

Del 2 al 5 de mayo de 2023

**CENTRO UNIVERSITARIO
SANTA ANA
ALMENDRALEJO**



Joaquín Sorolla Bastida. Comiendo uvas, 1898. Acualera sobre papel. Museo Sorolla, n° inv. 00427

**XLV JORNADAS
DE VITICULTURA Y ENOLOGÍA
TIERRA DE BARROS
V CONGRESO AGROALIMENTARIO
DE EXTREMADURA**

XLV JORNADAS DE VITICULTURA Y ENOLOGÍA
DE LA TIERRA DE BARROS
V CONGRESO AGROALIMENTARIO DE EXTREMADURA

Edita:

Centro Universitario Santa Ana
C/ IX Marqués de la Encomienda, nº 2
Almendralejo
Tel. 924 661 689
<http://www.univsantana.com>

Colabora: Cajalmendralejo

Ilustración de portada:

Joaquín Sorolla Bastida. "Comiendo uvas". 1898. Acuarela sobre papel.
Museo Sorolla. n: inv. 00427. © Fundación Museo Sorolla

Diseño original:

Tecnigraf S.A.

Maquetación: María Sabater

ISBN: 84-7930-113-9

D.L.: BA-000169-2024

Imprime: Impresal

Tipos de tapones utilizados para conservar el vino

RODRÍGUEZ-CÁCERES, M.I.

MORA DÍEZ, N. M.

GONZÁLEZ JIMÉNEZ, J. J. †

Departamento de Química Analítica. Facultad de Ciencias.
Universidad de Extremadura.

RESUMEN

Se ha realizado una revisión bibliográfica sobre los diferentes tapones que se utilizan cuando se embotellan los vinos, con el objetivo de averiguar por qué se ha utilizado el corcho como material tradicional para la fabricación de tapones, cuáles son los nuevos materiales que se están empleando en la producción de tapones y conocer los métodos de determinación, identificación y cuantificación de compuestos que pueden aparecer en el vino en función del tapón utilizado, como pueden ser cloroanisoles y microplásticos.

Palabras claves: Tapones, Corcho, Tricloroanisoles, Microplásticos

SUMMARY

A bibliographical review has been carried out on the different stoppers that are used when bottling wines, with the aim of finding out why cork has been used as a traditional material for the manufacture of stoppers, what are the new materials

that are being used in the production of corks and know the methods of determination, identification and quantification of compounds that can appear in wine depending on the cork used, such as chloroanisoles and microplastics.

Keywords: Stoppers, Cork, Trichloroanisoles, Microplastics

INTRODUCCIÓN

Las principales características del vino que se perciben al abrir una botella y servirlo en una copa, son el color y el aroma, lo que hace que cada vino sea “único”, por lo que cualquier variación o perturbación durante el embotellado puede causarle alteraciones negativas. De manera tradicional, desde la antigua Grecia [1] hasta la actualidad, se ha usado el corcho como único material para la producción de tapones para el cierre y conservación de los vinos.

El tipo de tapón a utilizar depende del tipo de vino que se quiera sellar, así, para los vinos tranquilos se pueden utilizar tapones con distinta calidad, como son los tapones de corcho natural, tapones de corcho sellado, tapones aglomerados o tapones multipiezas. En caso de los vinos espumosos se presenta un tapón especial, de carácter granulado que se adapta a las características de este tipo de vino, mientras que para los vinos “especiales” o espirituosos, se presenta un tipo de tapón multipieza adaptado para una apertura y cierre rápido y cómodo.

El que se haya utilizado el corcho a lo largo del tiempo como sistema de sellado ha sido debida sus excepcionales características y propiedades que se adaptan tanto al vino como a la botella. Entre sus principales características cabe destacar la baja densidad, capacidad de aislamiento, baja permeabilidad, compresibilidad y recuperación de la forma y larga vida [2]. Estas características se relacionan con las propiedades físicas del corcho y con los defectos que puede presentar [3]. Una de las propiedades más importante a tener en cuenta a la hora de la elección del tipo de corcho es su compresibilidad, ya que esta es la capacidad para la reducción de su tamaño cuando se ejerce presión, siendo esta una deformación momentánea, ya que debido a la elasticidad el corcho vuelve a estado inicial [4].

El mundo del vino está en evolución constante, por lo que se han diseñado nuevos tipos de tapones para sustituir al corcho, presentando tanto el corcho como los tapones sintéticos ventajas e inconvenientes.

EL CORCHO

El corcho es un tejido vegetal que recubre el tronco de los alcornoques. Está formado por una pared celular con dos capas de celulosa (exterior), otras dos capas suberificadas con un mayor espesor y una última capa lignificada (interior). Las dos capas suberificadas están formadas por estratos de suberina y de cera y son las que le confieren la elasticidad excepcional que tiene el corcho. Además, algunas de sus importantes propiedades son debidas a su dispersión estructural muy regular (Figura 1) y la distribución en hileras radiales que encajan de manera geométrica.

