



VINI BIANCHI DA VITICOLTURA CONVENZIONALE PIÙ SANI CON UN POCO DI CARBONE IN FERMENTAZIONE

Le usuali tecniche di difesa in vigneto e pratiche di cantina già portano a vini di assoluta tranquillità per la salute del consumatore rispetto ai residui di fungicidi, tuttavia, ogni ulteriore miglioramento resta auspicabile. In tal senso, anche approcci desueti come l'uso del carbone durante la fermentazione in bianco possono essere visti oggi sotto una luce diversa. Nel caso specifico, micro-dosi di questo chiarificante hanno permesso di abbassare ulteriormente livelli comunque già bassi di molti fungicidi, senza impatti negativi sulla qualità dei vini.



Di
Giorgio Nicolini*
Tomás Román
Roberto Larcher
Sergio Moser
Loris Tonidandel
 Trasferimento Tecnologico, Fondazione
 E. Mach, via E. Mach 1, 38010 San Michele
 all'Adige (TN)

*Autore corrispondente: giorgio.nicolini@fmach.it
 (Da sinistra nella foto)

INTRODUZIONE

■ Molte delle più note e tradizionali aree vitate europee sono indiscutibilmente collocate in contesti climatici nei quali è difficile - benché certamente non impossibile - coltivare la vite senza l'aiuto dei pesticidi, fungicidi in particolare; ciononostante, si assiste ad un generalizzato interesse per la viticoltura biologica. Nello specifico nazionale, la superficie vitata destinata alla produzione di vino biologico si è andata via-via allargando, arrivando a superare nel 2014 i 70.000 ettari, se si mette nel conto anche quanto in fase di conversione, con un incremento del 6.5 % rispetto all'anno precedente (www.sinab.it). Tale andamento in incremento si è osservato anche in zone dove strategie di difesa più sostenibili sono

portate avanti da tempo, come nel caso del Trentino dove ormai tutti i 10.000 ettari a vigneto sono protetti con le tecniche della confusione sessuale nei confronti della *Lobesia* spp., riducendo in tal modo anche la necessità di trattamenti fungini (Ioriatti *et al.* 2011; Mondy *et al.* 1998).

■ Questa evoluzione culturale è coerente con una delle principali richieste del consumatore moderno che pone sempre maggior attenzione alla salubrità di alimenti e bevande; in questo contesto, lo spostamento verso il biologico o perfino il biodinamico può configurarsi sia come il risultato di una evoluzione culturale vera e propria che come un'occasione per sfruttare nuove nicchie di mercato.

■ Quale che sia la molla, non c'è dubbio che comunque anche la viticoltura "convenzionale" si è mossa da tempo per minimizzare i re-

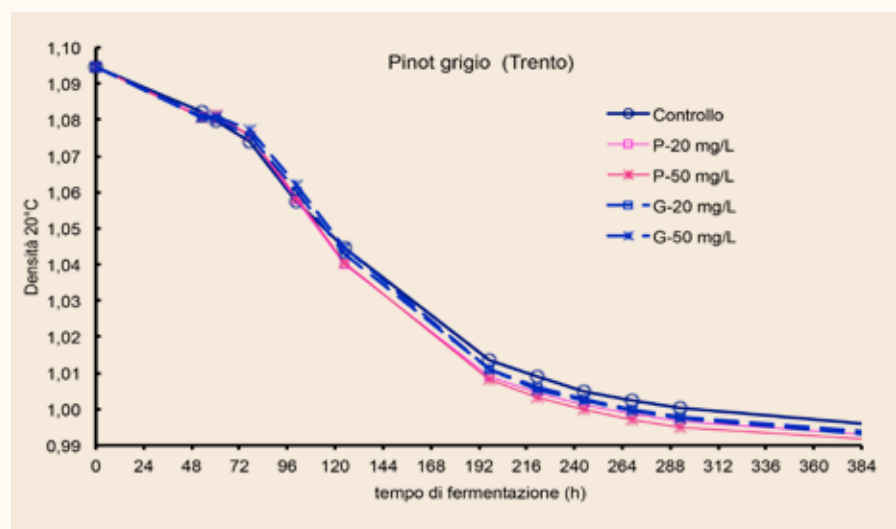
sidui di fungicidi, non solo per assecondare il consumatore ma anche per migliorare le condizioni di lavoro in campagna, in primo luogo sostituendo i principi attivi a maggiore tossicità con altri meno tossici, ottimizzandone l'uso e applicando protocolli di lotta integrata.

■ Parallelamente, l'enologia ha tenuto monitorata la situazione sulla residualità di molti principi attivi (p.a.), ha approfondito le conoscenze sul destino degli stessi nel passaggio da uva a vino ed è andata via-via applicando



DOCUMENTO TECNICO

Fig. 1 - Andamento fermentativo in relazione alla presenza di carbone il polvere (P) o in granuli (G), alle dosi di 20 e 50 mg/L



tutte le migliori opzioni tecnologiche che consentono di arrivare oggi a vini finiti non solo rispettosi dei limiti legali, come è ovvio, ma caratterizzati solitamente anche da concentrazioni residuali di singoli p.a. decisamente minori rispetto al passato, a livello di pochi microgrammi per litro o addirittura in tracce non quantificabili (Cabras *et al.* 1987, 1997, 2001; Lemperle 1988; Garcia-Cazorla e Xirau-Vayreda 1994; Sala *et al.* 1996; Cabras e Angioni 2000; Soleas e Goldberg 2000; Cabras e Conte 2001; Likas e Tsiropoulos 2009; Čuš *et al.* 2010; Barba *et al.* 2010; Angioni *et al.* 2011; Angioni e Dedola 2013). Nei capitoli di acquisto che definiscono le transazioni commerciali private, tuttavia, vengono definiti limiti sempre più bassi non solo del singolo p.a. residuo ma talvolta anche della numerosità dei p.a. e della sommatoria delle concentrazioni di tutti i p.a. misurabili.

