados por glucosa y fructosa en vinos con distintos tratamientos...	21

1. INTRODUCCIÓN

En Chile, el sector vitivinícola contribuye de forma significativa a la economía del país, representando 0,5% del Producto Interno Bruto (PIB) (Wines of Chile, 2022). Recientemente, Chile se ha posicionado como el cuarto país con más volumen de vino exportado en el mundo, llegando a los 908 millones de litros, valorados en USD 2.037 millones (ODEPA, 2022). Basados en el Catastro Vitícola Nacional, realizado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG, 2020), la superficie de vid (*Vitis vinifera* L.) destinadas a vinificación asciende a 136.166 ha. Por otro lado, las regiones más importantes en cuanto a superficie de viñedo son la del Maule (39%) y O'Higgins (33%), con 53.546 ha y 45.081 ha, respectivamente. Además, las dos variedades más cultivadas son Cabernet Sauvignon con 40.053 ha (29%) y Sauvignon Blanc con 15.224 ha (11%).

Dentro del proceso de vinificación, la maduración del vino es un proceso que permite potenciar algunas de sus propiedades organolépticas y favorecer su estabilidad fisicoquímica. Por ejemplo, durante la maduración en barricas, se extraen sustancias que imparten aromas y sabores deseables al vino; además, en este tipo de recipientes se permite una oxidación controlada, y cambios beneficiosos en la composición química, estabilidad y estructura del vino (Crump et al., 2015).

Históricamente, la utilización de maderas en vino se centró en la producción de vasijas de distintos formatos destinadas a la fermentación, guarda o transporte, derivando en el uso de barricas de pequeño formato (ej. 225 L), elaboradas con madera de roble francés o americano para la crianza de vinos finos. Adicionalmente, en las últimas décadas se han desarrollado alternativas más asequibles para este proceso, como las duelas, astillas, chips, polvo de roble u otros formatos alternativos (Carpena et al., 2020).

Dentro de la producción vitivinícola, los restos de poda o sarmientos son los subproductos más abundantes, generándose un aproximado de 2 a 5 ton/año/ha. Hoy se conocen algunas propiedades de estos sarmientos, los que podrían ser utilizados para la extracción de compuestos de interés como polifenoles de varios tipos (Guerrero et al., 2020). Estos compuestos de interés agregan valor a los sarmientos, por tener una marcada actividad antioxidante, por lo que se ha propuesto la explotación de sarmientos para obtener ingredientes promotores de la salud en alimentos, moléculas bioactivas en cosmética y farmacéutica, aplicaciones foliares de extractos vegetales ricos en compuestos fenólicos, entre otros (Sánchez-Gómez et al., 2017).

Cebrian Tarancón et al., (2019) y Sánchez-Gómez et al., (2016) han estudiado el efecto de los sarmientos como aditivos enológicos dejándolos en maceración en vino, para esto se han probado distintas variables como, por ejemplo, el tostado de las maderas y el tiempo de maceración, obteniendo diferencias significativas en los distintos tratamientos usados sobre las características del vino resultante. En línea con estos estudios, en el presente trabajo se evaluó la composición química, actividad antioxidante y la potencialidad de uso de sarmientos como aditivo enológico.

1.1. Hipótesis

Los sarmientos de vid contienen compuestos fenólicos que pueden ser transferidos al vino, otorgando características químicas comparables a las que otorga la madera de roble. Por otro lado, la madera proveniente de los sarmientos de vid transfiere una composición fenólica diferenciada a los vinos de acuerdo a su tratamiento, incluyendo el nivel de tostado o tiempo de maceración.

1.2. Objetivo general

Estudiar la composición química de la madera de sarmientos de vid (*Vitis vinifera* L.) y evaluar su potencial como aditivo enológico durante el proceso de maduración del vino

1.3. Objetivos específicos

OE1: Evaluar las características químicas y actividad antioxidante de sarmientos de vid, utilizando los extractos de maderas de diferentes variedades.

OE2: Determinar el efecto del uso de chips de sarmiento de vid como aditivo enológico durante el proceso de maduración del vino

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Producción vitivinícola en Chile

Chile se ha posicionado como el país con mayor volumen en exportaciones de América y el cuarto en el mundo, sólo por detrás de países como Italia, Francia y España, representando un 4,8% de las exportaciones mundiales (OIV, 2022). Los principales mercados para el vino chileno son China (16%), E.E. U.U. (12%), y Reino Unido (11,5%) (Trademap, 2022). En el año 2021, Chile logró exportar un total de 908,8 millones de litros, generando un retorno de USD 2.037 millones (Boletín del vino, 2022), manteniendo una tendencia estable durante la última década en cuanto a volumen y valor de exportaciones (Figura 2.1).

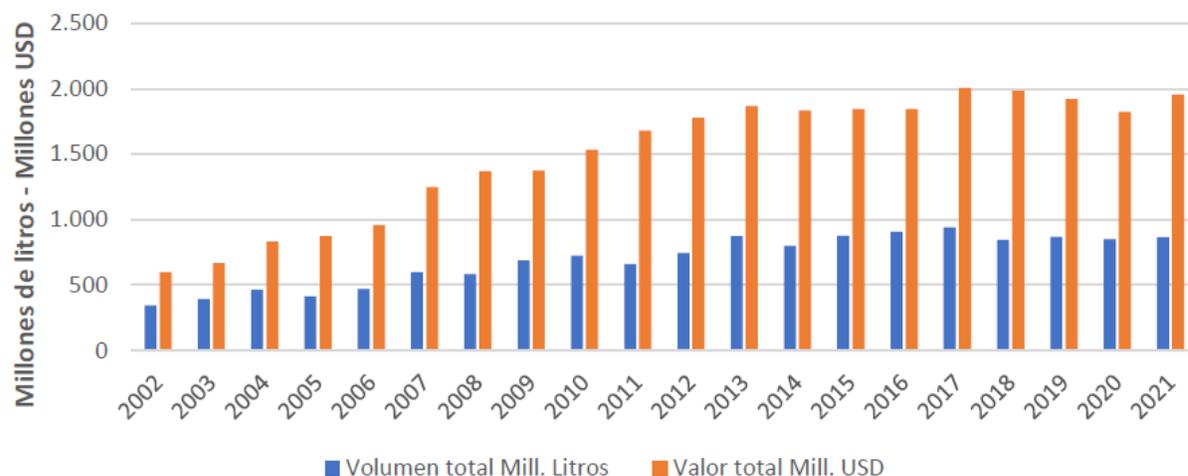


Figura 1. Evolución de las exportaciones de vino chileno en el Período 2002 a 2021. (Fuente: Boletín del vino, 2022).

Para mantener o mejorar indicadores como estos se requiere del desarrollo de innovaciones y nuevas tecnologías, que permitan mejorar los procesos de elaboración y obtener vinos de mejor calidad y más competitivos comercialmente. En este sentido, cabe mencionar que, en la actualidad, existen alrededor de 129 iniciativas financiadas por el Fondo para la Innovación Agraria en el país, cuyo principal foco es la producción vinífera (FIA, 2022).

2.2. Proceso de maduración o crianza.

El vino es el producto que se obtiene por la fermentación total o parcial de la uva o mosto de uva, para su producción pasa por varias etapas como la cosecha y recepción de la uva, transformaciones prefermentativas, fermentación alcohólica, fermentación maloláctica en el caso de vinos tintos y el periodo de maduración o crianza para los vinos que lo requieran.

La “crianza” corresponde al proceso de maduración o envejecimiento al que se somete a algunos vinos como una forma de mejorar su complejidad organoléptica. El proceso se divide en dos fases, una oxidativa, realizada generalmente en barrica, y otra fase reductora que se produce en botella, estos tipos de crianza pueden ser aplicados por separado o realizar una llamada crianza mixta, siendo la etapa inicial la crianza oxidativa, seguida de una crianza reductora en ausencia total de aire. Ambos procesos dependen de variables como el oxígeno, la temperatura, la luz, y el tiempo de almacenamiento, para que ocurran las reacciones químicas que influirán en la composición y perfil organoléptico del vino (Ojeda, 2012).

La legislación chilena de alcoholes reconoce en el vino ciertas menciones complementarias de calidad, las cuales son, en categoría ascendente: Superior, Reserva, Reserva Especial, Reserva Privada y Gran Reserva. Éstos deben poseer características organolépticas propias, las cuales según las categorías respectivas deben o no provenir de tratamientos con madera, además de cumplir con cierta graduación alcohólica (SAG, 1995).

2.3. Uso de maderas en el vino

La tonelería es el proceso de obtención de recipientes de madera, barricas o toneles que son destinados al envejecimiento y almacenamiento del vino. Estos recipientes se utilizan desde hace más de dos mil años, en un inicio por la necesidad de transportar el vino desde los lugares de producción hasta los puntos de consumo. Su uso fue popularizado por los romanos y se mantuvo en el tiempo gracias a su influencia en la calidad final del vino. Hoy en día, se han creado recipientes de acero, más modernos y con mejores características físico-mecánicas para la producción de vino, de tal forma que el uso de barricas y toneles ha ido reservando exclusivamente para el proceso de maduración de vinos (Conde, 2021).

Durante la crianza en barricas ocurren ciertos fenómenos importantes, como lo son el ingreso de oxígeno a través de la madera y la pérdida de vino a través de esta misma, la precipitación de sustancias como levaduras, bacterias, proteínas, entre otros, y el traspaso al vino de sustancias propias de la madera (Ojeda, 2012).

Los contenedores de madera permiten un grado de intercambio gaseoso o microoxigenación, logrando que el oxígeno atmosférico ingrese lentamente a través de los poros, las uniones de las duelas o el tapón, produciendo una modificación de varios componentes del vino, e integrándolos con los compuestos liberados

por la madera (Díaz-Plaza et al., 2002, Del Álamo y Nevares, 2017). De esta misma forma, se produce la evaporación de agua y etanol, los cuales se pierden a través de los poros de la madera generándose una mayor concentración del vino almacenado (Hidalgo, 2003). Además, en estos recipientes la madera transfiere al vino compuestos fenólicos y furánicos, que influyen en el color, la astringencia, el amargor, el nivel de oxidación y el color de los vinos (García et al., 2012).

