

DOCUMENTO
TECNICO¹ **Onofrio Corona**² **Margherita Squadrito**³ **Elio Di Pietra**² **Giacomo Ansaldo**¹⁻² **Rocco Di Stefano**¹ Dipartimento ITAF, Facoltà Agraria,
Università di Palermo² Centro per l'Innovazione della Filiera
Vitivinicola, Marsala (TP). Assessorato
Agricoltura e Foreste Regione Siciliana³ Corso di Laurea in Viticoltura
ed Enologia, Università di Palermo

O. Corona

ESPERIENZE DI VINIFICAZIONE DI UVE GRILLO CON PROTEZIONE DEL MOSTO DALLE OSSIDAZIONI

La limitazione dei trattamenti a base di composti contenenti rame in vigneto, la protezione del mosto dalle ossidazioni enzimatiche, la difesa dei gruppi tiolici con acido ascorbico e il controllo dell'attività dei lieviti durante la fermentazione, hanno consentito di esprimere, in Sicilia, aromi riferibili ai descrittori buccia di pompelmo e frutto della passione, tipici delle varietà alsaziane.

Introduzione

I composti responsabili dell'aroma varietale giocano un ruolo determinante nell'espressine dei caratteri di qualità e di tipicità dei vini. Essi passano dall'uva al mosto durante il processo di vinificazione, il loro profilo qualitativo è sotto il controllo varietale e il loro contenuto è condizionato in modo sensibile dall'ambiente.

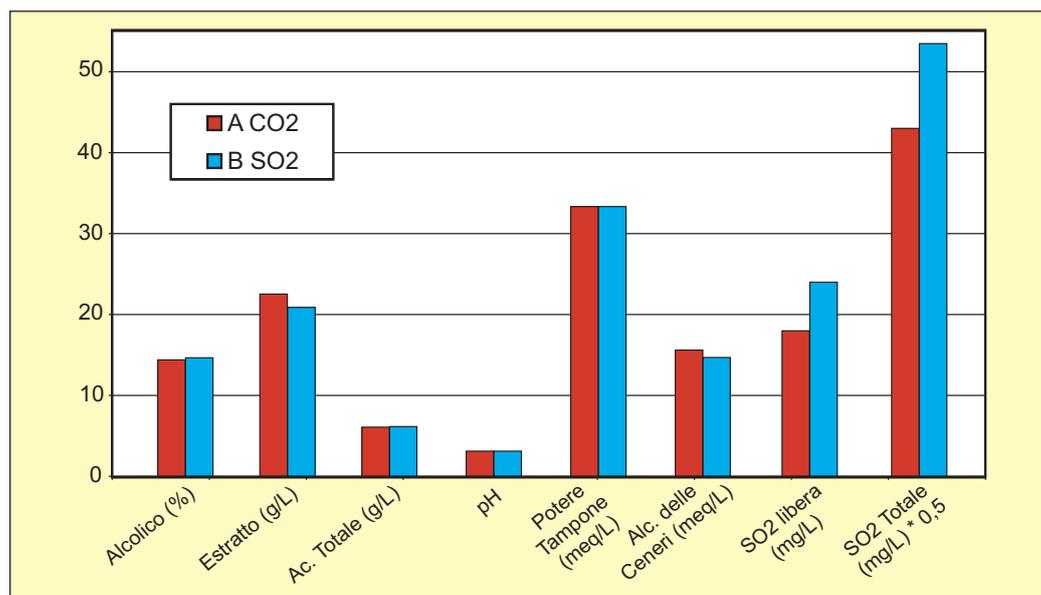
L'aroma varietale, a parte le cultivar denominate aromatiche, come i moscati, che

danno mosti dotati di aroma simile a quello dei vini, può non essere percepibile direttamente nelle uve e nei vini (Günata Z., 1984). In questo caso le sostanze odorose, appartenenti alle classi dei terpenoli, dei norisoprenoidi e dei benzenoidi, sono presenti sotto forma di precursori glicosilati non volatili da cui possono essere liberati per catalisi enzimatica o chimica (Winterhalter P., 1993).

Un'altra classe di sostanze odorose, appartenenti alla famiglia dei tioli è stata

messa in luce nel decennio scorso da Darriet (1993).