■ Benché in carbone, anche grazie ai diversi processi di attivazione ad esso applicati, sia notoriamente tra i chiarificanti più performanti in termini di abbattimento dei residui (Cabras *et al.* 1983, 1999; Farris *et al.* 1992; Navarro *et al.* 1999; Ruediger *et al.* 2004; Marsh e Rodríguez-Reinoso 2006; Oliva *et al.* 2007; Sen *et al.* 2012), gli enologi preferiscono limitarne l'uso nel vino non solo a causa della sua limitata specificità - preoccupati principalmente delle conseguenze sul colore e l'aroma - ma anche per gli aspetti normativi relativi alla ge-

stione di materiali polverulenti e per fattori di pulizia e di estetica degli ambienti di cantina.

■ L'insieme delle attuali opzioni sia di campagna che di vinificazione in assenza di carbone ha già dimostrato di portare la residualità a livelli davvero bassi e oggi si può forse ripensare con minori patemi l'uso di questo chiarificante, in termini di momento di trattamento e di dosaggio, come ulteriore contributo alla salubrità del vino. Ecco quindi che in questo lavoro abbiamo voluto indagare gli effetti di dosi molto limitate di carbone applicate durante la fermentazione in bianco, focalizzando la nostra attenzione non solo sui residui di fungicidi ma anche sui decorsi fermentativi, l'aroma e il colore dei vini bianchi. Questo, anche in considerazione del fatto che la letteratura da cui si possano evincere le relazioni tra la presenza di fungicidi nei mosti e il quadro dei composti volatili dei relativi vini non è particolarmente nutrita (Aubert *et al.* 1997, 1998; García *et al.* 2004; Oliva *et al.* 2008; Barba *et al.* 2010; González-Álvarez *et al.* 2012).

MATERIALI E METODI

■ Per la sperimentazione sono stati utilizzati 2 mosti solfitati (50 mg/L) di Pinot grigio e 3 di Chardonnay, brillantati (<15 NTU) e stabilizzati a freddo (<4°C per 90 giorni) al di là di

ogni necessità enologica. Sono stati poi addizionati di 13 fungicidi con prevalente attività antibotritica (boscalid, cyprodinil, fludioxonil, fenhexamide, pyrimethanil), antiperonosporica (cyazofamid, dimethomorph, fluopicolide, iprovalicarb) e antioidica (metrafenone, penconazole, spiroxamine, trifloxystrobin). I p.a. sono stati scelti tra quelli che, sulla base di un'indagine preliminare, sono stati trovati con maggior frequenza come residui nei vini e le aggiunte hanno portato a raggiungere nei mosti indicativamente 2-3 volte la concentrazione cui i p.a. erano stati riscontrati nei vini.

■ Ogni mosto è stato inoculato con 300 mg/L di un *Saccharomyces cerevisiae*, noto buon fermentatore, e successivamente diviso in 5 aliquote da 5 litri ognuna. Due carboni commerciali - uno in polvere (P) e l'altro in granuli (G), ciascuno a 20 e 50 mg/L - sono stati aggiunti dall'inizio della fermentazione in 4 delle 5 aliquote e lasciati durante tutto il processo, mentre la quinta ha costituito il controllo non addizionato. L'andamento fermentativo è stato monitorato per via densimetrica e la temperatura è stata tenuta tra i 18 ed i 20°C.

■ L'analisi dei fungicidi estratti col metodo QuEChERS (EN 15662:2009) è stata realizzata in UHPLC-MS/MS, quella dei composti volatili in GC-FID secondo Boido *et al.* (2003) mentre l'analisi della composizione di base dei mosti e dei vini è stata realizzata applicando la tecnica FTIR. Maggiori dettagli a riguardo sono riportati in Nicolini *et al.* (2016).

