

Informe técnico: Optimización del análisis de azufre en el vino - Métodos oficiales comparados con el sistema CDR WineLab®

Dr. Francesca Bruni, investigador del Laboratorio Químico del CDR "Francesco Bonicolini"

P2603

1. El papel estratégico del dióxido de azufre en la enología moderna

El dióxido de azufre (SO₂) es el pilar fundamental de la estabilidad enológica. No debe considerarse un mero aditivo, sino un agente multifuncional esencial para la protección antioxidante y la conservación microbiológica. En un contexto normativo y sanitario cada vez más estricto -considerando que aproximadamente el 75% de la exposición total a sulfitos en adultos procede del consumo de vino-, la precisión analítica no es sólo una obligación legal, sino una garantía de calidad organoléptica.

Químicamente, el dióxido de azufre (SO₂) en solución acuosa existe en un complejo equilibrio entre diferentes formas. En el vino, a un pH típico (normalmente entre 3,0 y 3,8), la fracción libre de SO₂ está compuesta en un 92-99% por el ion bisulfito (HSO₃⁻), mientras que el SO₂ molecular (la forma realmente activa contra los microorganismos y la oxidación) representa sólo una pequeña minoría. Los vinos declarados "sin sulfitos añadidos" tienen concentraciones de entre 10 y 50 mg/L, que se producen de forma natural por la actividad de las levaduras durante la fermentación. La necesidad de controlar tales concentraciones exige una comparación precisa entre los distintos métodos analíticos disponibles.

2. Panorama de los métodos oficiales: complejidad y limitaciones operativas

Los métodos definidos por la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) son el patrón oro para el cumplimiento de la legislación. Sin embargo, su aplicación en la rutina de la bodega requiere conocimientos técnicos avanzados y complejas configuraciones de laboratorio.

Los principales protocolos oficiales son:

- **Aireación/Oxidación (Método Rankine/Pocock - OIV-MA-AS323-04A):** Este método desplaza el SO₂ de la muestra acidificada mediante un flujo de aire constante, fijado estrictamente en **1 L/min**, transportándolo a una solución de peróxido de hidrógeno donde se oxida a ácido sulfúrico y posteriormente se valora con NaOH. Aunque robusto y libre de interferencias matriciales, requiere matraces de fondo redondo, condensadores

y una supervisión constante para evitar pérdidas de volatilidad.

- **Valoración yodométrica (Método Ripper - OIV-MA-AS323-04B):** Se basa en la reacción entre el bisulfito y el yodo en presencia de sal de almidón. A pesar de su rapidez, presenta criticidades insuperables en la gestión de precisión: el color de los vinos tintos enmascara el punto de color y la presencia de ácido ascórbico reacciona **cuantitativamente** con el yodo, provocando una sobreestimación sistemática de los datos que requiere análisis separados para ser compensada.
- **Método molecular (OIV-MA-AS323-04C):** Se utiliza para determinaciones específicas de la fracción gaseosa.

Puntos críticos de los métodos tradicionales:

- **Preparación y espacio:** Necesidad de material de vidrio voluminoso (extractores, buretas) e instalaciones (gas natural para quemadores o sistemas de calefacción).
- **Inestabilidad de los reactivos:** Soluciones como el yodo o el NaOH requieren una normalización frecuente porque se degradan rápidamente.
- **Tiempo de funcionamiento:** El método AO requiere unos 20 minutos por muestra, lo que convierte el control secuencial de numerosos tanques en un cuello de botella logístico.

3. Simplifique el proceso analítico con CDR WineLab®

El sistema **CDR WineLab®** está diseñado para superar las limitaciones del laboratorio tradicional integrando la precisión fotométrica con la flexibilidad operativa "en casa". El principio analítico para la determinación del **dióxido de azufre libre y total** se basa en la reacción del dióxido de azufre con un **disulfuro orgánico**; el desarrollo de color resultante, medido a **420 nm**, es directamente proporcional a la concentración de SO₂.

