



RESOLUCIÓN OIV-OENO 631-2020

INVENTARIO DE LAS PRÁCTICAS DE REDUCCIÓN DE LAS DOSIS DE SO₂ EN LA VINIFICACIÓN

LA ASAMBLEA GENERAL,

VISTO EL ARTÍCULO 2, párrafo 2 b) ii del Acuerdo del 3 de abril de 2001 por el que se crea la Organización Internacional de la Viña y el Vino,

A PROPUESTA de los Grupos de expertos “Microbiología” y “Tecnología”,

CONSIDERANDO el interés del sector vitivinícola en producir vinos con bajo contenido en SO₂,

DECIDE adoptar las siguientes directrices para reducir las dosis de SO₂ en la vinificación:

Inventario de las prácticas de reducción de las dosis de SO₂ en la vinificación

Antecedentes

La producción de vinos de gran calidad organoléptica es uno de los principales objetivos del sector vitivinícola a escala mundial. Por otra parte, la demanda de productos sin aditivos químicos por parte del consumidor ha aumentado en los últimos años. En vista de todo ello, la OIV presta especial atención a la seguridad del consumidor y a sus expectativas en uno de los ejes del Plan Estratégico 2015-2019 (Eje n.º 4: Participar en la seguridad del consumidor y tomar en consideración sus expectativas).

La utilización de dióxido de azufre (SO₂), el aditivo químico más empleado en la elaboración del vino, es uno de los temas de interés de la enología actual. En el presente documento, el término “SO₂” hace referencia a las principales formas en las que se encuentra el dióxido de azufre en el vino: SO₂ molecular, iones bisulfito (HSO₃⁻) y SO₂ combinado. El SO₂ es uno de los recursos preferidos para preservar la calidad del vino, debido a sus propiedades antisépticas, antioxidantes y de inhibición enzimática (Ribéreau-Gayon y otros, 2006). En las etapas anteriores a la fermentación alcohólica, el SO₂ permite evitar la oxidación y reducir la carga microbiana total del mosto, lo que favorece la selección de los microorganismos más aptos para la fermentación alcohólica, como *Saccharomyces cerevisiae*, y reduce el riesgo de defectos de fermentación. En el vino acabado, tras una eventual fermentación maloláctica, el SO₂ se utiliza para eliminar microorganismos causantes de alteraciones, como las bacterias lácticas, las bacterias acéticas y las levaduras de los géneros *Brettanomyces* y *Dekkera*, responsables de olores relacionados con la producción de fenoles volátiles. El oxígeno del mosto y del vino procede del aire y se incorpora por disolución durante las principales operaciones de vinificación, crianza y conservación. Dependiendo de la composición del vino y del grado de exposición al oxígeno durante la elaboración, la oxidación puede afectar positiva o negativamente a la calidad del vino. El SO₂ es eficaz para evitar la aparición de sabores de oxidación y la degradación de numerosos aromas y el color. En forma de HSO₃⁻, inhibe a las oxidasas en el mosto y previene el pardeamiento oxidativo (Du Toit y otros., 2006; Waterhouse y otros, 2016). Entre las oxidasas, la lacasa de *Botrytis* spp. es menos sensible que la tirosinasa de la uva, por lo que los mostos elaborados con uvas afectadas por *Botrytis cinerea* requieren mayores dosis de sulfitos (Du Toit y otros, 2006). En el vino, donde



predomina la oxidación química, los sulfitos reaccionan con el peróxido de hidrógeno e inhiben la reacción de Fenton, por la que se forman radicales hidroxilo, responsables de la oxidación del etanol y otros compuestos orgánicos (Danilewicz, 2007). La reacción de los sulfitos y el peróxido de hidrógeno también se produce en el mosto, pero el grado de oxidación química es mucho menor en este medio. Otro efecto del dióxido de azufre tiene que ver con su capacidad de reaccionar con las quinonas, formadas en las primeras etapas de la cascada de reacciones oxidativas, y reducirlas de nuevo a fenoles (Danilewicz y otros, 2008; Waterhouse y Laurie, 2006). Además, se une a los aldehídos (p. ej., el acetaldehído), lo que contribuye a reducir la percepción de los típicos olores de oxidación (Waterhouse y Laurie, 2006). En los últimos años, existe cierta preocupación en relación con la inocuidad de los sulfitos. Los efectos toxicológicos, tanto agudos como crónicos, del dióxido de azufre y los sulfitos en personas sensibles son bien conocidos. Agravan los síntomas respiratorios, dermatológicos, cardiovasculares y gastrointestinales en personas sensibles a los sulfitos, que suelen presentar reacciones de tipo asmático, mientras que las reacciones alérgicas graves (anafilaxia) son poco frecuentes (Papazian, 1996; Vally y Thompson, 2003). En consecuencia, la OMS fijó la ingesta diaria admisible (IDA) de dióxido de azufre en 0,7 mg/kg de peso corporal. Según la legislación de la UE, es obligatorio incluir la indicación “contiene sulfitos” en la etiqueta si el SO_2 total supera los 10 mg/L (Directiva 2003/89/CE). Aparte del dióxido de azufre añadido, las levaduras producen dióxido de azufre durante la fermentación alcohólica (Suzzi y otros, 1985; Wells y Osborne, 2011), en concentraciones de hasta 100 mg/L, dependiendo de la cepa de levadura y de la composición del mosto (Thomas y Surdin-Kerjan, 1997). En la actualidad, se seleccionan numerosas cepas de levaduras con baja producción de sulfitos, pero en el mercado sigue existiendo una gran cantidad de cepas que producen sulfitos en concentraciones considerables durante la fermentación alcohólica.