Además de esta estructura, el corcho presenta unas lenticelas o poros en la corteza suberosa que dejan paso al oxígeno por el interior de su estructura. El diámetro de estos poros varía en un rango de 0,2 a 0,8 mm, con un total de 30-270 poros por cada cm². En el caso de un exceso de porosidad esto conlleva una pérdida directa de la calidad de los corchos, por tanto, afecta a la calidad de los futuros tapones. Las características principales del corcho se recogen en el Anexo I. Estas propiedades son debidas en gran parte a la disposición de su estructura, ya que se encuentra en hileras radiales encajadas, formando un conjunto de tandas circulares superpuestas conformando una estructura tipo panel, siendo unas estructuras muertas, vacías y llenas de aire que son la razón de ser de propiedades como la elasticidad, la resistencia y la baja densidad que presenta.

La procedencia de las láminas de corcho para la elaboración de tapones tiene origen en las dehesas de alcornoques. Las láminas son extraídas de los árboles mediante un método conocido como “La saca” (Figura 2). Esta operación tiene lugar cada 9 años y siempre en el mismo periodo de tiempo, comprendido entre los meses de mayo y agosto. En este proceso tan solo se obtiene la corteza del árbol sin necesidad de talar. El proceso de elaboración de los tapones se recoge en el Anexo II.

2.1. Tipos de tapones de corcho

Existen diferentes tipos de tapones de corcho, cada uno de ellos con unas propiedades distintas, dependiendo del tipo de vino en el que se vaya a utilizar.

A) Tapones utilizados con vinos tranquilos.

Para usar con los vinos tranquilos se encuentra una gama de tapones (Tabla 1), que presentan diferentes calidades [5], donde se encuentran los siguientes tipos:

- **Tapón de corcho natural.** Se obtiene mediante el uso de sacabocados de manera directa de las láminas de corcho de los alcornoques. Son de una sola pieza y son catalogados en diferentes categorías dependiendo del número de imperfecciones que presente.
- **Tapón de corcho sellado.** Se trata de un tapón natural con ciertas imperfecciones en su exterior. Estas pueden ser eliminadas o reducidas, sellando las imperfecciones mediante el uso de polvo de corcho y pegamento.
- **Tapones de gránulos o tapones aglomerados.** Este tipo de tapones son obtenidos a partir de los gránulos o el polvo, procedente de la producción de los tapones de mayor calidad. El polvo o el granulado obtenido se prensa y se sella con el uso de un pegamento. Se pueden obtener así tapones con diferente tamaño de granulado. De manera general este tipo de tapones se destina a vinos de consumo rápido o vinos del año.
- **Tapón multipieza o tapón 1+1.** Se trata de un tapón formado de una parte central compuesta de corcho aglomerado y en cada uno de sus extremos se encuentra unido un disco de corcho natural. Se trata de un tapón de precio reducido utilizado para aquellos vinos que requieren crianza.

B) Tapones utilizados con vinos espumosos o efervescentes.

Requieren de un tipo de tapón especial, ya que debe adaptarse a las propiedades gaseosas o efervescentes que presenta el vino, principalmente cava y champán. Están formados por un cuerpo cilíndrico mediante gránulos de las tiras de corcho y en la parte inferior se pegan una o

varias arandelas que estarán en contacto con el vino ya embotellado. La característica forma de “champiñón” que presentan estos tapones la tomará una vez embotellado el vino [6].

C) Tapones utilizados con vinos espirituosos.

Se trata de un tipo especial de tapones de corcho formado por una parte de corcho natural unido por la parte superior a otro material que puede ser, entre otros, madera, metal o vidrio. Principalmente se utiliza en vinos espirituosos o licores, cuyo consumo es rápido, permitiendo así un cierre y apertura rápida [5].

2.2. Influencia del corcho en el vino

El impacto del corcho en el vino tras el embotellado supone un importante valor para el desarrollo de este, ya que el vino necesita del oxígeno para su correcta evolución [7]. Como el vino se trata de una compleja mezcla de agua, fenoles, azúcares, minerales, vitaminas y ácidos de carácter orgánico, el hecho de que el corcho esté en contacto con los diferentes compuestos del vino puede generar una variación de su composición general después del embotellado.

Una de las alteraciones que puede estar causada por el uso de los tapones de corcho, es la presencia de una pequeña cantidad de oxígeno en la botella y en contacto con el vino tras el embotellado. Esta presencia es debida a la filtración de los tapones, generando un ambiente de oxidación y produciendo así aromas de carácter negativo para el vino [8]. En 1873, Pasteur estudió el efecto que producía el oxígeno en contacto con el vino. Concluyó que el oxígeno era el peor enemigo del vino, lo cual es cierto para los vinos blancos; sin embargo, en los vinos tintos un cierto contacto con el oxígeno da lugar a una evolución de carácter positiva y beneficiosa [9]. Por el contrario, la ausencia total de oxígeno en el vino tampoco resulta un proceso beneficioso, ya que esto causa la presencia o el aumento de los aromas de reducción. Tradicionalmente el corcho se trata de un material que se adapta a la perfección a los vinos con un cierto carácter beneficioso, pero que puede tener ciertos riesgos ya que no se trata de un material inerte y debido a su permeabilidad puede causar el contacto del vino con agua u oxígeno dando lugar a efectos negativos sobre los vinos [10]. A pesar

de estos inconvenientes, se puede considerar que el corcho es uno de los materiales más adecuados para el cierre de los vinos, relacionándose este tipo de materiales con los vinos de elevada calidad.

