



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Ciencia y Tecnología de los alimentos

Estudio de la importancia sensorial de los aldehídos de Strecker en vinos blancos

Study of the sensory significance of Strecker aldehydes in white wines

Autor/es

Laura Ángeles García de Jalón Uixera

Director/es

Ana Escudero Carra
Arancha de la Fuente Blanco

Facultad de Veterinaria

2023

Índice

Resumen.....	1
Abstract	1
1.Introducción	2
2.Justificación y objetivos	5
3.Metodología.....	6
3.1. Reactivos y disolventes	6
3.2. Muestras.....	6
3.3. Análisis sensorial	8
3.3.1. Participantes.....	8
3.3.2. Procedimiento	8
3.3.2.1. Entrenamiento del panel de catadores.....	8
3.3.2.2. Análisis sensorial de las muestras	10
3.4. Análisis de datos.....	11
4.Resultados y discusión	12
4.1. Elección de jueces	12
4.2. Evaluación de la calidad de las muestras	14
4.3. Evaluación de los atributos sensoriales de las muestras	17
5.Conclusiones	19
6.Valoración personal	20
7.Bibliografía	21
8.Anexo de Legislación.....	23

Resumen

El aroma es una de las características sensoriales más importantes del vino blanco. Con el tiempo estos vinos pierden calidad, frescura y son menos frutales. Una de las principales familias químicas generadas en la evolución oxidativa de los vinos son los aldehídos de Strecker (2-metilbutanal, 3-metilbutanal, isobutanal, metional y fenilacetaldehído), compuestos que forman aductos con el sulfuroso del vino y, solo cuando están libres, tienen importancia sensorial.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad por vía orthonasal de tres vinos blancos sintéticos diferentes, dopados con seis niveles distintos de aldehídos de Strecker. Para ello, fueron evaluados sensorialmente por un panel de catadores expertos en vino, previamente entrenados. Los tres primeros niveles de aldehídos añadidos simulaban las características de vinos blancos no oxidados (cuya concentración de aldehídos simulaba solo la fracción libre de los aldehídos de Strecker) y los tres últimos niveles simulaban vinos que habían sufrido una fuerte oxidación (cuya concentración de aldehídos simulaba la concentración total de aldehídos de Strecker, es decir, tras la liberación de aquellos aldehídos que se encontraban formando aductos con el SO₂).

Se observó que, en los vinos no oxidados las concentraciones de los aldehídos de Strecker libres no modificaban el perfil aromático significativamente, mientras que en los vinos en los que se simulaba una fuerte oxidación, la concentración de estos aldehídos reducía los aromas frutales o florales en los vinos jóvenes y a madera en los vinos envejecidos, dando lugar a aromas asociados con vinos oxidados y, por lo tanto, a un descenso de la calidad percibida.

Abstract

Aroma is one of the most important sensory characteristics of white wine. Over time these wines lose quality, freshness and become less fruity. One of the main chemical families generated in the oxidative evolution of wines are the Strecker aldehydes (2-methylbutanal, 3-methylbutanal, isobutanal, methional and phenylacetaldehyde), compounds that form adducts with the sulfur in wine and, only when free, are of sensory importance.

The objective of this work was to evaluate the orthonasal quality of three different synthetic white wines, spiked with six different levels of Strecker aldehydes. For this purpose, they were sensorially evaluated by a panel of previously trained expert wine tasters. The first three levels of aldehydes added simulated the characteristics of unoxidized white wines (whose aldehyde concentration simulated only the free fraction of Strecker aldehydes) and the last three levels

simulated wines that had undergone strong oxidation (whose aldehyde concentration simulated the total concentration of Strecker aldehydes, i.e. after the release of those aldehydes found forming adducts with SO₂).

It was observed that, in unoxidized wines, the concentrations of free Strecker aldehydes did not significantly modify the aromatic profile, whereas in wines in which strong oxidation was simulated, the concentration of these aldehydes reduced the fruity or floral aromas in young wines and woody aromas in aged wines, giving rise to aromas associated with oxidized wines and, therefore, to a decrease in perceived quality.

1. Introducción

Según la Ley 24/2003, de 10 de julio, de la Viña y del Vino, el vino “es el alimento natural obtenido exclusivamente por fermentación alcohólica, total o parcial, de uva fresca, estrujada o no, o de mosto de uva”, de manera que “las variedades destinadas a uva de vinificación deberán pertenecer a la especie *Vitis vinífera L.* o proceder de un cruce entre la especie *Vitis vinífera* y otras especies del género *Vitis*”.

El vino es una bebida alcohólica que, desde su nacimiento, estimado en la edad de Edad de Bronce (3000 a.C.) en Mesopotamia (Bode, 1992), ha gozado de gran importancia a lo largo de la historia, convirtiéndose actualmente en una de las siete bebidas más consumidas de todo el mundo. En España en concreto, el vino destaca gracias a su importante aportación, tanto a nivel económico, como gastronómico, al paisaje y al turismo de este país (Estreicher, 2013). Además, la situación geográfica del país, así como los diferentes climas y suelos, permiten la obtención de una amplia variedad de vinos con diversas características.

Hoy en día, al llevar a cabo la elección de compra, la calidad del vino es uno de los factores con más peso. Esta, normalmente se define como “el juicio sobre la superioridad o excelencia de un producto en relación a los otros productos ofertados” (Sáenz-Navajas *et al.*, 2015). Sin embargo, se trata de un concepto que va a depender de numerosos factores, desde la composición química de la matriz hasta de quien evalúa el juicio.

Si nos fijamos en su composición química, el vino es una matriz compleja formada por compuestos volátiles y no volátiles, que en función de su concentración e incluso de sus interacciones, van a influir en la calidad percibida. Si atendemos al personal que evalúa el producto, el concepto de calidad también varía dependiendo del nivel de conocimiento del mismo. Los expertos en vino basan su opinión en los procesos técnicos de la elaboración del

vino, mientras que para los consumidores, la percepción de la calidad se basa en su propia experiencia, resultando más subjetiva, y dando importancia a otros factores como el país o la región de origen, si está sujeto a alguna denominación oficial, las expectativas propias, entre otras (Sáenz-Navajas *et al.*, 2015). Además, estas expectativas también varían en función del tipo de vino, ya las características que señalan a un vino como de alta calidad también cambian. Es decir, los parámetros que indican que un vino blanco joven es de buena calidad no serán los mismos que para un vino blanco envejecido en barrica.

Uno de los aspectos más importantes que van a determinar la calidad del vino, es el aroma. La calidad e intensidad del aroma del vino depende de varios factores como son el tipo de uva, el suelo, las condiciones climáticas y el tipo de elaboración a la que se haya sometido (Darriet y Pons, 2017). Sin embargo, lo que realmente va a dictaminar el perfil aromático, son los compuestos volátiles y no volátiles que se encuentran en la matriz, así como las interacciones existentes entre ellos (Genovese *et al.*, 2009). Además, la calidad aromática percibida también diferirá en función de la sensibilidad olfativa del catador (ya que esta varía de un catador a otro). Por lo que, en general, cuanto mayor complejidad tenga el perfil aromático, de mayor calidad será considerado el vino (Darriet y Pons, 2017).