Marcada por la demanda de los consumidores, la tendencia actual es a reducir la utilización de sulfitos en la elaboración de vino. Se han propuesto distintos aditivos y métodos físicos innovadores, como los pulsos eléctricos de alto voltaje, para los diversos objetivos con los que se utiliza el dióxido de azufre (Lisanti y otros, 2019). Aunque ya se ha autorizado el uso enológico de algunos aditivos alternativos, la mayoría de los aditivos y métodos físicos innovadores solo se han probado a escala experimental. No obstante, según los conocimientos actuales, no se ha demostrado que ninguna de estas opciones pueda reemplazar al SO_2 , que sigue siendo un aditivo enológico útil y, en ciertos casos, indispensable.

En las presentes directrices se incluyen recomendaciones para la gestión de todo el proceso de elaboración del vino, desde la vid a la botella, con objeto de reducir el uso de SO_2 sin comprometer la calidad del vino (características organolépticas y estabilidad microbiológica).

Principios generales

El aporte controlado de oxígeno en pequeñas cantidades puede ser necesario para potenciar el color y los aromas del vino, en particular del vino tinto, garantizando la estabilidad microbiológica en todo momento.

Se deben tener en cuenta los siguientes **factores**:

- la carga microbiana del mosto y el vino,
- la presencia de oxidasas de origen fúngico en el mosto,
- la concentración de sustancias con afinidad por el SO_2 en el mosto y el vino,
- el pH,



- la temperatura del vino,
- la exposición al oxígeno,
- la presencia y concentración de compuestos antioxidantes endógenos en el vino.

Algunas prácticas vitivinícolas pueden influir en uno o varios de estos factores y, de este modo, aumentar o disminuir las necesidades de SO₂.

Se recomienda añadir SO₂ para prevenir la oxidación y las alteraciones de origen microbiano en, como mínimo, las siguientes **etapas**:

- durante la vendimia, si es mecánica, en la elaboración de blancos y rosados,
- etapas prefermentativas (uva y mosto), sobre todo en el caso de los vinos blancos y rosados,
- al final de la fermentación alcohólica (o maloláctica, dado el caso),
- durante el envasado o el degüelle de vinos espumosos (taponado definitivo).

Sobre todo en la elaboración de vinos blancos, es preciso utilizar SO₂ y eventualmente aditivos que complementen su acción (p. ej., ácido ascórbico), también en combinación con gases inertes puros o mezclados (p. ej., argón o nitrógeno), con objeto de proteger de la oxidación y preservar los aromas.

Para tratar problemas microbiológicos, utilizar preferentemente el sulfitado con SO₂ en forma de gas (a partir de SO₂ licuado) dada su mayor eficacia.

Para una misma concentración de SO₂ total, el equilibrio entre sus distintas formas (libre, molecular y combinado) depende de las características fisicoquímicas del vino, en particular el pH, el grado alcohólico, los compuestos que pueden combinarse con el SO₂ y la temperatura. La fracción de SO₂ combinado con acetaldehído está muy poco disponible para la protección del vino, dado que es una combinación muy estable, por lo que se debe reducir limitando la formación de acetaldehído, tanto de origen químico como microbiológico, en el vino (Waterhouse y otros, 2016; Capece y otros, 2020).

Para garantizar una protección eficaz, el valor de referencia como antioxidante es de 20-40 mg/L de SO₂ libre; para prevenir las alteraciones microbianas en el vino acabado, los valores de referencia son de 0,6 mg/L de SO₂ molecular, en el caso de los vinos secos, y ≥0,8 mg/L de SO₂ molecular, en el caso de los vinos dulces (Waterhouse, 2016). La reducción de la concentración de SO₂ total se debe llevar a cabo teniendo en cuenta la concentración que garantiza la protección del vino, que depende de las características del vino, las condiciones de conservación y la vida comercial prevista.

