



RISOLUZIONE OIV-OENO 631-2020

RASSEGNA DELLE PRATICHE PER LA RIDUZIONE DELLE DOSI DI SO₂ IN VINIFICAZIONE

L'ASSEMBLEA GENERALE,

VISTO L'ARTICOLO 2, paragrafo 2 b) ii dell'Accordo del 3 aprile 2001 che istituisce l'Organizzazione internazionale della vigna e del vino,

SU PROPOSTA dei gruppi di esperti "Microbiologia" e "Tecnologia",

CONSIDERATO l'interesse del settore vitivinicolo a produrre vini a basso contenuto di SO₂,

DECIDE di adottare le seguenti linea guida dell'OIV per la riduzione delle dosi di SO₂ in vinificazione:

Rassegna delle pratiche per la riduzione delle dosi di SO₂ in vinificazione

Premessa

La produzione di vini di alta qualità organolettica è uno degli obiettivi prioritari dell'industria enologica mondiale. Parallelamente, negli ultimi anni è cresciuta la domanda da parte dei consumatori di prodotti privi di additivi chimici. Tenendo conto di queste considerazioni, l'attenzione dell'OIV si è concentrata sulla sicurezza dei consumatori e sulle loro aspettative in una delle linee strategiche del Piano strategico quinquennale 2015-2019 (linea n. 4: Contribuire alla sicurezza dei consumatori e prendere in considerazione le loro aspettative).

Una delle questioni dell'enologia contemporanea concerne l'uso dell'anidride solforosa (SO₂), l'additivo chimico maggiormente utilizzato nei processi di vinificazione. Nel presente documento, con il termine "SO₂" ci si riferisce alle principali forme dell'anidride solforosa, presenti in equilibrio nei vini (SO₂ molecolare, ioni bisolfito HSO₃⁻ e SO₂ combinata). L'SO₂ rappresenta uno degli strumenti di elezione per preservare la qualità del vino, grazie alle sue proprietà antisettiche, antiossidanti e di inibizione enzimatica (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006). Durante le fasi che precedono la fermentazione alcolica, l'SO₂ consente di limitare le ossidazioni e ridurre la carica microbica totale del mosto, favorendo la selezione dei microrganismi più idonei alla fermentazione alcolica, come *Saccharomyces cerevisiae*, riducendo in questo modo il rischio di anomalie fermentative. Nel vino finito, dopo l'eventuale fermentazione malolattica, l'uso di SO₂ è finalizzato all'eliminazione di microrganismi alteranti, come i batteri lattici, i batteri acetici e i lieviti del genere *Brettanomyces/Dekkera*, responsabili dei difetti di odore correlati alla produzione di fenoli volatili. L'ossigeno presente nel mosto e nel vino proviene dall'aria e si discioglie durante le principali operazioni di vinificazione, invecchiamento e conservazione. In base alla composizione del vino e al livello di esposizione all'ossigeno durante la vinificazione, l'ossidazione può svolgere un ruolo sia positivo che negativo sulla qualità del vino stesso. L'SO₂ è efficace nel prevenire la comparsa di sentori di ossidato indesiderati e la degradazione di numerosi aromi e del colore. La forma HSO₃⁻ è in grado di inibire gli enzimi ossidativi nei mosti, nonché di prevenire l'imbrunimento ossidativo (Du Toit *et al.*, 2006; Waterhouse *et al.*, 2016). Tra le ossidasi, la laccasi di *Botrytis* spp. è meno sensibile della tirosinasi dell'uva, per cui i mosti prodotti da uve colpite da *Botrytis cinerea* richiedono livelli di solfitazione più elevati (Du Toit *et al.*, 2006). Nei vini, in cui l'ossidazione chimica è predominante, i solfiti reagiscono con il perossido d'idrogeno e inibiscono la reazione di Fenton, responsabile,

