INTERAZIONE TRA ZOLFO ELEMENTARE PRESENTE SULL'UVA E FORMAZIONE DI MOLECOLE SOLFORATE IN VINO TEROLDEGO ROTALIANO

PIVA Andrea[1], DIMITRI Gloria[1], ARFELLI Giuseppe[1], MATRICARDI Lucio[2], VARNER Mauro[2], PICHLER Umberto[2], PANGRAZZI Paolo[2]
[1]Dipartimento di Scienze degli Alimenti, Università degli Studi di Teramo
[2]Gruppo Mezzacorona, Mezzocorona, Trento
Autore con cui corrispondere: Andrea Piva (apiva@unite.it)

Lavoro presentato alla 7^ edizione di Enoforum, Arezzo, 3-5 maggio 2011

Introduzione

Lo zolfo è uno degli elementi più presenti in natura e uno dei più importanti per la vita, facendo parte di aminoacidi quali cisteina e metionina che sono cofattori di alcune funzioni vitali.
La presenza di malattie fungine nel vigneto è una delle principali cause di perdite economiche registrate dalla filiera vitivinicola. Per questa ragione diventa importante proteggere le uve da queste avversità, salvaguardando la produzione sia sotto l'aspetto quantitativo, sia sotto quello qualitativo. In effetti, già da tempo è stato evidenziato come l'attacco di questi patogeni influisca negativamente sulle caratteristiche compositive delle uve (Carnacini *et al*., 1988; Amati *et al*., 1996; Piva *et al*., 1996; Piva *et al*., 1999; Piermattei *et al*., 1999).

La difesa della vite nei confronti dell'Oidio è basata, soprattutto nei protocolli di lotta biologica, sull'utilizzo di zolfo elementare. Questa pratica trae la sua motivazione dal fatto che studi condotti alcune decine di anni fa misero in evidenza come il trattamento con zolfo elementare fosse efficace ed economico nel contenimento dell'Oidio (Gump *et al*., 1996).
Il problema potrebbe nascere, nel caso delle uve da vino, dal fatto che gli eventuali residui di zolfo possano portare alla formazione di elevati livelli di composti solforati nei vini finiti. I meccanismi chimico-microbiologici che influenzano tale sentore, sono da tempo studiati, ma solo negli ultimi anni sono state approfondite le implicazioni degli interventi agronomici effettuati in campo (utilizzo del rame e dello zolfo) (Wainwright T., 1970; Rauhut D., 1993; Rauhut *et al*., 1994), assieme alle scelte enologiche prese in fase di vinificazione (selezione del lievito) (Nedjma e Hoffmann, 1996; Howell *et al*., 2006) ed il profilo aromatico del vino (formazione di molecole solforate volatili) (Delfini *et al*., 1976; Bidan e Collon, 1985; Zambonelli, 1988; Dubois P., 1994; Landaud *et al*., 2008).

A tal proposito, la permanenza di prodotti antioidici sulle uve nel corso della maturazione fu studiata già una ventina di anni fa (Thomas *et al*., 1993). Questo studio evidenziò come i livelli di zolfo residuo fossero massimi subito dopo l'ultimo trattamento, ma il loro decremento fosse rapido. Comunque, i residui di zolfo sulle uve erano significativamente più bassi nelle uve non trattate con zolfo in polvere (Thomas *et al*., 1993).

I microbi possono utilizzare lo zolfo per produrre composti organici quali gli aminoacidi solforati, oppure possono ridurlo ed espellerlo (Kappler e Dahl, 2001). I microbi possono anche degradare gli aminoacidi contenenti zolfo per formare solfuri e successivamente altri composti volatili e tioli (Dainty *et al*., 1989; Russell *et al*., 1995; Bonnarme *et al*., 2000; Seefeldt e Weimer, 2000; Morales *et al*., 2005). I lieviti *Saccharomyces cerevisiae* sono responsabili della produzione di molti composti solforati, che influenzano la qualità sensoriale dei vini (Swiegers e Pretorius, 2007). Durante la fermentazione alcolica si può avere una eccessiva produzione di ioni HS-, che porta alla formazione di idrogeno solforato (H_2S) nel vino (Jiranek *et al*., 1995; Spiropoulos *et al*., 2000; Mendes-Ferreira *et al*., 2002; Swiegers *et al*., 2005). La concentrazione di H_2S prodotto dipende dalla presenza nel mosto di composti solforati, di nutrienti, dal ceppo di lievito e dalle condizioni fermentative (Henschke e Jiranek, 1991; Rauhut D,, 1993; Spiropoulos *et al*., 2000). L'idrogeno solforato può essere formato dai lieviti a partire sia da zolfo inorganico, sia da composti organici dello zolfo (Henschke e Jiranek, 1993; Rauhut D,, 1993; Hallinan *et al*., 1999; Spiropoulos *et al*.,

2000). Normalmente, la produzione avviene da zolfo inorganico, in quanto è la forma maggiormente presente nelle uve (Acree *et al*., 1972; Henschke e Jiranek, 1993; Park *et al*., 2000; Moreira *et al*., 2002). Inoltre, quando vi è carenza di fonti azotate, vi può essere produzione di idrogeno solforato libero all'interno delle cellule di lievito, che viene successivamente liberato nel mosto in fermentazione (Vos e Gray, 1979; Henschke e Jiranek. 1991; Giudici e Kunkee, 1994; Jiranek *et al*., 1995, Jiranek *et al*., 1996). Mendes-Ferreira *et al*. (2009), hanno addirittura dimostrato che la concentrazione iniziale di azoto ha un effetto più importante sull'aroma finale del vino rispetto al ceppo di lievito, suggerendo che la modulazione dei nutrienti può essere un utile strumento per produrre gli aromi desiderati.