Sin embargo, en el aroma del vino se diferencian cuatro tipos de aroma, en función de su origen bioquímico y el momento del desarrollo del mismo (Ferreira y Lopez, 2019):

- Aromas varietales o primarios: Son los conferidos por la propia cepa, en forma de precursores o en su forma aromática (florales, vegetales, frutales, minerales, especiados y terrosos/alquitrانados).
- Aromas fermentativos o secundarios: Se deben a los compuestos aromáticos producidos durante las fermentaciones alcohólicas y malolácticas, por lo que varía en función de microorganismos empleados y de las condiciones del proceso. A su vez estos se diferencian en fermentativos (bizcocho y pan), lácticos y amílicos (plátano, esmalte de uñas y barniz).
- Aromas de la madera o terciarios: Son los componentes aromáticos extraídos de la madera en forma de aromas o de precursores aromáticos (especias, coco, vainilla, maderas y torrefactos).
- Aromas de evolución o también terciarios: Son compuestos volátiles generados a partir de reacciones químicas partiendo de metabolitos primarios (ácidos, aminoácidos, azúcares, H₂S y sus precursores) durante el envejecimiento o crianza en barrica (u otros contenedores) y la maduración en botella de los vinos.

Sin embargo, también se pueden desarrollar aromas indeseables que indican que se ha producido una alteración organoléptica y, por lo tanto, una pérdida de calidad del vino. Pueden originarse debido al tipo de uva, durante el proceso de elaboración o durante la etapa de envejecimiento, ya sea en tanques, barriles o botellas (Darriet y Pons, 2017). Estos aromas también se pueden clasificar en distintas categorías (Cosme, Filipe-Ribeiro y M. Nunes, 2021), donde los más comunes son: vino oxidado (se pierden los aromas frutales y aparecen a curry, manzana podrida, verdura hervida o caldo de carne), vino reducido (huevo podrido, ajo o col fermentada), corcho (surge por la presencia de tricloroanisol, dando lugar a aromas como humedad y moho), excesivo sulfuroso (cerilla quemada) y alta acidez volátil (vinagre o acetona).

La aparición de aromas de oxidación durante el envejecimiento del vino puede ser debido a la oxidación de compuestos aromáticos sensibles al oxígeno o a la formación de nuevos compuestos aromáticos activos. Algunos compuestos sensibles al oxígeno son los mercaptanos, cuya oxidación influye negativamente en la conservación de las características organolépticas del vino. Por otro lado, algunos de los compuestos que se forman como resultado de la oxidación del vino son los aldehídos, como el acetaldehído y los aldehídos de Strecker (Ferreira *et al.*, 2014).

En este trabajo se van a manejar los aldehídos de Strecker (metional, 2-metilbutanal, 3-metilbutanal, fenilacetaldehído e isobutanal). Estos compuestos se producen a partir de la degradación de Strecker de cinco aminoácidos específicos (metionina, isoleucina, valina, fenilalanina y leucina) (Ferreira *et al.*, 2014), aunque hay una gran variedad tanto de moléculas como de procesos que podrían desembocar en la formación de estos aldehídos (Marrufo-Curtido *et al.*, 2021).

En los vinos comerciales, la gran mayoría de estos aldehídos se encuentran formando aductos con el SO_2 presente en el vino (unión aldehído- SO_2), de manera que este aducto es no volátil y no aromático (no se puede percibir desde el punto de vista sensorial). Sin embargo, esta unión es reversible, por lo que a medida que el vino va envejeciendo, el SO_2 va desapareciendo, ya sea por reacciones de oxidación o a que reacciona con otros compuestos, lo que deriva en la liberación de los aldehídos de Strecker. Estos aldehídos, al pasar a su forma libre, son volátiles y pueden ser percibidos sensorialmente (Marrufo-Curtido *et al.*, 2021).

Hay que tener en cuenta que la forma en la que evolucionan los vinos va a depender en gran medida de la variedad de la uva con la que se haya vinificado (Marrufo-Curtido *et al.*, 2021). En España se puede encontrar una amplia variedad de uvas blancas que se emplean para la elaboración del vino. Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), en 2020

había aproximadamente 421.500 hectáreas de superficie destinadas a viñedos de uva blanca y en 2021 se produjeron alrededor de 17.420.300 hectolitros de vino blanco. La uva Airén es la más destaca, ocupando aproximadamente 193.000 de esas hectáreas, seguida de otras variedades como Macabeo, Pardina, Palomino fino, Xarello o Moscatel de Alejandría. Este estudio se va a centrar en dos variedades: Verdejo y Chardonnay.

La uva Verdejo (*Vitis vinifera* cv.) es una uva autóctona de España, cuyos viñedos ocupan alrededor de 25.000 hectáreas (MAPA, 2020), principalmente en la zona vinícola de la Denominación de Origen Rueda, que es exclusiva de vinos blancos. Este tipo de vino monovarietal se distingue por su característico aroma afrutado, relacionado con la presencia de acetato de 3-mercaptopentano, donde destacan toques a frutas cítricas y tropicales, así como a fruta blanca (Martínez-Gil *et al.*, 2011).

Por otro lado, la uva Chardonnay, originaria de Francia, es una de las uvas blancas más plantadas alrededor del mundo, siendo un híbrido de las variedades Pinot y Gouais blanc (Dein *et al.*, 2021). En España, los viñedos de esta variedad ocupan aproximadamente 9.200 hectáreas (MAPA, 2020). Además, debido a la presencia de compuestos aromáticos como diacetilo, tioles y ésteres en los vinos elaborados con esta uva, se pueden percibir aromas como a mantequilla, caramelo, miel, fruta tropical, fruta verde y cítricos (Gambetta *et al.*, 2014, Gros *et al.*, 2017).

El envejecimiento en barrica se ha usado durante años para mejorar las características el vino. Al estar en contacto con la madera, el vino, tanto tinto como blanco, extrae componentes como lactonas, eugenol, vainillina o guaiacol, que aumentan la riqueza de su perfil aromático aportando atributos a madera, coco, vainilla, tostado, especiado o ahumado entre otros (Martínez-Gil *et al.*, 2011).

2. Justificación y objetivos

Los objetivos académicos de este trabajo fueron:

- Conocer la importancia sensorial de diferentes concentraciones de aldehídos de Strecker en diferentes matrices sintéticas de vino blanco que simulaban tres tipos de vinos monovarietales (Verdejo, Chardonnay joven y Chardonnay envejecido en barrica) con distintos grados de oxidación.
- Evaluar la calidad de las mismas muestras en función del aroma percibido por vía orthonasal.

El objetivo didáctico fue el desarrollo personal y académico del estudiante, integrando los conocimientos adquiridos en el grado de Ciencia y Tecnología de los Alimentos en un estudio aplicado al aroma del vino.

Este estudio se ha realizado debido a la importancia del aroma en los vinos blancos. El deterioro del mismo puede suponer una bajada de calidad, pérdidas económicas y una mala imagen de los productores. Además, la importancia de la presencia de los aldehídos de Strecker puede venir diluida por su forma inodora formando aductos reversibles. Este trabajo intenta simular lo que ocurrirá con el tiempo al aroma de los vinos blancos con aldehídos preformados combinados con el sulfuroso. Se trabaja con vinos sintéticos para evitar la presencia del sulfuroso y unificar la matriz de los 3 vinos blancos con aroma tipo.

3. Metodología

3.1. Reactivos y disolventes

Ácido tartárico (99%) y glicerina de Panreac (Barcelona, España), ácido tánico de Sigma-Aldrich, quinina (99%) de Alfa Aesar y goma arábiga de Akras (Austria, Europa). Los aldehídos empleados fueron isobutanal, 2-metilbutanal, 3-metilbutanal, metional y fenilacetaldehído, así como los estándares químicos fueron suministrados por Sigma-Aldrich, Fluka (Madrid, España), ChemService (West Chester, PA, EE.UU.) y Firmenich (Suiza), todos ellos con una pureza superior al 90%.