Esemplare certificato conforme Parigi-videoconferenza, il 26 novembre 2020

Il Direttore Generale dell'OIV

Segretario dell'Assemblea Generale

Pau ROCA



mediante la formazione di radicali idrossilici, dell'ossidazione dell'etanolo e di altri composti organici (Danilewicz, 2007). La reazione tra solfiti e perossido di idrogeno si verifica anche nei mosti, sebbene in questi l'ossidazione chimica avvenga in misura molto minore. Un altro effetto dell'SO₂ riguarda la sua capacità di reagire con i chinoni, formati nelle prime fasi della cascata di reazioni ossidative, riducendoli a fenoli (Danilewicz *et al.*, 2008; Waterhouse e Laurie, 2006). Inoltre, la SO₂ si lega alle aldeidi (ad esempio l'acetaldeide), con conseguenti effetti positivi nel ridurre la percezione dei tipici sentori di ossidato (Waterhouse e Laurie, 2006). Recentemente, sono sorte preoccupazioni circa la sicurezza dei solfiti negli alimenti. L'anidride solforosa e i solfiti hanno effetti tossici, sia acuti che cronici, in soggetti sensibili. Essi aggravano i sintomi respiratori, dermatologici, cardiovascolari e gastrointestinali, che si manifestano principalmente come reazioni simil-asmatiche negli individui "sensibili ai solfiti", mentre le reazioni simil-allergiche severe (anafilassi) non sono comuni (Papazian, 1996; Vally e Thompson, 2003). Tenendo in considerazione questi fattori, per l'anidride solforosa l'OMS ha stabilito una dose giornaliera accettabile (DGA) di 0,7 mg/kg di peso corporeo. La legislazione dell'Unione europea impone di riportare in etichetta l'indicazione "contiene solfiti" se l'SO₂ totale è superiore a 10 mg/L (Direttiva 2003/89/CE). Oltre al fatto di poter essere aggiunta, l'SO₂ viene prodotta dai lieviti durante la fermentazione alcolica (Suzzi *et al.*, 1985; Wells e Osborne, 2011) in concentrazioni che possono arrivare a 100 mg/L, in base al ceppo di lievito e alla composizione del mosto (Thomas e Surdin-Kerjan, 1997). Attualmente, si tende a selezionare ceppi di lieviti che producono ridotte quantità di solfiti, tuttavia sul mercato esistono ancora numerosi ceppi in grado di produrre livelli significativi di solfiti durante la fermentazione alcolica.

Oggi, a seguito della richiesta dei consumatori, la tendenza generale è quella di ridurne l'uso nei processi di vinificazione. Al fine di raggiungere i vari obiettivi che richiedono l'uso di SO₂, vengono proposti diversi altri additivi e metodi fisici innovativi, come ad esempio i campi elettrici pulsati (Lisanti *et al.*, 2019). Alcuni additivi alternativi sono già autorizzati nella vinificazione, mentre la maggior parte degli additivi e dei metodi fisici innovativi è stata testata solamente a livello sperimentale. In ogni caso, sulla base delle conoscenze attuali, nessuna di queste alternative ha dimostrato di essere in grado di sostituire totalmente l'SO₂, che resta un additivo utile se non addirittura inevitabile in alcuni casi.

Il presente documento, passando in rassegna l'intero processo di vinificazione dalla vite alla bottiglia, fornisce raccomandazioni per la gestione delle pratiche enologiche, al fine di ridurre l'uso di SO₂ senza compromettere la qualità dei vini in termini di caratteristiche organolettiche e stabilità microbiologica.

Principi generali

Un apporto di ossigeno contenuto e modulato può essere necessario per migliorare il colore e gli aromi del vino, in particolar modo nella vinificazione in rosso, garantendo sempre la stabilità microbiologica.

I **fattori** di cui tener conto sono:

- carica microbica di mosto e vino,
- presenza nei mosti di ossidasi di origine fungina,
- concentrazione di sostanze che si legano all'SO₂ nel mosto e nel vino,
- pH,
- temperatura del vino,



- esposizione all'ossigeno,
- presenza e concentrazione nel vino di composti antiossidanti endogeni.

Alcune pratiche vitivinicole sono in grado di influenzare uno o più di questi fattori, incrementando o diminuendo l'apporto necessario di SO₂.

Le **fasi** in cui è consigliabile l'aggiunta di SO₂ per impedire ossidazioni e alterazioni microbiche sono almeno:

- la raccolta, in caso di vendemmia meccanica, nella produzione di vini bianchi e rosati,
- la fase prefermentativa (uve e mosto), specialmente per i vini bianchi e rosati,
- la fase conclusiva della fermentazione alcolica (o della fermentazione malolattica),
- il condizionamento di tutti i vini o la sboccatura, per i vini spumanti (tappatura finale).

Soprattutto in caso di vinificazione in bianco, è necessario ricorrere all'impiego di SO₂ e possibilmente di additivi che ne completino l'azione (ad esempio, acido ascorbico) anche in combinazione con l'uso di gas inerti puri o in miscela (ad esempio argon o azoto), per garantire la protezione dall'ossidazione e la preservazione dell'aroma.

Per il trattamento di problemi microbiologici, si dovrebbe preferire la solfitazione attraverso l'aggiunta di SO₂ in forma gassosa (rilasciata da SO₂ liquida) per via della sua maggiore efficacia.

A parità di concentrazione di SO₂ totale, l'equilibrio tra le sue diverse forme (libera, molecolare e combinata) dipende dalle caratteristiche chimico-fisiche del vino in termini di pH, titolo alcolometrico, composti in grado di legare la SO₂, oltre che dalla temperatura. La frazione di SO₂ combinata con l'acetaldeide è molto poco disponibile per la protezione del vino, in quanto questa combinazione è molto stabile; pertanto, dovrebbe essere minimizzata riducendo la formazione di acetaldeide nel vino, sia di origine chimica che microbiologica (Waterhouse *et al.*, 2016; Capece *et al.*, 2020).