La correlazione esistente fra la presenza di zolfo elementare sulle uve e la produzione di idrogeno solforato durante la fermentazione alcolica fu studiata ampiamente. Nel 1977 Schütz e Kunkee dimostrarono che la concentrazione di idrogeno solforato era dipendente dal tipo e dal quantitativo di zolfo elementare, oltre che dallo stato ossido-riduttivo del mezzo, dalla concentrazione di etanolo e dalle condizioni fisiologiche del lievito. Viceversa, Thomas *et al*. (1993), provarono che, nelle loro condizioni, il contenuto di zolfo elementare aggiunto al mezzo non era correlato con la quantità di idrogeno solforato prodotto. Nel 1996, Sawyer Ostrom *et al*. trovarono, invece, che vi erano delle differenze fra i vini in funzione dei trattamenti con antioidici, ma che le differenze erano più evidenti a seconda del tipo di lievito utilizzato.

I composti solforati dei vini possono essere divisi in 5 differenti famiglie, a seconda della loro natura chimica, oppure solo in 2 categorie arbitrarie (Chatonnet P., 1993; Anocibar Beloqui e Bertrand, 1995) in funzione del punto di ebollizione (maggiore o minore di 90 °C). Queste sostanze hanno un ruolo importante sulle caratteristiche sensoriali dei vini, ma la loro influenza non è univoca. Infatti, il ruolo delle sostanze solforate può essere sfavorevole (Goniak e Noble, 1987; Colagrande *et al*., 1988; Rauhut *et al*., 1993; Park *et al*., 1994; Alliatta P., 1995; Ribereau-Gayon *et al*., 2004) oppure favorevole (Tominaga *et al*., 1996; Bouchilloux *et al*., 1996; Guedes de Pinho *et al*., 1997; Tominaga *et al*., 1998; Tominaga *et al*., 1998; Bouchilloux *et al*., 1998) per l'aroma del vino.

Nel settore commerciale del vino la tendenza attuale è di proporre vini caratterizzati da tipici sentori varietali ed equilibrio organolettico, in ragione della richiesta del consumatore sempre più orientata verso l'assenza di difetti, una maggior "franchezza aromatica", ovvero l'assenza di aromi e sentori che interferiscono negativamente con la "pulizia" di un vino. La presente indagine ha quindi voluto verificare:

a. l'influenza dei trattamenti con zolfo elementare sulla concentrazione di zolfo nelle uve al momento della raccolta (in funzione di epoca e intensità del trattamento);
b. la relazione fra la concentrazione di zolfo presente nelle uve e quella di alcuni composti solforati;
c. l'influenza del ceppo di lievito sulla produzione di composti solforati;
d. la presenza del sentore di ridotto in ragione delle variabili precedentemente considerate.

Materiali e metodi

Zolfo e uve (vendemmie 2006-2007)

La varietà oggetto di studio è stata il Teroldego Rotaliano, vitigno autoctono a bacca rossa coltivato nella Piana Rotaliana in provincia di Trento, nei comuni di Mezzocorona, Mezzolombardo e Grumo-San Michele all'Adige.

Nell'annata 2006 è stato monitorato lo zolfo residuo in campioni di uve ottenute da vigneti provenienti da un'ampia area produttiva della Piana Rotaliana, appartenenti ad appezzamenti di proprietà di soci del Gruppo Mezzacorona. Questi vigneti sono stati sottoposti a trattamenti antioidici, seguendo il calendario utilizzato negli ultimi dieci anni (calendario "storico"). Pertanto il trattamento in campo ha previsto una somministrazione dello zolfo da solo (500 g/hL) fino alla fine di maggio, seguito poi da somministrazioni di zolfo (200 g/hL) in associazione con altri prodotti

specifici da giugno fino ad un mese prima della vendemmia, con una quantità totale di zolfo somministrata intorno a 45 kg/ha.
Tale protocollo "storico" è stato utilizzato negli ultimi dieci anni, per assicurare il controllo ottimale dell'oidio e per massimizzare la qualità sanitaria dell'uva al momento della vendemmia, in relazione alle condizioni ambientali che caratterizzano l'area di studio e all'epidemiologia della malattia (Ponti e Laffi, 1982; Goidanich G., 1983; Gadoury e Pearson, 1988; Hill G., 1990; Vicinelli e Brunelli, 1993;).

Nell'annata 2007 la sperimentazione ha previsto la valutazione della relazione tra quantità di zolfo distribuita in campo e la quantità residua sull'uva, relativamente ad un solo vigneto, suddiviso in tre parcelle, dove è stata effettuata difesa antioidica con zolfo. Utilizzandolo da solo (bagnabile all'80%), in concentrazioni di 400–500 g/hL (da 4,8 a 6 Kg/ettaro), nei primi trattamenti fino alla fioritura, ed in miscela con antioidici specifici, con dosaggi di 200–300 g/hL (da 2,4 a 3,6 Kg/ha), fino al momento della raccolta.
In particolare sono state considerate tre tesi sperimentali diversificate in funzione dei trattamenti effettuati:

I) Trattamenti a base di zolfo fino alla fioritura (4 trattamenti);
II) Trattamenti a base di zolfo fino alla fine di giugno (8 trattamenti);
III) Trattamenti a base di zolfo per tutta la stagione (fino ad un mese circa prima della vendemmia): calendario storico.

I trattamenti sono stati effettuati direttamente dal personale dell'azienda utilizzando un normale atomizzatore ed ogni intervento è stato eseguito con circa 12 hL/ha di miscela.