Si tratta di composti la cui importanza nella formazione dell'aroma di certi frutti è ben nota. Ad esempio, certi tioli partecipano all'aroma caratteristico del cassis (Rigaud et al., 1986), del pompelmo (Demole et al., 1982), del frutto della passione (Engel e Tressl, 1991) e della guava (Idstein e Schreir, 1985; Bassols e Demole, 1994). Essi sono presenti nell'uva sotto forma di cisteinil derivati, da

Fig. 1 - Composizione dei vini A CO₂ e B SO₂**Tab. 1 - Composti volatili dei fermentazione dei vini A CO₂ e B SO₂ (µg/L)**

Composti	A CO ₂	B SO ₂
Isoamil Acetato	2670,37	3045,86
Etil Esanoato	1046,61	1030,60
Esil Acetato	183,27	187,00
3 metil Pentan 1 olo	73,45	103,48
4 metil Pentan 1 olo	155,34	105,03
Esanolo	976,38	926,17
t-3-Esenolo	27,21	82,93
c-3-Esenolo	62,81	80,06
Etil Ottanoato	1960,79	1893,77
Etil-2-OH-4metil Pentanoato	56,03	46,45
Etil-2-Furoato	54,69	n.d.
Etil Decanoato	812,06	624,14
Dietil Succinato	1057,85	1072,53
Etil 9-Decenoato	34,92	51,12
2-Fenil Etil Acetato	365,02	410,38
Etil Dodecanoato	122,20	49,70
Ac. Esanoico	934,15	500,24
2-Fenil Etanolo	15368,52	13850,02
Ac. Ottanoico	1575,37	926,33
Dietil 2-OH- Glutarato	270,55	165,52
Mono Etil 2-OH Glutarato	96,92	66,75
Ac. Decanoico	273,86	218,18

cui vengono liberati nel corso della fermentazione alcolica ad opera dei lieviti con la mediazione di enzimi della classe delle β -liasi (Tomnaga T., 1998). A causa della facile ossidabilità e della reattività nei riguardi di elementi come il rame di queste molecole, per la loro espressione, è stato eliminato questo elemento dai trat-

tamenti antiperonosporici ed è stata messa a punto una tecnica di vinificazione denominata in riduzione, che prevede un limitato contatto con l'ossigeno e l'aggiunta all'uva e al mosto di SO₂ per l'inattivazione delle PPO (polifenol ossidasi) e di acido ascorbico per la difesa dei gruppi tiolici dall'ossidazione (Gibson R.,

2004).

Considerata la possibilità che anche varietà diverse dal Sauvignon bianco e da quelle sopra citate possano essere dotate di precursori degli aromi tiolici, si è iniziato uno studio volto a verificare in quali varietà autoctone, fra quelle coltivate in Sicilia, essi possano essere presenti e a definire protocolli di vi-

nificazione idonei alla loro espressione.

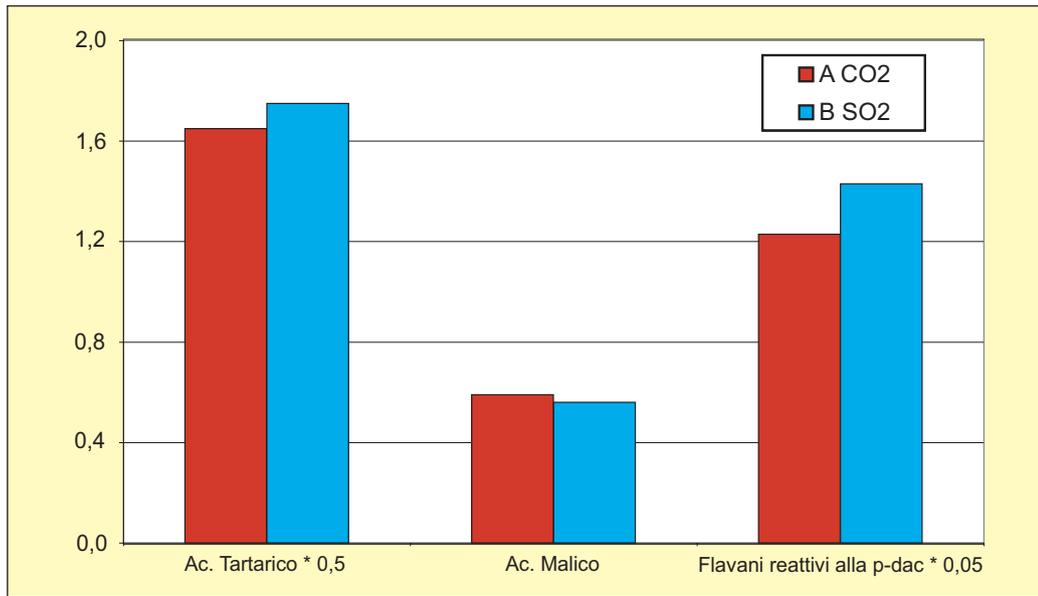
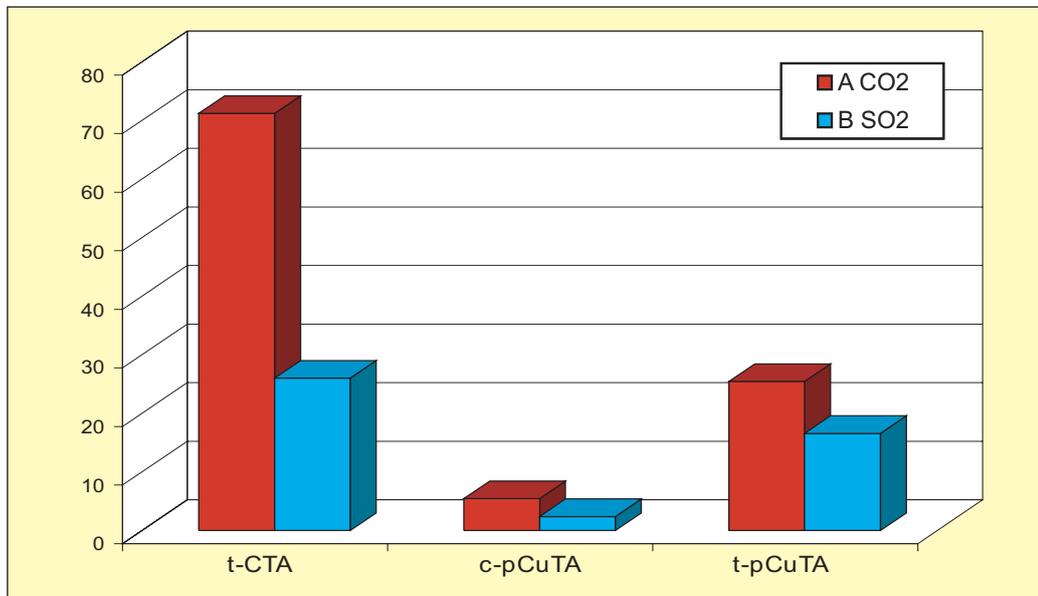
In questo lavoro vengono riportati i risultati delle esperienze condotte sulla cultivar *Grillo*, tradizionalmente impiegata per la produzione di vini Marsala e, più recentemente, di vini bianchi da pasto.