Per garantire una protezione efficace, si possono considerare valori di riferimento di 20-40 mg/L di SO₂ libera per la protezione antiossidante, mentre per prevenire alterazioni microbiche nel vino finito vengono riportati come valori di riferimento 0,6 mg/L di SO₂ molecolare per i vini secchi e almeno 0,8 mg/L di SO₂ molecolare per i vini dolci (Waterhouse, 2016). La riduzione della concentrazione di SO₂ totale deve essere effettuata garantendo sempre adeguati livelli di protezione, in base alle caratteristiche del vino, alle condizioni di conservazione e alla vita commerciale prevista.

Nel presente documento si analizza l'intero processo di vinificazione, identificando i punti d'intervento (PI) utili alla riduzione delle dosi di SO₂ totale e fornendo indicazioni per la loro corretta gestione.

Classificazione dei punti d'intervento (PI)

All'interno del documento, i PI sono classificati come segue:

- Pla) punto d'intervento per limitare la presenza e l'attività delle ossidasi;
- Plb) punto d'intervento per impedire l'alterazione microbica di mosto e vino;
- Plc) punto d'intervento per limitare la dissoluzione e il consumo di ossigeno nei mosti (c1: ossidazione enzimatica) e le reazioni di ossidazione (c2: ossidazione chimica);



Pld) punto d'intervento per migliorare l'efficacia dell' SO_2 (d1: aumento dell' SO_2 molecolare a parità di SO_2 totale, d2: riduzione della formazione di composti che si legano all' SO_2 , inclusi quelli derivanti dall'uva attaccata da infezioni fungine);

Ple) punto d'intervento per evitare un'aggiunta eccessiva o non desiderata di SO_2 ;

Plf) punto d'intervento per garantire l'efficacia della protezione fornita dall' SO_2 .

Tutte le pratiche enologiche devono essere messe in atto in conformità con il *Codice internazionale delle pratiche enologiche* dell'OIV e il presente documento deve essere aggiornato man mano che si introducono nuove pratiche enologiche.

PUNTI D'INTERVENTO

A. IN TUTTE LE FASI DELLA VINIFICAZIONE

Si raccomanda di:

- Garantire l'applicazione di pratiche igieniche idonee durante tutto il processo (Plb).
- Assicurarsi che l'attrezzatura per il trasporto dell'uva e la vinificazione non rilasci ioni metallici (ferro, rame e manganese) nel mosto e nel vino (Plc2).
- Assicurarsi che le uve non contengano ioni metallici provenienti da trattamenti fitosanitari come il rame (poltiglia bordolese) o li contengano a basse concentrazioni (Plc2).
- Assicurarsi che i tubi e i raccordi tra le tubazioni non presentino fessure o fori e che siano sostituiti periodicamente (Plc).
- Assicurarsi che le superfici interne di vasche e serbatoi siano perfettamente integre e non presentino crepe (Plb).
- Al momento della scelta del tipo di pompa per travasare mosto e vino, tenere in considerazione che ogni pompa comporta un diverso ingresso di ossigeno. Ad esempio, le pompe centrifughe risultano essere particolarmente penalizzanti se non viene impedita la cavitazione del liquido che ha luogo durante il trasferimento (Plc).
- Considerare la porosità all'ossigeno dei materiali che compongono i recipienti di vinificazione o di stoccaggio (Plc).
- Limitare l'apporto di ossigeno durante le fasi dinamiche (turbolenza dovuta all'avvio/arresto delle pompe, effetto Venturi dovuto a raccordi mal serrati, trasporto in compartimenti aperti) e statiche (attraverso fori e materiali porosi) (Plc).
- Se l' SO_2 viene aggiunta in forma di metabisolfito di potassio o di soluzioni, assicurarsi che il prodotto non sia scaduto, che sia stato correttamente conservato e che le soluzioni non siano cristallizzate (Plf).

Nota importante: È necessario tenere in considerazione che le molecole che formano legami con l' SO_2 sono prodotte da funghi presenti nel vigneto e/o durante la fermentazione alcolica, e anche nei vini a seguito di contaminazioni da lieviti e batteri aerobi o a seguito di reazioni di ossidazione chimica catalizzata da metalli come il ferro e/o il rame.