RISULTATI E DISCUSSIONE

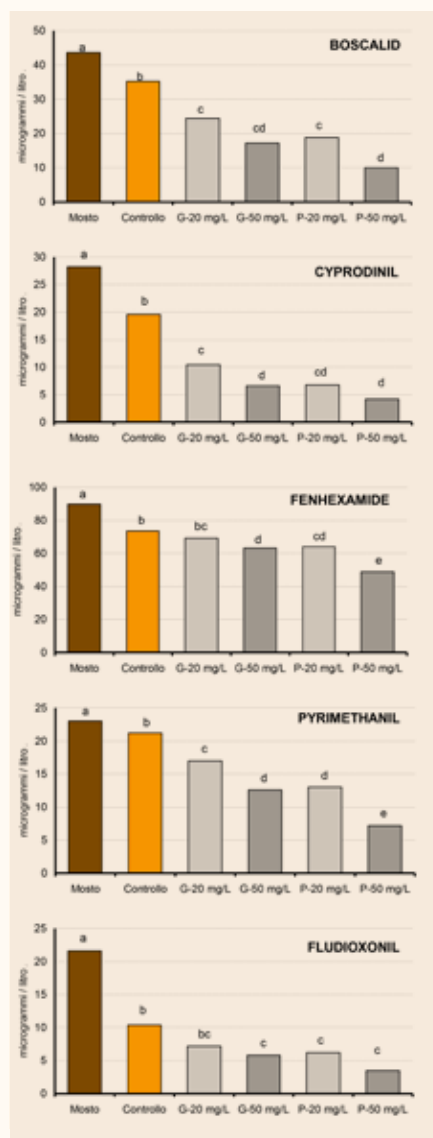
Composizione dei mosti

■ I parametri compositivi di base dei mosti non mostravano valori tali da costituire un qualche reale ostacolo alle fermentazioni; infatti, gli zuccheri variavano da 192 a 220 g/L con media a 209 g/L, il pH andava da 3.45 a 3.56 con media di 3.50, la solforosa totale era tra 12 e 35 mg/L con media a 24.2 mg/L, mentre l'azoto prontamente assimilabile variava tra 149 e 248 mg/L con una media di 191 mg/L. I dati relativi all'ultimo parametro citato erano coerenti, sia nelle quantità assolute che nella differenziazione varietale, con quelli di una precedente indagine su mosti nazionali (Nicolini *et al.* 2004).



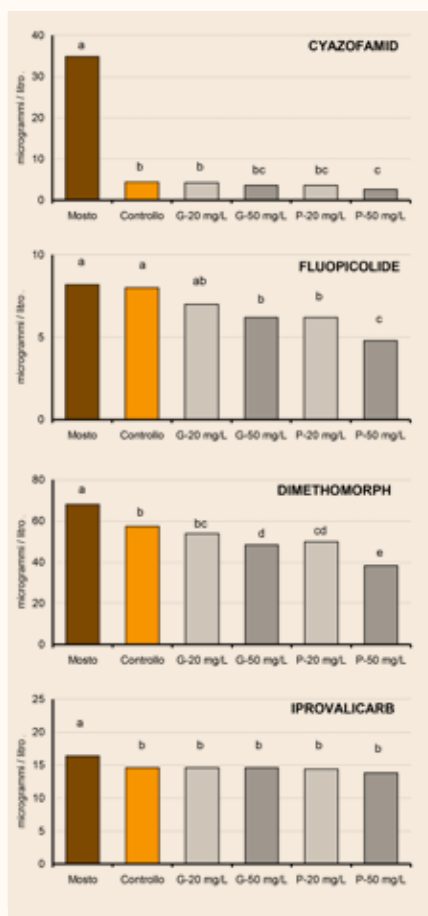
DOCUMENTO TECNICO

Fig. 2 - Evoluzione dei principi attivi a prevalente attività antibotritica nel passaggio da mosto limpido a vino di controllo ed a vini fermentati in presenza di due livelli di carbone in polvere (P) o in granuli (G).



■ I mosti utilizzati erano stati preventivamente fortemente illimpiditi al fine di evitare nella sperimentazione le interferenze dovute alla fissazione/precipitazione dei diversi p.a. sul particolato feccioso. Nei mosti, i fungicidi aggiunti hanno portato la concentrazione media della sommatoria dei 13 p.a. a 415 µg/L, con un minimo di 383 ed un massimo di 478 µg/L.

Fig. 3 - Evoluzione dei principi attivi a prevalente attività antiperonosporica nel passaggio da mosto limpido a vino di controllo ed a vini fermentati in presenza di due livelli di carbone in polvere (P) o in granuli (G)

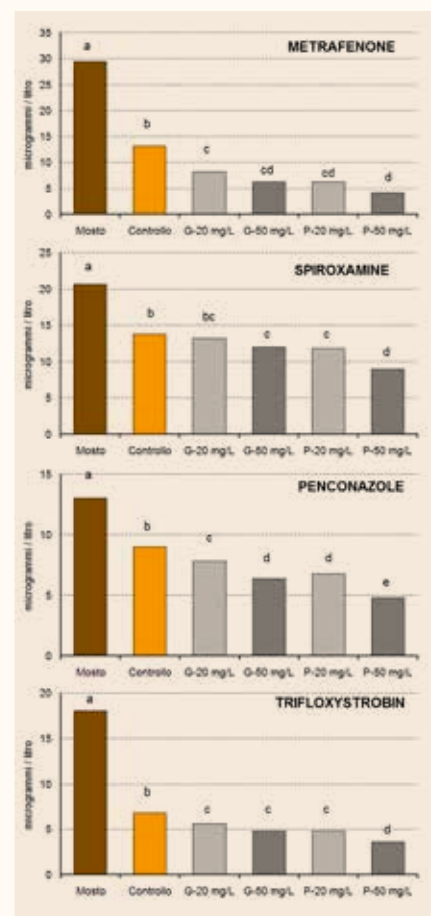


Gli andamenti fermentativi

■ Pur non potendo parlare di andamenti fermentativi significativamente differenti tra le tesi, nel caso di tutti e 5 i mosti varietali utilizzati si sono manifestate tuttavia delle tendenze, in particolare con un rallentamento delle fasi conclusive di fermentazione nei testimoni di controllo privi di carbone; a questo riguardo si riporta la **Fig. 1** a puro titolo di esempio. Tale situazione è messa in evidenza anche dallo zucchero residuo nei vini travasati e posti a 4°C quando la densità del vino non mostrava variazioni per 3 misure successive nell'arco di 2 giorni.