Materiali e metodi

Nella vendemmia 2006, presso l'Az. Agr. Baglio Luna Birgi, Marsala (TP), sono state vinificate uve della cv *Grillo* provenienti da un vigneto del territorio di Marsala, sito in un terrazzo marino a 5 m.s.m., con tessitura franco-sabbiosa, a reazione sub-acida negli orizzonti superiori e debolmente alcalina negli orizzonti inferiori. Il vigneto era allevato a contropalliera, sistema di potatura Guyot, con un carico di 12-15 gemme/ ceppo e una densità d'impianto di 4.000 piante/ha, corrispondente ad un sesto d'impianto di 2,5x1.

Le uve sono state raccolte il 17-settembre in cassette di plastica da 10-12 kg, trasportate in cantina e poste in cella frigo per circa 30 ore ad una temperatura di 8° C. Questa operazione aveva come obiettivo l'ottenimento di un pigiato, da destinare alla macerazione prefermentativa, dotato di una temperatura tale da non richiedere, per il raggiungimento dei 10 °C prefissati per la macerazione, più di un passaggio nello scambiatore di calore, per evitare, una eccessiva estrazione di composti fenolici e per limitare l'attività delle PPO. In pratica, per il raggiungimento della temperatura di 10°C non è stato necessario il passaggio in scambiatore di calore in quanto nelle operazioni successive è stata addizionata CO₂ in fase solida. Dopo refrigerazione la partita d'uva (20 qli) è stata diraspata, pigiata e suddivisa in due serbatoi coibentati:

1. A CO₂: sull'uva all'uscita della pigiatrice sono stati

Fig. 2 - Acidi fissi (g/L) e flavani reattivi alla p-dimetil ammino cinnamal-deide (mg/L) dei vini A CO₂ e B SO₂**Fig. 3 - Acidi idrossi cinnamici dei vini A CO₂ e B SO₂ (mg/L)**

aggiunti 15 g/q di acido ascorbico, 0,8 mL/q di enzimi di macerazione, 0,8 mL/q di enzimi di chiarifica ed inoltre CO₂ solida (1 kg circa) sul pigiato. Sul fondo del serbatoio, prima dell'introduzione del pigiato, è stata aggiunta CO₂ solida (2 kg) e la massa è stata mantenuta per 24 ore alla temperatura di 10 °C. Successivamente il pigiato è stato passato in pressa dove era stata aggiunta CO₂ solida (2 kg), allo scopo di strappare l'O₂ eventualmente presente e limitare le reazioni di ossidazione enzimatica catalizzate dalle PPO. CO₂ soli-

da (2 kg) è stata posta anche nel serbatoio da 10 hL di raccolta del mosto. Effettuata la pressatura ad una pressione max di 0,2 bar, il mosto ottenuto, 6,5 hL, è stato chiarificato per decantazione statica ad una temperatura di circa 10 °C per 20 ore circa, ed il limpido, 6 hL circa, avviato nel vinificatore dove sono stati aggiunti 160 g/hL di acido tartarico, 20 g/hL di fosfato ammonico (DAP) e un pied de cuve di 20 g/hL di lievito secco attivo. Nel corso della fermentazione, a 3 e 8 gradi alcolici, è stato fatto un rimontaggio all'aria di 1/3

della massa con aggiunta di 20 g/hL di DAP.