Alternativamente, y como sustitutos más económicos al uso de barricas de roble, se han adoptado tratamiento con duelas, virutas, chips de madera u otros formatos. Las diferencias de esta práctica es que se pone en contacto toda la superficie de la madera, y no solo el 40% de la barrica correspondientes a las caras de las duelas expuestas al vino, lo que favorece el desprendimiento de compuestos volátiles ofreciendo complejidad en aromas y sabor, sin embargo, no se logra una microoxigenación ni concentración del vino por evaporación como cuando se almacena en barrica (Butticaz y Rawlyer, 2008, Arapitsas et al., 2004).

El uso de maderas, dependiendo del origen, pueden otorgarle al vino ciertos atributos, ligándolos al territorio en donde se producen o a la cultura, lo cual es una tendencia global en las prácticas enológicas, un ejemplo es como Ledesma (2016) propone la fabricación de barricas con maderas nativas de la región del Bío-bío y así producir vinos con un valor agregado, ligándolos a esta región de Chile.

2.4. Propiedades de los sarmientos de vid y potenciales usos

La poda es una de las prácticas anuales más importantes para la producción de uva vinífera, y a la vez, la responsable de una gran cantidad de residuos o sarmientos (2 a 5 ton/año/ha) (Guerrero et al., 2020), los cuales generalmente son quemados, incorporados al suelo, o destinados a la producción de compost.

En Chile la superficie de viñedos es de aproximadamente 136.166 ha, por lo que se genera una gran cantidad de sarmientos (SAG, 2020). Estos son ricos en compuestos funcionales o bioactivos como fibras dietéticas, fenoles, proteínas, lípidos e hidrocoloides, que pueden ser utilizados para la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética, y que además poseen potencial en distintas áreas como agentes antimicrobianos y antioxidantes, aditivos naturales, mejoradores de la calidad de los alimentos y rellenos en formulaciones de envasado de alimentos (Troilo et al., 2021).

Estos compuestos provienen principalmente del metabolismo secundario de las plantas, generándose como respuesta de defensa de estas contra agentes patógenos, siendo esenciales para su crecimiento y reproducción (Karakaya, 2010). En estos subproductos se han identificado cuatro categorías de polifenoles, que son: ácidos fenólicos (hidroxibenzoico e hidroxicinámico), flavonoides (flavonas, flavanonas, flavonoles, isoflavonolas, antocianinas y proantocianidinas, catequinas, epicatequinas), taninos y estilbenos (trans-resveratrol y ϵ -viniferina) (Troilo et al., 2021).

Recientemente, en la producción de vinos finos se ha propuesto el uso de sarmientos de vid tostados como aditivo enológico para mejorar el perfil sensorial de los vinos (Cebrián-Tarancón et al., 2021). El uso de maderas de sarmiento de vid puede modificar positivamente el aroma, color y efecto saludable en vinos mediante la transferencia de los compuestos antes mencionados (Cebrián-Tarancón et al. 2019), los que variarán en su resultado dependiendo de la variedad del sarmiento utilizado y del formato en que se aplica (granulado, chips, entre otros).

Cebrián-Tarancón et al., (2019) y Sánchez-Gómez et al., (2016) han estudiado los efectos de las maderas de sarmiento con fines enológicos, realizando diversos tratamientos basados en el uso de variables como el formato de la madera. La variedad del sarmiento (usando variedades españolas), niveles de tostado (sin tostar, tostado ligero, tostado medio y tostado alto), dosificación (de 4 a 12 g/L) y tiempo de maceración, evaluando los efectos a diferentes días de iniciado el tratamiento, todas estas variables han resultado determinantes en la composición final de los vinos resultantes, información que ha sido valiosa para el diseño de la presente memoria.

2.5. Efectos del tostado en sarmientos de vid

El tostado de la madera ha demostrado ser un excelente mecanismo para la liberación y/o formación de compuestos como fenoles, aldehídos, alcoholes, cetonas, derivados del furano, lactonas, entre otros (Sánchez-Gómez et al., 2016). La exposición de la madera a altas temperaturas logra modificar la estructura física y química de la madera, generando un cambio significativo en su perfil aromático (Chatonnet y Escobessa. 2007).

De esta forma, en publicaciones como las de Cebrián-Tarancón et al. (2018), se ha establecido el rango de temperatura de tostado en base a la descomposición de la estructura de la lignina, siendo este rango de 160-180°C. Con estas temperaturas se pueden crear además diferentes condiciones de tostado dependiendo igualmente del tiempo que se expone la madera al calor. De igual manera, Sánchez-Gómez et al. (2016), atribuyen las diferencias del perfil químico de los sarmientos al tiempo de tostado en desmedro de otras variables como la variedad.

También se han descrito los compuestos volátiles presentes en sarmientos tostados, representados por los grupos furánico y bencenoide, dentro de los cuales destaca la presencia de vainillina, que se caracteriza por su olor a vainilla, además de la presencia de guayacol y eugenol (Delgado Torres et al., 2012). Otro grupo de compuestos volátiles son las lactonas de whisky *trans* y *cis*, conocidas por su olor a coco y que no se han encontrado en otras maderas. Solo el isómero *cis* ha sido descrito en madera de castaño. Los terpenos, por su parte son otro grupo de compuestos volátiles presentes en menor medida en las maderas tostadas, este grupo está representado por compuestos como el linalool, farsenol y geranil acetona (Cebrián-Tarancón et al. 2018).

En cuanto a composición fenólica, el contenido de taninos estudiados es dos veces menos concentrado que en las maderas de roble, aunque el roble se caracteriza por presentar taninos hidrolizables en forma de elagitaninos, mientras que la madera de sarmientos por presentar procianidinas oligoméricas, por otro lado, los ácidos fenólicos, flavonoles y estilbenos son las familias de compuestos más importantes que fueron encontradas (Cebrián-Tarancón et al., 2018).

En consecuencia, se ha observado que los flavonoles y ácidos fenólicos disminuyen su concentración con el tostado, mientras que el resveratrol y la vainillina mostraron un incremento significativo en los brotes tostados (Sánchez-Gómez et al., 2016). Por otro lado, también se determinó que a mayor temperatura y tiempo de tostado el contenido de taninos será menor (Cebrián-Tarancón et al., 2018).

En Chile, por la gran extensión de viñedos que existen, se debiera generar un mayor interés en explotar y potenciar las características de los sarmientos y otros subproductos de la cadena productiva del vino. En la industria de los alimentos y farmacéutica se pueden aprovechar las actividades antioxidantes y antimicrobianas de los compuestos fenólicos presentes en los sarmientos, ya que la tendencia actualmente es obtener aditivos naturales para estos propósitos (Mattos et al., 2016). También se ha propuesto el uso de extractos en agricultura orgánica por su actividad anti alimentaria sobre insectos herbívoros y poca actividad fitotóxica sobre especies vegetales (Sánchez-Gómez et al., 2017). El uso de sarmientos tostados como aditivo enológico puede marcar un punto de inicio para el estudio de diferentes usos que dan valor a los sarmientos, lo que en el marco de la economía circular representa una producción vitivinícola más sustentable.

En virtud de estos antecedentes, la presente memoria propuso valorizar los brotes de poda de vid, estudiando aspectos como su composición química y actividad antioxidante, y evaluando además, su potencial uso como aditivo enológico durante el proceso de maduración del vino, al aplicar chips de madera de sarmiento de vides con diferentes niveles de tostado, preparados en condiciones de laboratorio.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta memoria de título se realizó en el Laboratorio de Química Enológica de la Universidad de Talca, sede Lircay, durante el año 2022.

3.1. Análisis de la composición química de sarmientos de vid

3.1.1. Muestras de sarmientos

Se obtuvieron sarmientos provenientes de la poda del año 2021 desde la empresa Univiveros (Región Metropolitana), los cuales estaban originalmente destinados a la producción de portainjertos y nuevas plantas de variedades blancas (Pedro Jiménez, Sauvignon blanc, Semillón y “Selección de Univiveros”), portainjertos (PI Ramsey, PI 101-14, PI Freedom y PI 1103 Paulsen), y variedades tintas (Carménère, Cabernet Sauvignon, Merlot y Cinsault).

3.1.2. Obtención de extractos fenólicos

El proceso de obtención de extractos de madera de vid para las determinaciones de fenoles, taninos totales y capacidad antioxidante se realizó mediante una extracción con etanol (80%), asistida por ultrasonido como se detallará a continuación.

El material vegetal fue secado a temperatura ambiente durante 4 meses, y posteriormente, se realizó una molienda (licuadora Sindelen L-1630V) y tamizado de forma manual con el fin de lograr la obtención de muestras lo más homogéneas posible. El producto obtenido para cada muestra fue un aserrín con un tamaño de partículas menor a 2 mm.

Posteriormente, se pesó una muestra de 2,5 g del aserrín de cada variedad, a las cuales se añadió 25 ml de etanol (80%) como solvente. Esta mezcla se colocó en un baño de ultrasonido (Ultrasonic cleaner SK2210; LabTech, Santiago, Chile), con los parámetros de: Frecuencia = 53 KHz; Intensidad = 100%; Temperatura = 25 ± 2 °C; Tiempo = 15 min, lo cual permite una mejor extracción. Luego de esto, se separan las partículas sólidas de la solución, trasvasiando el contenido a través de una capa de algodón. Estas partículas se vuelven a macerar, para extraer la mayor cantidad posible de compuestos desde la molienda de sarmientos. La fase líquida se seca a presión reducida en el concentrador CentriVap (Labconco corporation, Kansas city, USA).

De esta forma a partir del material vegetal disponible se logró obtener un extracto para cada variedad de sarmiento (una repetición real), por lo que estos extractos fueron analizados mediante estadística descriptiva en cuanto a su contenido fenólico y capacidad antioxidante, además de obtener sus perfiles químicos mediante cromatografía líquida (HPLC).

3.1.3. Análisis de la composición química de los extractos de sarmientos

La composición química de los extractos de sarmiento obtenidos se analizó a través de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) para obtener los perfiles químicos de las diferentes variedades, reconociendo algunos de los compuestos fenólicos de bajo peso molecular que presentan. Adicionalmente, se evaluó tanto el contenido de fenoles totales, mediante la técnica de Folin-Ciocalteu, así como la capacidad antioxidante de los extractos obtenidos (método de atrapamiento del radical libre DPPH). La metodología de ambas técnicas se detalla en la sección 3.3. Las condiciones cromatográficas para el análisis mediante HPLC se detallan a continuación.