B. GESTIONE DEL VIGNETO E RACCOLTA

- La scelta del sito di coltivazione e della varietà di uva deve avere come obiettivo la produzione di uva sana che abbia un adeguato livello di acidità alla maturazione. All'interno del vigneto è necessario impiegare le pratiche viticole in grado di garantire la sanità dell'uva e/o il basso pH del mosto (Pla-Plb-Pld).
- Dal momento che il rame è un catalizzatore dell'ossidazione chimica, il suo impiego nel vigneto deve essere quanto più possibile limitato, ma adattato alla protezione dell'uva dallo sviluppo dei funghi (Plc2).
- Specialmente nel caso di varietà caratterizzate da elevata compattezza dei grappoli è necessario impiegare pratiche viticole in grado di favorire l'arieggiamiento della zona fruttifera e ridurre i rischi di infezioni fungine (ad es. defogliazione, concimazione azotata, ecc.) (Pla-Plb).
- Il momento di raccolta deve essere scelto con cura al fine di ottenere mosti caratterizzati da acidità e tenore zuccherino adeguati che permettano, al contempo, il completamento delle fermentazioni e il soddisfacimento delle aspettative sensoriali (Plb-Pld1).
- Soprattutto per alcune varietà di uva e nei climi caldi, la raccolta e la trasformazione di una parte dell'uva prima della maturità permettono di ottenere un vino più acido; questa pratica risulta utile per aumentare l'acidità del vino ottenuto dalla restante parte di uva completamente matura ("doppia vendemmia"). In alternativa, è possibile assemblare varietà diverse di uva a differenti stadi di maturazione. A tal fine, è necessario monitorare i parametri chimici connessi alla maturazione tecnologica (solidi solubili, acidità totale, acido malico, acido tartarico, potassio e pH) (Pld1).
- La raccolta deve avvenire in modo selettivo al fine di vinificare separatamente i grappoli danneggiati dai funghi per limitare la presenza di ossidasi e di microrganismi alteranti (Pla-Plb).
- In caso di raccolta meccanica, accertarsi di preservare quanto più possibile l'integrità dell'uva. Ove possibile, la raccolta manuale consente di limitare i danni meccanici subiti dagli acini (Plb).
- Per evitare lo schiacciamento dell'uva e la proliferazione di microrganismi, favorita dal rilascio di succo, l'uva sana deve essere trasportata integra all'interno di contenitori puliti e ben areati per evitare elevati livelli di umidità e la proliferazione di muffe. Se invece l'uva è danneggiata, è preferibile vinificarla separatamente, usando contenitori inertizzati, per limitare l'ossidazione del mosto e la proliferazione di microrganismi aerobi (Pla-Plb).

C. UVA E MOSTO

- I mosti ottenuti da uve alterate dal punto di vista microbiologico devono essere trattati separatamente, dalla ricezione dell'uva alla lavorazione in cantina, in quanto necessitano di una maggiore protezione con SO₂, quindi l'uso di dosi più elevate (Pla-Plb).
- Le operazioni prefermentative devono essere svolte il più rapidamente possibile, al fine di limitare l'esposizione all'ossigeno (Plc), salvo i casi in cui l'iperossigenazione del mosto, seguita da chiarifica, venga impiegata come pratica per eliminare i composti ossidabili prima della vinificazione.
- Le operazioni prefermentative quali diraspatura, pigiatura e pressatura (o una combinazione di queste) devono essere il più delicate possibile, al fine di limitare l'estrazione di cationi potassio, preservando così l'acidità del mosto (Pld1), e di ridurre l'estrazione di ossidasi (Pla).



- Se necessario, procedere all'acidificazione dei mosti, tenendo presente che questa deve essere effettuata il prima possibile (Pld).
- La quantità di SO₂ aggiunta prima della fermentazione alcolica deve essere il più possibile limitata e adattata al pH del mosto per impedire che si combini con i composti carbonilici (soprattutto l'acetaldeide) prodotti durante la fermentazione alcolica (Pld2).
- Un inoculo precoce, anche in fase pre-fermentativa, di microrganismi selezionati (lieviti e/o batteri) può essere utile a prevenire lo sviluppo della flora microbica indigena indesiderata.

Specifiche per la vinificazione in bianco o in rosato:

- Durante o subito dopo la pressatura è necessario garantire una protezione antiossidante. L'aggiunta di SO₂ alla massa deve avvenire in modo perfettamente omogeneo (Plc).
- A complemento dell'azione dell'SO₂, è possibile prendere in considerazione l'aggiunta di agenti antiossidanti (come ad esempio l'acido ascorbico, i lieviti inattivati ricchi in glutazione e i tannini) e antimicrobici (come il lisozima e il chitosano) (Plb-Plc).
- L'eventuale aggiunta di acido ascorbico deve avvenire successivamente all'aggiunta di SO₂ (Plc2).
- Nelle fasi più critiche dal punto di vista dell'ossidazione, quali il trasferimento dopo la diraspatura e/o la pigiatura, la pressatura e la chiarificazione del mosto (sfecciatura statica con o senza aggiunta di enzimi o coadiuvanti, flottazione, filtrazione o centrifugazione), è possibile utilizzare gas inerti (Plc).
- La temperatura dei mosti nella fase prefermentativa deve essere controllata in modo da essere compatibile da un lato con il processo di chiarificazione scelto e dall'altro con la riduzione del rischio di sviluppo di una flora microbica spontanea che ostacolerebbe il processo di chiarificazione. Sebbene le basse temperature rallentino i processi ossidativi, bisogna tener conto del loro effetto sull'aumento della solubilità dell'ossigeno. A titolo indicativo, si consiglia una temperatura di circa 15 °C durante la flottazione, inferiore a 10 °C durante la chiarificazione statica, di 20 °C durante la filtrazione o centrifugazione se i mosti sono trattati subito dopo la loro produzione, e tanto più bassa quanto più tempo intercorre tra il processo di ammostatura e il trattamento (Plc).