Il campionamento è stato effettuato cercando di garantire la massima rappresentatività per ogni appezzamento considerato, raccogliendo, in doppio, 30 grappoli per particella. I grappoli sono stati prelevati in diversi punti degli appezzamenti, tenendo conto sia delle loro dimensioni spaziali, sia delle difformità riscontrate in questi, come differenze di struttura e composizione del suolo, esposizione o altimetria.
Le analisi sono state condotte presso il Laborotario Controllo Qualità del Gruppo Mezzacorona.
I campioni di uva, diraspati manualmente e frullati, sono stati divisi in due aliquote ed un'aliquota, pari a 10 grammi, è stata addizionata di una uguale quantità di farina di diatomee.
L'estrazione dello zolfo ha previsto l'aggiunta di 100 mL di diclorometano (CH_2Cl_2) al campione, omogeneizzazione con UltraTurax (22000 giri per un minuto) e successiva filtrazione su carta. La parte solida separata è stata sottoposta per altre 2 volte a lavaggio con diclorometano, ripetendo la fase di estrazione ed aggiungendo il liquido di lavaggio al campione già estratto.

L'estratto, quindi, è stato portato a secco mediante rotavapor a 70÷75 °C, è stato aggiunto di 1,5 mL di diclorometano e trasferito in vial per la successiva analisi in HPLC (cromatografia liquida ad alta prestazione). È stato utilizzato un cromatografo HP Agilent 1050 series HPLC, con rivelatore UV-VIS e le condizioni di analisi sono state le seguenti:

- colonna: Agilent Hipersyl ODS 4.6 x 200 mm (5 µm);
- volume iniettato: 10 µl;
- fase mobile: metanolo 100% (analisi isocratica);
- flusso: 1,3 ml/min;
- temperatura della colonna: 40 °C;
- lunghezza d'onda: 260 nm;
- tempo di ritenzione: 3,6 minuti.

È stata costruita una retta di calibrazione utilizzando soluzioni standard di zolfo, utilizzata poi per la determinazione della concentrazione (ppm) dello zolfo colloidale residuo nel campione.

Zolfo e vino (vendemmia 2008)
Uve di Teroldego, provenienti dalla vendemmia 2008, sono state vinificate presso la cantina del Gruppo Mezzacorona. E' stato applicato un protocollo classico che ha previsto: pigiadiraspatura, fermentazione alcolica con macerazione (10 giorni), utilizzo di lieviti selezionati, temperatura di fermentazione di 25 °C, rimontaggi automatici (tre al giorno per la durata ognuna di 20 minuti),

fermentazione malolattica con aggiunta di batteri selezionati e successivo stoccaggio in vasche di acciaio.

Per valutare l'importanza del lievito sulla formazione delle molecole solforate, sono stati messi a confronto 7 diversi ceppi di lievito commerciali che verranno codificati di seguito come C01, C02, C03, C04, C05, C06, C07, ampiamente utilizzati nella vinificazione delle uve rosse.
La determinazione dello zolfo elementare è stata effettuata prelevando un congruo campione di bucce dopo omogeneizzazione della massa e prima dell'aggiunta dei lieviti. Al termine della fermentazione alcolica, è stata effettuata la determinazione di due specifici composti solforati, etiltioacetato (EtSAc) e metiltioacetato (MeSAc). Tali molecole, secondo diversi studi (Rauhut D., 1993; Rauhut e Kürbel, 1994; Olavi *et al*., 1980; Jiranek *et al*., 1995; Swiegers *et al*., 2007; Mestres *et al*., 2000), possono essere considerate indicatori di una forte produzione di idrogeno solforato e di predisposizione di un vino rosso a manifestare aromi solforati. Infatti, è stato dimostrato come gli esteri dell'acido tioacetico possano lentamente idrolizzare in vino, dando origine a forme solforate come il metil ed etil mercaptano (Rauhut *et al*., 1996; Leppanen *et al*., 1980), responsabili del difetto di ridotto. Quest'ultimo può aumentare durante lo stoccaggio di un vino, sia in vasca di acciaio che durante la conservazione in bottiglia. Inoltre, il trattamento con solfato di rame, normalmente utilizzato per ridurre tale difetto, rimuove solo l'idrogeno solforato, mentre i mercaptani e gli esteri dell'acido tioacetico restano nel mezzo (Zoecklein B., 2007; Nedjima e Hoffmann, 1996; Rauhut *et al*., 1996; Leppanen *et al*., 1980).

La determinazione dei composti solforati nel vino è stata eseguita mediante analisi gascromatografica con rivelatore di massa abbinato alla tecnica di estrazione SPME adattando la metodica riportata da Fedrizzi *et al*., (2007). È stato utilizzato un gascromatografo Agilent 7890A, con rivelatore di massa 5975C e le condizioni di analisi sono state:

- Programmata di temperatura: 5 min a 35°C; rampa di 1°C/min fino a 40°C; rampa di 10°C/min fino a 250°C
- Flusso di gas carrier elio: 1.4 ml/min
- Temperatura della tranfert line: 220°C
- Colonna: DBWAX 60m x 320 um x 0.25 um
- Inlet: splitless mode
- Analisi eseguita in modalità SIM: per Etiltioacetato ione 104; per metiltioacetato ione 90

Le condizioni di estrazione con SPME sono state le seguenti:

- Fibra CAR/PDMS/DVB 2 cm
- Estrazione in spazio di testa per 1800 secondi a 35°C
- Desorbimento per 400 secondi

Inoltre, è stata effettuata una valutazione sensoriale, attraverso analisi qualitativa descrittiva (QDA), utilizzando una scala astrutturata in un range da 0 a 5 ed un numero di 8 assaggiatori, tecnici e chimici del gruppo Mezzacorona.
Tutti i dati analitici sono stati studiati statisticamente, utilizzando il programma STATISICA 8 (Statistica software, Tulsa, Oklahoma, USA).