El instrumento utilizado fue un equipo HPLC-DAD-FL (equipo HPLC 1200 Infinity Series, Agilent Technologies), equipado con una columna LiChrosorb RP-18, 250 x 4 mm, 5 μ m y detectores de arreglo de diodos (DAD) y fluorescencia (FLD), según el método propuesto por Gómez-Alonso et al. (2007). Se utilizó un gradiente de fase móvil ternario. Fase móvil A: $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 50 mM, pH 2,6. Fase móvil B: 20% fase móvil A y 80% acetonitrilo. Fase móvil C: H_3PO_4 200 mM, pH 1,5. Flujo 1mL/min. Inicial: 100 % A durante 2 min, 92 % A y 8 % B a los 5 min, 14 % B y 86 % C a los 17 min, 18 % B y 82 % C a los 22 min, 21 % B y 79 % C a los 29,5 min, 33 % B y 67 % C a los 55 min, 50 % B y 50 % C a los 70 min durante 5 min, 20 % B y 80 % C a los 78 min durante 3 min, 100 % A a los 86 min. Las longitudes de onda de detección con DAD fueron 280 nm (flavanoles monoméricos), 320 nm (ácidos hidroxicinámicos) y 360 nm (flavonoles). Los flavanoles también se analizaron por detección con FLD a $\lambda_{\text{ex}}=280$ nm y $\lambda_{\text{em}}=320$ nm. La identificación de los compuestos fenólicos se realizó comparando los espectros de absorción y tiempos de retención de las muestras con la de los estándares disponibles en el laboratorio.

3.2. Uso de chips de sarmientos como aditivo enológico durante la maduración del vino

3.2.1. Preparación y tostado de chips de sarmientos

Los chips de madera fueron preparados a partir de sarmientos de la variedad Cabernet Sauvignon, por ser de la variedad más plantada y representativa de la vitivinicultura chilena. Estos chips se prepararon con sarmientos secos, los cuales se cortaron a una longitud de 1 cm, aproximadamente, obteniendo 200 g de chips. El proceso de tostado se realizó a 180 °C en una estufa de laboratorio tradicional (modelo 100-800, Memmert, Schwabach, Alemania), utilizando distintos tiempos de exposición (15 y 45 min), los que permitieron

obtener chips con dos niveles de tostado (tostado bajo y tostado alto), cuya exposición al vino se contrastará con un control sin madera, un tratamiento con madera sin tostar y un control con chips de roble americano (*Quercus Alba* L.) con tostado medio del producto Ambrosia Flavour Boost (Tonelería Nacional. Santiago, Chile), esto según lo descrito en la sección 3.2.3.

3.2.2. Caracterización del vino

Para evaluar el efecto de los sarmientos de vid como aditivos enológicos se utilizó un vino joven, Cabernet Sauvignon producción 2022. A este vino se le realizó una corrección inicial de anhídrido sulfuroso (SO₂), llegando a concentraciones de sulfito total: 39 mg/L y sulfito libre: 30 mg/L de forma limitar los riesgos de alteraciones derivadas de oxidación o producto del crecimiento de agentes microbianos contaminantes. La composición química de este vino fue caracterizada en los parámetros de: acidez total y contenido de azúcares (glucosa y fructosa) mediante el analizador automático de vinos Y15 (Biosystems, Barcelona, España). También se midió el pH inicial (pHmetro Milwaukee. Mi 150). Además, se midió contenido de fenoles, taninos totales y capacidad antioxidante mediante los métodos descritos a continuación.

3.2.3. Diseño experimental

El vino se envasó en botellas de 250 mL, a las que se agregaron los chips de sarmientos y de roble en una dosis de 12 g/L, de acuerdo con los siguientes tratamientos: chips con tostado bajo (TB), chips con tostado alto (TA), chips sin tostar (ST), chips de roble (CR) y vino sin madera (control, SM). Cada uno de estos formatos se sometió a tres tiempos de maceración, correspondientes a 7, 30 y 60 días, a partir del primer día en que se añadió la madera en el vino. Cada tratamiento incluyó tres repeticiones, generando un total de 45 unidades experimentales (Figura 2).

Los vinos fueron guardados en oscuridad y a temperatura ambiente, hasta el momento de ser analizados.

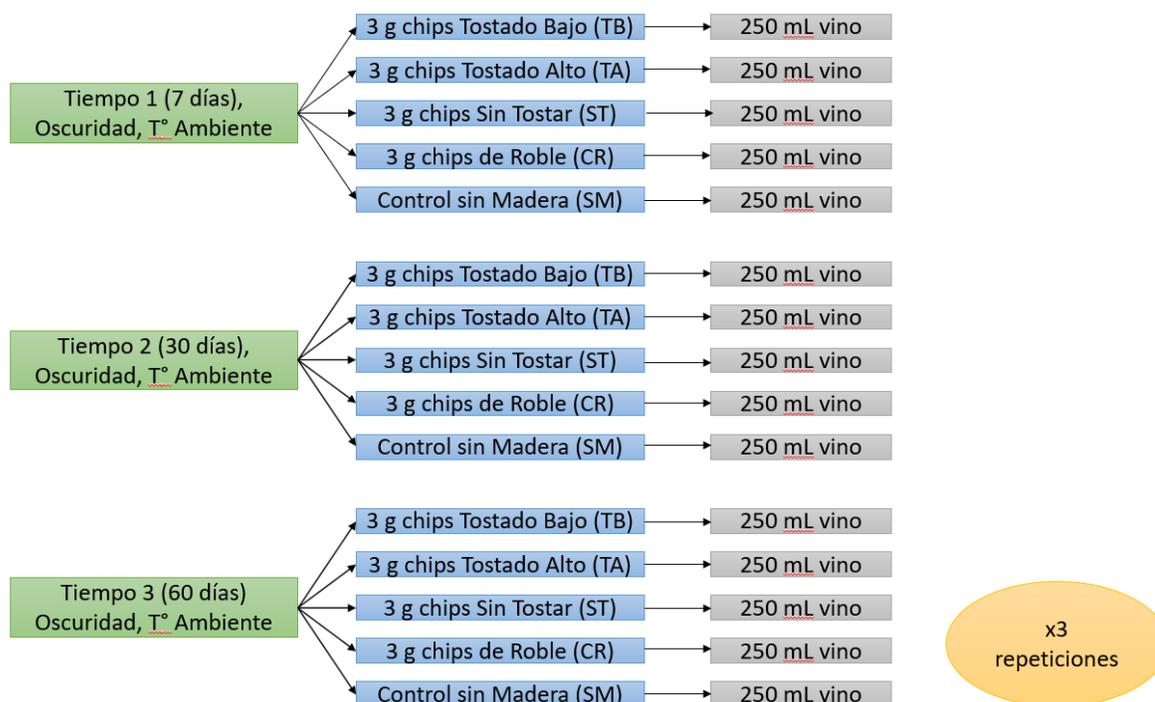


Figura 2. Diseño experimental.

3.3. Análisis de la composición química (extractos y tratamientos del vino)

Tanto para los extractos fenólicos obtenidos y el vino resultante después de los tratamientos se cuantificaron taninos y fenoles totales por los métodos de la metil celulosa y Folin-Ciocalteu respectivamente, además de medir la capacidad antioxidante a partir del método del atrapamiento del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). El protocolo de cada método presenta ciertas variaciones dependiendo de si se realiza para extractos o para vinos como se detalla a continuación.

3.3.1. Análisis de taninos por el método de la metil-celulosa

Este ensayo es un método para medir la concentración de taninos en vino, uvas o extractos. El método se basa en la capacidad del polisacárido metil-celulosa para precipitar taninos al formar complejos poliméricos insolubles (Sarneckis et al., 2006). Para cuantificar los taninos que precipitan se generan dos soluciones: una muestra tratamiento y un blanco. Ambas muestras contienen 25 μL de vino (o 100 μL al trabajar con extractos), pero solo la muestra tratamiento recibe 300 μL de polímero (metil-celulosa). Luego, ambas muestras reciben 200 μL de sulfato de amonio, y se aforan con agua destilada hasta completar 925 μL al trabajar con vino, y 1000 μL en el caso de los extractos. Todas las soluciones se centrifugaron a 10.000 rpm por 10 minutos en una centrifuga FASCIO TG 1650-WS (HES, Santiago, Chile), luego de lo cual se realizan lecturas de la absorbancia a 280 nm usando un espectrofotómetro UV/visible SYNERGY HTX multi-mode reader (Biotek

Instruments, Winooski, VT, USA). En la lectura a esta longitud de onda interfieren otro tipo de sustancias, pero en una concentración que no es considerable. De esta forma el valor del blanco de muestra otorga la absorbancia correspondiente a los compuestos fenólicos en solución, mientras que el valor obtenido de la muestra tratamiento refleja la absorbancia de los compuestos fenólicos que quedan en solución cuando los taninos ya hayan precipitado luego del centrifugado. A partir de esta diferencia aritmética es posible cuantificar la cantidad de taninos (Smith, 2015).

3.3.2. Cuantificación de fenoles totales mediante el método Folin-Ciocalteu

El método Folin o ensayo Folin-Ciocalteu, permite cuantificar el contenido de compuestos fenólicos en los extractos y vinos, aunque también puede llegar a ocuparse como una medida de la actividad antioxidante al tratarse de una reacción redox. Para estos ensayos se utilizó el reactivo Folin-Ciocalteu (2 mol/L), el cual es una mezcla de ácido fosfotúngstico y ácido fosfomolibdico.

Este reactivo es de color amarillo, y se torna de un color azul al ser reducido por compuestos fenólicos a pH básico. En este caso, se preparó una solución con 20 μ L de muestra (vino o extracto diluido), 1,58 mL de agua destilada y 100 μ L del reactivo Folin-Ciocalteu, a la cual se agrega 300 μ L de solución de carbonato de sodio al 20%. Esta mezcla se deja reposar por 30 minutos a 40 °C y se mide su absorbancia a 765 nm. Para calcular la concentración de fenoles totales, se construye una curva de calibración con las absorbancias obtenidas con distintas concentraciones de ácido gálico, sobre la que se reemplazan los valores de absorbancia obtenido para cada muestra.