El funcionamiento está optimizado para el técnico de bodega mediante procedimientos específicos para cada matriz:

- **Vino como tal:** Análisis directo sin pretratamiento.
- **Mosto:** Centrifugación o filtración para eliminar la turbidez.
- **Vinos espumosos o en fermentación:** Desgasificación obligatoria mediante baño de ultrasonidos para eliminar las interferencias de CO₂.

El sistema utiliza kits de reactivos pre-infundidos en tubos de ensayo listos para usar, lo que permite eliminar el error sistemático resultante del uso de valorantes degradados, garantizando una reproducibilidad superior en comparación con los métodos manuales en los que la preparación de reactivos es una variable crítica.

4. Evaluación comparativa: eficiencia en el tiempo y facilidad de uso

La eficacia analítica es una variable económica: el SO₂ desempeña su función de forma "sacrificial", disminuyendo con el tiempo en función del tipo de cierre, el oxígeno en el espacio de cabeza y las condiciones de almacenamiento. Un control rápido permite evitar la descomposición por debajo de los umbrales de seguridad microbiológica.

Parámetros	Método de aireación/oxidación (AO)	CDR WineLab®
Tiempo de prueba	~20 min / muestra	1 min (Totale) / 2 min (Libre)
Sesiones simultáneas	Única (secuencial)	Hasta 16 muestras
Conocimientos técnicos	Técnico de laboratorio experimentado	Operador de bodega (método guiado)
Interferencias	Mínimas, pero flujo crítico (1 L/min)	Ausentes (color, ácido ascórbico)
Tratamiento de la muestra	Complejo (acidificación/calentamiento)	Centrifugación / Ultrasonidos (si es necesario)

La posibilidad, proporcionada por CDR WineLab®, de analizar hasta 16 muestras simultáneamente permite optimizar un protocolo de control de calidad interno, al alcance de cualquier empresa. Mientras que los métodos oficiales convierten el control capilar post-embotellado en una pesada carga, CDR WineLab® permite actuar en tiempo real. Esto evita que el vino entre en la "zona de peligro" de alteración oxidativa, permitiendo correcciones inmediatas antes de que el daño sensorial sea irreversible.

5. Validación y fiabilidad de los datos analíticos

El sistema CDR WineLab® permite así un flujo de trabajo totalmente optimizado en el que la rapidez y la sencillez no van en detrimento de la precisión: los estudios de correlación realizados por la Universidad de Florencia han confirmado la excelente linealidad del sistema en comparación con los métodos de referencia de la OIV.

Análisis	Rango de medida	Resolución	Repetibilidad
SO ₂ Libre	1 - 60 mg/L	1 mg/L	2 mg/L
SO ₂ Totale (Blanco)	15 - 250 mg/L	1 mg/L	4 mg/L
SO ₂ Totale (Rojos)	20 - 250 mg/L	1 mg/L	6 mg/L

El sistema demuestra una especial robustez en vinos tintos, donde elimina el error de lectura del color típico del método Ripper, y en mostos, gracias a la estandarización de los protocolos de pretratamiento (centrifugación/filtración). La polivalencia y la robustez analítica del método permiten controlar todo el proceso de vinificación, desde el mosto hasta el embotellado del vino.

6. Conclusiones: El impacto en la gestión de las bodegas

La integración de un sistema como **CDR WineLab®** permite transformar el laboratorio de un centro de costes reactivo en un verdadero centro estratégico de toma de decisiones. La modernización del análisis del vino se traduce en tres pilares operativos:

1. Rapidez y Autonomía: Resultados inmediatos sin dependencia de laboratorios externos, crucial durante el pre-embotellado.

2. Simplicidad de procedimiento: Reducción del riesgo de error humano gracias a reactivos listos para usar y sistemas de muestreo estandarizados (ultrasonidos/centrífuga).

3. Sostenibilidad y precisión: En línea con la Resolución 631-2020 de la OIV-OENO, el control frecuente permite reducir las dosis globales de sulfitos, respondiendo así a la demanda de vinos más naturales y sanos.

En conclusión, la adopción de tecnologías fotométricas avanzadas en la determinación de dióxido de azufre libre y total permite una gestión dinámica de la dosificación, garantizando la estabilidad del producto final y el pleno cumplimiento de los límites legales internacionales, elevando los estándares de control de la bodega moderna.