En el presente documento, se analiza todo el proceso de elaboración del vino, se precisan los puntos de intervención (PI) de interés para reducir las dosis de SO₂ total y se incluyen indicaciones para su correcta gestión.

Clasificación de los puntos de intervención (PI)

En este documento, se distinguen los siguientes tipos de PI:

PIa) punto de intervención para reducir la presencia de oxidasas y su actividad;

PIb) punto de intervención para evitar alteraciones de origen microbiano en el mosto y el vino;

PIc) punto de intervención para reducir la disolución y el consumo de oxígeno en el mosto (c1: oxidación enzimática) y las reacciones de oxidación (c2: oxidación química);



PI d) punto de intervención para aumentar la eficacia del SO₂ (d1: aumentando el SO₂ molecular, d2: disminuyendo la formación de compuestos con afinidad por el SO₂, incluidos los procedentes de uvas afectadas por enfermedades fúngicas);

PI e) punto de intervención para evitar la adición excesiva o innecesaria de SO₂;

PI f) punto de intervención para garantizar eficacia de la protección del SO₂.

Todas las prácticas enológicas se deben aplicar de conformidad con el Código Internacional de Prácticas Enológicas de la OIV. Este documento se deberá actualizar a medida que se admitan nuevas prácticas enológicas.

PUNTOS DE INTERVENCIÓN

A. EN TODAS LAS ETAPAS DE LA VINIFICACIÓN

Se recomienda:

- Velar por la aplicación de prácticas de higiene adecuadas a lo largo de todo el proceso (PI b).
- Comprobar que los medios de transporte de la uva y los equipos de vinificación no cedan iones metálicos (hierro, cobre y manganeso) al mosto ni al vino (PI c2).
- Comprobar que la uva no contenga iones metálicos procedentes de tratamientos fitosanitarios, como el cobre (caldo bordelés), o solo los contenga en bajas concentraciones (PI c2).
- Comprobar que las tuberías y sus accesorios no presenten grietas ni agujeros. Reemplazarlas periódicamente (PI c).
- Comprobar que la superficie interna de los depósitos y cubas no esté dañada o agrietada (PI b).
- Al elegir las bombas para trasvasar el mosto o el vino, tener en cuenta que la entrada de oxígeno varía con el tipo de bomba. Por ejemplo, las bombas centrífugas son especialmente problemáticas si no se evita la cavitación del líquido que se produce durante el trasvase (PI c).
- Tener en cuenta la porosidad al oxígeno de los materiales que componen los recipientes destinados a la elaboración o conservación del vino (PI c).
- Restringir el aporte de oxígeno durante las fases dinámicas (turbulencias debidas a la puesta en marcha o parada de las bombas, efecto Venturi por accesorios mal ajustados, transporte en compartimentos abiertos) y estáticas (a través de orificios y materiales porosos) (PI c).
- Si el SO₂ se aplica en forma de metabisulfito de potasio o en solución, comprobar que el producto no esté caducado, que se hayan respetado las condiciones de conservación y que la solución no haya cristalizado (PI f).

Nota importante: No hay que olvidar que las sustancias con afinidad por el SO₂ se forman tanto en el viñedo y durante la fermentación alcohólica, por los hongos, como en el vino, por contaminaciones de levaduras y bacterias aerobias, o debido a reacciones de oxidación química catalizadas por metales como el hierro o el cobre.