Discussione dei risultati

Zolfo e uve

In tabella 1 sono riportati i valori di zolfo residuo sui campioni di uve della vendemmia 2006. Si osserva che la quantità di zolfo distribuita nel corso di una stagione vegetativa della vite varia fortemente da pochi chili (6 kg/ha) fino a quantità importanti di 48.6 kg/ha.

Come era logico attendersi, la relazione tra la quantità dello zolfo residuo e quella somministrata in campo, prima della fioritura, ha mostrato una correlazione non significativa (R^2 = 0.2639). È stata, quindi, considerata solo la quantità di zolfo distribuita in campo dopo la fioritura, in quanto quella distribuita prima, viene generalmente dilavata e non si accumula sull'uva, perché ancora non presente. Pertanto, il trattamento pre – fioritura non influenza né la concentrazione finale di zolfo

residuo sull'uva al momento della vendemmia, né la possibile formazione di aromi solforati nel vino.

Tabella 1 - Concentrazione di zolfo (ppm) in campioni di uve Teroldego (2006).

*Zolfo residuo (ppm) **	*Data ultimo trattamento*	*Numero di Giorni ***	*Zolfo totale (Kg/ha)*	*Zolfo dopo fioritura (Kg/ha) #*
0,1	14-apr	136	0,0 *(a)*	0,0 *(a)*
0,2	18-mag	102	19,2	4,8
0,6	25-giu	64	28,8	14,4
2,1	27-lug	32	36,0	21,6
0,1	17-mag	103	20,4	4,8
0,7	14-giu	75	27,6	12,0
0,5	19-giu	70	29,7	13,5
0,7	29-giu	60	27,6	15,6
0,1	27-apr	123	6,0	0,0
0,2	14-mag	106	8,4	0,0
0,1	14-apr	136	0,0 *(a)*	0,0 *(a)*
0,1	01-mag	119	11,4	0,0
0,7	16-lug	43	33,9	14,7
0,2	13-giu	76	13,2	2,4
0,3	01-lug	58	31,7	6,2
0,3	02-mag	118	12,0	0,0
1	25-giu	64	48,6	18,6
1	30-giu	59	24,0	14,4
1	07-lug	52	34,8	21,6
0,4	27-giu	62	27,0	15,0
0,4	28-giu	61	32,4	19,2
0,4	16-giu	73	28,8	15,6

(*) Media di due repliche, (**) dall'ultimo trattamento alla data campionamento, (#) dalla piena fioritura alla raccolta, *(a)* testimone non trattato.

Mettendo in relazione la concentrazione del residuo di zolfo sui campioni di uva in funzione dei chilogrammi/ettaro di zolfo colloidale utilizzato dopo la fioritura (figura 1), è possibile notare un aumento proporzionale del residuo di zolfo nell'uva e nei mosti, all'aumentare dei dosaggi dei trattamenti. Statisticamente, l'andamento è rappresentato da una funzione esponenziale (y = 0.1123*e^0.1188) e risulta essere significativo considerando l'alto valore del coefficiente di determinazione della funzione di interpolazione dei dati analitici (R^2 = 0.8663). Esiste dunque, una buona correlazione tra lo zolfo distribuito in

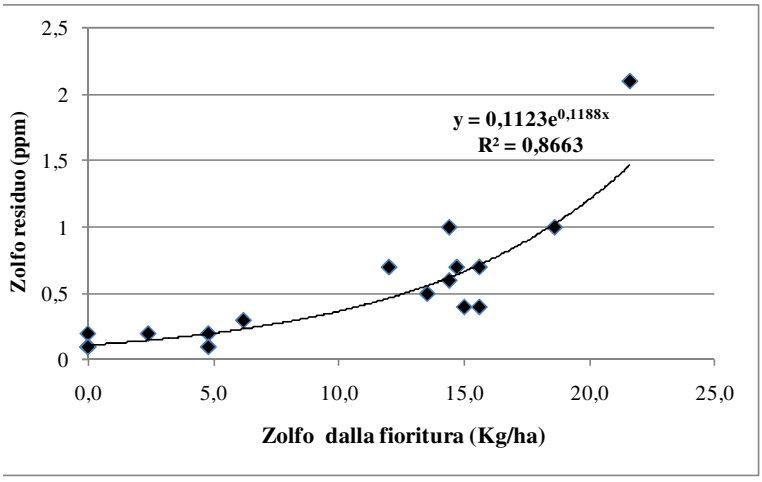

Figura 1 - Variazione dello zolfo residuo in funzione della quantità di zolfo somministrato a partire dalla fioritura (2006).

campo dopo la fioritura e la quantità di quello elementare riscontrato sull'uva al momento della vendemmia.

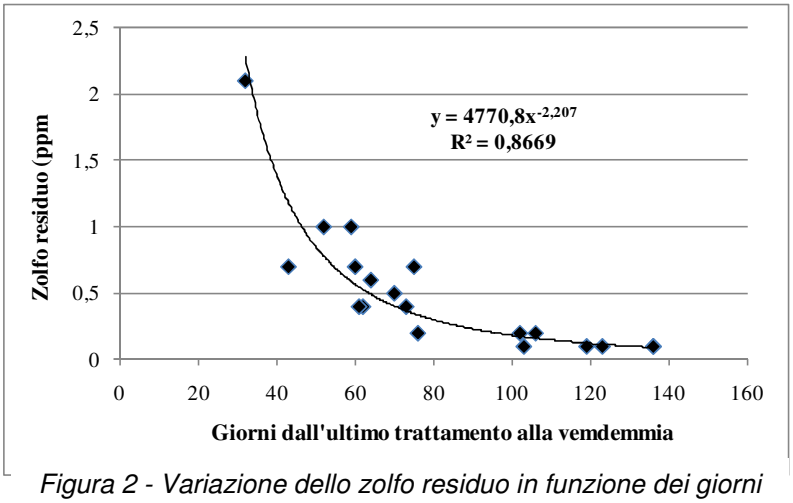

Figura 2 - Variazione dello zolfo residuo in funzione dei giorni che intercorrono dall'ultimo trattamento alla vendemmia (2006).