Como disolventes se usaron agua destilada y etanol suministrado por Merk (Darmstadt, Alemania)

3.2. Muestras

Se prepararon tres modelos de vino, que simulaban dos vinos blancos jóvenes (Verdejo y Chardonnay) y un vino blanco Chardonnay elaborado con barrica. Fueron preparados mediante la mezcla de compuestos químicos, tanto volátiles como no volátiles, que pueden encontrarse normalmente en el vino (San-Juan *et al.*, 2011). Las concentraciones en las que fueron añadidos para cada una de las matrices pueden verse reflejadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición base de los vinos modelo.

Compuestos	Vino joven (Verdejo)	Concentración (mg/L)	
		Vino joven (Chardonnay)	Vino blanco con barrica (Chardonnay con barrica)
Alcohol isoamílico	120	120	120
b-feniletanol	20	20	20
Ácido acético	100	100	100
Ácido hexanoico	5	8	8
Hexanoato de etilo	5	7	7
Acetato de isoamilo	1,5	1,5	1,5
Linalool	0,005	0,005	0,005
Cinamato de etilo	0,0005	0,0005	0,0005
β-Damascenona	0,003	0,003	0,003
3-Mercaptohexanol	0,0004	-	-
Acetato de 3-mercaptohexilo	0,00015	-	-
Furaneol	-	0,03	0,13
Vainilla	-	-	0,1
Guaiacol	-	-	0,02
Whiskilactona	-	-	0,2
Eugenol	-	-	0,02
Vanillato de etilo	-	-	0,3
Acetovanillona	-	-	0,2
pH		3,2	
Glicerina (mg/L)		5000	
Quinina (mg/L)		3	
Ácido tartárico (mg/L)		5000	
Acido tánico (mg/L)		15	
Goma arábica (mg/L)		15	
Etanol (%) v/v		12	

Para estudiar la relevancia sensorial de los aldehídos de Strecker liberados de los aductos durante el periodo de conservación del vino para cada una de las muestras, se añadieron cinco aldehídos en seis concentraciones distintas basadas en estudios previos (Bueno, Carrascón y Ferreira, 2016, Castejón-Musulén *et al.*, 2022). Estos niveles reflejan los rangos de concentración normales encontrados en diferentes vinos analizados para cada uno de los aldehídos y se encuentran recogidos en la Tabla 2.

Tabla 2. Concentraciones de aldehídos de Strecker (μg/L) en las muestras de vino sintético sin dióxido de azufre.

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6
Isobutanal	7,0	11	20	23	37	65
2-Metilbutanal	1,6	2,0	4,8	5,4	6,5	16
3-Metilbutanal	3,8	5,2	13	38	52	132
Metional	0,74	1,7	3,2	7,4	17	32
Fenilacetaldehído	2,3	3,9	11	23	39	114

Estos niveles imitan las concentraciones de aldehídos que se pueden encontrar a lo largo del envejecimiento del vino. Los niveles superiores (4, 5 y 6) simulan la máxima concentración de aldehídos presentes al romperse los aductos, es decir, la cantidad de aldehídos totales. Mientras que los niveles inferiores (1, 2 y 3), simulan la cantidad de aldehídos libres, ya que las concentraciones de aldehídos suministradas tan solo suponen aproximadamente entre un 10 y 30% de la cantidad de los aldehídos de los niveles superiores. Se diseñó así ya que los vinos blancos comerciales bien conservados poseen solo 10% de la cantidad total de 3-metilbutanal, metional y fenilacetaldehído en su forma libre, mientras que en el caso del isobutanal y 2-metiobutanal esta cifra asciende al 30%.

Estos seis niveles deben interpretarse como 3 parejas de vinos con las mismas cantidades de aldehídos totales, pero protegidos con el sulfuroso o habiendo perdido la protección con el tiempo y pasando los aductos a aldehídos libres. Los niveles 1 y 4 representan un vino con una cantidad media de aldehídos, el 2 y 5 representan un vino con una cantidad alta de aldehídos y el 3 y 6 representan un vino con una cantidad muy alta de aldehídos.

3.3. Análisis sensorial

3.3.1. Participantes

La evaluación sensorial fue llevada a cabo por un panel de catadores, conformado por 21 personas con experiencia en la evaluación aromática del vino (enólogos y personal perteneciente al Laboratorio de Análisis del Aroma y Enología, LAAE), considerados expertos en vino (Parr, Heatherbell y White, 2002).

3.3.2. Procedimiento

La evaluación sensorial se dividió en cuatro etapas. En las tres primeras sesiones se llevaron a cabo tres entrenamientos con el panel de catadores, mientras que, en la cuarta sesión, se llevó a cabo el análisis sensorial de las muestras.

3.3.2.1. Entrenamiento del panel de catadores.

El panel de catadores fue sometido a tres sesiones de entrenamiento. En la primera de ellas, se llevó a cabo entrenamiento individual con referencias de aroma, en el que a cada uno de los catadores se les proporcionaba catorce botes ámbar tapados con papel de aluminio perforado, de manera que pudiesen olerlos, pero no vieran el contenido. En cada uno de los botes se introdujeron especias, productos alimenticios o un fragmento de papel de celulosa impregnado de esencia, que generase el aroma deseado. Se codificaron con un número aleatorio de tres cifras. A los catadores se les proporcionó una lista de catorce atributos (aromas característicos que se pueden dar en el vino) y se les pidió que relacionaran cada uno de los botes con los

atributos otorgados en base al aroma detectado. Se consideró que se había superado esta etapa tras corregir sus respuestas, pidiéndoles que volvieran a oler los botes cuyos aromas no habían logrado asociar de manera correcta con el atributo correspondiente.

Tabla 3. Lista de atributos proporcionada a los catadores en el entrenamiento de referencias.

Atributos	
Fruta pasa/fruta compotada	Madera (coco)
Miel	Heno/paja/malta
Cítricos (naranja, pomelo)	Fruta tropical (piña)
Fruta tropical	Especiado (canela)
Fruta blanca	Fruta madura (plátano)
Especiado (clavo)	Verdura cocinada (patata cocida/judías verdes)
Floral (flor blanca)	Especiado (vainilla)

La segunda de las sesiones se centró en el entrenamiento de intensidades.

Para ello, un vino blanco fermentado en barrica de la variedad Verdejo se dividió en tres alícuotas diferentes, una para cada tipo de aldehído (serie 1: 3-metilbutanal; serie 2: metional; y serie 3: fenilacetaldehído). Después, cada una de ellas se subdividió en tres y se le añadieron distintos niveles de su correspondiente aldehído, obteniéndose un total de nueve muestras de vino de 200 mL. En el nivel 0, las tres muestras de vino no fueron dopadas con aldehído, las tres muestras del nivel 1 fueron dopadas con un nivel intermedio de los respectivos aldehídos y las tres muestras del nivel dos fueron dopadas con el mayor nivel de aldehídos. Las concentraciones empleadas en los distintos niveles pueden verse reflejadas en la Tabla 4.

Tabla 4. Concentraciones de aldehídos (mg/L) en las muestras de vino.

Serie	Compuesto	Concentración (mg/L)		
		Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2
Serie 1	3-Metilbutanal	0	0,27	0,54
Serie 2	Metional	0	0,69	1,38
Serie 3	Fenilacetaldehído	0	0,23	0,49

A los catadores se les presentaron 10 mL de cada muestra en copas negras acordes con la normativa ISO. Cada una de las copas fue identificada mediante un número aleatorio de tres dígitos y tapada con una placa Petri de plástico. A cada uno de los catadores se le presentaron tres series de copas de tres copas cada una, de manera que los tres niveles de un compuesto estaban en la misma fila, pero presentados en un orden aleatorio para cada uno de los catadores.