3. ALTERNATIVAS A LOS TAPONES DE CORCHO

El corcho, durante un largo periodo en la historia de la enología, ha sido el único material que presentaba una correcta y completa obturación de las botellas, manteniendo la estanqueidad de los vinos, limitando la cantidad de oxígeno en la botella, manteniendo la calidad y permitiendo una correcta evolución. De manera tradicional, los mejores vinos han sido embotellados con tapones de corcho natural de gran calidad. Sin embargo, este material al ser natural presenta una gran heterogeneidad, por lo que habrá una gran variabilidad en los tapones que se elaboren. Además de esto puede presentar unos ciertos riesgos, entre los que se encuentran, la pérdida de la botella por una mala obturación o la contaminación del vino.

Debido a que estos problemas ocurren en ciertas ocasiones, se ha llevado a cabo la búsqueda de nuevas alternativas para el proceso de sellado de las botellas, por lo que han aparecido nuevos tapones como son los tapones sintéticos, los tapones de cápsulas de rosca (o “screw cap”) para vinos tranquilos y los tapones de vidrio para vinos espirituosos y tranquilos. Todos ellos intentan reproducir las capacidades del corcho durante el tiempo embotellado.

Tapones sintéticos. Fabricados en materiales termoplásticos (Tabla 2), este tipo de tapón imita la estructura interna del corcho natural, con la formación de una estructura tipo celda. Son inodoros, insípidos e inertes, con una capacidad total de hermeticidad. Estos pueden ser diseñados completamente por el cliente, añadiéndole diferentes ilustraciones, estampados y diferentes colores [11].

Cápsula o tapón de rosca (“Screw Cap”). Se trata de tapones elaborados de manera general en aluminio con un revestimiento, para mantener sellado los vinos, de un material plástico (Tabla 2). Este tipo de tapones permite obtener un vino completamente estanco y hermético, eliminando así la microoxigenación, por consiguiente, eliminando una posible variación del vino. Este tipo es principalmente usado en vinos de consumo temprano o consumo en un año [12].

Tapón o sello de vidrio. Elaborados en vidrio, son 100% reutilizables (Tabla 2), similares a los de rosca con una barrera casi perfecta frente a la entrada de oxígeno. Esto se consigue mediante un sellado de goma alrededor del cuello del tapón, principalmente para vinos de consumo rápido. Su uso es limitado debido a su elevado precio de elaboración y su difícil adaptación a la automatización en el embotellado [12].

4. PROBLEMAS ASOCIADOS AL USO DE TAPONES

Los principales problemas que presenta el uso de tapones de corcho en el sellado de los vinos, es la presencia de compuestos de origen fúngico, los cuales generan un desagradable olor a moho. El principal causante de estos problemas es la familia de los tricloroanisoles (TCA), entre los que destaca el 2,4,6-tricloroanisol. Su origen se debe al uso de plaguicidas como el 2,3,4,5,6-pentaclorofenol (PCP), actualmente prohibido debido a su elevada toxicidad, siendo esta la principal base de la formación de los triclorofenoles (TCP) y posteriormente los TCA [13].

La producción o formación de los triclorofenoles (precursores de TCA) se debe a la presencia de hongos filamentosos en la superficie del alcorcho. Este tipo de hongo produce de manera natural cloroanisoles cuando mantiene contacto con clorofenoles (en la actualidad se encuentran como contaminantes de la atmósfera, del agua o de los suelos). Debido a que los clorofenoles son compuestos muy tóxicos para el hongo, este intenta eliminarlo, por lo que, al contacto con ellos, el hongo produce unas enzimas capaces de degradar los clorofenoles, generando la inactivación y liberando las células los compuestos TCA, que se adhieren al corcho contaminándolo [14].

Los TCA pueden causar la contaminación de las láminas de corcho, de las que procederán los tapones de corcho natural. La presencia de estos compuestos por actividad de los hongos se puede deber también a diferentes factores, como, por ejemplo, los tratamientos de desinfección de las láminas de corcho o el uso de plaguicidas con una base clorada en las regiones de producción de corcho. Este tipo de tratamientos presentan una base química clorada, por lo tanto, el uso de este tipo de tratamientos está desaconsejado ya que generan un descenso de la calidad de los tapones, además de problemas de contaminación.