D. FERMENTAZIONE ALCOLICA (FA)

- È consigliabile inoculare lieviti starter: scegliere lieviti che siano caratterizzati da buona attività fermentativa, una marcata dominanza e che producano livelli contenuti di SO₂, di H₂S, di composti che legano la SO₂ quali l'acetaldeide. I lieviti devono essere conservati correttamente. La preparazione degli inoculi di lievito a partire da lievito secco attivo, o in altre forme, deve essere condotta in conformità con le istruzioni del fabbricante e dovrebbe portare a una popolazione iniziale sufficiente a garantire un avvio rapido della FA (circa 1-2 x 10⁶ UFC/mL) (Plb-Pld-Ple).

- Il co-inoculo di lieviti starter e batteri lattici selezionati può favorire la riduzione del periodo di latenza tra la fine della fermentazione alcolica e l'avvio della fermentazione malolattica e può ridurre lo sviluppo batterico indesiderato e di *Brettanomyces* spp. (risoluzione OIV-OENO 462-2014) (Plb). In caso di co-inoculo, evitare l'aggiunta di SO₂ al mosto. Evitare sempre l'aggiunta di SO₂ durante la FA. L'SO₂ non è necessaria durante la FA se questa procede speditamente, in quanto la dissoluzione dell'ossigeno è limitata e la popolazione microbica è dominata dai lieviti fermentativi, quindi con un rischio minimo di sviluppo microbico indesiderato. L'SO₂ aggiunta in questa fase si combinerebbe ai composti carbonilici, incrementando inutilmente la quantità di SO₂ totale a parità di SO₂ libera



presente (Pld2). Inoltre, l'SO₂ aggiunta durante la FA viene metabolizzata direttamente dai lieviti fermentativi con un rischio accertato di produzione di composti responsabili dei difetti di riduzione (H₂S).

- Devono essere messe in atto pratiche enologiche volte a garantire un corretto e regolare svolgimento della FA e la riduzione della produzione di composti carbonilici, tra questi l'aggiunta di tiamina, l'integrazione di nutrienti azotati e fattori di crescita, l'uso di scorze di lievito per detossificare il mezzo (se necessario) e il controllo della temperatura (Plb-Pld2). È possibile aggiungere azoto in forma minerale o organica a partire da lieviti autolisati o lieviti inattivati.
- Monitorare quotidianamente la cinetica di fermentazione per verificare che la FA stia avvenendo correttamente e regolarmente. È necessario individuare eventuali arresti o rallentamenti fermentativi il prima possibile. È consigliabile l'utilizzo di un sistema di controllo automatizzato della temperatura (Plb-Pld2).
- In caso di arresto o di rallentamento della fermentazione, ricorrere il prima possibile alle pratiche enologiche utili alla ripresa della fermentazione alcolica. Prima di riavviare la FA, si raccomanda un'aggiunta appropriata di SO₂ per inibire lo sviluppo batterico. La detossificazione del mezzo (eliminazione di acidi grassi a media catena) con scorze di lievito è consigliata. È necessario monitorare l'acidità volatile (Plb-Pld2).
- Per i vini secchi è consigliabile la completa trasformazione degli zuccheri fermentescibili (zuccheri riducenti <2 g/L) (Plb).

E. POST-FERMENTAZIONE ALCOLICA E FERMENTAZIONE MALOLATTICA

- Nella vinificazione in bianco e in rosato, la svinatura deve essere svolta proteggendo il vino dall'aria. Prima dell'ingresso del vino, la vasca di ricezione, così come le tubazioni e i raccordi, devono essere resi inerti mediante impiego di diossido di carbonio, azoto o argon (o una miscela di questi) (Plc2).
- Nella vinificazione in rosso, la pressatura soffice delle vinacce consente di ridurre l'estrazione di cationi potassio e quindi di limitare l'aumento del pH (Pld1).
- Se si desidera effettuare la fermentazione malolattica, essa deve essere indotta rapidamente. Il co-inoculo lieviti-batteri lattici o un inoculo precoce di batteri lattici selezionati, prima o subito dopo l'inoculo di lieviti, potrebbe risultare utile al fine di ridurre il periodo di latenza tra la fermentazione alcolica e la fermentazione malolattica se le condizioni lo consentono (Plb). Gli starter di batteri lattici da inoculare devono essere preparati secondo le raccomandazioni del fornitore (Plb).
- Assicurarsi di monitorare tutti i parametri critici per lo svolgimento corretto della fermentazione malolattica (pH, nutrienti, temperatura) e l'acidità volatile, l'acido lattico e l'acido malico, fino al termine della stessa (Plb).
- Per evitare lo sviluppo della fermentazione malolattica, si può prendere in considerare l'aggiunta di un agente antimicrobico come il chitosano a complemento dell'azione dell'SO₂ (Plb).
- Al fine di garantire una protezione efficace del vino, è necessario monitorare la concentrazione di SO₂ molecolare sin dal termine della fermentazione alcolica (Plf).



F. STABILIZZAZIONE

- Al termine della fermentazione alcolica (o malolattica), il vino deve essere sottoposto a solfitazione. Si consiglia di dosare l'acetaldeide libera. La dose di SO₂ sarà quindi scelta in funzione del pH, del titolo alcolometrico e della temperatura, al fine di garantire una protezione antiossidante e antimicrobica (Plb-Plc2).