2. **B SO₂**: rispetto alla prova A CO₂ questa differisce per il tempo di criomacerazione prefermentativa (3 anziché 24 ore) e per l'impiego del metabisolfito di potassio (10 g/q), al posto della CO₂ solida. Inoltre durante la fermentazione sono stati aggiunti 20 g/hL di attivanti (DAP), ma non sono stati effettuati i rimontaggi all'aria.

A fine fermentazione alcolica, entrambe le tesi, sono state lasciate sulle lies per un mese, con risospensione dei lieviti ogni 7 giorni, e nel

mese di dicembre sono stati prelevati campioni dei due vini che sono stati conservati a temperatura di 5 °C, per le analisi chimico-fisiche e sensoriali.

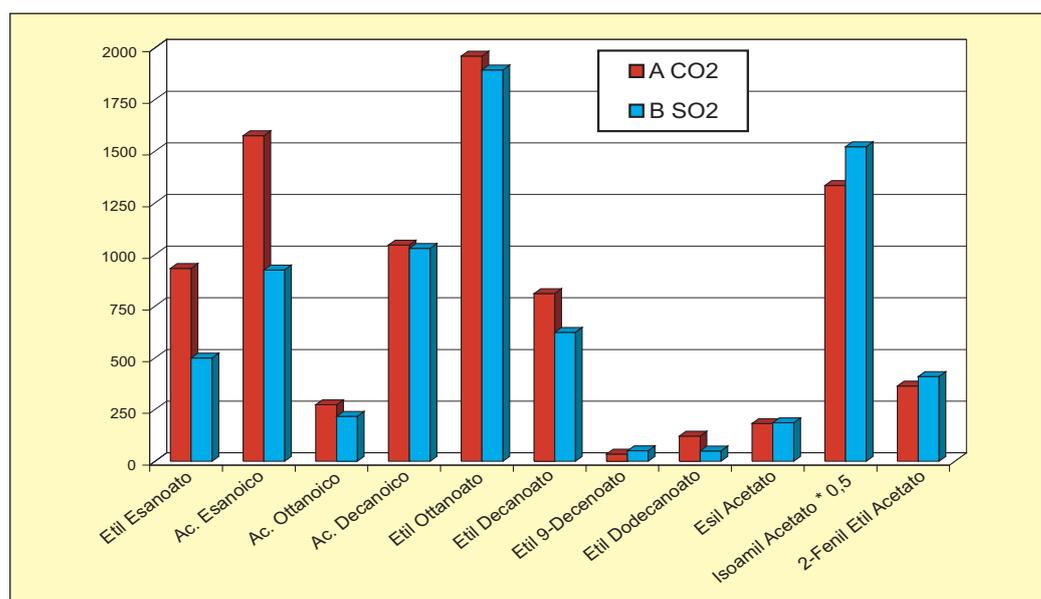
Le determinazioni analitiche di base (grado alcolico, estratto, acidità totale, pH, acidità volatile, potere tampone, SO₂ libera e totale), sono state effettuate secondo i metodi ufficiali CEE (1990), mentre l'alcalinità delle ceneri è stata determinata con il metodo indiretto secondo Usseglio-Tomasset e Garcia Moruno (1995). I flavani reattivi alla p-DMAC (p-dimetilammino cinnamaldehyde) sono stati valutati per spettrofotometria UV-Vis (Di Stefano *et al.*, 1989); gli acidi idrossicinnamici legati all'acido tartarico (HCTA) per HPLC (Di Stefano e Cravero, 1992), gli acidi organici per HPLC (Cane, 1990); i composti volatili liberi (lipofili) per estrazione in fase solida (SPE) e per gas-cromatografia con rivelatori FID e MS (Gianotti e Di Stefano, 1991).

Dopo 6 mesi di conservazione in bottiglia, nel giugno 2007, i vini sono stati sottoposti ad analisi sensoriale, da parte di un panel addestrato costituito da studenti del corso di laurea di Viticoltura ed Enologia di Marsala e da tecnici del settore enologico, effettuando due test discriminanti qualitativi, il duo-trio test ed il test di preferenza. La significatività del duo-trio test e del test di preferenza è stata valutata secondo Roessler E.B. *et al.* (1978).

Risultati e discussione

I dati analitici dei due vini riportati in Fig. 1, evidenziano che le prove A CO₂ criomacerata per 24 ore e B SO₂ criomacerata per 3 ore possiedono simile composizione di base; piccole differenze si rilevano per l'estratto e per l'alcalinità delle ceneri. Inoltre i contenuti di SO₂, libera e totale, sono più alti nella prova B SO₂, dove è stata usata SO₂ al posto della CO₂