In figura 2 è riportata graficamente la concentrazione del residuo di zolfo in uve e mosti in funzione del numero di giorni passati dalla data dell'ultimo trattamento fino a quella del campionamento. Anche in questo caso è stata individuata la funzione di interpolazione dei dati (y = 4770,8x^-2.207) che descrive bene il fenomeno osservato (R^2 = 0.8669). Lo zolfo elementare residuo diminuisce all'aumentare del numero di giorni trascorsi dall'ultimo trattamento alla data di campionamento, coincidente con la vendemmia. Inoltre, quanto più le due date sono vicine tra loro, tanto maggiore sarà il residuo sul prodotto.

In figura 3 sono stati messi in relazione i ppm di zolfo residuo determinati analiticamente (asse "*y*"), i chilogrammi/ettaro di zolfo utilizzati dalla piena fioritura alla raccolta (asse "*x*") ed il numero di giorni trascorsi dall'ultimo trattamento effettuato fino alla data del campionamento (asse "*z*"). È possibile notare come i campioni vengano raggruppati in funzione di valori residuali di zolfo elementare alti (1÷2.1 ppm), intermedi (0.4÷1) e bassi (0.1÷0.4 ppm). I campioni con concentrazione di zolfo residuo elevata risultano essere quelli derivanti da appezzamenti sottoposti a numerosi trattamenti antioidici a base di zolfo colloidale e trattati con dosi di zolfo superiori a 20 kg/ettaro, dalla fioritura fino al momento della vendemmia. Al contrario, i campioni con residui bassi derivano da particelle o appezzamenti trattati con dosi totali di zolfo inferiori a 7 kg/ettaro e campionati oltre 60 giorni dalla data dell'ultimo trattamento. Inoltre, a parità di quantità totale di zolfo somministrato in vigna (21,7 kg/ha), è stato verificato come l'interruzione del trattamento con zolfo a 55 giorni invece che 26 giorni prima della vendemmia, determini una diminuzione dello zolfo residuo sull'uva, passando da 2.1 a 1.1 mg/L.

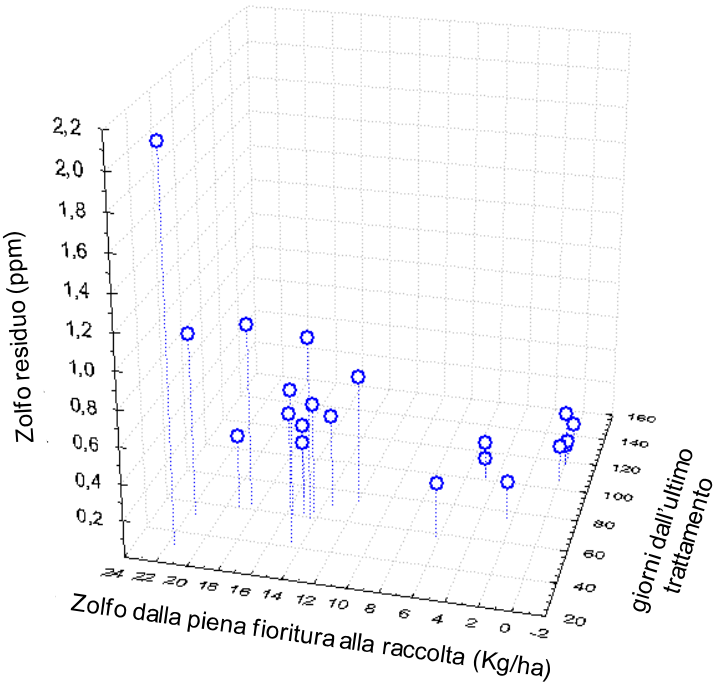

Figura 3 - Scatteplot della variazione dello zolfo residuo nelle uve in funzione di quello somministrato dalla piena fioritura e dei giorni che intercorrono dall'ultimo trattamento alla vendemmia (2006).

In tabella 2 sono riportati i risultati della sperimentazione effettuata nell'anno 2007 ed anche in questo caso è confermato quanto fin qui esposto per la vendemmia 2006.

Tabella 2 - Concentrazione di zolfo (ppm) in campioni di uve Teroldego (2007).