■ Infatti, gli zuccheri residui medi nei vini di controllo, in cui nessun apporto di carbone è

Fig. 4 - Evoluzione dei principi attivi a prevalente attività antioidica nel passaggio da mosto limpido a vino di controllo ed a vini fermentati in presenza di due livelli di carbone in polvere (P) o in granuli (G)



stato realizzato, sono risultati di 3.88 g/L, significativamente maggiori ($p < 0.05$) che nei vini ottenuti con l'uso del carbone G-50 mg/L (2.40 g/L) nonché con i trattamenti P-20 mg/L (1.84 g/L) e P-50 mg/L (1.58 g/L). Tra i parametri base sono emerse differenze significative di un qualche rilievo tecnologico solo per l'acidità volatile che, nei vini di controllo, è risultata mediamente pari a 0.52 g/L, statisticamente maggiore dei valori - tra 0.48 e 0.43 g/L - delle 4 tesi con carbone. Il tutto fa pensare che la presenza contemporanea di vari fungicidi - benché non a concentrazioni singole né complessive di inibizione significativa della fermentazione - determini un qualche rallentamento nei decorsi fermentativi a seguito di qualche difficoltà metabolica.



Fig. 5 - Evoluzione della sommatoria dei principi attivi nel passaggio da mosto limpido a vino di controllo ed a vini fermentati in presenza di due livelli di carbone in polvere (P) o in granuli (G).

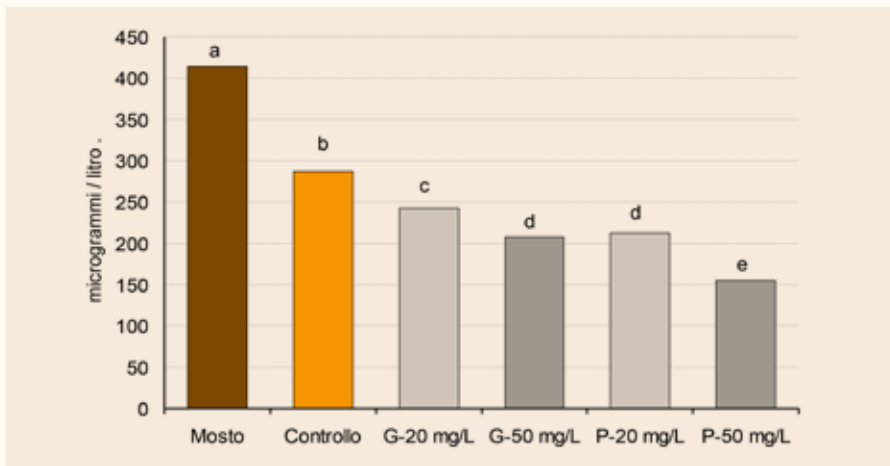
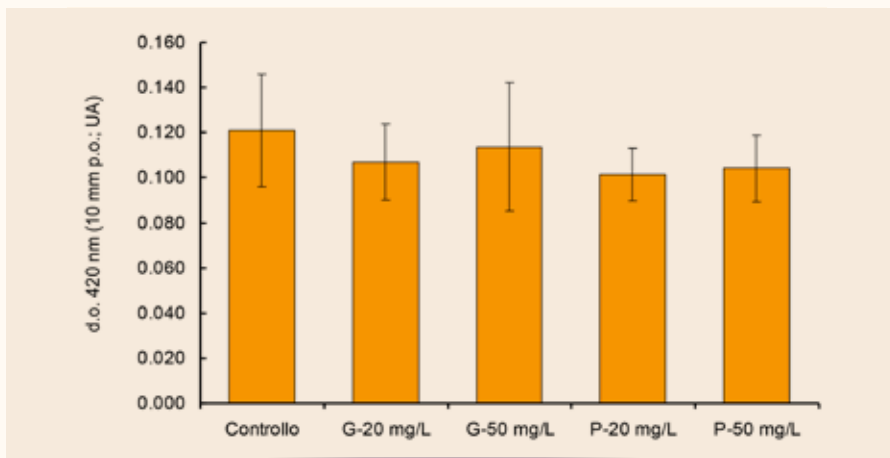


Fig. 6 - Intensità colorante di vini bianchi fermentati in presenza di due livelli di carbone in polvere (P) o in granuli (G) rispetto al controllo senza carbone.



I residui di fungicidi

■ I residui dei vari p.a. misurati nei vini sono riportati nelle **Figg. 2, 3 e 4**, rispettivamente per i p.a. a prevalente attività antibiotica, antiperonosporica ed antioidica; in **Fig. 5** si mostra invece l'evoluzione della sommatoria delle concentrazioni di tutti i p.a. analizzati.