3.3.3. Evaluación de la actividad antioxidante a través del método del atrapamiento del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)

La técnica del atrapamiento del radical libre 2,2-difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) es uno de los métodos más utilizados para obtener información útil sobre la capacidad antioxidante de diversas muestras. Este método se basa en la reducción del radical DPPH (de color violeta), por los agentes antioxidantes de una muestra (en este caso, vino y extractos fenólicos de madera) a través de un mecanismo de transferencia de átomos de hidrogeno, provocando un cambio de color donde las moléculas de DPPH se tornan amarillas. De esta forma, la absorbancia derivada del radical violeta de DPPH restante se mide con un espectrofotómetro a una longitud de onda aproximada de 517 nm. En palabras simples, mientras el color cambia a un amarillo más potente, más se ha reducido el DPPH, y por lo tanto la actividad antioxidante es mejor. En este ensayo se realizó una solución de extractos y vinos a diferente concentración en metanol, de los cuales se ocuparon 75 μ L junto con 150 μ L de solución de DPPH (20 mg/L), lo que se incubó por 30 min en oscuridad y se leyó la absorbancia. Los resultados se expresan como la concentración eficiente (IC 50), que es la cantidad de muestra necesaria para disminuir la concentración inicial del radical libre DPPH en un 50% (Romanet et al., 2019).

3.4. Análisis estadístico y tratamiento de datos

El análisis de la composición química de los sarmientos de distintas variedades se realizó mediante estadística descriptiva, exponiendo las medias del rendimiento de extracción, contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante con su respectiva desviación estándar.

Para el caso de los tratamientos en vino con chips de sarmientos como aditivos enológicos se utilizó el software estadístico Statgraphics 19 – X64 para obtener las medidas de tendencia central y dispersión más representativas para cada set de datos. Además, se realizó un análisis factorial mediante una prueba de ANOVA simple, y test de Tukey, comprobando los supuestos de normalidad y homocedasticidad y para conocer si existen diferencias significativas entre los tratamientos. Es decir, se compararon los resultados obtenidos para los distintos parámetros, según el tratamiento (SM, CR, ST, TB, TA) en los distintos tiempos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de extractos

4.1.1. Composición fenólica y capacidad antioxidantes de sarmientos de vid

Similarmente a los trabajos de Cetin et al. (2011) y Sánchez-Gómez et al. (2017), se obtuvieron concentraciones aparentemente diferenciadas de fenoles totales de acuerdo con la variedad. Las concentraciones menores de fenoles totales fueron en las muestras de brotes de portainjertos, mientras en las variedades blancas o tintas, se destacaron el Merlot, Cinsault y Semillón con los mayores contenidos de fenoles totales (Tabla 1).

En el trabajo de Sánchez-Gómez et al. (2017) se estudió la capacidad antioxidante de extractos líquidos de sarmientos obtenidos por diferentes métodos de extracción, en donde los métodos más efectivos en actividad antioxidante fueron del orden de IC 50= 32 µg/mL hasta IC 50= 38 µg/mL, valores similares a los obtenidos en este trabajo los cuales se detallan en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Fenoles totales y capacidad antioxidante de sarmientos de distintas variedades.

Tipos de sarmientos	Fenoles totales (mg de Equivalentes de ac.gálico/g extracto)	DPPH (IC 50) (µg/mL)
Variedades Tintas		
Cabernet Sauvignon	243,0 ± 3,1	30,2 ± 2,3
Carménère	218,5 ± 7,7	41,0 ± 4,8
Merlot	315,3 ± 4,3	37,4 ± 2,1
Cinsault CP	295,3 ± 3,9	26,6 ± 3,4
Variedades blancas		
Sauvignon blanc	258,5 ± 13,2	28,3 ± 2,2
Pedro Jiménez	217,8 ± 3,0	17,9 ± 3,3
Semillón	284,0 ± 4,4	23,0 ± 1,2
Selección Univiveros	246,8 ± 12,7	19,0 ± 3,8
Portainjertos		
PI 1103 Paulsen	115,5 ± 2,7	31,0 ± 6,7
PI 101-14	202,5 ± 10,0	19,3 ± 4,0
PI Freedom	221,3 ± 2,1	30,3 ± 4,1
PI Ramsey	215,0 ± 4,8	17,7 ± 2,2

Los valores presentados corresponden al promedio del resultado de los análisis de tres repeticiones analíticas ± su desviación estándar.

4.1.2. Análisis de perfiles cromatográficos (HPLC-DAD-FLD)

Mediante el análisis por HPLC-DAD-FLD se obtuvieron los perfiles cromatográficos de los extractos de las diferentes variedades de vid, los cuales mostraron una diversidad de compuestos. La figura 4.1 muestra un cromatograma representativo para las variedades tintas, blancas y portainjertos incluidos en el presente estudio. En esta figura se observan diferencias en la proporción relativa de los compuestos presentes en los extractos. Al analizar los perfiles cromatográficos de las muestras, se logró identificar en total 3 compuestos principales a partir de su comparación con estándares disponibles en el laboratorio en su tiempo de retención (RT) correspondiente. Estos compuestos corresponden al ácido gálico (RT 9,26 min), el ácido dihidroxibenzoico (RT 19,55 min) y el resveratrol (RT 48,13 min). Los dos primeros son polifenoles con capacidades reductoras, ampliamente presentes en la naturaleza encontrándose en cantidades importantes en distintas plantas, entre ellas, la vid (Troilo et al., 2021). El resveratrol pertenece a la categoría de los estilbenos, que se produce naturalmente en algunas plantas, como la vid, en respuesta a lesiones o estrés abiótico (Troilo et al., 2021) (Frémont, 2000).

Finalmente, es posible mencionar que se observó un compuesto mayoritario con un tiempo de retención de 64,78 minutos, el cual estuvo presente en todas las muestras en una proporción similar. Pese a que este compuesto no pudo ser identificado, de acuerdo a la literatura disponible, se podría presumir que este compuesto corresponde a un estilbeno, probablemente, un derivado de la trans-viniferina (Medrano-Padial et al., 2021; Gutiérrez-Escobar et al., 2021).

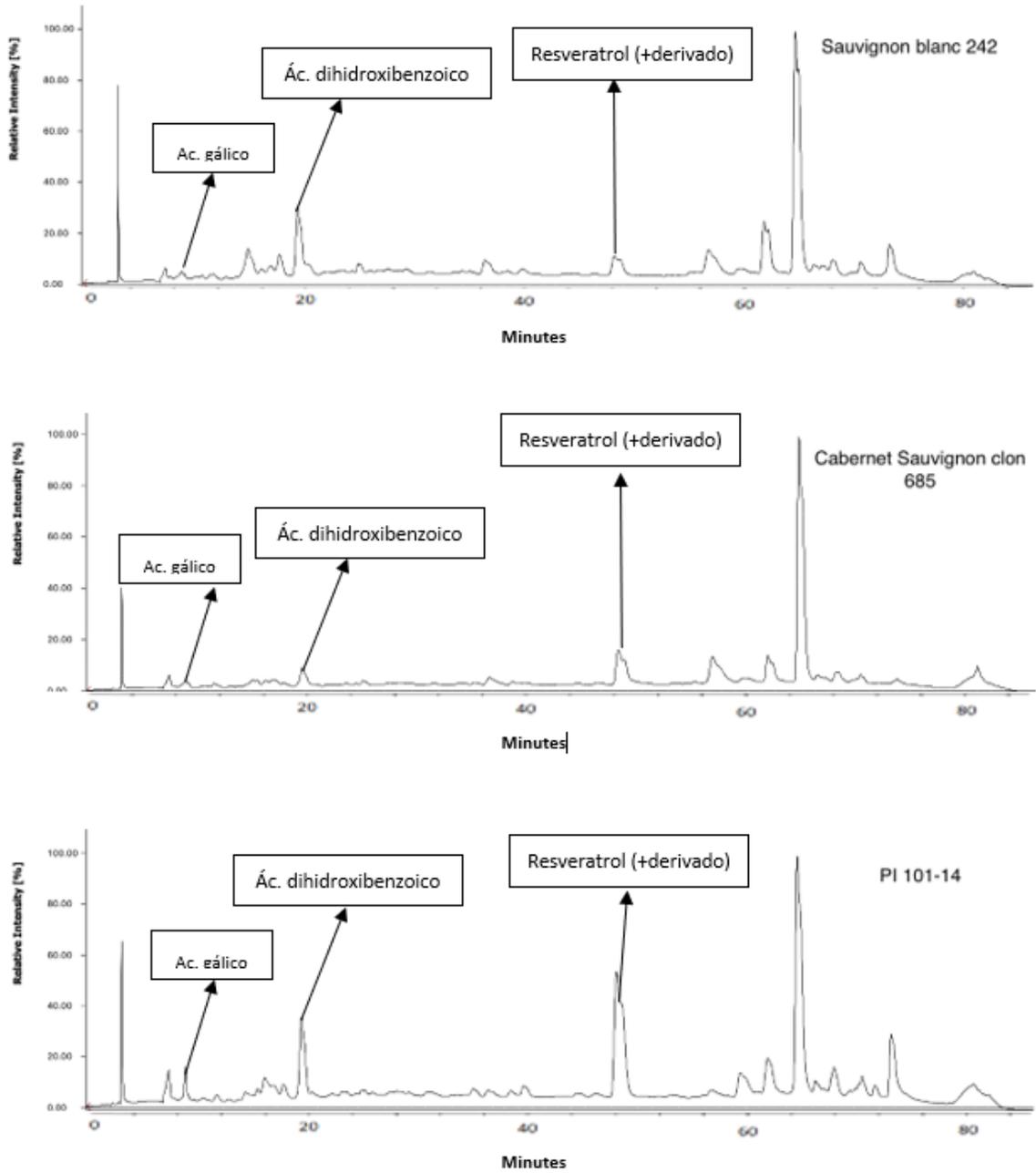


Figura 3: Ejemplos de los perfiles cromatográficos obtenidos mediante HPLC-DAD a 280 nm.