TESI	Zolfo elementare somministrato (kg/ha)	Zolfo elementare somministrato dopo fioritura (kg/ha)	Data ultimo trattamento	n. giorni dall'ultimo trattamento alla vendemmia	Zolfo residuo (ppm)
I	19,2	4,8	18-mag	102	0,1
II	28,8	14,4	25-giu	64	1,1
III	36,8	21,6	27-lug	32	4,9

Infatti, all'aumentare dello zolfo somministrato e al diminuire dei giorni dall'ultimo trattamento alla vendemmia, aumenta lo zolfo residuo. In particolare, la tesi III, dove è stato applicato il protocollo "storico" (zolfo distribuito dopo fioritura pari a 21,6 kg/ha), mostra il più alto valore di zolfo residuo (4,9 mg/L), in quanto è stata sottoposta al trattamento più tardivo (fine Luglio) e con un minore numero di giorni alla vendemmia. Invece, la tesi II evidenzia come dimezzando il quantitativo di zolfo somministrato in fase post fioritura ed effettuando l'ultimo trattamento 60 giorni prima della vendemmia, si riduce di circa 4,5 volte il quantitativo di zolfo residuale. Inoltre, Alcuni Autori (Rauhut D., 1993; Rauhut *et al.*, 1993; Rauhut *et al.*, 1994; Rauhut *et al.*, 1996; Schutz e Kunkee, 1977), hanno evidenziato come esista una relazione tra lo zolfo presente sull'uva e la comparsa di difetti nel vino. In particolare concentrazioni critiche (3 ÷ 5 mg/L) di zolfo residue sull'uva possono determinare la comparsa di aromi solforati, che influenzano negativamente la qualità sensoriale di un vino. Questa constatazione è stata di estrema utilità per considerare l'applicazione di un nuovo piano di difesa antioidica, diminuendo lo zolfo bagnabile somministrato ed utilizzandolo in sinergia con altri prodotti antioidici specifici, come provato dalla tesi II, che rappresenta dunque l'attuale protocollo adottato dai soci del Gruppo Mezzacorona.

Zolfo e vino

La concentrazione dello zolfo nei campioni di uva è una variabile indipendente dal ceppo di lievito, in quanto tale composto deriva dalle pratiche agronomiche effettuate direttamente in campo e dalle operazioni di solfitazione effettuate in fase di vinificazione. Le variabili dei composti solforati e sentore di ridotto sono fortemente legate all'attività metabolica dei lieviti, come riportato dai numerosi lavori di ricerca (Wainwright T., 1970; Mestres *et al.*, 2000; Swiegers e Pretorius, 2007; Landaud *et al.*, 2008; Rauhut *et al.*, 1993; Rauhut *et al.*, 1994; Jiranek *et al.*, 1995).

Inoltre, ogni ceppo utilizzato ha permesso di ottenere un numero di casi (singole vinificazioni), non paragonabili tra loro. Pertanto, non è stato possibile eseguire un'analisi statistica di tipo non parametrico. È stata, dunque, effettata una stima lineare della variazione dei composti solforati in funzione dello zolfo presente. Sono stati così individuati i coefficienti angolari, i termini noti delle rette stimate e le relative deviazioni standard, i gradi di libertà e il *p-level* per tutte le tesi "ceppo" monitorate. Questi parametri statistici sono stati poi utilizzati per il calcolo delle differenze statisticamente significative tra i lieviti, attraverso il test delle differenze a coppia, considerando una significatività superiore al 95%. È stato possibile quindi, individuare differenze statisticamente significative tra i ceppi di lieviti, come riportato in tabella 3.

I lieviti dei ceppi C02 e C06 risultano differenti dagli altri, essendo deboli produttori di composti solforati, come evidenziato dai rispettivi coefficienti angolari (*m*), più bassi rispetto agli altri. Al contrario, i ceppi C01, C03 e C05, caratterizzati da una maggiore pendenza della curva, risultano essere responsabili di una massima predisposizione a produrre composti solforati. I ceppi C04 e C07 hanno caratteristiche intermedie. Si evince quindi che i lieviti possono differenziare quali-quantitativamente i composti solforati presenti al termine della fermentazione alcolica, attraverso il loro differente metabolismo. Ciò non stupisce in quanto già evidenziato da altri Autori (Nicolini *et*

al., 2009; Linderholm *et al*., 2007; Molina *et al*., 2007; Howell *et al*., 2005; Albers *et al*., 1996; Karagiannis e Lanaridis, 1999).

Tabella 3 - Valori statistici provenienti dalla stima lineare (variabili zolfo residuo e sommatoria dei composti solforati) e significatività statistica ottenute con il test delle differenze a coppie.

DIFFERENZE STATISTICHE *(p-level<0.005)*	LIEVITO	GRADI DI LIBERTA' (t-2)	*m*	Dev. St. *m*	*q*	Dev. St. *q*
A	C03	11	105.544	21.479	4.203	16.746
A	C01	5	105.377	20.551	13.798	22.243
A	C05	7	98.845	4.157	11.697	5.028
AB	C04	2	95.267	2.670	10.878	3.059
B	C07	11	88.482	6.487	17.061	9.167
C	C02	6	78.622	23.227	26.064	25.317
C	C06	19	65.968	10.031	29.814	9.650

Questa classe di composti è strettamente correlata alle caratteristiche sensoriali del vino (Christopher *et al*., 1999; Mestres *et al*., 2000; Swiegers *et al*., 2007, Rauhut *et al*., 1993, Rauhut *et al*., 1994). Pertanto è stata studiata la relazione tra la variabile sensoriale di intensità di ridotto percepita e quella strumentale della concentrazione della sommatoria dei composti solforati (metil ed etiltioacetato). Il grafico riportato in figura 4, mostra come esista una buona relazione lineare tra le due variabili osservate (retta: *y = 0.0162x-0.19049*), ed il coefficiente di determinazione della retta di interpolazione elevato (R^2 = 0.8329) mostra un'alta correlazione. Pertanto, all'aumentare dei composti solforati (etiltioacetato e metiltioacetato) aumenta proporzionalmente il punteggio di intensità di ridotto attribuita dai giudici.