Se llevó a cabo una tercera sesión de entrenamiento. En ella, se emplearon tres botellas de vino blanco de distintas variedades: Verdejo (Añares Terra Nova Verdejo 2022), Chardonnay (Viñas del Vero Chardonnay 2022) y Chardonnay con barrica. La mitad de su contenido (375 mL) se puso en botes Pyrex de 1 L de volumen y se cerraron su tapón de rosca. Estas muestras se sometieron a durante 25 días a condiciones de almacenamiento que favorecían la oxidación del vino de manera natural. Para ello, se conservaron cerradas en una estufa a 35 °C y cada 7 días se sacaban, se abrían para regenerar el oxígeno del espacio de cabeza, se volvían a cerrar y se agitaban para oxigenar el vino que contenían. Después se cerraban y volvían a introducirse en la estufa.

La otra mitad de la botella se mantuvo en la misma botella comercial, que después de haber sido vaciadas hasta la mitad, fueron rellenas con argón para eliminar el oxígeno y encorchadas de nuevo. Estas botellas se conservaron en cámaras frigoríficas a 8 °C.

A los catadores se les presentaron 20 mL de cada muestra en copas negras acordes con la normativa ISO. Cada una de las copas fue identificada mediante un número aleatorio de tres dígitos y tapada con una placa Petri de plástico. A cada uno de los catadores se le presentaron tres filas de dos copas cada una, de manera que las dos muestras del mismo vino (oxidado y sin oxidar) estaban en la misma fila, pero presentados en un orden aleatorio para cada uno de los catadores.

En ambas sesiones (segunda y tercera sesión de entrenamiento), se pidió a los participantes que olieran las muestras de vino por vía orthonasal, de izquierda a derecha, y que evaluaran la calidad percibida para cada una de ellas en una escala hedónica de 10 centímetros de manera arbitraria (siendo 0: “baja calidad”; el 5: “media calidad” y el 10: “alta calidad”). Se les explicó que la buena calidad se relacionaba con olores frutales, florales y de barrica. Para el olor a miel, aunque resultasen agradables a nivel personal, se considerarían una alteración y por lo tanto de baja calidad. La puntuación de calidad para cada una de las muestras fue la distancia en centímetros señalada por cada uno de los catadores para cada vino. También se les pidió que describieran de dos a tres atributos del nivel que habían clasificado como de peor calidad y de mejor calidad para cada uno de los aldehídos (cada una de las filas). Al final de la sesión, se realizó una puesta en común, comentando los resultados individuales en voz alta.

3.3.2.2. Análisis sensorial de las muestras.

A los catadores se les presentó 20 mL de cada una de las muestras (Ver apartado 2.2. Muestras) en copas negras acordes con la normativa ISO. Cada una de las copas fue identificada mediante

un número aleatorio de tres dígitos y tapada con una placa Petri de plástico. A cada uno de los catadores se le presentaron tres filas de seis copas cada una, de manera que los seis niveles de aldehídos para un mismo vino estaban en la misma fila, pero presentados en un orden aleatorio para cada uno de los catadores.

Se pidió a los participantes que olieran las muestras de vino por vía orthonasal, primero de izquierda a derecha y, después, en el orden que desearan. Se les pidió que evaluaran la calidad percibida para cada una de las muestras en una escaña hedónica de 10 centímetros de manera arbitraria (siendo 0: “baja calidad”; el 5: “media calidad” y el 10: “alta calidad”). Para evaluar adecuadamente la calidad de los vinos, es necesario que los panelistas sepan el tipo de vino del que se trata. Por ello, sin especificar cuál era cada fila, se les informó de que una de las tres filas contenía vino blanco envejecido en barrica, mientras que las otras dos filas contenían vino blanco joven. Se volvió a señalar que la buena calidad estaba directamente relacionada con olores frutales, florales y de barrica. La puntuación de calidad para cada una de las muestras fue la distancia en centímetros señalada por cada uno de los catadores para cada vino. También se les pidió que describieran de dos a tres atributos del nivel que habían clasificado como de peor calidad y de mejor calidad en cada una de las 3 series.

3.4. Análisis de datos

Para determinar la consistencia del panel en la evaluación de los vinos, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) de correlación con los resultados que los panelistas habían otorgado a cada una de las muestras.

Se estudió el efecto de los aldehídos de Strecker sobre el perfil organoléptico y la calidad de los vinos mediante un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores (panelistas como factor aleatorio y las muestras como el factor fijo) con las puntuaciones de calidad proporcionadas por los catadores. Después se realizó un análisis post-hoc (95%) de Fisher de comparación de medias.

Los descriptores otorgados por los catadores a cada una de las muestras se agruparon por grupos semánticos por tres investigadores experimentados mediante comparación de las respectivas triangulaciones realizadas. Se determinó el número de catadores que habían elegido una determinada categoría para cada uno de los vinos y la frecuencia de citación se calculó en base a la ecuación 1. Los análisis de datos fueron llevados a cabo con XLSTAT (Addinsoft, versión 2020.4.1.1021)

$$\text{Frecuencia de citación (\%)} = \frac{\text{Número de catadores que a elegido el descriptor}}{\text{Número total de catadores}} \quad (1)$$

4. Resultados y discusión

En este trabajo se analizó sensorialmente por vía orthonasal el efecto de la presencia de aldehídos de Strecker en tres vinos monovarietales sintéticos (Verdejo joven, Chardonnay joven y Chardonnay elaborado con barrica). El análisis fue realizado por un grupo de expertos en vino.

4.1. Elección de jueces

En los ACP realizados para cada uno de los tres tipos de vino se muestra la proyección de los jueces en base a correlación de sus respuestas con las del resto de los jueces. Los jueces que se desvían hacia el lado contrario del ACP, es decir, hacia la izquierda, son aquellos que han otorgado puntuaciones dispares a las muestras en comparación con los resultados dados por el resto de los jueces.

El ACP del vino blanco Verdejo para la eliminación de los jueces se muestra en la Figura 1. Los jueces 3, 10 y 19 fueron eliminados, ya que las puntuaciones otorgadas a las muestras del vino Verdejo no estaban consensuadas con el resto de los panelistas.

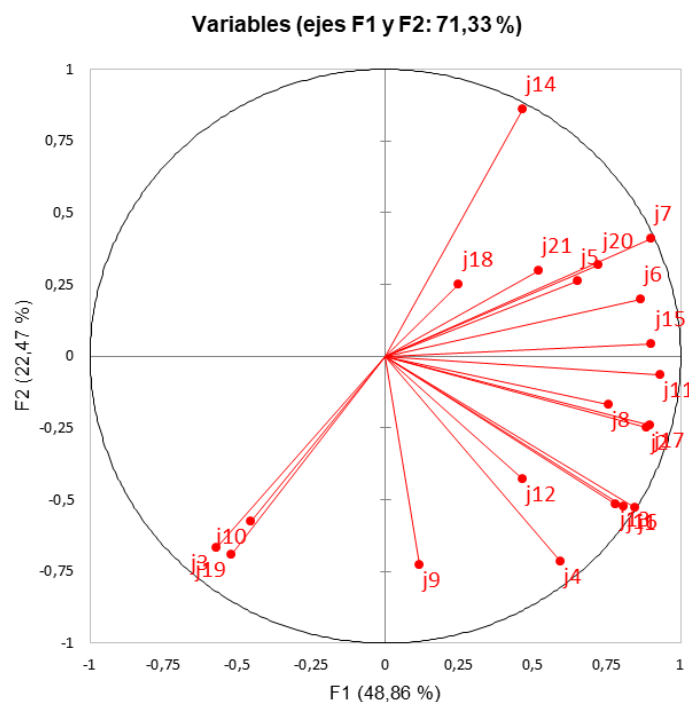


Figura 1. Análisis de Componentes Principales (ACP) del vino Verdejo para la eliminación de jueces.