Una vez en bodega, la contaminación con TCP y TCA, puede deberse al uso de conservantes de los tapones, a los tratamientos realizados a las barricas o al uso de pinturas en la bodega que pueden llegar a los depósitos de almacenamiento, por la contaminación de la atmósfera de la bodega. Este tipo de compuestos usados en las bodegas además pueden tener contacto con otros objetos que son usados en el embotellado, por tanto, tienen un contacto directo con los tapones y con el vino, causando así una contaminación directa del producto [13]. Debido a su alto carácter contaminante y la gran amenaza que ha supuesto en los últimos años la presencia de los TCA, se ha comprobado que incluso en cantidades traza pueden generar aromas y olores a moho y humedad. Además, causan el enmascaramiento de aromas, con la consecuente pérdida de calidad de los vinos, con una pérdida económica y de reputación del vino y de la bodega.

Como se sabe el principal olor u aroma de los tricloroanisoles, son aromas a moho o también conocido como aroma a corcho. Además de esto se trata de un compuesto con una capacidad de inhibición o enmascaramiento de otros aromas, capaces de afectar al olfato humano a concentraciones muy bajas. Esto explica en gran medida que aquellos mostos o vinos que se han visto contaminados por TCA, presenten un rango aromático muy neutro, consiguiendo esta contaminación causar casi la eliminación completa de los aromas positivos entre ellos los aromas a madera tostada o los aromas frutales. La estructura de algunos de los compuestos de la familia de los TCA y TCP se muestra en la Tabla 3. Debido a que detectar estos compuestos a tiempo se ha vuelto una necesidad casi imprescindible en la industria vitivinícola, se han modernizado y adaptado diferentes técnicas de detección de compuestos aromáticos, debido a que se trata de un proceso difícil, por la volatilidad y complejidad de la matriz de las muestras [15].

Para la determinación de los diferentes compuestos las muestras a analizar son sometidas a diferentes procesos de extracción de los metabolitos de interés, para la posterior identificación y cuantificación. En la Figura 3 se muestra una clasificación de los diferentes métodos utilizados para la preparación de las muestras [16].

Por otro lado, entre las técnicas analíticas que se utilizan para la identificación y cuantificación de este tipo de compuestos destaca la cromatografía de gases, ya que se puede acoplar a diferentes detectores, teniendo en cuenta las propiedades fisicoquímicas de los compuestos semivolátiles y los compuestos derivatizados. Entre los detectores

utilizados destacan el detector de masas, el detector de captura de electrones y la olfatometría [16]. También se han utilizado otras técnicas, como, por ejemplo, la Espectrometría de Movilidad Iónica, que se caracteriza por su alta sensibilidad, bajo coste, monitorización en tiempo real y simplicidad de funcionamiento, siendo una opción adecuada para la detección de compuestos volátiles, muy utilizada en la detección de analitos de TCA en el espacio de cabeza formado entre el tapón de corcho y el vino [17].

En los últimos años ha aumentado la elaboración de productos a base de plástico debido a su capacidad de mantener estancas las condiciones de alimentos durante un tiempo, pero, el manejo inadecuado y la inadecuada eliminación de los desechos, causando una fragmentación de estos durante su uso, da lugar a la formación de microplásticos (tamaño < 5 mm). La presencia de este tipo de contaminantes en el vino puede deberse a varios factores, como, por ejemplo, una mala gestión de los residuos plásticos usados en bodega o una pequeña fragmentación de los tapones sintéticos. Además de la presencia de los microplásticos, uno de los grandes problemas asociados al uso de este tipo de tapones es la tradicionalidad que rodea al mundo del vino, pudiendo causar pérdidas en las ventas del producto y una mala imagen frente al cliente tradicional, con preferencia por el vino con tapón de corcho.

En 2020, Prata y col. [18], llevaron a cabo la identificación de microplásticos en muestras de vino blanco donde se utilizaron tapones sintéticos de polietileno. Para los análisis emplearon la microespectroscopía Raman. El objetivo fue desarrollar un método para la identificación y cuantificación de microplásticos. Para ello se analizaron 26 botellas de 750 mL de vino blanco de diferentes regiones de Italia, producidos a partir de diferentes variedades de uvas, entre los años 2014 y 2018. Estas botellas fueron selladas con diferentes variedades de tapones sintéticos Normacore.

Varios de estos autores, encabezados por Prata [19], en 2021, mostraron la importancia cualitativa de combinar la tinción con el rojo de Nilo y la microespectroscopía Raman, pues esta tinción ayuda a la preselección de microplásticos para su análisis cuantitativo por fluorescencia, siempre que se lleve a cabo previamente una adecuada eliminación de la materia orgánica natural. De esta forma, durante la etapa de preselección de los microplásticos se logra reducir tanto el número de falsos positivos como de falsos negativos.

5. EL CORCHO FRENTE A SUS ALTERNATIVAS

El hecho de sustituir al corcho por tapones sintéticos ha causado una revolución en el mundo del vino y son muchos los investigadores que han tratado de comparar el cierre tradicional con tapones de corcho con los nuevos tapones que han aparecido en el mercado.