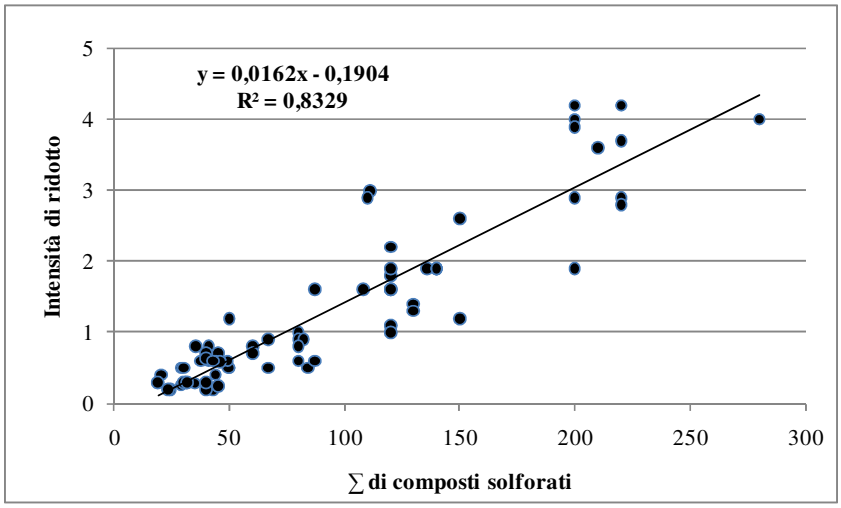

Figura 4 - Regressione lineare della variabile sensoriale "intensità di ridotto" in funzione della variabile analitica "∑ dei composti solforati" (espressi in µg/L).

Come si può notare ed in accordo con quanto riportato in bibliografia (Mestres *et al*., 2000; Landaud *et al*., 2008; Dietrich H.H., 1987; Henschke e Jiranek, 1991; Lavigne *et al*., 1992), la percezione del difetto di ridotto è stata riscontrata già a partire da concentrazioni di MeSAc e di EtSAc di 50 µg/L. E' altresì interessante notare che la concentrazione di molecole solforate può raggiungere i 250 µg/L, in accordo con quanto riportato da altri autori (Mestres *et al*., 2000; Howell *et al*., 2005; Mestres *et al*., 1999), con un impatto aromatico fortemente negativo evidenziato da alti valori dell'intensità del sentore di ridotto.

In figura 5 sono riportati gli andamenti delle variazione dei composti solforati in funzione dello zolfo presente per i sette ceppi di lievito utilizzati. A concentrazione di zolfo basse (S < 0,7 mg/L), tutti i lieviti mostrano un simile comportamento, con produzioni di etil e metiltioacetato intorno ai 50 µg/L. Mentre in corrispondenza di valori superiori a 1,2 mg/L, è possibile osservare una significativa differenza tra i ceppi, in funzione del loro differente metabolismo (andamento delle singole curve). Pertanto, il ceppo di lievito utilizzato potrebbe essere determinante sul profilo aromatico del vino e sul suo valore commerciale.

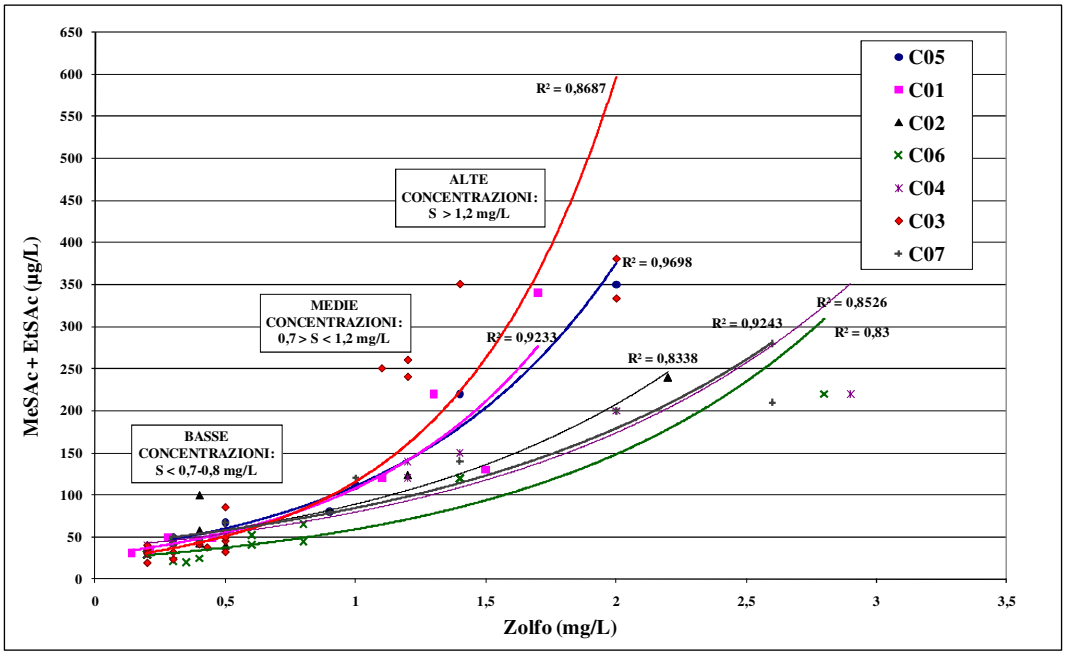

Figura 5: Andamento della produzione di composti solforati in funzione dello zolfo residuo per i 7 ceppi di lieviti.