Fig. 4 - Acidi grassi ed esteri etilici degli acidi grassi a media catena, acetati degli alcoli di fermentazione dei vini A CO₂ e B SO₂ (µg/L)



solida, per limitare il contatto con l'ossigeno dell'aria e l'attività delle PPO. Dalla Fig. 2 si osserva che la presenza della SO₂ ha determinato, anche con brevi tempi di contatto con le parti solide, un'estrazione di composti fenolici superiore a quella registrata nella prova con CO₂ solida. La differenza appare tanto più importante se si considera che nella prova A CO₂ il mosto è rimasto per un tempo molto più lungo a contatto con le parti solide con possibilità di una maggiore estrazione di polifenoli. Dalla Fig. 3 appare però che la prova A CO₂ possiede un contenuto in acidi idrossicinnamici legati all'acido tartarico sensibilmente maggiore della prova B SO₂. Questo risultato che, apparentemente, sembra in contraddizione con quanto sopra dedotto sull'estrazione dei polifenoli dalle parti solide dell'uva, indica che nella prova A CO₂ l'impiego della CO₂ solida, da sola, ha permesso una efficiente difesa nei riguardi delle PPO.

Pare interessante notare che l'anidride solforosa nella prova B SO₂ non ha inibito del tutto le PPO. Inoltre, che la criomacerazione lunga sia stata condotta in modo corretto e che abbia comportato minimi arricchimenti di polifenoli nel mo-

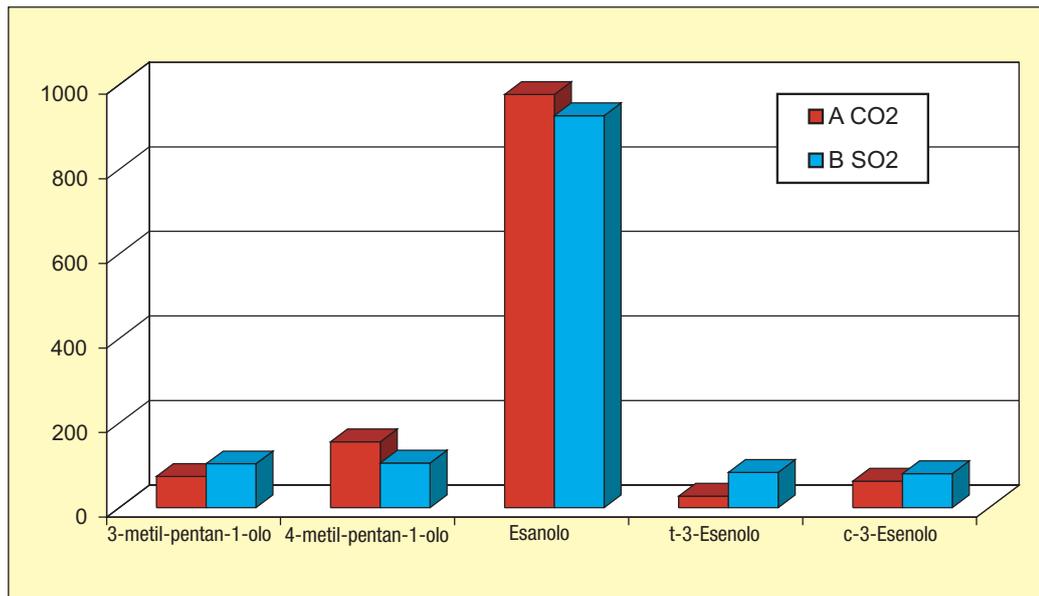
sto e, di conseguenza, nel vino, è dimostrato dal confronto fra i profili degli acidi idrossicinnamici dei due vini. La netta prevalenza dell'acido caffeil tartarico mostra che gli HCTA derivano dalla polpa, piuttosto che dalla buccia dell'uva (in quest'ultima, di solito, il rapporto p-CuTA/CTA è maggiore che nella polpa). Il contenimento delle reazioni di ossidazione enzimatica è una condizione necessaria per la difesa degli aromi tiolici varietali.

Aromi tiolici

La prova A CO₂ presentava un forte odore di buccia di pompelmo e di frutto della passione caratteristico, appunto, della presenza dei tioli varietali, cisteinil derivati. Tali odori erano anche percepibili nettamente, sebbene in minor misura nella prova B SO₂. Tutto questo indica che anche la SO₂ in qualche modo ha difeso i composti in questione dall'ossidazione, ma ha anche indotto una maggior estrazione di composti fenolici e non ha inibito del tutto l'attività delle PPO.

La presenza di aromi tiolici nei vini in esame risulta poco attesa se si tiene conto