B. MANEJO DEL VIÑEDO Y VENDIMIA

- La selección del emplazamiento y de la variedad de uva deben tener por objetivo la producción de uvas sanas con un grado de acidez óptimo al madurar, de forma que presenten un grado de acidez adecuado cuando alcancen la madurez. En el viñedo, aplicar prácticas vitícolas que garanticen el buen estado sanitario de la uva y/o la obtención de un mosto de pH bajo (PIa, PIb, PId).
- Dado que el cobre cataliza la oxidación química, reducir su uso al mínimo, sin comprometer la protección de la uva frente al desarrollo de hongos (PIc2).
- Aplicar prácticas vitícolas (como el desojado y la fertilización nitrogenada, por ejemplo) que favorezcan la aireación de los racimos y permitan reducir el riesgo de infecciones fúngicas, especialmente en el caso de las variedades con racimos muy compactos (PIa, PIb).
- Determinar el momento de la vendimia con precisión, para obtener mostos con una acidez y una cantidad de azúcares adecuadas, de modo que permitan completar las fermentaciones y satisfacer las expectativas organolépticas (PIb, PId1).
- Con ciertas variedades de uva y en climas cálidos, se puede vendimiar una parte del viñedo antes de la maduración y elaborar un vino ácido con el que aumentar la acidez del vino elaborado con la uva totalmente madura, recogida en una segunda vendimia (doble vendimia). Otra opción consiste en mezclar distintas variedades de uva en distintos estados de maduración. Para ello, es necesario controlar los parámetros químicos relacionados con la madurez tecnológica (sólidos solubles, acidez total, ácido málico, ácido tartárico, potasio y pH) (PId1).
- La vendimia debe ser selectiva para vinificar por separado los racimos afectados por hongos y reducir la presencia de oxidasas y microorganismos causantes de alteraciones (PIa, PIb).
- Si la vendimia es mecánica, tratar de preservar al máximo la integridad de la uva. Cuando es factible, la vendimia manual permite limitar los daños mecánicos que sufre la uva (PIb).
- Para evitar el aplastamiento y la proliferación de microorganismos, favorecida por el zumo liberado, transportar la uva sana y entera en recipientes limpios y con buena ventilación, de modo que la humedad no sea elevada y no proliferen mohos. Si las uvas están dañadas, es preferible vinificar por separado en recipientes inertes, para limitar la oxidación del mosto y la proliferación de microorganismos aeróbicos (PIa, PIb).

C. UVAS Y MOSTO

- Dado el caso, los mostos de uva con alteraciones microbiológicas se deben elaborar por separado, desde la recepción de la uva hasta su transformación en la bodega, ya que requieren mayores dosis de SO₂ para su protección (PIa-PIb).
- Realizar las operaciones prefermentativas tan rápido como sea posible, para reducir la exposición al oxígeno (PIc), excepto si se utiliza la hiperoxigenación del mosto, con clarificación posterior, como práctica para eliminar los compuestos oxidables antes de la vinificación.
- Las operaciones prefermentativas de despalillado, estrujado y prensado (solos o combinadas) deben ser tan suaves como sea posible, para evitar la extracción de cationes potasio y, de este modo, mantener la acidez del mosto (PId1), así como para reducir la extracción de oxidasas (PIa).
- En caso necesario, acidificar el mosto. Proceder a la acidificación lo antes posible (PId).



- En la medida de lo posible, evitar añadir SO₂ antes de la fermentación alcohólica y adaptar su utilización en función del pH del mosto, para evitar que se combine con compuestos carbonílicos (principalmente acetaldehído) durante la fermentación alcohólica (PI d2).
- La siembra temprana, incluso en la fase prefermentativa, con microorganismos seleccionados (levaduras y/o bacterias) podría ser útil para prevenir la proliferación no deseada de la flora microbiana autóctona.

En el caso específico de la elaboración de vinos blancos o rosados:

- Proteger de la oxidación durante el prensado e inmediatamente después. La adición de SO₂ a la masa debe ser totalmente homogénea (PI c).
- Se pueden añadir aditivos antioxidantes (p. ej., ácido ascórbico, levaduras inactivadas ricas en glutatión, taninos) y antimicrobianos (p. ej., lisozima, quitosano) para complementar la acción del SO₂ (PI b, PI c).
- Si se utiliza ácido ascórbico, añadirlo siempre después del SO₂ (PI c2).
- Utilizar gases inertes en las etapas más críticas desde el punto de vista de la oxidación, como el trasvase posterior al despalillado o estrujado, el prensado y la clarificación del mosto (desfangado estático con o sin adición de enzimas o coadyuvantes, flotación, filtración o centrifugación) (PI c).
- Controlar la temperatura de los mostos durante la fase prefermentativa de modo que sea compatible con el sistema de clarificación elegido y, al mismo tiempo, con reducir el riesgo de desarrollo espontáneo de microorganismos que podrían dificultar el proceso de clarificación. Aunque las bajas temperaturas ralentizan los procesos oxidativos, se debe tener en cuenta su relación con el aumento de la solubilidad del oxígeno. A título indicativo, se pueden recomendar temperaturas de unos 15 °C para la flotación, menos de 10 °C para la clarificación estática y 20 °C para la filtración o centrifugación, en el caso de que el mosto se trate inmediatamente después de su obtención, y tanto más bajas cuanto más tiempo transcurra entre la obtención del mosto y la aplicación del tratamiento (PI c).

D. FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA (FA)

- Se recomienda utilizar cultivos iniciadores; elegir levaduras con buena capacidad fermentativa, mayor dominancia y baja producción de SO₂, H₂S, compuestos con afinidad por el SO₂, y acetaldehído. Conservar las levaduras correctamente. Preparar el inóculo de levaduras con levaduras secas activas o de otro tipo según las instrucciones del fabricante y de modo que la población inicial sea suficiente para garantizar un inicio rápido de la FA (aprox. $1-2 \cdot 10^6$ UFC/mL) (PI b, PI d, PI e).
- La siembra conjunta de levaduras y bacterias lácticas seleccionadas puede contribuir a reducir el período de latencia entre el final de la fermentación alcohólica y el inicio de la fermentación maloláctica, y reducir el riesgo de proliferación de bacterias indeseables y de *Brettanomyces* spp. (Resolución OIV-OENO 462-2014) (PI b). En caso de siembra conjunta, evitar la adición de SO₂ al mosto. Evitar la adición de SO₂ durante la FA. El SO₂ no es necesario durante la FA si es rápida, ya que el oxígeno disuelto disminuye y la población microbiana está formada mayoritariamente por levaduras fermentativas, de modo que el riesgo de proliferación de microorganismos indeseables es muy bajo. El SO₂ añadido en esta etapa se combinaría con compuestos carbonílicos, lo que supondría un aumento inútil del SO₂ total para una misma cantidad de SO₂ libre (PI d2). Además, las levaduras fermentativas metabolizan directamente el SO₂ añadido durante la FA, lo que sin duda aumenta el riesgo de que se produzcan compuestos causantes de defectos de reducción (H₂S).



- Controlar la temperatura y aplicar prácticas enológicas que garanticen que la FA se desarrolle de forma correcta y uniforme, y que permitan reducir la producción de compuestos carbonílicos (entre otras, adición de tiamina, incorporación de nutrientes nitrogenados y factores de crecimiento, y uso de corteza de levadura para eliminar sustancias tóxicas de la matriz en caso necesario) (PIb, PId2). El nitrógeno se puede añadir en forma de nitrógeno mineral u orgánico (autolisados de levaduras o levaduras inactivadas, por ejemplo).
- Llevar un control diario de la cinética fermentativa para comprobar que la fermentación se desarrolle de forma correcta y uniforme. Detectar cuanto antes las paradas de fermentación y las fermentaciones ralentizadas. Se recomienda utilizar sistemas automáticos de control de temperatura (PIb, PId2).
- En caso de parada fermentativa o fermentación ralentizada, aplicar lo antes posible prácticas enológicas para reactivar la fermentación alcohólica. Se recomienda añadir una cantidad adecuada de SO₂ para inhibir el desarrollo bacteriano antes de reactivar la fermentación alcohólica. Se recomienda eliminar las sustancias tóxicas de la matriz (ácidos grasos) con corteza de levadura. Controlar la acidez volátil (PIb, PId2).
- En el caso de los vinos secos, se recomienda dejar que se consuman todos los azúcares fermentables (concentración de azúcares reductores < 2 g/L) (PIb).

E. POSTFERMENTACIÓN ALCOHÓLICA Y FERMENTACIÓN MALOLÁCTICA

- En la elaboración de vinos blancos y rosados, proteger al vino del aire durante los trasiegos. Inertizar el depósito de llegada, las canalizaciones y sus accesorios con dióxido de carbono, nitrógeno o argón (o una mezcla de ellos) antes de introducir el vino (PIc2).
- En la elaboración de vinos tintos, se puede realizar un prensado suave de los orujos para reducir la extracción de cationes potasio y, de este modo, limitar la subida del pH (PID1).
- Si se va a llevar a cabo la fermentación maloláctica, inducirla con rapidez (PIb). Para reducir el período de latencia entre la fermentación alcohólica y la fermentación maloláctica, si se dan las condiciones necesarias, puede resultar útil la siembra conjunta de levaduras y bacterias lácticas, o la siembra temprana de bacterias seleccionadas antes o inmediatamente después de la siembra de levaduras (PIb). Preparar los cultivos iniciadores de bacterias según las recomendaciones del fabricante (PIb).
- Controlar todos los parámetros críticos para el correcto desarrollo de la fermentación maloláctica (pH, nutrientes y temperatura) y hacer un seguimiento de la acidez volátil, el ácido láctico y el ácido málico hasta el final (PIb).
- Para impedir que se produzca la fermentación maloláctica, se pueden añadir aditivos antimicrobianos, como el quitosano, para complementar la acción del SO₂ (PIb).
- A partir del final de la fermentación alcohólica, para garantizar una protección eficaz del vino, controlar la concentración de SO₂ molecular (PIf).

F. ESTABILIZACIÓN

- Al final de la fermentación alcohólica o, dado el caso, maloláctica, sulfitar el vino. Se recomienda determinar el acetaldehído libre. Por tanto, la dosis de SO₂ se elegirá en función del pH, el grado



alcohólico y la temperatura, para garantizar la protección del vino frente a la oxidación y los microorganismos (Plb, Plc2).

