

El envejecimiento del vino: ¿una cuestión de obturación?

Información extraída del artículo: "Wine aging: a bottleneck story" (Nature Science of Food, 2019)¹.

>>> A partir de un estudio de caso de botellas de vino blanco envejecidas en bodega, un enfoque multidisciplinario que integra análisis sensoriales, enológicos y metabolómicos del vino así como el estudio de las transferencias de oxígeno ha sacado a la luz la importancia de la interfaz vidrio / corcho¹. La transferencia de oxígeno a nivel de esta interfaz puede participar significativamente en la oxidación durante toda la fase de envejecimiento del vino en la botella. <<<

Contexto

Los mecanismos de envejecimiento en botella dependen particularmente de la autooxidación química, que es favorecida por el aporte de oxígeno al vino. El corcho constituye entonces el último escudo que permite limitar las reacciones implicadas en el consumo de oxígeno. Numerosos estudios se han concentrado en las propiedades de barrera a los gases de diferentes tipos de obturadores, comparando tapones de corcho natural, con diferentes niveles de calidad, a tapones aglomerados, corchos sintéticos o incluso tapones de rosca². A pesar de que existen diferencias evidentes en materia de permeabilidad al oxígeno entre los principales tipos de obturadores, estas no justifican las razones por las cuales una oxidación descontrolada puede producirse a menudo de forma esporádica. En el presente estudio, se ha examinado la interrogante del consumo de oxígeno por parte de vinos blancos durante el envejecimiento en botella, con el fin de evaluar la contribución de la interfaz entre el corcho y el cuello. A partir de una oxidación esporádica observada en algunas botellas de vino blanco provenientes de la misma añada y de un mismo lote de producción, se adoptó un enfoque multidisciplinario, asociando evaluación sensorial, análisis químico dirigido y no dirigido e igualmente un estudio de las transferencias de oxígeno a nivel de la pareja corcho + cuello.

Estudio realizado y resultados principales

Cuatro botellas de vino blanco de Borgoña (variedad Chardonnay, apelación Marsannay) fueron estudiadas (Fig. 1), dos de la añada 2005 y otras dos de la añada 2006. El vino de cada añada provenía de un mismo tanque de 5 hL. Para cada añada, una botella era sospechosa de no estar oxidada y la otra oxidada, debido a la diferencia de color visible a través del vidrio de la botella. Para evitar dañar el cuello de la botella al ejercer presión sobre el corcho, el vino contenido en las botellas fue muestreado bajo atmósfera inerte (argón) perforando la botella. Una parte del vino fue utilizada para el análisis sensorial por un panel entrenado (15 personas) y la otra parte para los análisis químicos y los parámetros enológicos clásicos así como un análisis metabolómico por espectrometría de masas a ultra-alta resolución³.

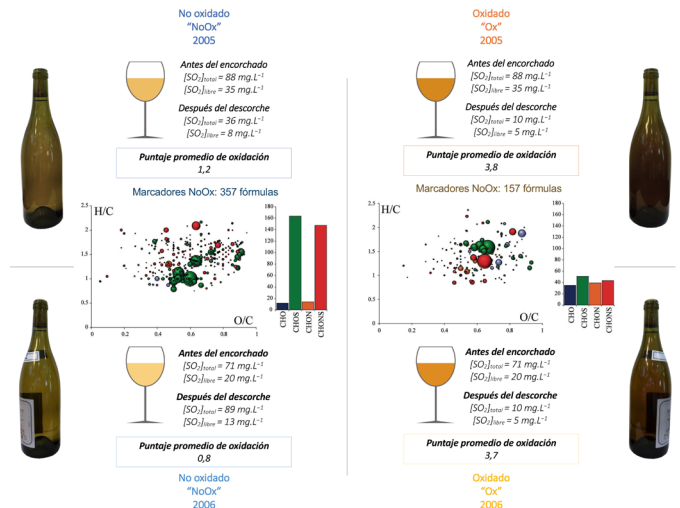


Figura 1. Colores de los vinos (reportados en las copas, a partir de las mediciones CIELab), puntajes de oxidación (-5 = fuerte reducción, +5 = fuerte oxidación), contenidos en SO_2 y análisis metabolómicos (diagramas de van Krevelen y recuento de las fórmulas elementales discriminantes de los vinos oxidados "Ox" y no oxidados "NoOx"). (* Observación: los contenidos iniciales en SO_2 fueron medidos por un laboratorio diferente luego del control de calidad de los vinos al momento del embotellado).