En 2002, Mas y col. [20] estudiaron la evolución de vinos blancos y tintos en función del tipo de cierre y la posición en la que se almacenaron. Utilizaron tapones de corcho natural, colmatado y aglomerado, tapones de plástico (etil vinil poliacetato) y tapones de rosca metálica (screw-top). Se hicieron dos grupos, en uno las botellas se colocaron en horizontal y en el otro en vertical. Además, también se controló la influencia de la temperatura, manteniendo un subgrupo a 15°C y otro a 25°C. Las conclusiones fueron que tanto en los vinos blancos como los tintos evolucionan de forma similar independientemente del tipo de tapón y de si la botella estaba en vertical u horizontal, aunque en el vino tinto, que es menos propenso a la oxidación, las diferencias fueron menos notables. Las botellas almacenadas verticalmente produjeron más oxidación que las almacenadas horizontalmente. El tapón de corcho natural y de corcho colmatado fueron los mejores sistemas de cierre. Cuando las botellas se almacenaron horizontalmente, el comportamiento del tapón de corcho aglomerado fue similar al de los sistemas considerados “correctos”, pero con este tapón la oxidación fue mayor cuando se almacenaron verticalmente. La incidencia del olor a moho fue claramente mayor con el tapón de corcho aglomerado que con los otros sistemas de cierre. Tanto el análisis químico como el análisis sensorial mostraron que la oxidación se desarrolló más rápido con el tapón de plástico y de rosca. Por lo tanto, estos tapones deben usarse exclusivamente con vinos destinados a un consumo rápido (menos de 6 meses para vino blanco o menos de 12 meses para el vino tinto).

Giuffrida de Esteban y col. [21] realizaron un estudio exhaustivo del proceso de envejecimiento de vinos argentinos de la variedad Malbec, estudiando el impacto de diferentes factores (tipo de cierre, temperatura de almacenamiento y tiempo) sobre sus propiedades químicas y sensoriales. Observaron que el perfil del vino cambió durante la conservación en botella. En estos cambios, el factor más importante fue la interacción del tiempo con la temperatura conservación. A los dos años, los vinos tenían una composición química (volátiles y fenólicos), física (color) y sensorial

diferente por almacenamiento a distintas temperaturas. Sin embargo, no se generaron diferencias importantes en el perfil químico y sensorial por tipo de cierre utilizado. Los vinos almacenados a 15°C se caracterizaron por una mayor intensidad de color y violeta tinte, mientras que, a mayor temperatura se desarrollaron más aromas a frutos secos, frutas (mermelada de frutos rojos) y vegetales secos (tabaco, té).

Por otro lado, en 2021, Castellanos y col. [22] estudiaron también el efecto de varios tipos de cierre, la temperatura y el tiempo de almacenamiento durante la crianza. Utilizaron tapones de corcho natural y sintético, así como tapones de rosca. Mantuvieron las botellas termostalizadas a 15°C y 25°C. Evaluaron el oxígeno consumido, niveles de SO₂, fenoles totales, el color y las propiedades sensoriales. El oxígeno consumido, los fenoles totales y la evolución del índice de pardeamiento dependió de la interacción entre el cierre y la temperatura, mientras que los parámetros (luminosidad, croma, tonalidad) dependieron de las interacciones tiempo-cierre y temperatura-tiempo. Observaron que la interacción entre el tipo de cierre y la temperatura de almacenamiento fue crítica para las propiedades organolépticas, por lo que concluyeron que los tapones de rosca y el almacenamiento a baja temperatura podían preservar las características de la variedad de uva utilizada aumentando significativamente su vida útil.

Otros autores han estudiado el impacto de diferentes tapones en la composición volátil del vino blanco [23]. Para ello, utilizaron tapones de corcho 1+1, corcho microaglomerado y tapones sintéticos. Las principales diferencias en el perfil de volátiles del vino se observaron entre los tapones de corcho y los sintéticos, observándose alteraciones estadísticamente significativas en los niveles de seis compuestos volátiles. Los compuestos 2,4-di-terc-butilfenol y trans-4-terc-butilciclohexanol se identificaron por primera vez en vinos sellados con tapones sintéticos y corcho microaglomerado, respectivamente. Además, el análisis sensorial del vino sellado con tapones de corcho son los que obtuvieron puntuaciones más altas en intensidad y calidad aromática, y equilibrio. Por otro lado, el vino sellado con tapón sintético fue descrito con atributos sensoriales oxidativos, niveles más bajos de SO₂ e intensidad color más alta.

Para finalizar, los vinos han sido sellados de manera tradicional con corcho natural y esto se ha asociado a vinos de gran calidad otorgándoles una buena imagen frente a los consumidores con más conocimiento en el sector, por su eficacia más que consolidada durante años de uso [23], pero es cierto

que cada vez más se está extendiendo el uso de tapones sintéticos, por su bajo coste y las pequeñas diferencias comparativas de las características frente a un tapón tradicional. De las investigaciones realizadas hasta la fecha lo que se puede deducir es que no existe un tapón perfecto, ya que cada uno de ellos presenta ventajas y desventajas (ver Tabla 4).