- Per garantire un'efficace protezione del vino è molto utile monitorare, sin dalla fine della fermentazione alcolica, la quantità di SO₂ totale e libera e calcolare la concentrazione di SO₂ molecolare (Plf).

Trattamenti fisici

- Al termine della fermentazione alcolica (o malolattica), si raccomanda la stabilizzazione microbiologica del vino mediate metodi fisici (filtrazione sterilizzante su membrana e/o pastorizzazione) e/o chimici (SO₂ eventualmente supportata da altri agenti chimici antimicrobici ammessi nei vini, come il chitosano). Tra queste possibilità tecniche, l'uso della microfiltrazione tangenziale associata a un trattamento del permeato sembra essere particolarmente appropriato. Prestare attenzione a evitare una ricontaminazione (Plb).

- Le fasi iniziali e finali delle diverse pratiche di stabilizzazione (filtrazione, microfiltrazione, processi a membrana) e di imbottigliamento sono quelle che favoriscono maggiormente l'ingresso di ossigeno nel vino; pertanto, il volume del lotto trattato è di fondamentale importanza e deve essere massimizzato. Quando possibile, sono da preferire i processi continui (Plc2).

- Durante i processi di cui al punto precedente è consigliabile l'utilizzo di gas inerte. Se quest'ultimo non può essere impiegato per tutta la durata del processo, tenere in considerazione che i punti più critici sono le fasi iniziali e finali del processo, l'inertizzazione dell'apparato vuoto (ad es. filtri e tubi) e l'inertizzazione delle vasche di alimentazione e di ricezione. I diversi tipi di filtri possono comportare un diverso arricchimento di ossigeno nel vino: tenere in considerazione questo fattore al momento della loro scelta (Plc2).

- I sistemi Venturi utilizzati per l'aggiunta di agenti chiarificanti e per la loro omogeneizzazione possono causare un'eccessiva solubilizzazione dell'ossigeno nel vino (Plc2).

- La stabilizzazione tartarica a freddo rappresenta una fase molto critica, in quanto a causa della bassa temperatura possono disciogliersi elevate quantità di ossigeno. La stabilizzazione statica è più critica rispetto ai sistemi dinamici. È necessario utilizzare gas inerte e prestare attenzione all'inertizzazione dell'apparato vuoto, incluso il sistema di filtrazione, prima dell'ingresso del vino. In questa fase si consiglia inoltre di proteggere il vino con l'SO₂, seppure in dosi limitate (Plc2). A seconda del profilo del vino e dei vincoli esistenti (produzione biologica, ad esempio), si devono prendere in considerazione tecniche di stabilizzazione alternative come trattamenti fisici (resine a scambio cationico, elettrodialisi) o l'uso di additivi (carbossimetilcellulosa, poliaspartato di potassio, mannoproteine o acido metatartarico).

G. CONSERVAZIONE E INVECHIAMENTO

- Le vasche in cui il vino sarà trasferito devono essere aggiunte di gas inerti e riempite dal fondo per limitare l'ingresso dell'aria (Plc2).

- Deve essere implementato un piano di controllo periodico dei vini, che si basi sia su parametri analitici standard (pH, titolo alcolometrico, acidità titolabile, acidità volatile, SO₂ libera e totale) sia

Esemplare certificato conforme Parigi-videoconferenza, il 26 novembre 2020

Il Direttore Generale dell'OIV

Segretario dell'Assemblea Generale

Pau ROCA



su parametri microbiologici (presenza e livello di microrganismi contaminanti e prodotti del loro metabolismo).

- I vasi vinari (vasche, botti) devono essere conservati pieni (nessuno spazio di testa). Per effettuare la colmatura, utilizzare vino microbiologicamente stabile, in modo da evitare la contaminazione microbiologica di più grandi volumi. Se per brevi periodi di tempo la presenza di spazio di testa non può essere evitata, utilizzare gas inerte (Plb-Plc2).

- In caso di sviluppo di lieviti sulla superficie libera del vino, considerare che essi producono elevate quantità di acetaldeide, la quale si lega in maniera stabile all'SO₂. Per tale ragione, non tentare di uccidere tali lieviti aggiungendo SO₂, in quanto essi sono per di più estremamente tolleranti. Prima di ripristinare un livello protettivo di SO₂ libera, rimuovere il film di lieviti mediante filtrazione e colmare il contenitore (Plb-Plc2-Pld2-Plf).

- Mantenere una temperatura costante durante la conservazione o l'invecchiamento del vino (indicativamente 13-18 °C). Una temperatura troppo bassa provoca l'aumento della solubilità dell'ossigeno, mentre una temperatura troppo elevata favorisce le reazioni ossidative e la proliferazione di microrganismi (Plb-Plc2).