Para ambas añadas, los vinos sospechosos de estar oxidados (Ox) tenían notas oxidativas (tanto en percepción orthonasal como retronasal) significativamente más elevadas (Fig. 1, test ANOVA) que los vinos que se suponía no estaban oxidados (NoOx).

El aporte moderado de oxígeno condujo a múltiples reacciones químicas que implican el SO_2 , en particular su adición nucleofílica a las quinonas, con el consumo preferencial del SO_2 libre. En cambio, un fuerte aporte de oxígeno puede implicar a la vez el SO_2 libre y el SO_2 combinado. Así, la disminución observada en la concentración total de SO_2 (libre más combinado) en los vinos oxidados, para las dos añadas, ilustra claramente la oxigenación más elevada sufrida durante el envejecimiento en botella (Fig. 1), en concordancia con los resultados sensoriales.

Como testifican los colores de los vinos (Fig. 1), los vinos Ox estaban netamente más oxidados que los vinos NoOx, con una diferencia de color detectable por el ojo humano ($\Delta E > 25$), consecuencia de la formación de pigmentos marrones de oxidación.

Un análisis metabolómico no dirigido por espectrometría de masa a ultra-alta resolución, mostró que varios miles de compuestos marcadores de los vinos no oxidados son mayoritariamente compuestos nitro-azufrados CHOS y CHONS⁴ (polifenoles sulfonados, aminoácidos/péptidos...), los cuales fueron consumidos en los mecanismos moleculares consecutivos una oxidación elevada en las botellas oxidadas (Fig. 1).

A partir de los coeficientes de difusión de oxígeno determinados experimentalmente a partir de un método manométrico desarrollado en el laboratorio⁵ se pudieron

evaluar diferentes flujos de oxígeno (OTR), inicialmente a través del sistema compuesto del tapón de corcho inserto en el cuello, y luego después del descorche a través del corcho solo, sin la interfaz vidrio/corcho (Fig. 2).

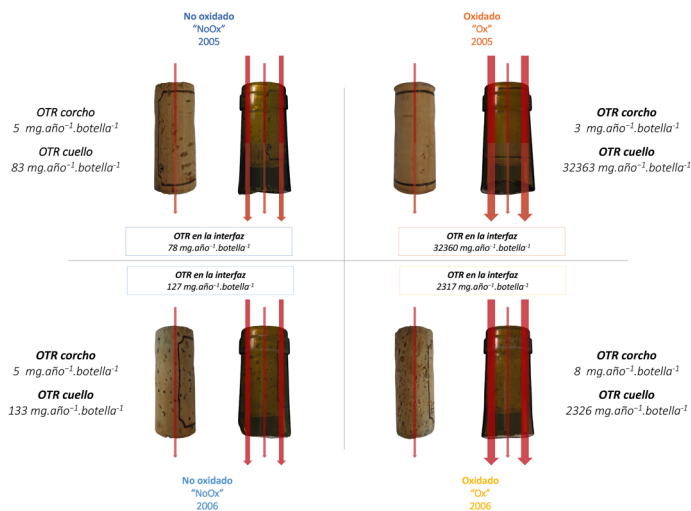


Figura 2. Flujos de oxígeno (OTR) medidos a través del corcho solo (corcho), del conjunto corcho + cuello (cuello) y de la interfaz.

Los valores obtenidos para el sistema corcho + cuello son netamente más elevados para los vinos oxidados que para los vinos no oxidados. La transferencia de oxígeno, medida a través del tapón de corcho una vez extraído del cuello, es casi idéntica para los cuatro corchos, con un valor similar a aquellos medidos en el corcho durante los trabajos precedentes⁶. Estos resultados destacan entonces el importante rol que juega la interfaz entre el tapón de corcho y el cuello de vidrio⁷.

Estos valores, que aparecieron muy elevados, fueron calculados a partir de mediciones efectuadas en condiciones diferentes a aquellas aplicadas durante la conservación del vino (muestra seca, sin presión parcial de vapor de agua y de etanol). Es igualmente importante notar que estos valores corresponden a la propiedad de barrera del corcho en su estado final, después de numerosos años de conservación, y que las propiedades de barrera han podido cambiar a lo largo del tiempo. No obstante, los datos obtenidos muestran claramente que la transferencia de oxígeno, a nivel de la interfaz entre el corcho y el cuello, sigue siendo más elevada que la transferencia a través del corcho solo. En este caso, la oxidación del vino no se debe entonces a una mala propiedad de barrera del corcho, sino a una transferencia incontrolada de oxígeno a nivel de la interfaz, como ya había sido considerado en un estudio realizado en laboratorio en un conjunto estadísticamente representativo de muestras de corcho natural insertos o no en un cuello de botella⁶.