CONCLUSIONES

En la revisión realizada sobre los distintos tipos de tapones empleados para cerrar las botellas de vino, se ha tratado de resumir la importancia del corcho como material tradicional, los distintos tipos de tapones que se pueden fabricar con este material y qué problemas se pueden encontrar si hay contaminación por tricloroanisoles. Por otro lado, se ha encontrado que se han desarrollado tapones alternativos de plástico, que tienen ventajas frente a los de corcho, pero que también su uso puede llegar a generar contaminación del vino con microplásticos.

En la revisión, se pone en evidencia según distintos estudios, que cada tipo de tapón tiene sus ventajas e inconvenientes, pero los nuevos materiales se pueden utilizar en algunos casos, con resultados similares a si se empleara el corcho.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación de este trabajo al proyecto PID2020-112996GBI00 de la Agencia Estatal de investigación y al Proyecto IB20016 de la Consejería de Economía, Ciencia y Agenda Digital de la Junta de Extremadura, ambos proyectos cofinanciados por los Fondos Europeos FEDER.

IN MEMORIAM de Juan José González Jiménez, estudiante del Grado en Enología, fallecido el 11 de abril de 2022 a los 26 años.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Alegoët, C.; Roboulet, J.M.; Ribéreau-Gayon, P. (1990). "Aspectos prácticos del taponado de los vinos". *Chaintré Bourgogne Publications* (289 pp). ISBN: 29044280203

[2] Anjos, O.; Pereira, H.; Rosa M.E. (2008). "Effect of quality, porosity and density on the compression properties of cork." *European Journal of Wood and Wood Products*, 66(4), 295–301. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00107-008-0248-2>

[3] García, A.; Anjos, O.; Iglesias, C.; Pereira, H.; Martínez, J.; Taboada, J. (2015). "Prediction of mechanical strength of cork under compression using machine learning techniques". *Materials and Design*, 82, 304–311. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.03.038>

[4] Barker. B. (2004). "Bottle Closures in the wine industry". Cape Wine Academy

[5] <https://www.bourrasse.com/es/los-diferentes-tipos-de-tapones/>
[Último acceso 28 de marzo de 2023]

[6] <https://onlinelicor.es/tipos-de-corcho-cual-quieres-para-tu-vino/>
[Último acceso 28 de marzo de 2023]

[7] Lopes, P.; Silva, M.A.; Pons, A.; Tominaga, T.; Lavigne, V.; Saucier, C.; Darriet, P.; Teissedre, P.-L.; Dubourdieu, D. (2009). "Impact of oxygen dissolved at bottling and transmitted through closures on the composition and sensory properties of a sauvignon blank wine during bottle storage". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(21), 10261–10270. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf9023257>

[8] Pérez-Martín, F.; Izquierdo-Cañas, P.M.; Seseña, S.; García-Romero, E. ; Palop. M.L. (2015). "Aromatic compounds released from natural precursors by selected *Oenococcus oeni* strains during malolactic fermentation". *European Food Research and Technology*, 240(3), 609–618. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2361-2>

[9] Escudero, A.; Asensio, E.; Cacho, J.; Ferreira, V. (2002). "Sensory and chemical changes of young white wines stored under oxygen. An assessment of the role played by aldehydes and some other important odorants". *Food Chemistry*, 77(3), 325–331.

DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00355-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00355-7)

[10] Kwiatkowski, M.J.; Skouroumounis, G.K.; Lattey, K.A.; Waters, E.J. (2007). "The impact of closures, including screw cap with three different headspace volumes, on the composition, color and sensory properties of a Cabernet Sauvignon wine during two years' storage". *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 13(2), 81-94.

[11] <http://aratap.com/los-tapones-sinteticos-aratap/> [Último acceso 28 de marzo de 2023]

[12] <https://entucopa.com/cierres-alternativos-al-corcho/> [Último acceso 28 de marzo de 2023]

[13] Mazzoleni, V.; Maggi, L. (2006). "Effect of wine style on the perception of 2,4,6-trichloroanisole, a compound related to cork taint in wine". *Food Research International*, 40(6), 694-699. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.11.014>

[14] Álvarez-Rodríguez, M.L. (2003). "Análisis de la producción de 2,4,6-tricloroanisol por hongos filamentosos aislados de corcho" Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.