■ Come osservato da altri autori (Tsiropoulos *et al.* 2005; Gonzalez-Rodriguez *et al.* 2011), il semplice passaggio fermentativo senza carbone è già di per sé sufficiente a far diminuire significativamente la concentrazione di ciascun fungicida nel vino, anche se in misura diversa. Nel nostro caso, si è osservato un abbattimento della sommatoria dei fungicidi di circa 127

µg/L (-30,7% rispetto al mosto), particolarmente rilevante per cyazofamid (ca. 30 µg/L) e, diminuendo, per metrafenone e fenhexamide (ca. 16 µg/L) e fludioxonil e trifloxystrobin (ca. 11 µg/L). Per ciascuno di agli altri p.a., l'abbattimento dovuto alla sola fermentazione è stato inferiore ai 10 µg/L.

■ La presenza di carbone ha migliorato significativamente la riduzione complessiva della concentrazione dei p.a. (**Fig. 5**); infatti, i diversi carboni e le dosi utilizzate hanno permesso di abbattere ulteriori 45-133 µg/L circa di fungicidi complessivi, lasciandone nel vino rispettivamente 243-155 µg/L. In altri termini, la presenza di carbone durante la fermentazione ha migliorato del 16-42% circa l'abbat-

timento rispetto ai fermentati senza carbone. In pratica, solo la riduzione dell'ipovalicarb non ha tratto significativo giovamento dalla presenza di carbone; è noto peraltro dalla letteratura quali altri chiarificanti siano in grado di agire nei confronti dell'ipovalicarb (Angioni *et al.* 2011).

■ Le varie figure consentono inoltre di osservare un generalizzato "effetto dose" all'interno di ciascuno dei due carboni utilizzati - benché non sempre a livello di significatività statistica - con i residui inferiori in corrispondenza, com'è ragionevole, della dose più alta. Quanto al tipo di carbone, quello in polvere si è dimostrato in linea generale più efficace.

Il colore dei vini

■ Relativamente al colore dei vini, l'assorbanza misurata a 420 nm su 10 mm di percorso ottico non ha mostrato differenze statisticamente significative tra i trattamenti a confronto. Osservando la **Fig. 6** si ha evidenza di una ragionevole e attesa tendenza alla diminuzione dei valori medi dei vini fermentati col carbone; le diminuzioni medie sembrano tuttavia essere tecnologicamente accettabili, non spostando di troppo i vini dal range del giallo paglierino scarico. Non si osserva inoltre alcun chiaro effetto dose.

La componente aromatica volatile

■ Tra i composti prefermentativi sono stati misurati: esanolo, *cis*-3- e *trans*-3-esenolo; tra i fermentativi: acetaldeide e acetato di etile, alcoli superiori (1-propanolo, 2-metil-1-propanolo, 2-metil-1-butanolo, 3-metil-1-butanolo, 2-feniletanolo e metionolo), acidi grassi (isobutanoico, butanoico, isovalerico, esanoico, octanoico e decanoico), "acetati" da alcoli superiori (di isobutile, n-esile, isoamile e beta-feniletile) ed "esteri etilici" di acidi grassi (etil butanoato, esanoato, ottanoato e decanoato). Solo per 9 dei 25 singoli composti misurati le differenze sono risultate significative tra le tesi, in particolare rispetto alla vinificazioni di controllo, ma alcune di queste differenze hanno riguardano composti che - per le quantità assolute in gioco, in incremento col trattamento con carbone - non sono di alcun rilievo organolettico diretto (2-metil-1-propanolo,



acidi butanoico e esanoico; Meilgaard 1975; Etiévant 1991).

■ Si è osservata una diminuzione della concentrazione di acetaldeide nelle fermentazioni con carbone; questa - benché limitata a 2-7 mg/L in meno rispetto ai 37 mg/L del controllo - è comunque da annoverare tra gli aspetti di positività, consentendo di migliorare il rapporto SO₂ libera/legata. Gli aspetti di maggior positività (**Fig. 7**) si riscontrano invece ed in particolare relativamente agli incrementi statisticamente ma anche tecnologicamente significativi degli "acetati" e degli "esteri". Queste classi tecnologiche sono fondamentali per il manifestarsi e il persistere nell'invecchiamento della componente fruttata dei vini bianchi e le variazioni osservate sono di probabile rilievo anche in termini organolettici.

In senso potenzialmente negativo potrebbe invece andare:

- l'incremento statisticamente significativo del metionolo (con possibili note da cavolo) che, rispetto alla concentrazione media di 1.04 mg/L dei vini di controllo, passa a 1.16-1.53 mg/L nelle tesi fermentate con carbone;
- l'incremento di 2-3 mg/L della somma delle concentrazioni degli acidi grassi nei vini con carbone rispetto al controllo.

■ Una valutazione complessiva dell'impatto del trattamento con carbone sul quadro aromatico si potrebbe giovare di qualche informazione ulteriore circa l'evoluzione delle componenti aromatiche in forma glicosilata. Non si ritiene, tuttavia, che le eventuali fissazioni di queste frazioni di aroma da parte delle micro-dosi di carbone usate possano stravolgere il quadro aromatico generale dei vini. Peraltro, relativamente al glutationil- e al cisteinil-3-mercaptoesano, precursori dei cosiddetti tioli varietali responsabili di note sauvignoneggianti, si è già potuto osservare (Román Villegas *et al.* 2016) che solo dosi di carbone 20-50 volte maggiori di quelle qui applicate hanno una qualche limitata e tecnologicamente poco significativa incidenza.