■ Conclusiones y perspectivas

Nuestros resultados han revelado que la resistencia a la oxidación de un vino durante el envejecimiento en botella puede ser modulada por un aporte pronunciado de oxígeno a nivel de la interfaz entre el tapón de corcho y el cuello de vidrio, independientemente de la propiedad

de barrera intrínseca del obturador (los cuatro corchos presentaban, en este estudio de caso, valores similares). De un punto de vista práctico, estos resultados incitan a profundizar el rol de los tratamientos de superficie de los obturadores, así como el efecto de su masa volúmica y de sus propiedades mecánicas, e igualmente de la calidad del embotellado (procedimiento de obturación). Además, el rol del cuello de vidrio (dimensión o incluso propiedades de superficie) queda aún por explorar. De esta manera, tomando en consideración el hecho de que varios otros factores pueden contribuir a la estabilidad oxidativa de un vino (efecto matriz ligado al metabolismo de la vid en relación a las condiciones medioambientales en el viñedo, a la evolución de las prácticas de vinificación tales como la reducción de la tasa de SO₂...), tal investigación multidisciplinaria debería ser extendida a un número superior de muestras, con el fin de poder jerarquizar los factores contribuyentes. ■

Thomas Karbowiak¹, Julie Chanut^{1,2}, Kevin Crouvisier-Urien^{1,2}, Aurélie Lagorce^{1,2}, Jordi Ballester³, André Geoffroy, Chloé Roullier-Galli^{1,3}, Régis D. Gougeon^{1,3}, Philippe Schmitt-Kopplin⁴, Jean-Pierre Bellat²

1 Université Bourgogne Franche-Comté, AgroSup Dijon, UMR PAM, 1 Esplanade Erasme, 21000 Dijon, France
 2 Université Bourgogne Franche-Comté, Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, UMR 6303 CNRS, 9 Avenue Alain Savary, 21000 Dijon, France
 3 Université Bourgogne Franche-Comté, Institut Universitaire de la Vigne et du Vin, 1 rue Claude Ladrey, 21000 Dijon, France
 4 Research Unit Analytical BioGeoChemistry, Department of Environmental Sciences, Helmholtz Zentrum München, Ingolstaedter Landstr. 1, 85764 Neuherberg, Germany

1 Karbowiak T., Crouvisier Urien K., Lagorce A., Ballester J., Geoffroy A., Roullier-Gall C., Chanut J., Gougeon R., Schmitt-Kopplin P. & Bellat J.-P. (2019) Wine aging: a bottleneck story, *Nature - Science of Food* 3. <https://doi.org/10.1038/s41538-019-0045-9>

2 Crouvisier-Urien K., Bellat J.-P., Gougeon R.D. & Karbowiak T. (2018) Gas transfer through wine closures: a critical review. *Trends in Food Science and Technology* 78, 255-269. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.021>

3 Jeandet P., Heinzmann S., Roullier Gall C., Cilindre C., Aron A., Deville M.-A., Moritz F., Karbowiak T., Demarville D., Brun C., Moreau F., Michalke B., Liger-Belair G., Witting M., Lucio M., Steyer D., Gougeon R. & Schmitt-Kopplin P. (2015) Chemical messages in 170-year-old champagne bottles from the Baltic Sea: Revealing tastes from the past. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 112, 5893-5898. <https://doi.org/10.1073/pnas.1500783112>

4 Romanet, R., Bahut, F., Nikolantonaki, M., & Gougeon, R. D. (2020). Molecular characterization of white wines antioxidant metabolome by Ultra High Performance Liquid Chromatography High-Resolution Mass Spectrometry. *Antioxidants* 9, 115. <https://doi.org/10.3390/antiox9020115>

5 Chanut J., Lagorce A., Lequin S., Gougeon R., Simon J.-M., Bellat J.-P. & Karbowiak T. (2021). Fast manometric method for determining the oxygen diffusion coefficient through wine stopper. *Polymer Testing* 93, 106924. <https://doi.org/10.1016/j.polymer-testing.2020.106924>

6 Lagorce-Tachon A., Karbowiak T., Paulin C., Simon J.-M., Gougeon R. & Bellat J.-P. (2016) About the role of the bottleneck/cork interface on oxygen transfer. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 64, 6672-6675. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02465>

7 Chanut J., Bellat J.-P., Gougeon R. & Karbowiak T. (2021) Controlled diffusion by thin layer coating: the intricate case of the glass-stopper interface. *Food Control* 120, 107446.