El ACP del vino joven Chardonnay, para la eliminación de jueces se muestra en la Figura 2. Los jueces 3, 8, 10, 12 y 14 fueron eliminados ya que las puntuaciones otorgadas a las muestras del vino Chardonnay no estaban consensuadas con el resto de los panelistas.

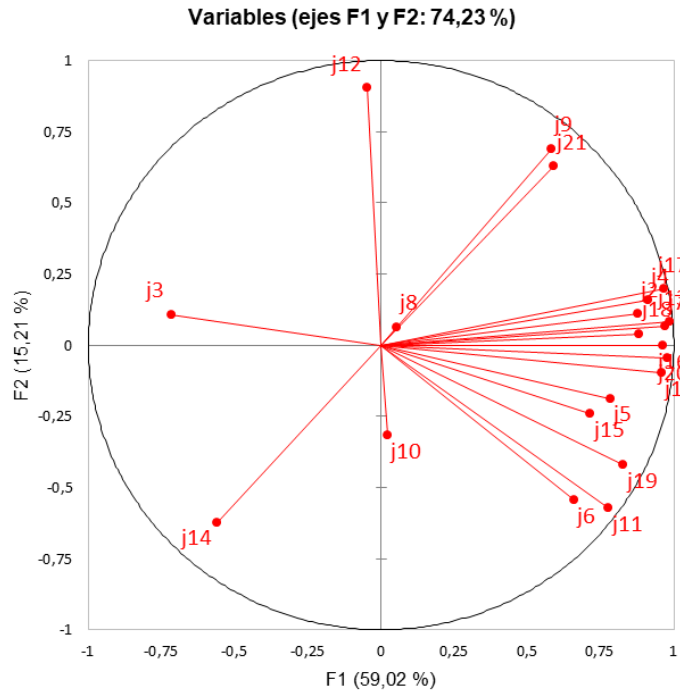


Figura 2. Análisis de Componentes Principales (ACP) del vino Chardonnay para la eliminación de jueces.

El ACP del vino Chardonnay elaborado con barrica, para la eliminación de jueces se muestra en la Figura 3. Los jueces 3, 10, 14, 19 y 21 fueron eliminados ya que las puntuaciones otorgadas a las muestras del vino Chardonnay con barrica no estaban consensuadas con el resto de los panelistas.

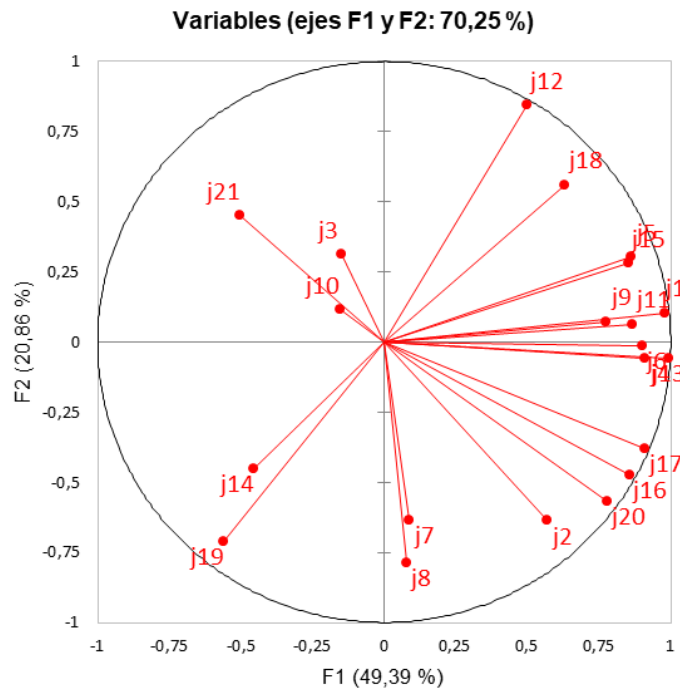


Figura 3. Análisis de Componentes Principales (ACP) del vino Chardonnay con barrica para la eliminación de jueces.

4.2. Evaluación de la calidad de las muestras

Como se menciona anteriormente, los aldehídos de Strecker en vino tienen impacto en el perfil organoléptico cuando se encuentran en su forma libre, siendo posible detectarlos por vía orthonasal. En los vinos comerciales se puede encontrar en forma libre o formando aductos no volátiles con otros compuestos como SO_2 . En este estudio, los vinos fueron sintéticos y no contenían SO_2 , por lo que todos los aldehídos se encuentran en su forma libre y son volátiles. Los vinos comerciales bien conservados contienen una cantidad adecuada de SO_2 , nada más abrirlos la gran mayoría de los aldehídos se encuentran formando aductos (por lo que no van a tener relevancia sensorial) y tan solo el 10% de la cantidad total de 3-metilbutanal, metional y fenilacetaldehído y el 30% de la cantidad total de isobutanal y 2-metiobutanal se encuentran en su forma libre (Marrufo-Curtido *et al.*, 2021). Sin embargo, en el vino abierto, mal conservado o expuesto a condiciones que favorecieran su oxidación, una mayor parte de los aldehídos que contiene se encontrarán en su forma libre debido a la ruptura de los aductos, percibiéndolos orthonasalmente.

En este estudio, se doparon tres vinos modelos con seis niveles de cinco aldehídos de Strecker distintos, cuyas concentraciones se recogen en la Tabla 2. Los niveles 1, 2 y 3 simulaban los niveles libres de aldehídos de Strecker en vinos blancos comerciales no oxidados y los niveles 4, 5 y 6 simulaban los niveles de estos mismos aldehídos libres en vinos oxidados, es decir, simulan los distintos niveles de aldehídos de Strecker libres que se pueden encontrar en un vino blanco comercial a lo largo del tiempo, a medida que se va perdiendo el SO_2 , se rompen los aductos y los aldehídos de Strecker pasan a su forma aromática.

La Figura 4 representa los valores medios de calidad otorgados por los panelistas para las distintas muestras. Las puntuaciones de calidad dadas por el panel de expertos para cada una de las seis muestras de los tres tipos de vino, indica que la calidad variaba de forma significativa ($p \leq 0.05$) en función de la concentración de aldehídos para los tres vinos, de manera que los niveles con mayores concentraciones de aldehídos presentaban una menor calidad de aroma. Esto mismo está descrito en bibliografía para vinos tintos (Marrufo-Curtido *et al.*, 2021).