La valutazione organolettica

■ La valutazione organolettica ortonasale è stata realizzata grazie alla collaborazione di 20 giudici che hanno valutato la piacevolezza dei vini utilizzando bicchieri neri e una scheda

Fig. 7 - Sommatoria delle concentrazioni di molecole responsabili della componente fruttata in vini bianchi fermentati in presenza di due livelli di carbone in polvere (P) o in granuli (G) rispetto al controllo senza carbone

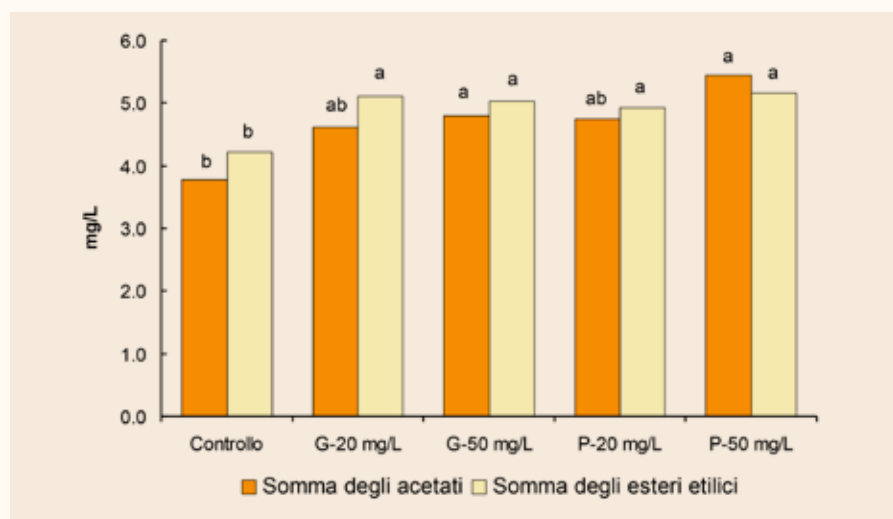
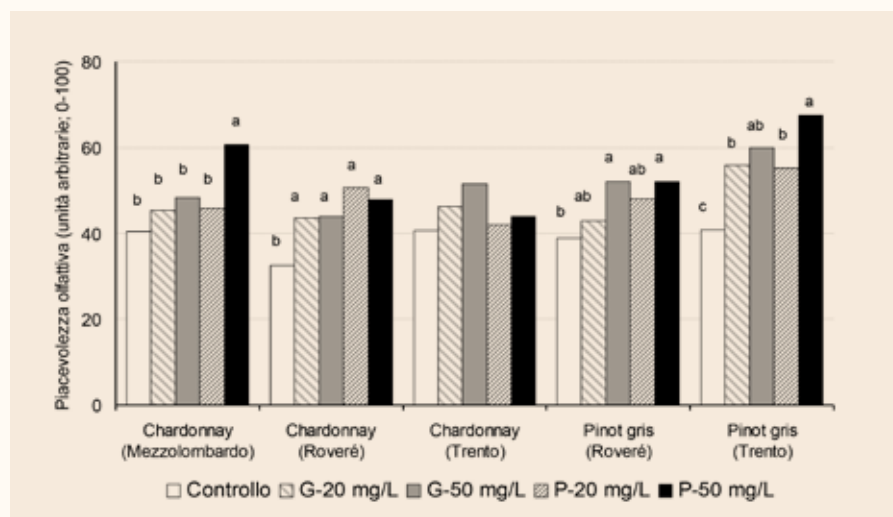


Fig. 8 - Risultati della valutazione organolettica



non strutturata di 100 mm, ponendo 0 per un giudizio di rifiuto/non piacevolezza e 100 per il giudizio di massimo piacere.

■ Per quattro delle 5 masse originarie di mosto sono emerse differenze significative (test LSD, $p < 0.05$) tra i trattamenti (**Fig. 8**). Anche dove non si è trovata significatività, si è comunque osservata una tendenza verso valori medi di maggiore piacevolezza dei vini ottenuti fermentando in presenza di carbone. In nessun caso, i vini con carbone hanno evidenziato giudizi peggiori rispetto ai relativi

controlli. I giudizi organolettici ottenuti portano quindi a ritenere che le poche variazioni compositive potenzialmente negative cui si è accennato nel paragrafo precedente non hanno avuto, di fatto, alcuna reale incidenza sulla piacevolezza dei vini. Va da sé, peraltro, che in particolare per il metionolo si conoscono bene i fattori tecnologici che ne condizionano la formazione fermentativa e quindi, in caso di necessità, si potrebbe agire anche in via preventiva per modificarli (Rapp e Versini 1991, Bosso 1996, Nicolini *et al.* 2002, 2011).



DOCUMENTO TECNICO

CONSIDERAZIONI
CONCLUSIVE

■ Indiscutibilmente, la viticoltura nazionale è già in grado di fornire da molti anni vini con ottimi livelli di sicurezza nei confronti della salute del consumatore. Tuttavia, per l'enologo il percorso verso il miglioramento non si interrompe mai e l'approccio di tecnica enologica di cui si è discusso in questo articolo sembra essere particolarmente interessante. Infatti, a fronte di costi sostanzialmente marginali, non si sono trovate controindicazioni di rilievo e gli impatti in termini di composizione chimica di base ed aromatica sui vini e di piacevolezza nella valutazione del consumatore sono stati sostanzialmente tutti positivi, certamente non ultima la capacità di limitare ulteriormente i residui di fungicidi nei prodotti finiti.