dei risultati recentemente pubblicati dal gruppo di Bordeaux (Ribèreau-Gayon et al., 2004). Da tali ricerche emerge che i composti tiolici subiscono una degradazione durante il processo di maturazione spinta e nelle regioni caratterizzate da elevate temperature durante il periodo di maturazione dell'uva. In questa esperienza si è potuto verificare che i composti in questione si formano anche in un ambiente particolarmente caldo come quello di pianura della Sicilia occidentale, esposta però ai venti freddi provenienti da ovest e nord-ovest, e che resistono alla maturazione spinta. Nelle condizioni analitiche adottate non è stata possibile una valutazione di questi composti ma solo di altre sostanze volatili prodotte dall'attività dei lieviti (Tab. 1). Fra questi sono stati determinati quantitativamente gli acidi grassi a media catena, gli esteri etilici degli acidi grassi a media catena, gli acetati degli alcoli di fermentazione (Fig. 4) e prefermentativi (esteri di fermentazione) e alcuni esteri etilici che si formano per reazione fra gli acidi fissi del vino e gli alcoli presenti, in particolare l'etilico (esteri di conservazione). Si osserva che le due prove sono molto ricche di esteri etilici degli acidi grassi a media catena con una leggera differenza a favore della prova A CO₂. Il contenuto in acidi grassi a media catena, invece, non è particolarmente elevato e per gli acidi esanoico e ottanico i rapporti sono diversi da quelli dei corrispondenti esteri. Anche gli acetati degli alcoli superiori, in particolare l'isoamil acetato, sono presenti in quantità elevata e raggiungono i valori massimi nella prova B SO₂. I tenori in esteri acetici ed etilici sono ancora particolarmente alti malgrado siano iniziate in modo importante le reazioni idrolitiche, come prova la presenza in entrambi i campioni di circa 1 mg/L di dietil succinato il cui tenore, appunto è pro-

Fig. 5 - Confronto del contenuto degli alcoli prefermentativi dei vini A CO₂ e B SO₂ (µg/L)

porzionale all'età chimica del vino (intensità delle reazioni idrolitiche e di esterificazione). L'esame dei composti di fermentazione, pertanto, assume significato nella presente esperienza, per la valutazione dell'attività dei lieviti che si può considerare ottimale in quanto ha indotto la formazione di composti sensorialmente attivi, in quantità notevole. Pare, inoltre, interessante osservare che il rapporto trans-3-esenolo/cis-3-esenolo è maggiore di uno nella prova B SO₂ e minore di uno nella prova A CO₂ (Fig. 5). Questo risultato è in accordo con quanto segnalato da Nicolini et al. (1996). Le differenze nei contenuti dei composti prefermentativi, fra le due prove, non sono rilevanti; sia la SO₂ sia la CO₂ solida, sebbene in misura diversa, hanno difeso il mosto dalle ossidazioni, ma non sono riusciti a bloccare le lipossigenasi. I risultati sensoriali di questo lavoro dimostrano, fra l'altro, che, anche nelle condizioni in cui non vengono totalmente inibite le reazioni di ossidazione enzimatiche, i precursori dei composti tiolici possono essere ancora efficacemente protetti. L'aroma tiolico dei due vini era tanto intenso da coprire quello fruttato degli

esteri di fermentazione. Considerato che non è stata possibile la determinazione chimica e fisica dei composti tiolici, la loro valutazione è stata effettuata per via sensoriale. Si tratta di un procedimento corretto utilizzato nella pratica corrente quando il descrittore è particolarmente evidente. La determinazione assume un aspetto quantitativo rigoroso se è possibile una calibrazione del metodo, disponibili i composti da determinare. Nel nostro caso, non disponendo degli standard dei composti responsabili dei descrittori buccia di pompelmo e frutto della passione, si è effettuato un confronto fra le due prove sulla base dell'intensità dei descrittori in questione.

Dopo 9 mesi dalla vendemmia e 6 mesi di conservazione in bottiglia i vini sono stati sottoposti al giudizio di un panel di degustazione per una loro valutazione sensoriale (Fig. 6). Il test utilizzato è stato quello del tipo "Duo-Trio Test"; i dati rilevati confrontati con la tabella di Roessler (1978), hanno mostrato una differenza significativa tra le due prove rilevabile al livello del 1%. La maggior parte degli assaggiatori è stata, di conseguenza, in grado di rilevare le differenze fra i campioni

vinificati con le due tecniche in studio. Mentre il test di preferenza, così come i giudizi sensoriali non hanno evidenziato differenze significative.

Il risultato di questo test indica, come d'altra parte era stato già evidenziato, che sia nella prova A CO₂, sia nella prova B SO₂, sono stati prodotti dai lieviti aromi tiolici. La mancanza di familiarità dei degustatori con tali aromi, tuttavia, ha reso impossibile l'espressione di preferenze significative sulla qualità dei due campioni.