[15] Apostolou, T.; Pascual, N.; Marco, M.P.; Moschos, A.; Petropoulos, A.; Kaltsas, G.; Kintzios, S. (2014). "Extraction-less, rapid assay for the direct detection of 2,4,6-trichloroanisole (TCA) in cork samples". *Talanta*, 125, 336-340.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.03.023>

[16] Fontana, A.R. (2012). "Analytical methods for determination of cork-taint compounds in wine", *Trends in Analytical Chemistry*, 37, 135-147.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2012.03.012>

[17] Karpas, Z.; Guamán, A.V.; Calvo, D.; Pardo, A.; Marco, S. (2012). "The potential of ion mobility spectrometry (IMS) for detection of 2,4,6-trichloroanisole (2,4,6-TCA) in wine". *Talanta*, 93, 200-205. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2012.02.012>

[18] Prata, J.C.; Paco, A.; Reis, V.; da Costa, J.P.; Silva Fernandes, A.J.; Mendes da Costa, F.; Duarte, A.C.; Rocha-Santos T. (2020). "Identification of microplastics in white wines capped with polyethylene stoppers using micro-Raman spectroscopy". *Food Chemistry*, 331, 127323. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127323>

[19] Prata, J.C.; da Costa, J.P.; Silva Fernandes, A.J.; Mendes da Costa, F.; Duarte, A.C.; Rocha-Santos T. (2021). "Selection of microplastics by Nile Red staining increases environmental sample throughput by micro-Raman spectroscopy". *Science of the Total Environment*, 783, 146979. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146979>

[20] Mas, A.; Puig, J.; Lladó, N.; Zamora, F. (2002). "Sealing and storage position effects on wine evolution". *Journal of Food Science*, 67(4), 1374-1378. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10292.x>

[21] Giuffrida de Esteban, M.K.; Ubeda, C.; Heredia, F.J.; Catania, A.A.; Assof, M.V.; Fanzone, M.L.; Jofre, (2019). "Impact of closure type and storage temperature on chemical and sensory composition of Malbec wines (Mendoza, Argentina) during aging in bottle". *Food Research International*, 125, 108553. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108553>

[22] Castellanos, E.R.; Jofre, V.P.; Fanzone, M.L.; Assof, M.V.; Catania, A.A.; Diaz-Sambueza, A.M.; Heredia, F.J.; Mercado, L.A. (2021). "Effect of different closure types and storage temperatures on the color and sensory characteristics development of Argentinian Torrontes Riojano white wines aged in bottles". *Food Control*, 130, 108343. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108343>

[23] Oliveira, A.S. ; Furtado, I.; Bastos, M.L.; Guedes de Pinho, P.; J. Pinto (2020). "The influence of different closures on volatile composition of a white wine". *Food Packaging and Shelf Life*, 23, 100465. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpsl.2020.100465>

Figura 1. Estructura interna del corcho al microscopio.

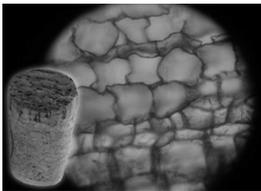


Figura 2. Proceso de la “saca” de corcho.



Figura 3. Métodos de preparación de la muestra.

Extracción en fase líquida

- Microextracción líquido-líquido dispersiva
- Microextracción asistida por ultrasonidos
- Microextracción de gota única

Extracción en fase sólida

- Extracción adsorbente con barra agitadora
- Microextracción en jeringa empaquetada

QuEChERS

Tabla 1. Tipos de tapones de corcho.

Tipo de vino	Tipo de tapón utilizado	
Vinos tranquilos	Tapón de corcho natural	
	Tapón de corcho sellado con gránulos	
	Tapón aglomerado	
	Tapón 1+1 con discos en los extremos	

<p>Vinos espumosos</p>	 <p>Tapones de cava pre- vio embotellado</p>	 <p>Tapones de cava tras el descorche</p>
<p>Vinos espirituosos</p>		

Tabla 2. Alternativas a los tapones de corcho.

Tipo de tapón	Foto del tapón
<p>Tapones sintéticos</p>	
<p>Tapones a rosca Screw Cap</p>	



Tabla 3. Estructura de algunos de los compuestos de la familia de los TCA y TCP.

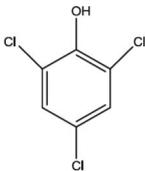
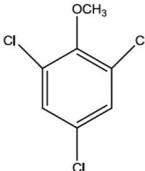
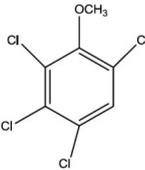
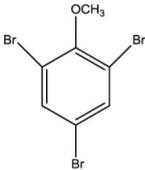
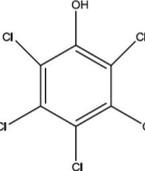
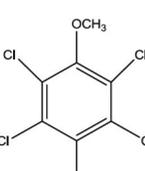
	
<p>2,4,6-Triclorofenol</p>	<p>2,4,6-Tricloroanisol</p>
	
<p>2,3,4,6-Tetracloroanisol</p>	<p>2,4,6-Tribromoanisol</p>
	
<p>Pentaclorofenol</p>	<p>Pentacloroanisol</p>

Tabla 4. Ventajas y desventajas de los distintos tapones.