En el caso del vino blanco Verdejo, cuyos resultados se pueden ver en la Figura 4(a), se observó una diferencia significativa entre los cuatro primeros niveles (V1, V2, V3 y V4) y los dos últimos (V5 y V6). Dentro de los cuatro primeros niveles, el nivel V2 y V4 se clasificaron como los de mayor calidad media, sin diferencias significativas entre ellas. Lo mismo ocurrió entre las muestras V1 y V3, aunque la calidad media otorgada a estas muestras por los panelistas fue ligeramente inferior. Las muestras V5 y V6 presentaron una calidad media significativamente

peor que las de los cuatro primeros niveles, siendo la muestra V6, la de mayor concentración de aldehídos, la peor valorada de todas. La pérdida de calidad significativa para el vino Verdejo valorada por los panelistas se da en el nivel V5. Esto señala que, para el vino blanco Verdejo, los aldehídos tendrán relevancia sensorial en vino cuya cantidad total de aldehídos sea alta o muy alta y la mayoría de esos aldehídos estén en su forma libre, mientras que, a concentraciones totales medias, la pérdida de sulfuroso en el vino no tiene gran impacto sensorial.

Para el vino Chardonnay, cuyos resultados obtenidos para la calidad media de las muestras se refleja en la Figura 4(b), la pérdida significativa de calidad se da ya en el nivel C4, es decir, en el nivel que simula las concentraciones de aldehídos que contendría un vino con una concentración media de aldehídos totales que ha sufrido el proceso de oxidación. Lo mismo, para vinos con concentraciones altas o muy altas de aldehídos. Se observa que, en los tres primeros niveles, las puntuaciones de calidad media otorgadas por los jueces no muestran diferencias significativas. En los tres últimos niveles, el descenso significativo de calidad percibida por los catadores indica que, a esas concentraciones de aldehídos, los aromas indeseables son más fácilmente detectados por los panelistas, resultado en una pérdida de la calidad aromática del vino. La muestra peor valorada fue la C6, la cual tenía la mayor concentración de aldehídos libres.

Por otro lado, en el vino Chardonnay con barrica también se observa la pérdida significativa de calidad en el nivel B4, siendo el primer nivel (B1) el mejor valorado, seguido de los niveles B2 y B3, que no muestran diferencias significativas entre ellos. Se observa un descenso de la calidad media de los tres últimos niveles, siendo los dos últimos niveles (B5 y B6) los peores valorados. Por lo que, la concentración de aldehídos libres de los tres primeros niveles no tenía un impacto significativo en la calidad aromática del vino, a diferencia de los tres últimos niveles, cuyas concentraciones de aldehídos libres sí que suponían una pérdida de calidad percibida para los panelistas.

Para los tres tipos de vino, en los tres últimos niveles se observa una pérdida de calidad progresiva, mientras que, para los tres primeros, los valores medios de calidad dados por los panelistas se mantenían más estables ya que presentaban menos diferencias significativas.

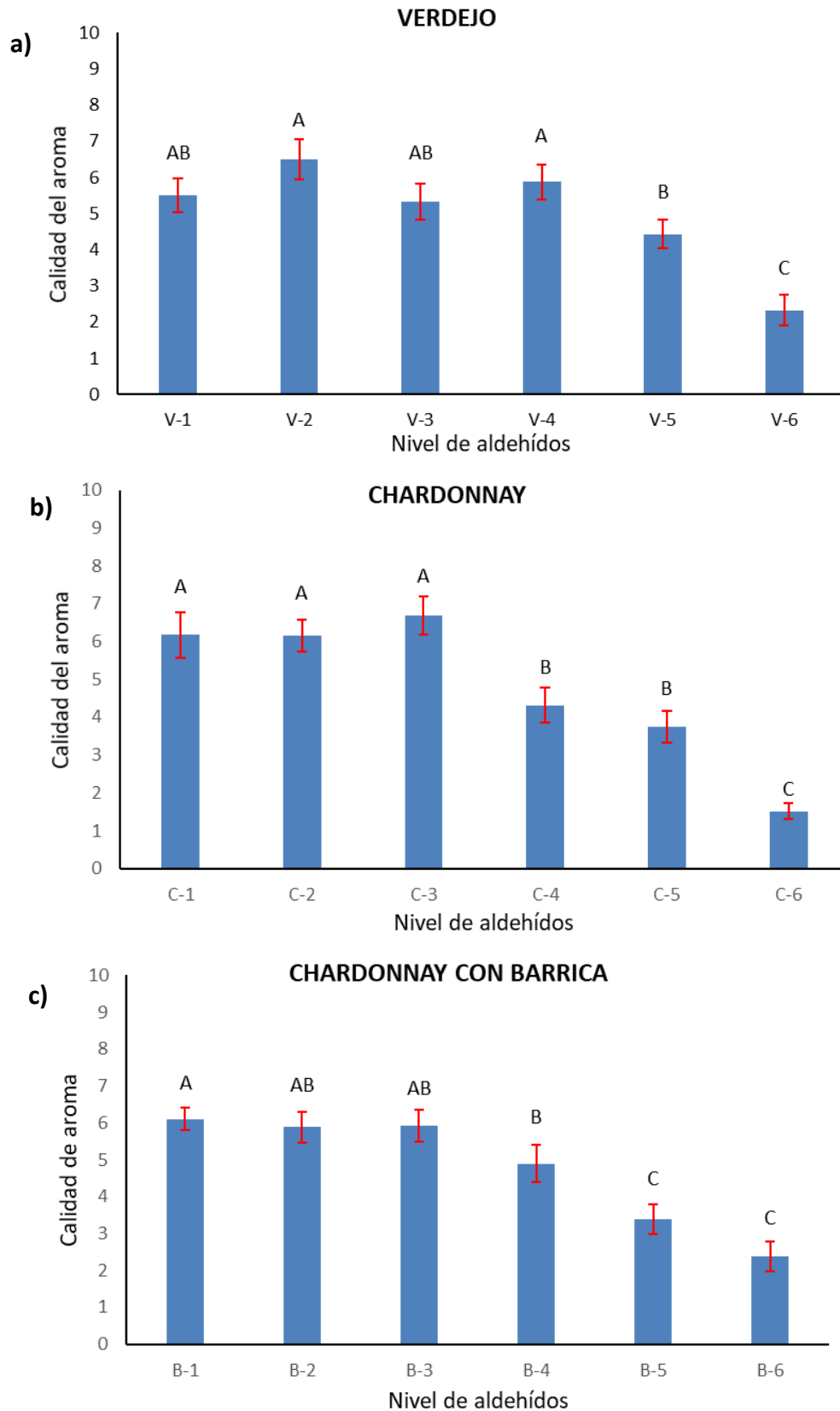


Figura 4. Calidad media del aroma para las muestras con diferentes niveles de aldehídos. (a) Vino blanco Verdejo, (b) vino blanco Chardonnay y (c) vino blanco Chardonnay con barrica. Las diferentes letras dentro del mismo gráfico indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Las barras de error se han calculado como $sd/n^{0,5}$; sd: desviación estándar; n: número de panelistas.

4.3. Evaluación de los atributos sensoriales de las muestras.

Los jueces atribuyeron de dos a tres atributos descriptivos del aroma a cada una de las muestras que clasificaron de mayor y menor calidad. En base a los resultados obtenidos, se calculó la frecuencia de citación de dichos atributos para cada una de las muestras de los tres tipos de vino. Aquellas que fueron citadas de manera más frecuente para los niveles que contenían la máxima y la mínima concentración de aldehídos pueden verse representados en la Figura 5, 6 y 7.

En el caso del vino Verdejo, como se puede observar en la Figura 5, en la muestra que contenía la menor concentración de aldehídos (V1), es decir, aquella que simulaba un vino no oxidado, se detectaron aromas florales y frutales, sobre todo aromas a frutas exóticas o tropicales y frutas de árbol. Por otro lado, en la muestra que había sido dopada con altas concentraciones de aldehídos de Strecker (V6), la que simulaba un vino oxidado, se detectaron aromas característicos de oxidación (como verdura cocida), florales (que en este caso corresponderían a aroma a miel a causa de la oxidación). Por otro lado, se observa un aumento de la intensidad de aromas a fruta pasa u olores dulzones y aromas vegetales.