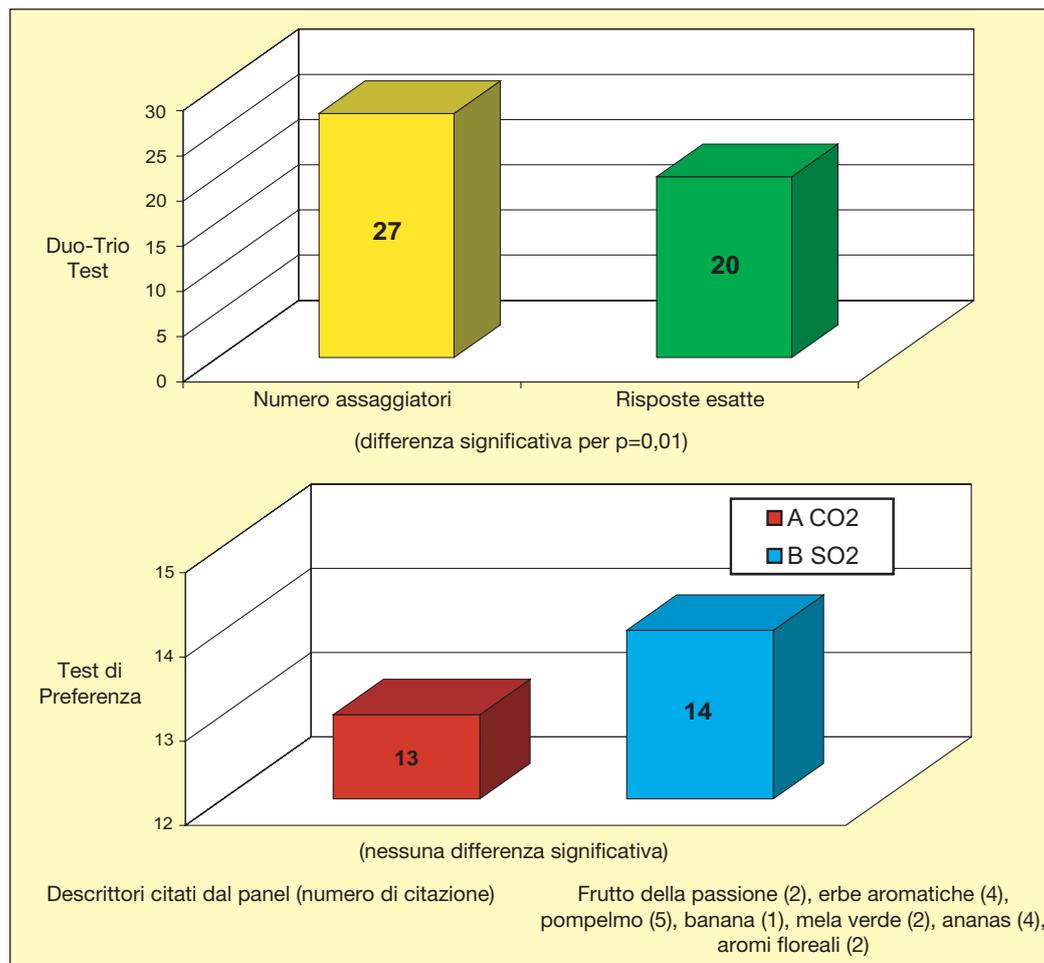
Considerazioni conclusive

I risultati sopra esposti indicano che anche varietà autotone, ritenute non aromatiche, possiedono aromi tiolici che possono essere espressi dall'attività dei lieviti durante la fermentazione. Per l'uva della varietà *Grillo* coltivata in ambienti di pianura, marini, della Sicilia occidentale, tali aromi, della classe dei tioli varietali, sono da riferire, principalmente, ai descrittori buccia di pompelmo e frutto della passione, note olfattive rilevabili, comunemente, nelle varietà alsaziane (Darriet, 1994). Pare importante rilevare che tali aromi sono sta-

ti ottenuti dalla fermentazione di uve ad alto contenuto in zuccheri e che hanno conseguito la maturità in condizioni di temperature esterne particolarmente alte (in cui viene segnalata una loro degradazione). In questo lavoro è stata messa a punto una tecnica di difesa degli aromi tiolici varietali, diversa da quella comunemente usata nella corrente pratica di vinificazione con protezione del mosto dalle ossidazioni enzimatiche. Essa, oltre all'eliminazione dei trattamenti antiparassitari a base di prodotti contenenti rame alla vite, a partire dal mese di giugno, prevede la preraffreddatura delle uve prima della pigiatura, la criomacerazione del pigiato e si avvale non dell'accoppiamento dell'anidride solforosa e dell'acido ascorbico, ma dell'anidride carbonica solida e dell'acido ascorbico per difendere il mosto e i gruppi tiolici dalle ossidazioni. L'impiego di anidride carbonica solida al posto dell'anidride solforosa, consente anche la conduzione della criomacerazione per tempi lunghi, con un arricchimento minimo di polifenoli, a livello di mosto. Infine si può segnalare che l'impiego della CO₂ solida nelle diverse fasi di preparazione del mosto per prevenire le reazioni di ossidazione enzimatiche, non ha pregiudicato l'attività dei lieviti nelle condizioni in cui è stata condotta la fermentazione, ma ha garantito, oltre alla liberazione degli aromi tiolici, la produzione di elevati tenori di esteri di fermentazione e l'inibizione della produzione di tioli maleodoranti.