■ L'approccio proposto non ha motivo di essere applicato dove a vinificare sia la stessa azienda che produce le uve, e quindi l'enologo sia a conoscenza di tutta la storia dei trattamenti fitosanitari applicati; tuttavia, in molti contesti produttivi questa situazione idilliaca non si realizza. È il caso, ad esempio, non solo di chi vinifica uve acquistate sul mercato, ma anche di Cantine sociali per le quali il controllo dell'attività in campo dei soci sia limitato. Il protocollo proposto sembra trovare proprio in questi casi la sua più ragionevole applicabilità per la vinificazione di mosti adeguatamente dotati di azoto prontamente assimilabile, destinati alla produzione di vini bianchi neutri, basi spumante incluse o anche rosati, di pronta beva, nei quali la componente fruttata sia di particolare importanza per garantire una discreta shelf-life aromatica. ■

BIBLIOGRAFIA

- Angioni A., Dedola F. (2013) Three years monitoring survey of pesticide residues in Sardinia wines following integrated pest management strategies. *Env. Monitoring and Assessment* 185, 4281-4289.
- Angioni A., Dedola F., Garau V.L., Schirra M., Caboni P. (2011) Fate of iprovalicarb, indoxacarb, and boscalid residues in grapes and wine by GC-ITMS analysis. *J. Agric. Food Chem.* 59, 6806-6812.
- Aubert C., Baumes R., Günata Z., Lepoutre J.P., Cooper J.F., Bayonove, C. (1997) Effects of flusilazole, a sterol biosynthesis inhibitor fungicide, on the free and bound aroma fraction of Muscat of Alexandria wines. *J. Int. Sci. Vigne Vin.* 31, 57-64.
- Aubert C., Baumes R., Günata Z., Lepoutre J.P., Cooper J.F., Bayonove, C. (1998) Effects of sterol biosynthesis inhibiting fungicides on the aroma of grape. *Sci. Aliments* 18, 41-58.
- Barba A., Oliva J., Payá P. (2010) Influence of fungicide residues in wine quality. Carisse, O., ed. *Fungicides (InTech: Rijeka, Croatia)*.
- Boido E., Lloret A., Medina K., Fariña L., Carrau F., Versini G., Dellacassa E. (2003) Aroma composition of Vitis vinifera cv. Tannat: the typical red wine from Uruguay. *J. Agric. Food Chem.* 51, 5408-5413.
- Bosso A. (1996) Influenza dell'aggiunta di dosi crescenti di azoto ammoniacale ai mosti sulla composizione in sostanze volatili di origine fermentativa e sulle caratteristiche olfattive di alcuni vini bianchi. *Riv. Vitic. Enol.* 49, 3-28.
- Cabras P., Angioni A. (2000) Pesticides residues in grapes, wine, and their processing products. *J. Agric. Food Chem.* 48, 967-973.
- Cabras P., Conte E. (2001) Pesticide residues in grapes and wines in Italy. *Food Add. Contam.* 18, 880-885.
- Cabras P., Angioni A., Garau V.L., Melis M., Pirisi F.M., Minelli E.V., Cabitza F., Cubeddu, M. (1997) Fate of some new fungicides (cyprodinil, fludioxonil, pyrimethanil and tebuconazole) from vine to wine. *J. Agric. Food Chem.* 45, 2708-2710.
- Cabras P., Angioni A., Garau V.L., Pirisi F.M., Cabitza F., Pala M., Farris G.A. (2001) Fenexamid residues in grapes and wine. *Food Add. Contam.* 18, 625-629.
- Cabras P., Angioni A., Garau V.L., Pirisi F.M., Farris G.A., Madau G., Emont G. (1999) Pesticides in fermentative processes of wine. *J. Agric. Food Chem.* 47, 3854-3857.
- Cabras P., Meloni M., Pirisi F.M. (1983) The effect of clarifying substances on the content of some pesticides and fungicides in white wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 34, 103-107.
- Cabras P., Meloni M., Pirisi F.M. (1987) Pesticide fate from vine to wine. *Rev. Env. Contam. Toxicol.* 99, 83-117.
- Čuš F., Baša Cesnik H., Bolta Š.V., Gregorčič A. (2010) Pesticide residues in grapes and during vinification process. *Food Control* 21, 1512-1518.
- Etiévant P. X. (1991) Wine. Maarse, H., ed. *Volatile compounds in foods and beverages*. (M. Derkker: New York, NY, USA) pp. 483-546.
- Farris G.A., Cabras P., Spanedda L. (1992) Pesticide residues in food processing. *Ital. J. Food Sci.* 3, 149-169.
- García-Cazorla J., Xirau-Vayreda M. (1994) Persistence of dicarboximide fungicide residues in grapes, must, and wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 45, 338-340.
- García M.A., Oliva J., Barba A., Cámara M.A., Pardo F., Diaz-Plaza E.M. (2004) Effect of fungicide residues on the aromatic composition of white wine inoculated with three *Saccharomyces cerevisiae* strains. *J. Agric. Food Chem.* 52, 1241-1247.
- González-Álvarez M., González-Barreiro C., Cancho-Grande B., Simal-Gándara J. (2012) Impact of phytosanitary treatments with fungicides (cyazofamid, famoxadone, mandipropamid and valifenalate) on aroma compounds of Godello white wines. *Food Chemistry* 131, 826-836.