4.2. Uso de chips de sarmientos como aditivo enológico durante la maduración del vino

4.2.1. Caracterización inicial del vino

Originalmente el vino utilizado presentó un valor de pH de 3,7. Mediante el uso del analizador automático de vinos Y15 se obtuvieron los parámetros de acidez total (5,8 g/L) y contenido de azúcares (0,51 g/L). Además, el vino presentaba una concentración en fenoles totales de 2288,89 mg/L, una concentración de 1482,48 mg/L para taninos totales y 8,76 de capacidad antioxidante (Eq. Trolox) (mg/L).

4.2.2. Anhídrido sulfuroso

Al iniciar los distintos tratamientos se corrigió el contenido de anhídrido sulfuroso o sulfitos del vino a una concentración de 30 mg/L de sulfito libre, el cual disminuyó prácticamente a 0 en la medición de los 7 días de tratamiento y ya en las siguientes se combinó en su totalidad (Figura 4), produciendo un incremento el contenido de sulfito total a través del tiempo (Figura 5).

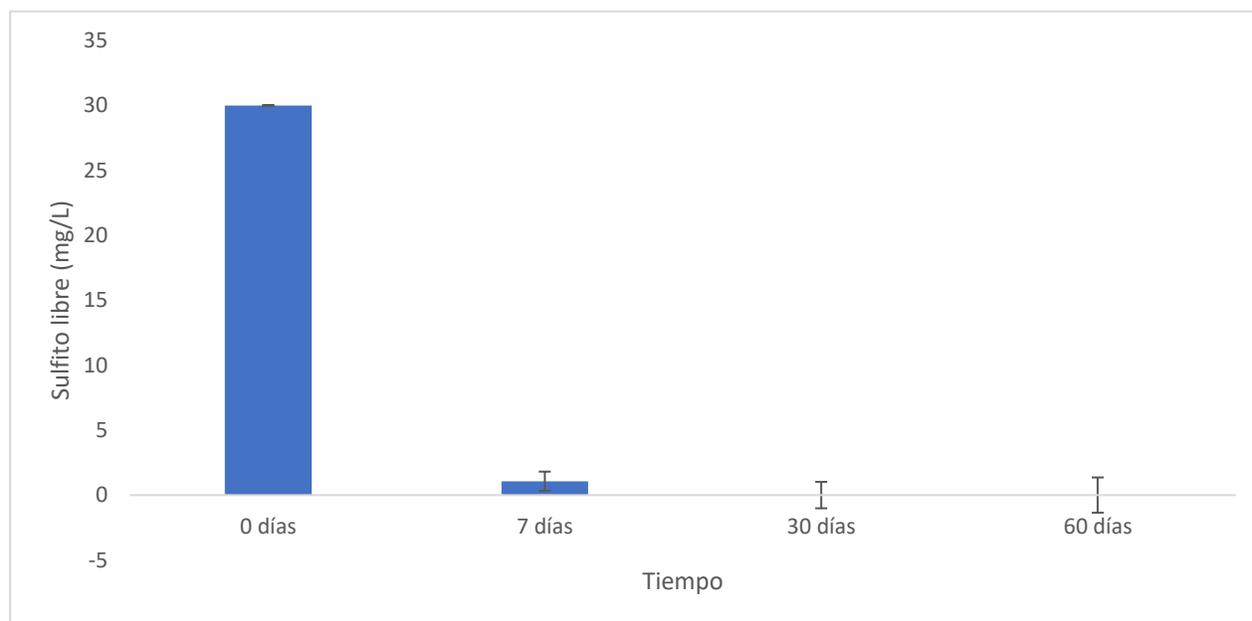


Figura 4. Contenido de anhídrido sulfuroso libre, promedio de todos los tratamientos.

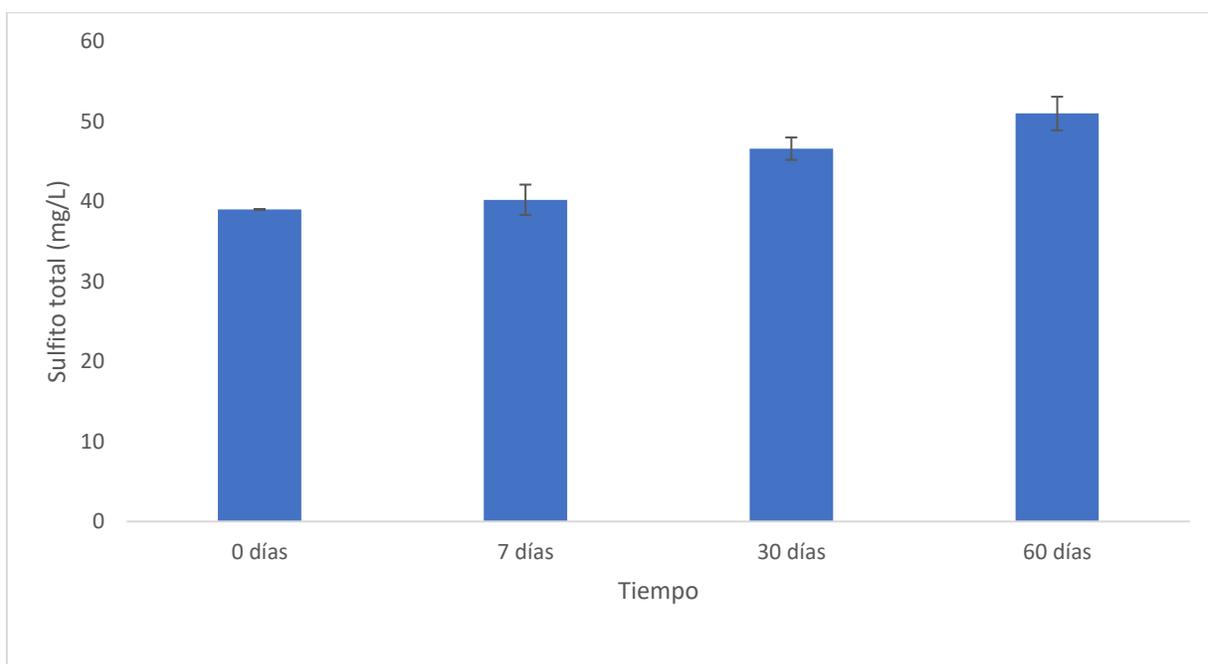


Figura 5. Contenido de anhídrido sulfuroso total, promedio de todos los tratamientos.

En el vino se generan sustancias como el acetaldehído u otros compuestos carbonílicos que se unen con el SO_2 , mientras más de estas sustancias se encuentren en el vino, menos SO_2 libre queda disponible para una determinada acción antioxidante y antimicrobiana. Si no se va corrigiendo periódicamente esta concentración, se da lugar a posibles oxidaciones o contaminaciones (Werner, Rauhut y Cottreau, 2009).

4.2.3. Acidez total, pH y contenido de azúcares

Según el ANDEVA realizado, hubo diferencias significativas en cuanto a la acidez total de los vinos tratados con diferentes formatos de maderas. Sin embargo, es llamativo que independiente del tratamiento la acidez aumentó significativamente en tiempos de maceración más elevados, tal y como se puede observar en la Figura 6, con una diferencia promedio del 29% en la acidez total entre los tiempos de 7 y 60 días.

Entre los tratamientos se observaron diferencias significativas en los tiempos de 30 y 60 días. A los 30 días, con respecto al control SM solo disminuyó estadísticamente el tratamiento ST en un 13,5%. Mientras que a los 60 días sólo el tratamiento TA se diferenció estadísticamente del control (SM), aumentando la acidez total en un 8,6%.

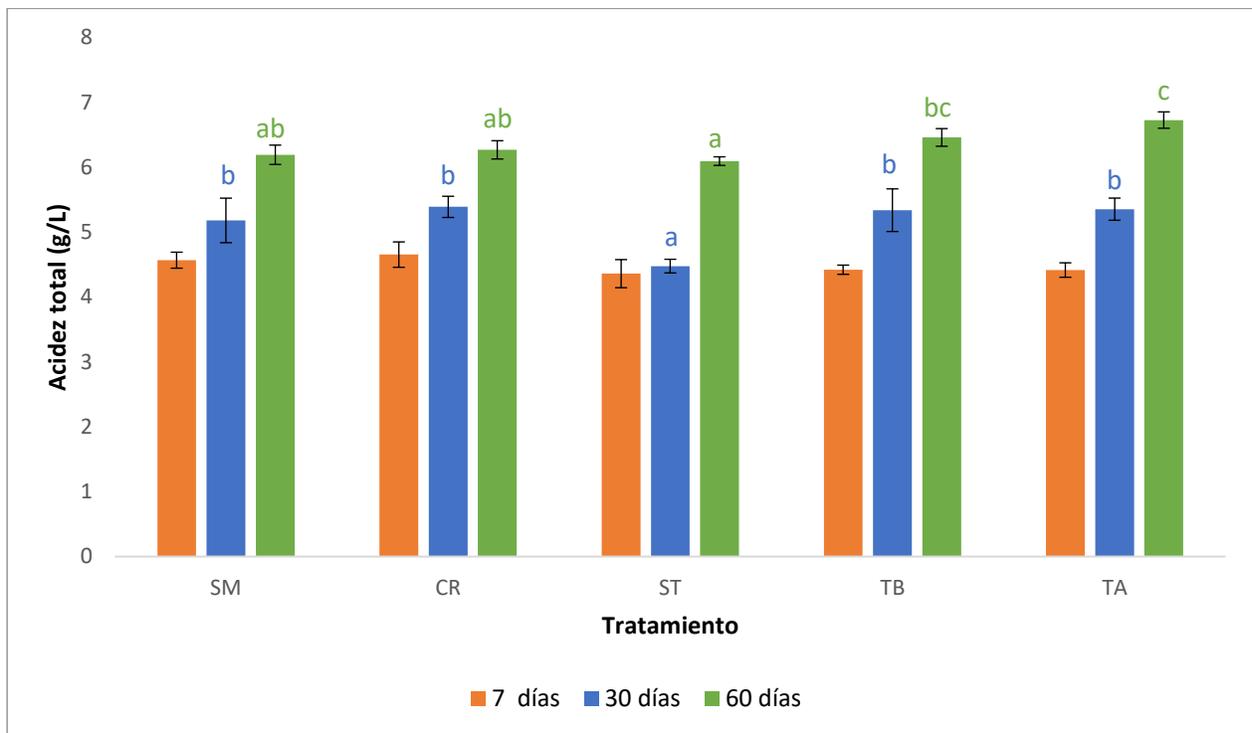


Figura 6. Comportamiento de la acidez total en los distintos tratamientos a través del tiempo. Letras minúsculas distintas del mismo color indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para el tiempo correspondiente.