En el vino blanco Chardonnay se puede observar una clara diferencia entre los atributos otorgados a las muestras representadas en la Figura 6. La muestra con una menor concentración de aldehídos (C1) y que simulaba un vino no oxidado, presentaba mayoritariamente aromas frutales (fruta blanca y fruta exótica o tropical), aunque también se percibieron aromas florales con menor intensidad. La muestra con una alta concentración de aldehídos (C6) y que simula que ha perdido el sulfuroso, presentaba un fuerte aroma a oxidado y verdura cocida, así como otros aromas característicos de la oxidación, como a miel, aromas vegetales, a fruta pasa y a grasa.

Los atributos más frecuentemente citados para el vino Chardonnay en barrica se pueden ver reflejados en la Figura 7. En ella se observa que las muestras de vino no oxidado o menor cantidad de aldehídos (B1) se caracterizaron por presentar aromas tostados, mientras que para la muestra con máxima concentración de aldehídos u oxidada, predominaron los aromas a miel y a oxidación o verdura cocida, observándose también una pérdida del característico aroma a tostado de los vinos con barrica y un aumento de los aromas que se consideran un defecto.

VERDEJO

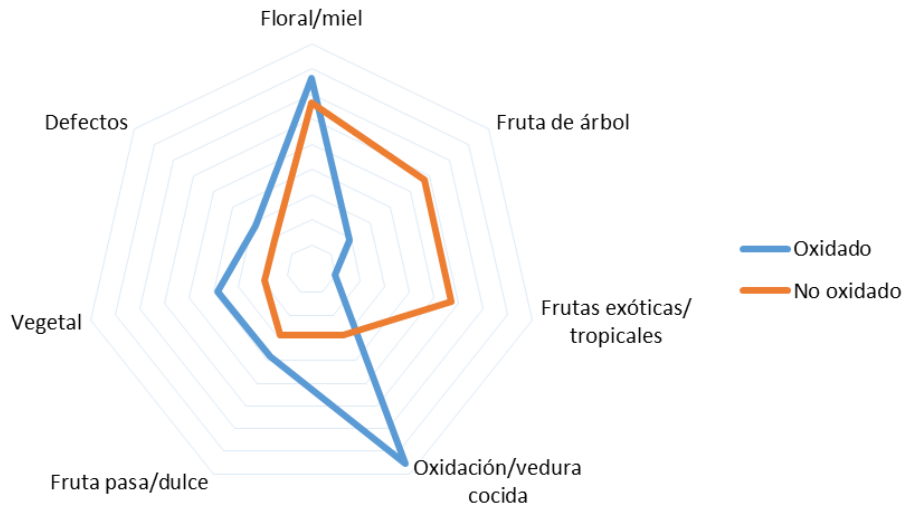


Figura 5. Frecuencia de citación de los atributos de la muestra nivel 1 o “No oxidado” (línea naranja) y muestra nivel 6 o “Oxidado” (línea azul) para el vino Verdejo.

CHARDONNAY

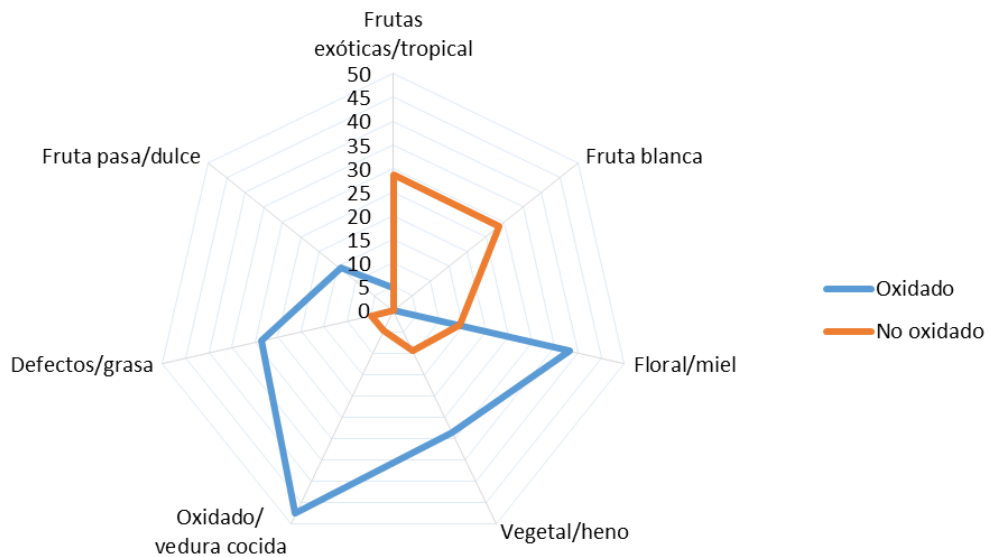


Figura 6. Frecuencia de citación de los atributos de la muestra nivel 1 o “No oxidado” (línea naranja) y muestra nivel 6 o “Oxidado” (línea azul) para el vino Chardonnay.

CHARDONNAY CON BARRICA

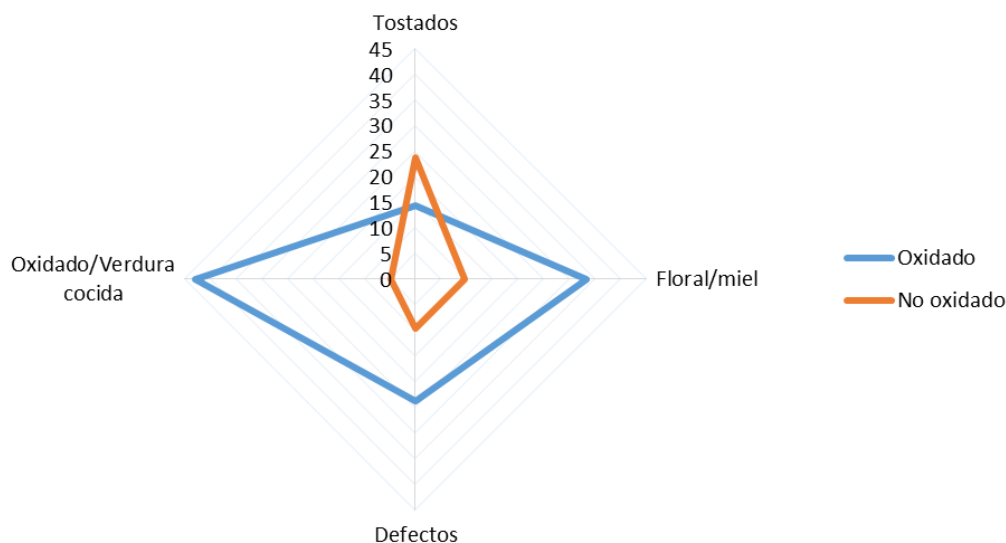


Figura 7. Frecuencia de citación de los atributos de la muestra nivel 1 o “No oxidado” (línea naranja) y muestra nivel 6 o “Oxidado” (línea azul) para el vino Chardonnay con barrica.