- Gonzalez-Rodriguez R.M., Cancho-Grande B., Simal-Gandara, J. (2011) Decay of fungicide residues during vinification of white grapes harvested after the application of some new active substances against downy mildew. *Food Chemistry* 125, 549-560.
- Ioriatti C., Anfora G., Tasin M., De Cristofaro A., Witzgall P., Lucchi A. (2011) Chemical ecology and management of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Econ. Entomol.* 104, 1125-1137.
- Lemperle E. (1988) Fungicide residues in musts and wines. Smart, R., Thornton, R., Rodriguez, S. and Young, J., eds. *Proceeding of the second international symposium for cool climate viticulture and oenology: 11-15 January 1988; Auckland, New Zealand* (New Zealand Society for Viticulture and Oenology: Auckland, New Zealand) pp. 211-218.
- Likas D.T., Tsiropoulos N.G. (2009) Residue screening in apple, grape and wine food samples for seven new pesticides using HPLC with UV detection. An application to trifloxystrobin dissipation in grape and wine. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 89, 857-869.
- Marsh H., Rodríguez-Reinoso F. (2006) Activated carbon. (Elsevier: Oxford, England).
- Meilgaard M.C. (1975) Aroma volatiles in beer: purification, flavour, threshold and interaction. Drawert, F., ed. *Geruch- und Geschmacksstoffe* (H. Carl: Nürnberg, Germany) pp. 211-254.
- Mondy N., Charrier B., Fermaud M., Pracros P., Corio-Costet M.F. (1998) Mutualism between a phytopathogenic fungus (*Botrytis cinerea*) and a vineyard pest (*Lobesia botrana*). Positive effects on insect development and oviposition behavior. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Series III, Sciences de la Vie* 321, 665-671.
- Navarro S., Barba A., Oliva J., Navarro G., Pardo F. (1999) Evolution of residual levels of six pesticides during elaboration of red wines. Effect of wine-making procedures in their disappearance. *J. Agric. Food Chem.* 47, 264-270.
- Nicolini G., Volpini A., Moser S., Cavazza A. (2002) Caratteristiche fermentative ed aromatiche dei ceppi di lievito La Claire™. *L'Enologo* 38, 65-70.
- Nicolini G., Larcher R., Versini G. (2004) Status of yeast assimilable nitrogen in Italian grape musts, and effect of variety, ripening and vintage. *Vitis* 43, 89-96.
- Nicolini G., Moser S., Román T., Mazzi E., Larcher R. (2011) Effect of juice turbidity on fermentative volatile compounds in white wines. *Vitis* 50, 131-135.
- Nicolini G., Román Villegas T., Tonidandel L., Moser S., Larcher R. (2016) Small amounts of charcoal during fermentation reduce fungicide residues without penalising white wine aroma compounds and colour. *Aus. J. Grape Wine Res.* (in stampa)
- Oliva J., Payá P., Cámara M.A., Barba A. (2007) Removal of famoxadone, fluquinconazole and trifloxystrobin residues in red wines: Effects of clarification and filtration processes. *J. Environ. Sci. and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes* 42, 775-781.
- Oliva J., Zalacaín A., Payá P., Salinas M.R., Barba, A. (2008) Effect of the use of recent commercial fungicides (under good and critical agricultural practices) on the aroma composition of Monastrell red wines. *Anal. Chim. Acta* 617, 107-118.
- Rapp A., Versini G. (1991) Influence of nitrogen compounds in grapes on aroma compounds in wine. *Proceedings of the International symposium on nitrogen in grapes and wine: 18-19 June 1991; Seattle, WA, USA* (American Society of Enology and Viticulture: Davis, CA, USA) pp. 156-164.
- Román Villegas T., Larcher R., Slaghenaufer D., Tonidandel L., Moser S., Nicolini G. (2016) Clarifying agents and 3-sulfanylhexanol precursors in grape juice. *Ital. J. Food Sci.* (in stampa)
- Ruediger G.A., Pardon K.H., Godden P.W., Pollnitz A.P. (2004) Removal of pesticides from red and white wine by the use of fining and filter agents. *Aus. J. Grape Wine Res.* 10, 8-16.
- Sala C., Fort F., Busto O., Zamora F., Arola L., Guasch J. (1996) Fate of some common pesticides during vinification process. *J. Agric. Food Chem.* 44, 3668-3671.
- Sen K., Cabaroglu T., Yilmaz H. (2012) The influence of fining agents on the removal of some pesticides from white wine of *Vitis vinifera* L. cv. Emir. *Food Chem. Toxicology* 50, 3990-3995.
- Soles G.J., Goldberg D.M. (2000) Pesticide residues in unfermented grape juices and raw wines: a 5-year survey of more than 3000 products. *J. Wine Res.* 11, 197-207.
- Tsiropoulos N.G., Miliadis G.E., Likas D.T., Liapis K. (2005) Residues of spiroxamine in grapes following field application and their fate from vine to wine. *J. Agric. Food Chem.* 53, 10091-10096.

Ringraziamenti.

Gli autori ringraziano Cavit s.c.
per la collaborazione.