- Para garantizar una protección eficaz del vino, es muy útil controlar, desde el final de la fermentación alcohólica, la cantidad de SO₂ total y libre y calcular la concentración de SO₂ molecular (Plf).

Tratamientos físicos

- Después de la fermentación alcohólica o, dado el caso, maloláctica, se recomienda proceder a la estabilización microbiológica del vino por métodos físicos (filtración esterilizante en membrana, pasteurización o ambas) y/o químicos (SO₂, solo o acompañado de otros agentes químicos autorizados para su uso como antimicrobianos en el vino, como el quitosano). De entre estas opciones técnicas, la microfiltración tangencial con tratamiento del permeado parece la más adecuada. Evitar la recontaminación (Plb).

- Las etapas iniciales y finales de las distintas prácticas de estabilización —en particular, la filtración, la microfiltración y los procesos de membrana— y de embotellado son en las que tiende a introducirse más oxígeno en el vino, por lo que el volumen del lote tratado es un factor clave y se debe optimizar. Son preferibles los procesos continuos (Plc2).

- Se recomienda utilizar algún gas inerte durante los procesos del punto anterior. Cuando no sea posible utilizar el gas inerte durante todo el proceso, tener en cuenta que los puntos clave son las etapas inicial y final del proceso, la inertización del equipo vacío (filtros y tuberías) y la inertización de los depósitos de salida y de llegada. A la hora de elegir los filtros, tener en cuenta que no todos aportan la misma cantidad de oxígeno al vino (Plc2).

- Los dispositivos de tipo Venturi que se utilizan para añadir los clarificantes al vino y mezclarlos bien pueden producir una excesiva solubilización de oxígeno en el vino (Plc2).

- La estabilización tartárica por frío es un punto clave, ya que, a baja temperatura, se puede solubilizar una gran cantidad de oxígeno. Los sistemas de estabilización estáticos son más problemáticos que los dinámicos. Antes de introducir el vino, utilizar un gas inerte para inertizar el equipo vacío, incluido el sistema de filtración. Asimismo, se recomienda proteger el vino con SO₂, aunque sea en dosis reducidas (Plc2). Se pueden aplicar otras técnicas de estabilización, como tratamientos físicos (resinas de intercambio catiónico, electrodiálisis) o productos (carboximetilcelulosa, poliaspartato de potasio, manoproteínas o ácido metatartárico), dependiendo del perfil del vino y de las restricciones (producción ecológica, por ejemplo).

G. CONSERVACIÓN Y CRIANZA

- Inertizar los depósitos que contendrán el vino y llenarlos por la parte inferior para evitar la entrada de aire (Plc2).

- Implantar un plan de control periódico del vino basado en los parámetros analíticos habituales (pH, grado alcohólico, acidez valorable, acidez volátil, SO₂ libre y total) y en parámetros microbiológicos (detección y determinación de la concentración de microorganismos y de productos de su metabolismo).

- Mantener los contenedores (depósitos y barricas) llenos (sin espacio libre en la parte superior). Para las operaciones de relleno, utilizar vino estable desde el punto de vista microbiológico, con el fin de



evitar la contaminación microbiológica de grandes volúmenes. Si en algún momento no es posible evitar que quede un espacio libre en la parte superior, rellenar con un gas inerte (PIb, Plc2).

- En caso de proliferación de levaduras en la superficie del vino, hay que tener en cuenta que producen grandes cantidades de acetaldehído y que este compuesto se une de forma estable al SO₂. Por este motivo, resulta inútil añadir SO₂ para acabar con estas levaduras, dado que la mayor parte de ellas presenta una gran tolerancia a este compuesto. Antes de volver a aumentar la concentración de SO₂ libre para garantizar la protección del vino, retirar el velo de levaduras por filtración y rellenar el recipiente (PIb, Plc2, PId2, PIc).

- Durante la conservación o crianza del vino, mantener una temperatura constante (a título indicativo, 13-18 °C). Una temperatura demasiado baja aumenta la solubilidad del oxígeno, mientras que una temperatura demasiado alta favorece las reacciones de oxidación y la proliferación de microorganismos (PIb, Plc2).

- Parece que la crianza sobre lías de levaduras y bacterias aumenta la eficacia del SO₂ como antioxidante. Esto podría deberse al consumo de oxígeno en la oxidación lipídica, la combinación con compuestos carbonílicos y la liberación de compuestos reductores. No obstante, se debe llevar un control exhaustivo de la acidez volátil, la carga microbiana y el SO₂ libre, combinado y molecular, ya que los productos de la autólisis de las levaduras pueden favorecer la proliferación de microorganismos causantes de alteraciones (bacterias acéticas, bacterias lácticas y *Brettanomyces* spp.). Se debe utilizar SO₂ para proteger el vino durante todo el proceso (Plc2).