- Sembra che una pratica utile per migliorare l'efficacia antiossidante dell'SO₂ sia rappresentata dall'invecchiamento su fecce derivanti da batteri e lieviti. Ciò potrebbe essere dovuto al consumo di ossigeno per ossidazione lipidica, alla formazione di legami con composti carbonilici e al rilascio di composti riducenti. Tuttavia, è necessario monitorare attentamente l'acidità volatile e la carica batterica, così come l'SO₂ combinata e quella molecolare, in quanto i prodotti dell'autolisi dei lieviti possono favorire la proliferazione di microrganismi di alterazione (batteri acetici e lattici, *Brettanomyces* spp.). Proteggere il vino con l'SO₂ durante tutto il processo (Plc2).

- A complemento dell'azione dell'SO₂, è possibile prendere in considerazione l'aggiunta di agenti antiossidanti (come ad esempio i tannini e i lieviti inattivati ricchi in glutazione) e antimicrobici (come ad esempio il lisozima e il chitosano in caso di contaminazione da *Brettanomyces* spp.) (Plb-Plc).

- Controllare umidità, temperatura e ventilazione delle cantine per evitare perdite eccessive di vino per evaporazione dai recipienti in legno e quindi la formazione di spazio di testa (Plc2).

- Tenere in considerazione che i recipienti nuovi rispetto a quelle usati, così come i diversi tipi di legno con il quale sono prodotti, sono caratterizzati da una permeabilità differente all'ossigeno; per questo motivo, è necessario sceglierli con cura in base alle caratteristiche del vino (contenuto di polifenoli, necessità di stabilizzazione del colore, grado di astringenza) (Plc2).

- Durante la maturazione in legno, è necessario limitare la penetrazione d'aria attraverso il foro di cocchiume nel corso delle operazioni di colmatura e di apertura per la degustazione. Assicurarsi che il legno non presenti crepe (Plc2).

- Tenere in considerazione la particolare difficoltà di sanificazione totale dei recipienti usati, in particolare per quanto riguarda le contaminazioni da *Brettanomyces* spp. La piallatura interna e la tostatura permettono di rimuovere lo strato di legno più contaminato, migliorando l'efficacia della sanificazione. Utilizzare tecniche e materiali efficaci per gli strati più profondi del legno. Prima di procedere alla sanificazione, eliminare i cristalli di bitartrato di potassio (Plb).

- Tenere in considerazione che l'SO₂ gassosa utilizzata per sanificare i recipienti di legno potrebbe passare al vino al momento del riempimento, arricchendolo in SO₂ (Plc).



H. CONFEZIONAMENTO

- Per evitare la ricontaminazione del vino, deve essere condotta un'efficace igienizzazione della linea di confezionamento, incluse le bottiglie e il locale. Nella progettazione del processo, preferire soluzioni che consentano di risparmiare energia e risorse. Se si utilizza gas inerte, questo deve essere microfiltrato, così come l'acqua di lavaggio delle bottiglie (Plb).
- La temperatura di confezionamento deve essere mantenuta intorno a 15-20 °C (Plc2).
- Il vino da confezionare deve essere stabilizzato dal punto di vista microbiologico. È necessario effettuare un controllo microbiologico prima del confezionamento e uno a campione sul vino confezionato (Plb).
- I metodi fisici, quali la filtrazione sterilizzante e, in alcuni casi, la pasteurizzazione, garantiscono una riduzione della carica microbica del vino e potrebbero consentire l'utilizzo di dosi più contenute di SO₂ (Plb).
- Nei vini contenenti zuccheri fermentescibili, si potrebbe prendere in considerazione l'impiego di prodotti a complemento dell'azione antimicrobica dell'SO₂ (come ad esempio acido sorbico e dimetil dicarbonato) (Plb).
- Durante il confezionamento, se il vino contiene una quantità eccessiva di ossigeno dissolto (>0,5 mg/L) dovrebbe essere in primo luogo deoxygenato in modo appropriato (Plc2-Plb).
- I sistemi di chiusura devono essere conservati nella loro confezione originale, ben chiusi e in luogo fresco e asciutto (Plb).
- Considerando che la combinazione tra l'SO₂ e le molecole del vino non si verifica istantaneamente, alcuni giorni dopo l'aggiunta è necessario verificare la concentrazione di SO₂ libera, al fine di accertarsi che corrisponda alla concentrazione desiderata per ottenere le condizioni di stabilizzazione. Se necessario, procedere a un'ulteriore aggiunta (Plf).
- L'aggiunta di SO₂ deve avvenire tenendo conto delle perdite dovute al processo di ossidazione (quantità di O₂ dissolto) e della durata della shelf-life prevista del vino (Plf).
- L'acido ascorbico può migliorare l'attività antiossidante dell'SO₂. Tuttavia, è necessario valutare attentamente se aggiungerlo o meno, considerando la perdita di SO₂ durante la shelf-life prevista del vino. La protezione antiossidante dell'SO₂ deve essere garantita fino al momento presunto di consumo del vino. L'eventuale aggiunta di acido ascorbico deve sempre essere successiva all'aggiunta di SO₂ (Plb-Plc2).
- Si dovrebbe inertizzare la linea di confezionamento e i contenitori (se possibile e necessario). Prestare particolare attenzione alle fasi iniziali e finali del processo di confezionamento (Plb-Plc2).
- Assicurarsi che il volume di riempimento sia regolato correttamente, anche in relazione alla temperatura (Plc2).
- Dopo il riempimento, assicurarsi di inertizzare correttamente lo spazio di testa (Plb-Plc2).
- Una buona pratica consiste nella misurazione a campione dell'ossigeno totale presente in bottiglia (TPO) durante le diverse fasi di confezionamento utilizzando un metodo ottico non distruttivo. Lo stesso metodo potrebbe essere impiegato per monitorare la dissoluzione di ossigeno lungo la linea di confezionamento. Tenere in considerazione dei valori di riferimento da non superare nel vino dopo il confezionamento (ad es. O₂ dissolto <0,5 mg/L). Sarà necessario inserire nella linea contenitori equivalenti che ne consentano la misurazione (trasparenti e dotati di sensore) (Plc2).