5. Conclusiones

Del presente estudio podemos extraer las siguientes conclusiones:

1. Los aldehídos de Strecker son compuestos que, en su forma libre, tiene un impacto negativo sobre el perfil aromático del vino blanco, disminuyendo su calidad aromática.
2. Vinos monovarietales de Verdejo con concentraciones totales altas de aldehídos de Strecker y vinos de Chardonnay jóvenes o con barrica con concentraciones medias, en el momento que pierdan el sulfuroso tendrán pérdidas de aromas varietales y por lo tanto una pérdida de su calidad aromática.
3. Vinos monovarietales de Verdejo y Chardonnay con concentraciones totales incluso muy altas de aldehídos de Strecker, si mantienen niveles de conservación de sulfuroso, mantendrán aromas varietales y la calidad del aroma en niveles altos, sin diferencias significativas entre los niveles de aldehídos.
4. El alumno se ha desarrollado personal y académicamente en el laboratorio empleando recursos bibliográficos, gestionando un panel de cata, con el uso del análisis estadístico y a través de la preparación de la memoria escrita y defensa.

Conclusions

The following conclusions can be drawn from this study:

1. Strecker aldehydes are compounds that, in their free form, have a negative impact on the aromatic profile of white wine, diminishing its aromatic quality.
2. Single-varietal Verdejo wines with high total concentrations of Strecker aldehydes and young or barrel-aged Chardonnay wines with medium concentrations will lose varietal aromas and therefore lose their aromatic quality when they lose sulfur.
3. Single-varietal Verdejo and Chardonnay wines with even very high total concentrations of Strecker aldehydes, if they maintain sulfur preservation levels, will maintain varietal aromas and aroma quality at high levels, without significant differences between aldehyde levels.
4. The student has developed personally and academically in the laboratory using bibliographic resources, managing a tasting panel, with the use of statistical analysis and through the preparation of the written report and defense.

6. Valoración personal

La realización de este trabajo me ha brindado la oportunidad de integrar y desarrollar los conocimientos adquiridos durante el grado de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, en concreto de la asignatura de "Enología", en un ambiente de laboratorio, desarrollando mis habilidades.

Me ha permitido aprender sobre los trabajos prácticos de investigación en análisis sensorial, tanto sobre búsqueda y síntesis de bibliografía científica, diseño experimental, la puesta en marcha, el trabajo en laboratorio, la forma de presentar y llevar a cabo una cata a un panel de expertos, la recopilación de datos y la interpretación y síntesis de resultados para la obtención de conclusiones. También me ha permitido poner en práctica mis habilidades de expresión oral y escrita, tanto en español como inglés.

Por todo ello, valoro muy positivamente la realización de este trabajo, que ha contribuido a mi aprendizaje tanto teórico como práctico.

7. Bibliografía

Bode, W.K.H. (1992). "The ancient history of the making and development of wine". *International Journal of Wine Marketing*, 4 (1), pp. 36-43. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/eb008592> [Consultado 04-07-2023].

Bueno, M., Carrascón, V. y Ferreira, V. (2016). "Release and formation of oxidation-related aldehydes during wine oxidation". *Journal of agricultural and food chemistry*, 64(3), pp. 608-617. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b04634.

Castejón-Musulén, O., Manuel Aragón-Capone, A., Ontañón, I., Peña, C., Ferreira, V. y Bueno, M. (2022). "Accurate quantitative determination of the total amounts of Strecker aldehydes contained in wine. Assessment of their presence in table wines". *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 162(Pt B), pp. 112-125. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.112125.

Cosme, F., Filipe-Ribeiro, L. y M. Nunes, F. (2021). "Wine stabilisation: An overview of defects and treatments". En: Cosme, F., Filipe-Ribeiro, L. y M. Nunes, F. (eds.). *Chemistry and Biochemistry of Winemaking, Wine Stabilization and Aging*. IntechOpen. ISBN: 978-1-83962-576-3. DOI: 10.5772/intechopen.95245.

Darriet, P y Pons, A. (2017). "Wine". En: Buettner, A. (eds.). *Springer Handbook of Odor*. Cham, Suiza: Springer, pp 143-170. ISBN: 978-3-319-26932-0.

Dein, M., Moore, A., Ricketts, C., Huynh, C. y Munafo, J.P. (2021). "Characterization of odorants in chardonnay marc skins". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69 (41), pp. 12262-12269. DOI: 10.1021/acs.jafc.1c04195.

Estreicher, S.K. (2013). "A brief history of wine in Spain". *European Review*, 21 (2), pp. 209-239. DOI: 10.1017/S1062798712000373.

Ferreira, V., Bueno, M., Franco-Luesma, E., Culleré, L. y Fernández-Zurbano, P. (2014). "Key changes in wine aroma active compounds during bottle storage of spanish red wines under different oxygen Levels". *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(41), pp. 10015-10027. DOI: 10.1021/jf503089u.

Ferreira, V. y Lopez, R. (2019). "The actual and potential aroma of winemaking grapes". *Biomolecules*, 9(12), 818. DOI: 10.3390/biom9120818.

Gambetta, J.M., Bastian, S.E.P., Cozzolino, D. y Jeffery, D.W. (2014). "Factors influencing the aroma composition of chardonnay wines". *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(28), pp. 6512-6534. DOI: 10.1021/jf501945s.

Genovese, A., Piombino, P., Gambuti, A. y Moio, L. (2009). "Simulation of retronasal aroma of white and red wine in a model mouth system. Investigating the influence of saliva on volatile compound concentrations". *Food Chemistry*, 114(1), pp. 100-107. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.09.022.

Gros, J., Lavigne, V., Thibaud, F., Gammacurta, M., Moine, V., Dubourdieu, D., Darriet, P. y Marchal, A. (2017). "Toward a molecular understanding of the typicality of chardonnay wines: Identification of powerful aromatic compounds reminiscent of hazelnut". *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(5), pp. 1058-1069. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b04516.

Marrufo-Curtido, A., de-la-Fuente-Blanco, A., Sáenz-Navajas, M., Ferreira, V., Bueno, M. y Escudero, A. (2021). "Sensory relevance of strecker aldehydes in wines. Preliminary studies of its removal with different type of resins". *Foods*, 10(8), 1711. DOI: 10.3390/foods10081711.

Martínez-Gil, A.M., Garde-Cerdán, T., Martínez, L., Alonso, G.L. y Salinas, M.R. (2011). "Effect of oak extract application to verdejo grapevines on grape and wine aroma". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (7), pp. 3253–3263. DOI: 10.1021/jf104178c.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2020). *Encuesta de Viñedo*. Madrid: MAPA.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2021). *Superficies y producciones anuales de cultivos: Avance de datos de Viñedo*. Madrid: MAPA.

Parr, W.V., Heatherbell, D. y White, K.G. (2002). "Demystifying wine expertise: Olfactory threshold, perceptual skill and semantic memory in expert and novice wine judges". *Chemical senses*, 27(8), pp. 747-755. DOI: 10.1093/chemse/27.8.747.

Sáenz-Navajas, M., Avizcuri, J., Ballester, J., Fernández-Zurbano, P., Ferreira, V., Peyron, D. y Valentin, D. (2015). "Sensory-active compounds influencing wine experts' and consumers' perception of red wine intrinsic quality". *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), pp. 400-411. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.09.026.

San-Juan, F., Ferreira, V., Cacho, J. y Escudero, A. (2011). "Quality and aromatic sensory descriptors (mainly fresh and dry fruit character) of spanish red wines can be predicted from their aroma-active chemical composition". *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(14), pp. 7916-7924. DOI: 10.1021/jf1048657.

8. Anexo de Legislación

Ley 24/2003, de 10 de julio, de la Viña y del Vino. Jefatura del Estado. *Boletín Oficial del Estado*, n. 165, de 11 de julio de 2003.