Material	Corcho	Sintéticos	Semi-sintéticos	De rosca
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Tradicional • Fácil extracción • Fácil mecanización 	<ul style="list-style-type: none"> • Vanguardia • Consistentes • Fácil mecanización • Inertes 	<ul style="list-style-type: none"> • Apariencia a corcho • Fácil extracción • Fácil mecanización 	<ul style="list-style-type: none"> • Buena eficacia en sellado de blancos • Fácil apertura
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Puede presentar TCA • Heterogéneo 	<ul style="list-style-type: none"> • Causa de olor a plástico • Partículas de plástico 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede presentar TCA • Puede causar oxidación 	<ul style="list-style-type: none"> • Considerados para vino de baja calidad • No sirven para vinos de guarda

Anexo I. Características principales del corcho.

1. Ligereza

- Se trata de un material con baja densidad ya que el 88% del volumen es aire

2. Elasticidad

- Esta es una de las propiedades más importantes, ya que es la capacidad de recuperar su forma o su volumen, una vez se deje de comprimir el tapón a la hora de embotellar.

3. Coeficiente de rozamiento elevado

- Es la propiedad por la cual el corcho presenta una gran capacidad de adherencia, impidiendo en gran medida el deslizamiento.

4. Gran impermeabilidad

- Debido a su estructura, el corcho dificulta el paso de líquidos o de gases a través de los plasmodesmos de su estructura interna.

5. Bajo contenido en agua

- El bajo porcentaje de agua (6-9%) impide el crecimiento de los diferentes microorganismos que pueden destruir el vino.

6. Aislante térmico

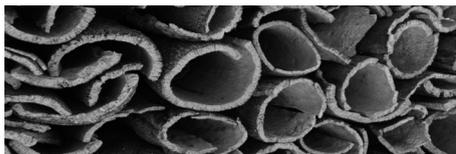
- Es un gran aislante debido a su estructura tipo alveolar la cual le impide el paso del aire, su bajo nivel de agua y la nula conductividad de sus componentes.

7. Aislante acústico

- Debido a su estructura porosa, el corcho absorbe y difunde el sonido a través de él impidiendo así su paso.

Anexo I. Proceso de elaboración de los tapones de corcho.

Mediante el proceso de “la saca” se obtienen láminas de corcho, que se trasladan de las dehesas hasta un almacén, donde son almacenadas durante un mínimo de 6 meses, hasta que las láminas alcanzan una humedad uniforme. Los distintos lotes son enumerados y etiquetados. Tras el proceso de identificación, las planchas son apiladas, de manera que se evite la contaminación de microorganismos y se facilite la circulación de aire entre ellas.



1. Una vez finalizado el tiempo de reposo (6 meses en almacén), son clasificadas, en función del grosor y de la calidad del corcho. Las más gruesas serán las que se utilicen para obtener tapones naturales de una sola pieza y las más delgadas para obtener discos para tapones 1+1.
2. Una vez separadas las planchas, se realiza el proceso de cocción en depósitos de acero inoxidable. El objetivo del proceso es la eliminación de los sólidos que se encuentran en el interior de los poros, permitiendo que el corcho alcance una óptima humedad. Las láminas son cocidas durante al menos una hora, al terminar el proceso y al ser retiradas de los depósitos el tamaño de las láminas aumenta hasta una 20% volviéndose más fácil de tratar.
3. Al finalizar la cocción, las planchas se apilan en una zona estéril y con buena ventilación durante unos días para que se elimine el exceso de humedad.
4. Una vez secas se alisan los cantos de las láminas eliminando posibles imperfecciones, se clasifican en función de la calidad dependiendo del aspecto, de la porosidad y del grosor que presente cada lámina. Las de mejor calidad se utilizan en la fabricación de tapones y el resto se destina a la elaboración de otros productos.

5. De las láminas más gruesas se obtienen los tapones naturales también llamados tapones de calidad. Estas láminas son cortadas en tiras, se lleva a cabo su perforación y extracción del tapón con el uso de una broca, un proceso semiautomatizado o automatizado.
6. Los tapones obtenidos son clasificados dependiendo de su aspecto, aquellos que presenten imperfecciones relevantes son rechazados y derivados a la obtención de gránulo de corcho para la producción de tapones técnicos.



7. Todos los tipos de tapones son analizados mediante cromatografía de gases lo que permite obtener un perfil de cada lote, también permite detectar la posible presencia de los precursores de los tricloroanisoles (TCA). Aquellos tapones que presenten cierto valor de concentración TCA son rechazados y no son válidos como tapones de alta calidad.
8. Finalizados los análisis, todos los lotes se someten a un proceso de destilación por vapor, eliminando por arrastre la presencia de posibles compuestos que puedan generar problemas en los vinos, tras ello los tapones son pulidos, lavados, secados y estabilizados, teniendo así tapones limpios, suaves y estables frente a contaminaciones de carácter microbiano.
9. Por último, una vez que se estabilizan y se confirma el cumplimiento de las especificaciones que solicita cada cliente, son marcados mediante el uso de fuego o mediante tinta autorizada para uso alimenticio y recubiertos con una película de silicona o parafina que mejora la extracción. Finalmente se empacan y se sellan los lotes, teniendo así listos los tapones para empezar a embotellar los vinos [6].