Tabla 4.2: Coeficiente de variación de los distintos tratamientos en cuanto a acidez total.

Tiempo	Coef. de variación (%)
7 días	3,84
30 días	7,96
60 días	4,02

En el caso del pH, aunque los resultados son más variables en el último tiempo, se logra observar una tendencia a la baja en todos los tratamientos a medida que aumentan los días de maceración (Figura 7), lo que guarda relación con el aumento de la acidez total descrito anteriormente.

Según la separación de medias representada en la Figura 7, existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en los tiempos de 7 y 30 días. En ambos casos el pH se mantuvo estadísticamente más alto que el control (SM) en los tratamientos que incluían chips de sarmientos, presentando aumentos de pH con respecto al control (SM) de 1,9% (ST), 1,7% (TB) y 0,9% (TA) a los 7 días de maceración, y de 1,9% (ST), 1,4% (TB) y 1,3% (TA) a los 30 días de maceración. Por otro lado, el tratamiento CR no diferenció estadísticamente del control SM.

A los 60 días se obtuvieron valores que no arrojaron significancia estadística, lo que puede explicarse por un error experimental mayor que en los tratamientos anteriores, evidenciándose con un coeficiente de variación

mayor (Tabla 4.3). En este caso se presentó una disminución del pH de todos los tratamientos con respecto al control sin madera, excepto en el tratamiento TB en donde aumentó el pH en un 1,7%. El tratamiento CR presentó una disminución de pH del 4% respecto al tratamiento SM, en contraste de las disminuciones de 0,9% y de 2,9% de los tratamientos ST y TA respectivamente.

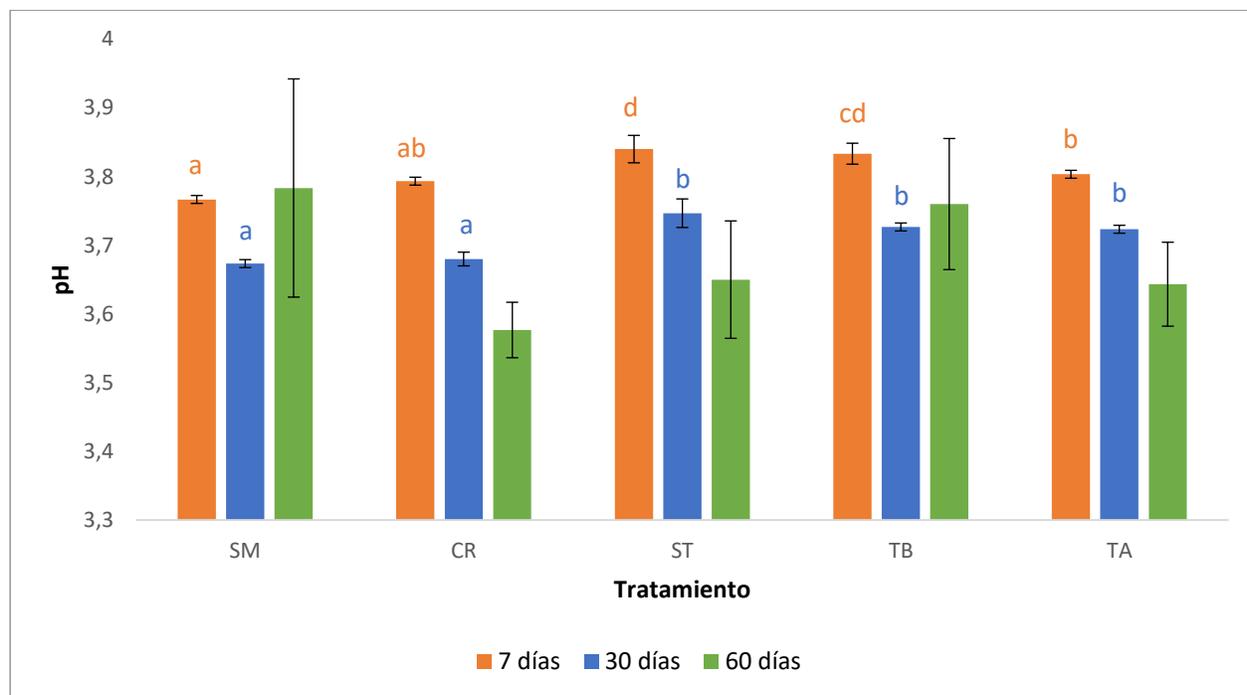


Figura 7: Comportamiento del pH en los distintos tratamientos a través del tiempo. Letras minúsculas distintas del mismo color indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para el tiempo correspondiente.

Tabla 4.3: Coeficiente de variación de los distintos tratamientos en cuanto a pH.

pH	
Tratamiento	Coef. de variación %
7 días	0,78
30 días	0,83
60 días	3,11

Esto se ha reportado en el trabajo de Cebrián-Tarancón et al. (2019), en donde se observó una disminución del pH en tratamientos con un mayor tiempo de maceración en vinos modelos, independiente de los demás factores que se estudiaron. En este caso, relacionando el aumento en la acidez y la desaparición del anhídrido sulfuroso libre en el vino, se debe tener en cuenta una posible contaminación del vino con bacterias acéticas. Estas bacterias son capaces de generar ácido acético y otros compuestos a partir de azúcares y etanol, y son bacterias que necesitan del oxígeno para poder desarrollarse (Trioli, 2009), por lo que su multiplicación en las condiciones en que se desarrolló la investigación es una de las opciones que explicaría estas diferencias.

4.2.4. Contenido de azúcares

El formato de chips ST fue el único utilizado que no fue tostado, de esta forma, la madera no sufrió cambios importantes en su composición por efectos de la temperatura a la que fueron expuestos los demás formatos. De acuerdo a esto, se encontraron diferencias significativas en el contenido de glucosa y fructosa en los tiempos de 30 y 60 días entre el tratamiento ST y los demás tratamientos. Sin embargo, a los 7 días, aunque no se presentan diferencias estadísticamente significativas, los valores absolutos son prácticamente los mismos que en los demás tiempos de maceración (Figura 8). Esto se puede explicar con el coeficiente de variación que es mayor a los 7 días, evidenciando un mayor error experimental (Tabla 4.4).

Con respecto al control SM, se presentan diferencias estadísticas solamente en el tratamiento ST, en donde estas diferencias son del 59% a los 7 días de maceración, 92% a los 30 días y 102% a los 60 días.

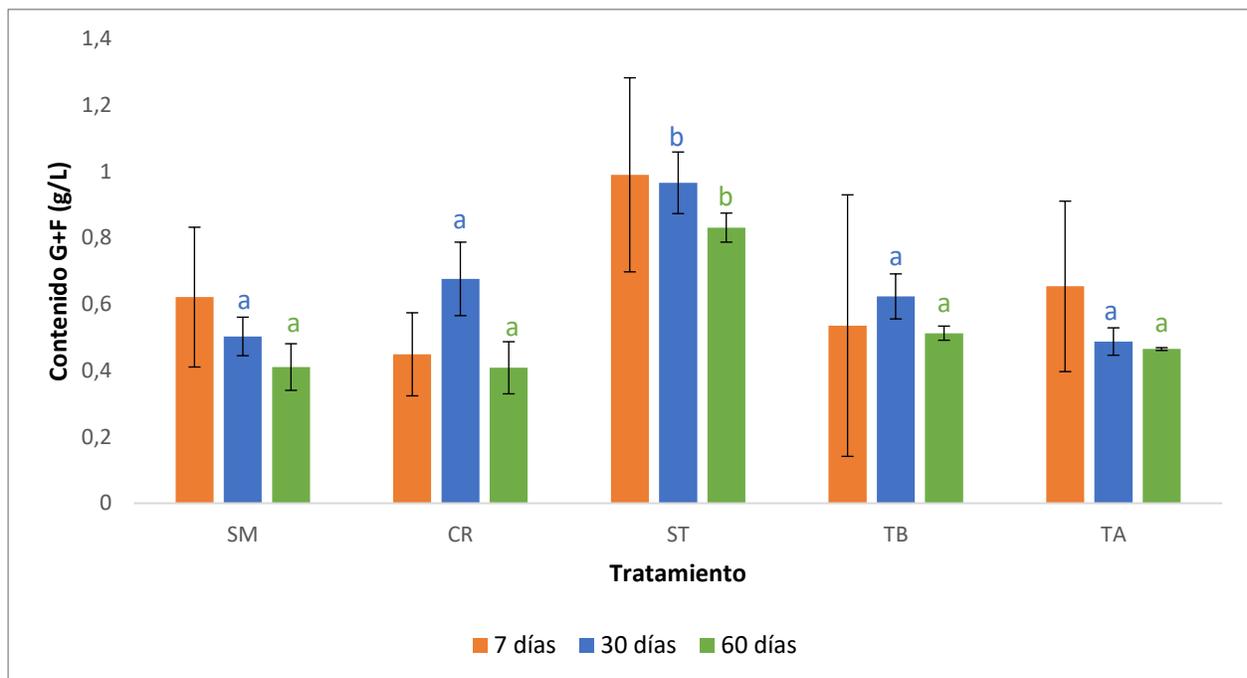


Figura 8. Contenido de azúcares representados por glucosa y fructosa en vinos con distintos tratamientos. Letras minúsculas distintas del mismo color indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para el tiempo correspondiente.

Tabla 4.4: Coeficiente de variación de los distintos tratamientos en cuanto a contenido de azúcares (glucosa y fructosa).