Riassunto

Nel corso della vendemmia 2006 sono state effettuate prove di vinificazione di uve della cv *Grillo*, con protezione del mosto dalle ossidazioni enzimatiche, al fine di determinare le condizioni più idonee all'espressione di eventuali aromi tiolici presenti in esse sotto forma di precursori non volatili. I risultati ottenuti indicano che,

Fig. 6 - Risultati dei test di Analisi Sensoriali effettuati sui vini A CO₂ e B SO₂

anche varietà autoctone ritenute non aromatiche, possiedono aromi tiolici riferibili, principalmente, ai descrittori buccia di pompelmo e frutto della passione che possono essere espressi dall'attività dei lieviti durante la fermentazione.

La tecnica di difesa degli aromi tiolici varietali messa a punto, oltre all'eliminazione dei trattamenti antiparassitari a base di prodotti contenenti rame alla vite, a partire dal mese di giugno, prevede la prerrefrigerazione delle uve prima della pigiatura, la criomacerazione del pigiato e si avvale non dell'accoppiamento dell'anidride solforosa e dell'acido ascorbico, ma dell'anidride carbonica solida e dell'acido ascorbico per difendere il mosto e i gruppi tiolici dalle ossidazioni. L'impiego di anidride carbonica solida al posto dell'anidride solforosa, ha consentito anche la conduzione della criomacerazio-

ne per tempi lunghi, con un arricchimento minimo in polifenoli a livello di mosto e non ha pregiudicato l'attività dei lieviti, nelle condizioni in cui è stata condotta la fermentazione. ■

Bibliografia

Bassols F., Demole E. (1994) The occurrence of pentane-2-thiol in guava fruit. *J. Essential Oil Res* 6, 481-483.

Cane P. (1990) - Il controllo della qualità dei vini mediante HPLC: determinazione degli acidi organici. *L'Enotecnico*, (1,2): 69-72.

Darriet P. (1994) - Ricerche sull'aroma e sui precursori di aroma nel Sauvignon. Applicazioni tecnologiche. Ph. D Thesis, Ed. Unione Italiana Vini, Milano.

Darriet Ph. (1993) - L'arôme et les précurseurs d'arôme du Sauvignon, Tesi

di dottorato, Université de Bordeaux II.

Demole E., Enggist P., Ohloff G. (1982) - 1-p-Menthene-8-thiol: A powerful flavor impact constituent of grapefruit juice (*Citrus paradisi* Macfayden) - *Acta*, 65 (6), 1785.

Di Stefano R., Cravero M. C. (1992) - The separation of hydroxycinnamates in wine. *Sci. Alim.* (12), 139-144.

Di Stefano R., Cravero M. C., Gentilini N. (1989) - Metodi per lo studio dei polifenoli dei vini. *L'Enotecnico*, 25, (10), 83-89.

Engel K. H., Tressel R. (1991) Identification of new sulfur-containing volatiles in yellow passionfruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) - *J. Agric. Food Chem.*, 1991 (39), 2249-2252.

Gazzetta Ufficiale Ce, n. 272 del 03/10/1990.

Gianotti S., Di Stefano R. (1991) "Metodo per la determinazione dei composti volatili di fermentazione" *L'E-*

notecnico XXVII(10), 61-64.

Gibson R. (2004) - Vinificazione in riduzione dei vini bianchi. - *Vinidea.net* - Rivista internet tecnica del vino, 2004, n. 7.

Günata Z. (1984) - Recherches sur la fraction liée de nature glycosidique de l'arôme du raisin: Importance des terpénylglycosides, action des glycosidases, Thèse Docteur-Ingénieur, Université Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.

Idstein H., Schreier P. (1985) - Volatile constituents from guava (*Psidium guajava*, L.) fruit *J. Agric. Food Chem.*, 33, 138-143.

Nicolini G., Versini G., Amadei E., Dalla Serra A. (1996) - 3-Hexenol isomers in Mueller-Thurgau wines: a 'varietal' characteristic affected by must sulfiting time. *Vitis*: 53/3, 147-148.

Ribèreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A., Dubourdieu D. (2004) - Trattato di enologia II Chimica del vino, Stabilizzazione, Trattamenti - Ed agricole.

Rigaud J., Etievant P., Henry R., Latrasse A. (1986) - Le methoxy-4-methyl- 2-butanethiol-2., un constituant majeur de l'arôme du bourgeon de cassis. *Sci. Aliments*, 6, 213.

Roessler, E.B., Pangborn, R.M., Sidel, J.L. & Stone, H. (1978) - Expanded statistical tables for estimation significance in paired-preference, paired-difference, duo-trio and triangle tests. *Journal of Food Science*, 43, 940-943.

Tominaga T. (1998) - Recherches sur l'arôme variétal des vins de *Vitis vinifera* L. cv. sauvignon blanc et sa genèse à partir de précurseurs inodores du raisin, Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux II.

Usseglio-Tomasset L. (1995) - *Chimica Enologica*, Ed. AEB Brescia.

Winterhalter P. (1993) - Flavour precursors-Thermal and Enzymatic and Enzymatic Conversion, Teranishi R., Takeoka G., Güntert M. Ed., ACS series 490, 98.