- Evitare l'utilizzo di bottiglie di vetro bianche e contenitori di plastica trasparente, materiale permeabile all'ossigeno. È consigliabile utilizzare bottiglie di vetro verde o marrone (Plc2).
- Accertarsi che il fornitore delle bottiglie abbia certificato l'omogeneità dei diametri dei colli, in quanto deviazioni dal diametro nominale possono causare un ingresso incontrollato di ossigeno (Plc2).
- Per evitare l'ossidazione, scegliere i sistemi di chiusura tenendo in considerazione la permeabilità all'ossigeno in relazione alle caratteristiche della composizione del vino. Nel caso di tappi in sughero o sintetici, scegliere prodotti con brevi tempi di recupero elastico dal momento della compressione. Per vini particolarmente sensibili all'ossidazione, è raccomandato l'utilizzo di tappi a vite (Plc2).

I. TRASPORTO, STOCCAGGIO E DISTRIBUZIONE

- Evitare spedizioni e stoccaggio che comportino un'esposizione a temperature elevate e alla luce diretta. Per lo stoccaggio del vino imbottigliato, si raccomanda una temperatura compresa tra 15 °C e 20 °C e un'umidità non superiore al 70% (Plb-Plc2).
- Si raccomanda l'utilizzo di container coibentati. Per le spedizioni sono da preferire le stagioni fresche, in particolare per i vini che devono compiere viaggi intercontinentali (Plc2). Prevedere l'uso di dispositivi che permettono di misurare e registrare la temperatura e l'umidità durante il trasporto.
- Informare il distributore finale in merito alle norme corrette per lo stoccaggio e la distribuzione del vino, alla luce del suo ridotto contenuto di SO₂ (Plc2).

Nota: per questa sezione si tenga in considerazione anche la “Guida OIV delle buone pratiche per il trasporto del vino sfuso”.



BIBLIOGRAFIA

- Capece, A., Pietrafesa, R., Siesto, G., Romano, P., "Biotechnological Approach Based on Selected *Saccharomyces cerevisiae* Starters for Reducing the Use of Sulfur Dioxide in Wine", *Microorganisms*, vol. 8(5), 2020, pag. 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*, vol. 58(1), 2007, pagg. 53-60.
- Danilewicz, J. C., Seccombe, J. T., Whelan, J., "Mechanism of interaction of polyphenols, oxygen, and sulfur dioxide in model wine and wine", *American Journal of Enology and Viticulture*, vol. 59(2), 2008, pagg. 128-136.
- Du Toit, W. J., Marais, J., Pretorius, I. S., Du Toit, M., "Oxygen in must and wine: A review", *South African Journal of Enology and Viticulture*, vol. 27(1), 2006, pagg. 76-94.
- Lisanti, M. T., Blaiotta, G., Nioi, C., Moio, L. , "Alternative methods to SO₂ for microbiological stabilization of wine", *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 18(2), 2019, pagg. 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., Lonvaud, A., *Handbook of Enology: The Microbiology of Wine and Vinifications (Vol. 1)*, Chichester, Inghilterra, John Wiley & Sons Ltd, 2006.
- Suzzi, G., Romano, P., Zambonelli, C., "Saccharomyces strain selection in minimizing SO₂ requirement during vinification", *American Journal of Enology and Viticulture*, vol. 36(3), 1985, pagg. 199-202.
- Thomas, D., Surdin-Kerjan, Y., "Metabolism of sulfur amino acids in *Saccharomyces cerevisiae*", *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, vol. 61(4), 1997, pagg. 503-532.
- Vally, H., Thompson, P., "Allergic and asthmatic reactions to alcoholic drinks", *Addiction biology*, vol. 8(1), 2003, pagg. 3-11.
- Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., Jeffery, D. W., *Understanding wine chemistry*, John Wiley & Sons, 2016.
- Waterhouse, A. L., Laurie, V. F., "Oxidation of wine phenolics: A critical evaluation and hypotheses", *American Journal of Enology and Viticulture*, vol. 57(3), 2006, pagg. 306-313.
- Wells, A., 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*, vol. 32(2), 2011, pagg. 267-279.