- Para complementar la acción del SO₂, se pueden añadir aditivos antioxidantes (p. ej., taninos y levaduras inactivadas ricas en glutatión) y antimicrobianos (p. ej., lisozima y quitosano) en caso de contaminación por *Brettanomyces* spp. (PIb, Plc).

- Controlar la humedad, la temperatura y la ventilación de la bodega para evitar una pérdida excesiva de vino por evaporación en las barricas y la formación de un espacio vacío (Plc2).

- Existen diferencias de permeabilidad al oxígeno entre las maderas de distintas especies botánicas y entre las barricas nuevas y las usadas, por lo que se debe elegir el tipo de madera en función de las características del vino (contenido de polifenoles, necesidad de estabilización del color y grado de astringencia) (Plc2).

- Durante la crianza en madera, evitar la entrada de aire por la boca de la barrica al efectuar las operaciones de relleno y apertura para la cata. Comprobar que no haya grietas en la madera (Plc2).

- Desinfectar correctamente una barrica vieja es bastante difícil, especialmente cuando se trata de barricas contaminadas por *Brettanomyces* spp. El rascado y el retostado permiten eliminar las capas de madera más contaminadas y, de este modo, aumentan la eficacia de la desinfección. Utilizar técnicas y materiales que actúen de forma eficaz en las capas profundas de la madera. Eliminar los cristales de bitartrato de potasio antes de la desinfección (PIb).

- El SO₂ gaseoso utilizado para desinfectar los recipientes de madera puede pasar al vino durante el llenado de la barrica y aumentar la cantidad de SO₂ del vino (PIe).

H. ENVASADO

- Desinfectar de forma eficaz la línea de envasado, incluidas las botellas y la sala, para evitar la recontaminación del vino. Al diseñar el procedimiento, optar preferiblemente por soluciones que



ahorren energía y recursos. Si se utiliza algún gas inerte, someterlo a microfiltración; lo mismo es válido para el agua de lavado de las botellas (PIb).

- Durante el envasado, mantener la temperatura a unos 15-20 °C (PIc2).
- El vino para envasar debe estar estabilizado desde el punto de vista microbiológico. Realizar controles microbiológicos antes del envasado y en envases llenos elegidos al azar (PIb).
- Los métodos físicos, como la filtración esterilizante y, en algunos casos, la pasteurización, garantizan la disminución de la carga microbiana y podrían contribuir a reducir las dosis de SO₂ (PIb).
- En los vinos que contienen azúcares fermentables, se pueden añadir productos que complementan la acción antimicrobiana del SO₂ (p. ej., el ácido sórbico y el dicarbonato de dimetilo) (PIb).
- Es recomendable desoxigenar convenientemente el vino antes de envasarlo si contiene grandes cantidades de oxígeno disuelto (> 0,5 mg/L) (PIc2, PIb).
- Conservar los tapones en su envase original, bien cerrado y en un lugar fresco y seco (PIb).
- Dado que la combinación del SO₂ con las moléculas del vino no es instantánea, comprobar la concentración de SO₂ libre varios días después de añadirlo, para garantizar que se corresponda con la concentración prevista para estabilizar el vino. En caso necesario, añadir más (PIf).
- Al añadir el SO₂, tener en cuenta las pérdidas debidas a la oxidación (cantidad de O₂ disuelto) y la vida útil prevista del vino (PIf).
- El ácido ascórbico puede potenciar la acción antioxidante del SO₂. Evaluar su uso teniendo en cuenta las pérdidas de SO₂ que se producen a lo largo de la vida útil prevista del vino. El SO₂ debe proteger al vino de la oxidación hasta el momento de consumo previsto. Si se utiliza ácido ascórbico, añadirlo siempre después del SO₂ (PIb, PIc2).
- Inertizar la línea de envasado y los envases (cuando sea posible y necesario) prestando especial atención a las etapas iniciales y finales del proceso de envasado (PIb, PIc2).
- Comprobar que el volumen de llenado esté bien regulado, también en función de la temperatura (PIc2).
- Tras el llenado, inertizar correctamente el espacio libre (PIb, PIc2).
- Puede ser conveniente medir el contenido total de oxígeno en el envase (TPO), de forma aleatoria, en distintas fases del envasado y con algún método óptico no destructivo. El mismo método podría servir para llevar un control de la incorporación de oxígeno disuelto a lo largo de la línea de envasado. Tener en cuenta los valores de referencia que no deben superarse en el vino tras el envasado (p. ej., < 0,5 mg/L). Será preciso introducir en la línea recipientes equivalentes que permitan realizar la medición (transparentes y equipados con sensores) (PIc2).
- No utilizar botellas de vidrio blanco ni envases de plástico transparente, un material permeable al oxígeno. Se recomienda utilizar botellas de vidrio verde o ámbar (PIc2).
- El fabricante de las botellas debe certificar que el diámetro de la boca de las botellas es uniforme, ya que cualquier desviación con respecto al diámetro nominal puede dar lugar a una entrada incontrolada de oxígeno (PIc2).
- Elegir los tapones teniendo en cuenta su permeabilidad al oxígeno y la composición del vino, para evitar la oxidación. Si se utilizan tapones de corcho o plástico, elegir productos con tiempos cortos de