Glucosa + Fructosa	
Tiempo	Coef. de variación (%)
7 días	45,85
30 días	29,2792
60 días	32,12

Anteriormente, se ha estudiado el efecto del tostado en maderas destinadas a guarda de líquidos sobre la composición no volátil de éstas (Sánchez Gómez et al., 2016); sin embargo, la información sobre el contenido de carbohidratos o azúcares es escaso. En estudios de Alañón et al., (2010) se observó que la concentración de distintos azúcares, entre ellos glucosa y fructosa disminuyen al someter la madera de distintos robles al tostado. Incluso, se ha propuesto a los anhídridos monosacáridos como marcadores de tostado, éstos son compuestos que se forman a partir de la degradación de distintos monosacáridos de la madera al tostarla.

4.2.5. Contenido de taninos, fenoles totales y capacidad antioxidante

Según el análisis estadístico realizado, sólo se encontraron diferencias significativas con un 95% de confianza en la concentración de fenoles totales y capacidad antioxidante representada por el DPPH; y esto sólo fue observado en el tiempo de 7 días de maceración (Tabla 4.5).

Los vinos tratados con madera de roble tostada fueron los que presentaron una mayor concentración de fenoles totales, pero sin diferencias estadísticas con respecto al control (SM), y sólo diferenciándose estadísticamente respecto al vino con tratamiento TB.

Para el caso de la capacidad antioxidante, esta disminuye estadísticamente a los 7 días en los tratamientos TB y TA con respecto a los demás tratamientos, siendo el tratamiento CR el que presenta una mayor capacidad antioxidante.

Tabla 4.5: Efecto de los diferentes tratamientos sobre la media de concentraciones de taninos (TT) (mg/L), fenoles totales (TPC) (mg/L) y capacidad antioxidante (DPPH) [eq. Trolox] (mg/L).

Tratamiento	7 días			30 días			60 días		
	TT	TPC	DPPH	TT	TPC	DPPH	TT	TPC	DPPH
SM	1226,84	2232,10 ab	9,10 bc	938,46	2060,49	8,59	1326,10	2330,86	8,14
CR	1181,02	2293,83 b	9,40 c	843,03	2162,96	8,49	1159,76	2337,04	7,80
ST	1221,33	2144,45 ab	8,40 abc	846,47	2053,09	8,63	1194,64	2218,52	7,90
TB	1191,35	2077,78 a	8,06 ab	939,50	2112,35	9,01	1204,65	2202,47	9,14
TA	1221,33	2174,07 ab	7,51 a	981,19	2076,54	8,33	1235,34	2200,00	8,79
Valor -p	0,8773 n.s.	0,0356 *	0,0051 *	0,3660 n.s.	0,5954 n.s.	0,1998 n.s.	0,6020 n.s.	0,0552 n.s.	0,3023 n.s.
Coef. de variación (%)	10,03	4,48	8,81	24,03	4,22	4,19	12,31	5,06	10,82

Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Según lo observado en la separación de medias de la tabla 4.5, no se presentaron diferencias estadísticas en cuanto a concentración de taninos en ningún tratamiento. Sin embargo, esto se condice con estudios de Cebrián-Tarancón et al. (2019), en donde se concluye que el uso de sarmientos como aditivos enológicos no parece ser relevante en el aporte a la fracción tánica del vino.

Una de las principales razones de usar maderas en la maduración de los vinos es el aumentar el contenido de compuestos de interés, entre ellos compuestos fenólicos (Morata et al., 2005). La concentración de fenoles totales en la madera de sarmientos es menor que en el roble (Cebrián-Tarancón et al., 2019), por lo que es lógico el que se haya obtenido una mayor concentración de fenoles totales en el tratamiento CR. A los 7 días de maceración el tratamiento CR alcanzó una concentración estadísticamente mayor que el tratamiento TB en un 9,2%, para los demás tratamientos las diferencias obtenidas no son estadísticamente significativas, sin embargo, el tratamiento CR presentó una concentración un 6,3% mayor que el tratamiento ST, y un 5,0% mayor que el tratamiento TA. Estas diferencias van disminuyendo a través del tiempo, el tratamiento CR en el tiempo de 30 días supone sin diferencias estadísticas una concentración de fenoles totales un 5% mayor que tratamiento ST, 2,3% mayor que el tratamiento TB y un 3,9% mayor que el tratamiento TA. Mientras que, para el tiempo de 60 días de maceración, igualmente sin diferencias estadísticas el tratamiento CR fue 5,0% mayor que tratamiento ST, 5,7% mayor que el tratamiento TB y 5,8% del tratamiento TA. Los resultados obtenidos en este trabajo sugieren que los valores de contenido en fenoles totales en vinos tratados con chips de sarmientos tostados se acercan más a los valores obtenidos a los vinos tratados con roble en el tiempo de 30 días, acercándose a lo descrito por Cebrián Tarancón et al. (2019), que proponen que un tiempo óptimo de maceración de chips de sarmientos en vino es de 30 días para un adecuado traspaso de compuestos fenólicos desde la madera al vino.

Los compuestos fenólicos presentan propiedades antioxidantes de gran valor en el ámbito alimenticio (Soares, 2002). De esta forma, es posible relacionar la variable de fenoles totales con lo observado a partir de las mediciones de capacidad antioxidante. En este caso, los vinos del tratamiento CR presentan una capacidad antioxidante estadísticamente mayor que en los tratados con chips tostados de sarmiento a los 7 días de maceración, siendo los valores de capacidad antioxidante del tratamiento CR un 10,5% mayor que el tratamiento ST, un 14% mayor que el tratamiento TB y un 20,0% mayor que el tratamiento TA. En los tiempos de 30 y 60 días las diferencias en la capacidad antioxidantes de los tratamientos no fueron significativas.

5. CONCLUSIONES

Los sarmientos de la vid poseen una composición fenólica de interés enológico. Esta composición es altamente diferenciada de acuerdo a la variedad de los sarmientos en cuanto a los compuestos específicos que posee.

En el caso del uso de chips de sarmientos de vid como aditivos enológicos se expuso el vino al oxígeno al momento de embotellar, agregar los chips y también por el tipo de botella utilizada, y no se corrigió el contenido de anhídrido sulfuroso periódicamente, cuestión que pudo causar alteraciones en acidez y pH. A pesar de lo anterior, las diferencias observadas en concentración de fenoles totales y en capacidad antioxidante a los 7 días sugieren que el traspaso de estos compuestos desde sarmientos de vid es comparable con el traspaso desde la madera de roble, principalmente en tiempos de maceración más altos.

Además, se logró observar un traspaso de azúcares desde la madera de sarmientos sin tostar al vino, lo que sugiere la necesidad de investigar más a fondo esta observación, y otros efectos químicos y sensoriales derivados del uso de madera de vid como aditivo enológico.

De acuerdo a todo lo anterior, en el marco de una economía circular, es importante fomentar la investigación de las propiedades de los sarmientos de las variedades de vides chilenas, y su potencial uso como aditivo enológico en la misma industria vitivinícola, para este último ítem es crucial la búsqueda de nuevos experimentos que disminuyan las alteraciones que se presentaron en este trabajo, el vino modelo (solución preparada a partir de los principales componentes del vino, generalmente agua, etanol y ácido tartárico) parece ser una buena opción, también se podrían usar como envase bolsas metalizadas para uso alimenticio, las cuales cuentan con una llave de paso para extraer el vino, de forma de limitar la exposición del oxígeno al interior del envase. De igual forma sería interesante la realización de estos ensayos a gran escala, en cubas de tamaño convencional, acercándose a la realidad de la bodega.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alañón M.E., Rubio, H., Díaz-Maroto, M., Pérez-Coello, M. 2010. "Monosaccharide anhydrides, new markers of toasted oak wood used for ageing wines and distillates". Food Chemistry. 119. 505-512. <https://www.sciencedirect.com.usalca.idm.oclc.org/science/article/pii/S0308814609008589?via%3Dihub>
- Arapitsas, P., Antonopoulos, A., Stefanou, E., Dourtoglou, V.G. 2004. Artificial aging of wines using oak chips. Food Chemistry. 86: 563-570. <https://www.sciencedirect-com.usalca.idm.oclc.org/science/article/pii/S0308814603005296?via%3Dihub#BIB21>
- Buttica, S., Rawyler, A. 2008. "Discriminación analítica de los vinos tratados con roble de los criados en barricas de roble". Recuperado en: <https://www.infowine.com/intranet/libretti/libretto6066-02-1.pdf>. Consultado el 23 de Mayo de 2022.
- Carpena, M., Pereira, A., Prieto, M., Simal-Gandara, J. 2020. "Wine Aging Technology: Fundamental Role of Wood Barrels". Foods. 9. 1160. <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/9/1160/htm>.
- Cebrián-Taracón, C., Sánchez-Gómez, R., Carot, J., Zalacain, A., Alonso, G., Salinas, R. 2019. "Assessment of vine-shoots in model wines as enological additives". Food Chemistry. 288. 86-95. <https://www.sciencedirect-com.usalca.idm.oclc.org/science/article/pii/S030881461930398X?via%3Dihub>.
- Cebrian-Tarancon, C., Fernandez-Roldan, F., Alonso, G., Salinas, R. 2021. "Classification of vine-shoots for use as enological additives". Journal of the science of food and agriculture. 102. 724-731. <https://onlinelibrary-wiley-com.usalca.idm.oclc.org/doi/10.1002/jsfa.11403>.
- Cebrián-Tarancón, C., Sánchez-Gómez, R., Salinas, R., Alonso, G., Oliva, J., Zalacain, A. 2018. "Toasted vine-shoot chips as enological additive. Food Chemistry". 263. 96-103. <https://www.sciencedirect-com.usalca.idm.oclc.org/science/article/pii/S0308814618307453?via%3Dihub>.
- Cetin, E., Altinöz, D., Tarcan, E., Göktürk, N. 2011. "Chemical composition of grape canes". Industrial Crops and Products. 34. 994-998. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669011000641>.
- Chatonnet, P., Escobessa, J. 2007. "Impact of toasting oak barrels on the presence of polycyclic aromatic hydrocarbons in wine". 55. 10351-10358. <https://pubs-acscs-org.usalca.idm.oclc.org/doi/10.1021/jf071665o>.
- Conde, A. 2021. "Optimización del tonel como elemento clave en el envejecimiento de vinos e idoneidad de maderas frondosas de procedencia gallega para este uso". Lugo, España, escuela de doctorado internacional de la Universidad de Santiago de la Compostela. 230p. file:///C:/Users/juanfelipemirandato/Downloads/rep_2563.pdf.
- Crump, A., Johnson, T., Wilkinson, K., Bastian, S. 2015. "Influence of Oak Maturation Régimen on Composition, Sensory Properties, Quality, and Consumer Acceptability of Cabernet Sauvignon Wines".