recuperación elástica tras la compresión. Con vinos particularmente sensibles a la oxidación, puede ser recomendable el uso de tapones de rosca (Plc2).

I. TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

- Evitar la exposición a temperaturas altas y luz directa durante el transporte y el almacenamiento. Se recomienda conservar el vino embotellado a una temperatura de entre 15 °C y 20 °C y con una humedad inferior al 70 % (Plb, Plc2).

- Se recomienda utilizar contenedores isotérmicos y transportar el vino durante los meses más fríos del año, sobre todo para el transporte intercontinental. Prever el uso de dispositivos para medir y registrar la temperatura y la humedad durante el transporte (Plc2).

- Informar al distribuidor final del vino sobre las condiciones correctas de conservación y distribución del vino, dado su bajo contenido en SO₂ (Plc2).

Nota: En este apartado, tener en cuenta también la *Guía de buenas prácticas de transporte de vino a granel* de la OIV.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Capece, A.; Pietrafesa, R., Siesto, G., y Romano, P.: "Biotechnological Approach Based on Selected *Saccharomyces cerevisiae* Starters for Reducing the Use of Sulfur Dioxide in Wine", *Microorganisms*, 2020, vol. 8, n.º 5, p. 738.

Danilewicz, J. C.: "Interaction of sulfur dioxide, polyphenols, and oxygen in a wine-model system: Central role of iron and copper", *American Journal of Enology and Viticulture*, 2007, vol. 58, n.º 1, pp. 53-60.

Danilewicz, J. C.; Secombe, J. T., y Whelan, J.: "Mechanism of interaction of polyphenols, oxygen, and sulfur dioxide in model wine and wine", *American Journal of Enology and Viticulture*, 2008, vol. 59, n.º 2, pp. 128-136.

Du Toit, W. J.; Marais, J.; Pretorius, I. S., y Du Toit, M.: "Oxygen in must and wine: A review", *South African Journal of Enology and Viticulture*, 2006, vol. 27, n.º 1, pp. 76-94.

Lisanti, M. T.; Blaiotta, G.; Nioi, C., y Moio, L.: "Alternative methods to SO₂ for microbiological stabilization of wine", *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2019, vol. 18, n.º 2, pp. 455-479.

Papazian, R.: *Sulfites, safe for most, dangerous for some*, Department of Health and Human Services, Public Health Service, Food and Drug Administration, 1996.

Ribéreau-Gayon, P.; Dubourdieu, D.; Doneche, B., y Lonvaud, A.: *Handbook of Enology: The Microbiology of Wine and Vinifications (Vol. 1)*, John Wiley & Sons, Chichester, Inglaterra, 2006.

Suzzi, G.; Romano, P., y Zambonelli, C.: "Saccharomyces strain selection in minimizing SO₂ requirement during vinification", *American Journal of Enology and Viticulture*, 1985, vol. 36, n.º 3, pp. 199-202.

Thomas, D., y Surdin-Kerjan, Y.: "Metabolism of sulfur amino acids in *Saccharomyces cerevisiae*", *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 1997, vol. 61, n.º 4, pp. 503-532.



Vally, H., y Thompson, P.: "Allergic and asthmatic reactions to alcoholic drinks", *Addiction Biology*, 2003, vol. 8, n.º 1, pp. 3-11.

Waterhouse, A. L.; Sacks, G. L., y Jeffery, D. W.: *Understanding Wine Chemistry*, John Wiley & Sons, 2016.

Waterhouse, A. L., y Laurie, V. F.: "Oxidation of wine phenolics: a critical evaluation and hypotheses", *American Journal of Enology and Viticulture*, 2006, vol. 57, n.º 3, pp. 306-313.

Wells, A., y Osborne, J. P.: "Production of SO₂ binding compounds and SO₂ by *Saccharomyces* during alcoholic fermentation and the impact on malolactic fermentation", *South African Journal of Enology and Viticulture*, 2011, vol. 32, n.º 2, pp. 267-279.