Journal of Agricultural and Food Chemistry. 63. 1593-1600. <https://pubs-acsc-org.utralca.idm.oclc.org/doi/10.1021/jf5044025#>

- Del Álamo m., Nevares, I. 2017. "Oak wine barrel as an active vessel: A critical review of past and current knowledge". 58. 2711-2726. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2017.1330250>.
- Delgado Torre, M., Ferreiro-Vera, C., Priego-Capote, F., Pérez-Juan, P., Luque de Castro, M. 2012. "Comparison of accelerated Methods for the extraction of phenolic compounds from different vine-shoot cultivars". Journal of agricultural and food chemistry. 60. 3051-3060. <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf205078k>.
- Díaz-Plaza, E.M., Reyero, J.R., Pardo, F., Salinas, M. 2002. "Comparison of wine aromas with different tannic content aged in French oak barrels". Analytica Chimica Acta. 458. 139-145. <https://www-sciencedirect-com.utralca.idm.oclc.org/science/article/pii/S0003267001015306?via%3Dihub>
- Frémont L. 2000. "Biological effects of resveratrol". Life Sciences. 66. 663-673. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0024320599004105>
- García, R., Soares, B., Barrocas, C., Costa, A., Joao, M. 2012. "Phenolic and furanic compounds of Portuguese chestnut and French, American and Portuguese oak wood chips". 235. 457-467. <https://link-springer-com.utralca.idm.oclc.org/article/10.1007/s00217-012-1771-2>.
- Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Hermosín-Gutiérrez, I. 2007. "HPLC análisis of diverse grape and wine phenolics using direct injection and multidetection by DAD and fluorescence. Analysis. 20. 618-626. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157507000439>.
- Guerrero, R., Aliaño-González, M., Puertas, B., Richard, T., Cantos-Villar, E. 2020. "Comparative analysis of stilbene concentration in grapevine shoots of thirteen *Vitis* during a three-year study". Industrial Crops and Products. 156. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092666902030769X?via%3Dihub>.
- Gutiérrez-Escobar, R., Fernández-Marín, I., Richard, T., Fernández-Morales, A., Carbú, M., Cebrián-Tarancón, C., Torija, M., Puertas, B., Cantos-Villar E. 2021. "Development and characterization of a pure stilbene extract from grapevine shoots for use as a preservative in wine". Food control. 121. 107684. <https://www.sciencedirect.com/journal/food-control>.
- Hidalgo, J. 2003. "Tratado de enología", volumen 1. Mundi-Prensa Libros. 1822p. disponible en: https://books.google.com/cu/books?id=4nLPy0y80OIC&hl=es&source=gbs_navlinks_s.
- Karakaya, S. 2004. "Bioavailability of Phenolic Compounds. Critical Reviews in Food Science and Nutrition". 44:6. 453-464. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408690490886683>.
- Lamuela-Raventós, R. 2017. Page 107 in: Folin-Ciocalteu method for the measurement of total phenolic content and antioxidant capacity. Edited by Resat Apak. Capanoglu, E., Shaidi, F., Wiley, J & sons. First edition. 352 p. <https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=Lh9BDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA107&dq=folin+ciocalteu+m>

[ethod&ots=hKnyVpEaC5&sig=raarPGgqnHbSSe18mnlJPpKj5go#v=onepage&q=folin%20ciocalteu%20method&f=false.](#)

- Ledesma, J. 2013. "Prácticas enológicas patrimoniales del Biobío: envejecimiento en barricas de maderas nativas como herramienta de diferenciación para los vinos finos de la región". Volumen 6. FIA. Region del Ñuble, Chile. 22p. Recuperado en: <http://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/147577>. Consultado el 25 de Mayo de 2022.
- Mattos, G., Tonon R., Furtado, A., Cabral, L. 2016. "Grape by-product extracts against microbial proliferation and lipid oxidation: a review". Journal of the science of food and agriculture. 97. 1055-1064. <https://onlinelibrary-wiley-com.atalca.idm.oclc.org/doi/10.1002/jsfa.8062>.
- Medriano-Padial, C., Puerto, M., Richard, T., Cantos-Villar, E., Pichardo, S. 2021. "Protection and reversion role of a puer stibene extract from grapevine shoot and its major compounds against and included oxidative stress". Journal of Functional Foods. 79. 104393. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464621000426?via%3Dihub>.
- Morata, A., González, C., Calderón, F. 2005. "Crianza sobre lías, chips y microoxigenación, utilización conjunta en el envejecimiento de vinos tintos. Ventajas del uso de levaduras seleccionadas". Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Morata/publication/237222629_Crianza_sobre_lias_chips_y_microoxigenacion_utilizacion_conjunta_en_el_envejecimiento_de_vinos_tintos_Ventajas_del_uso_de_levaduras_seleccionadas/links/541bca3b0cf25ebee98d9f25/Crianza-sobre-lias-chips-y-microoxigenacion-utilizacion-conjunta-en-el-envejecimiento-de-vinos-tintos-Ventajas-del-uso-de-levaduras-seleccionadas.pdf. Consultado el 03 de Enero de 2023.
- Nastasiadi, M., Chorianopoulos, N., Nychas, G.J., Haroutounian, S.A. 2008. "Antilisterial Activities of Polyphenol-Rich extracts of Grapes and vinification Byproducts". Journal of Agricultural and Food Chemistry. 57. 457-463. <https://pubs-acs-org.atalca.idm.oclc.org/doi/10.1021/jf8024979>.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2022. Boletín del vino. Enero 2022. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Recuperado en: <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-del-vino-enero-2022>. Consultado el 14 de Abril del 2022.
- Ojeda, S. 2012. "Nuevos orígenes de la madera de roble para la crianza de vinos tintos de la D.O.Ca RIOJA". Logroño, España. Universidad de la Rioja. 251 p. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/tesis/25841.pdf>
- Romanet, R., Coelho, C., Liu, Y., Bahut, F., Ballester, J., Nikolantonaki, M., Gougeon, R. 2019. The antioxidant potential of white wines relies on the chemistry of sulfur-containing compounds: an optimized DPPH assay. Molecules. 24. <https://www.mdpi.com/1420-3049/24/7/1353/htm>.
- Sánchez-Gómez R., Sánchez-Vioque, R., Santana-Méridas, O., Martín-Bejerano, M., Alonso, G., Salinas, M., Zalacain, A. 2017. "A potential use of vine-shoot wastes: The antioxidant, antifeedant and phytotoxic activities of their aqueous extracts". Industrial Crops and Products. 97. 120-127. <https://www.sciencedirect-com.atalca.idm.oclc.org/science/article/pii/S0926669016308408?via%3Dihub>.

- Sánchez-Gómez, R., Zalacain, A., Alonso, G., Salinas, M. 2016. "Effect of toasting on non-volatile and volatile vine-shoots low molecular weight phenolic compounds". Food Chemistry. 204. 499-505. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814616303053?via%3Dihub>
- Sarneckis, C., Dambergs, R., Jones, P., Mercurio, M., Herderich, M., Smith, P. 2008. Quantification of condensed tannins by precipitation with methyl cellulose: development and validation of an optimized tool for grape and wine analysis. Australian journal of grape and wine research. 12. 39-49. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1755-0238.2006.tb00042.x?casa_token=zy4ifjHu5PsAAAAA%3A49HQ5g8clPwIOQ03o6swAzjATRCrleQ8bbLgC4uVzpkOKFltw6O-ilRU8keX2u7gHXDVTGYSil1sldq0.
- Servicio Agrícola y ganadero (SAG). 1995. "Ley 18.455. Decreto N° 464: zonificación vitícola". Disponible en: http://www.gie.uchile.cl/pdf/GIE_legislacion/Ley_18455.pdf. Consultado el 03 de Junio de 2022.
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2020. "SAG presenta Catastro Vitícola Nacional 2020". Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Recuperado en: <https://www.sag.gob.cl/noticias/sag-presenta-catastro-viticola-nacional-2020>. Consultado el 14 de Abril del 2022.
- Smith, P. (2015). Measuring tannins in grapes and red wine using the MCP (methyl cellulose precipitable tannin assay). Fact Sheet Analysis, 1. Recuperado de: https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/mcp_fact_sheet.pdf
- Soares, S. 2002. "Phenolic acids as antioxidants". Revista de Nutrição. 15. 71-81. <https://www.scielo.br/j/rn/a/mZxTyVMspZY9WJgC7SSFnbh/?lang=pt>.
- Trademap. 2022. (En línea). Disponible en: <https://www.trademap.org/Index.aspx>. Consultado el 02 de Junio de 2022.
- Trioli, G. 2009. "Contaminación microbiana en el vino". Recuperado de: <https://www.infowine.com/intranet/libretti/libretto7420-01-1.pdf>.
- Troilo, M., Difonzo, G., Paradiso, V.M., Summo, C., Caponio, F. 2021. "Bioactive Compounds from Vine Shoots, Grape Stalks, and Wine Lees: Their Potential Use in Agro-Food Chains". Foods, 10, 342. <https://doi.org/10.3390/foods10020342>.
- Wines of Chile. 2022 (en línea). Disponible en: <https://www.winesofchile.org/chile-vitivinicola/aporte-del-vino-a-la-economia-y-desarrollo-de-chile/#:~:text=El%20vino%20constituye%20un%20aporte,un%209%25%20en%20envasado%20y>. Consultado el 06 de Junio de 2022.
- Werner, M., Rauhut, D., Cottureau, P. 2009. "Levaduras y producción natural de anhídrido sulfuroso. Recuperado de: <https://www.infowine.com/intranet/libretti/libretto7368-01-1.pdf>. Consultado el 02 de Diciembre de 2022.
-