Conclusioni

La tendenza attuale è di proporre vini caratterizzati da tipici sentori varietali ed equilibrio organolettico. Alla luce dei risultati emersi si può affermare che, se la difesa delle uve dai patogeni è un requisito imprescindibile per la qualità delle stesse e dei vini che ne derivano, la strategia di difesa va ottimizzata per non incorrere in deprezzamenti qualitativi del prodotto finito.
Nello specifico si può affermare che i trattamenti con zolfo elementare sono da limitare dalla fioritura all'invaiatura e da evitare dall'inizio dell'invaiatura fino alla raccolta, garantendo la sanità dell'uva con l'applicazione di antioidici specifici. Qualora ciò non sia possibile, la scelta di ceppi di lievito in grado di produrre bassi tenori di sostanze solforate diviene un aspetto indispensabile per mantenere il profilo aromatico stabile sia durante la fase di stoccaggio sia durante tutta la vita commerciale del prodotto.

Potrebbe essere pensata una strategia di trattamento antiparassitario in grado di non influenzare negativamente le caratteristiche sensoriali dei vini, come avvenuto in studi recenti nel controllo della Peronospora (González-Rodríguez *et al.*, 2011).
Da ciò emerge la necessità, per il settore enologico, da un lato di razionalizzare l'utilizzo dello zolfo in sinergia con antioidici specifici, e dall'altro di ottimizzare la scelta del ceppo di lievito in relazione alla specifica composizione del mezzo e allo specifico metabolismo dello zolfo tipico di ogni singolo lievito commerciale.

L'obiettivo principale resta dunque quello di effettuare scelte tecnologiche che esaltino il carattere tipico del vitigno Teroldego Rotaliano e garantiscano l'assenza di anomalie aromatiche causate dalla presenza di molecole solforate indesiderate, nel corso dell'intera filiera di produzione e di commercializzazione.

Bibliografia

AcreeT.E., Sonoff E.P., Splittstoesser D.F. (1972). Effect of yeast strain and type of sulfur compound on hydrogen sulphide production. *Am. J. Enol. Viticult.*, 23, 6-9.
Albers E., Larsson C., Liden G., Niklasson C., Gustafsson L. (1996). Influence of the nitrogen source on Saccharomyces cerevisiae anaerobic growth and product formation. *Appl. Envir. Microb.*, 10, 3187-3195.
Alliatta P.(1995). Difetti nell'aroma dei vini causati da composti solforati. *Vignevini,* 11: 53-58.
Amati A., Piva A., Castellari M., Arfelli G., (1996). Preliminary studies on the effect of *Oidium tuckeri* on the phenolic composition of grapes and wines. *Vitis*, 35 (3), 149-150.
Anocibar Beloqui A., Bertrand A. (1995). Study on sulfur compounds in wine: preliminary results. *Ital. J. Food Sci.*, 93, 279-289.
Bidan P., Collon Y.(1985). Mètabolisme du soulfre chez la levure. *Bulletin de l'O.I.V.* 652-653 e 544-563.
Bonnarme P., Psoni L., Spinnler H.E. (2000). Diversity of L-methionine catabolism pathways in cheese-ripening bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66, 5514-5517.
Bouchilloux P., Darriet Ph., Dubourdieu D. (1996). Mise au point d'une méthode de dosage de la 4-mercapto-4-methypentan-2-one dans les vins de Sauvignon. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 30, 23-29.
Bouchilloux P., Darriet P., Henry R., Lavigne V., Dubourdieu D. (1998). Identification of volatile and powerful odorous thiols in Bordeaux red wine varieties. *J. Agric. Food Chem.*, 46, 3095-3099.
Carnacini A., Zironi R., Arfelli G., Amati A., (1988). Quelques effets œnologiques de la lutte antiparasitaire en viticulture. Atti del Symposium Internazionale "*Problémes Phytosanitaires et Prospectives de Lutte Integrée en Viticulture*", Lisbona, 6-9 giugno.
Chatonnet P. (1993). Les Adquisitions Récentes en Chromatographie du Vin - Applications à l'Analyse Sensorielle des Vins, *Tec & Doc. Lavoisier*, Paris, pag. 121.
Christopher P.H., Saul D.J., Jiranek V. (1999). Differential utilization of sulphur compounds for H2S liberation by nitrogen starved wine yeasts. *Austr. J. Grape & Wine Res.*, 5: 82-90.
Colagrande O., Mazzoleni V., Silva A. (1988) Genese des odeurs et goùts anormaux des vins. *R.F.d'OE.*, 115: 27-38.
Dainty R.H., Edwards R.A., Hibbard C.M., Marnewick J.J. (1989). Volatile compounds associated with microbial growth on normal and high pH beef stored at chill temperatures. *J. Appl. Bacteriol.*, 66, 281-289.
Delfini C., Gaia P., Bosia P.D. (1976). Formazione di anidride solforosa e di acido solfidrico da parte dei lieviti nel corso della fermentazione alcolica. *Vini d'Italia XVIII*, 251-264.
Dietrich H.H. (1987) *Mikrobiologie des weines*. Verlag Eugen Ulmer, 2^{a} Ed. Ulmer Stuttgart.
Dubois P. (1994). Les aròmes des vins et leur defauts. *R.F.d'OE.*, 146: 39-50.
Fedrizzi B., Magno F., Moser S., Nicolini G., Versini G., (2007). Concurrent quantrification of light and heavy sulphur volatiles in wine by headspace solid-phase microextraction couplet with gas chromatrography/mass spectrometry. *Rapid Commun. Mass. Spectrom.*, 21, 707-714
Gadoury D.M., Pearson R.C. (1988). Initiation, development, dispersal end survival of clestotecia of Uncinula necator in New york vineyards. *Phytopatology*, 78: 1413-1421.
Giudici P., Kunkee R.E. (1994). The effect of nitrogen deficiency and sulfur-containing amino acids on the reduction of sulfate to hydrogen sulfide by wine yeasts. *Am. J. Enol. Vitic.*, 45, 107-112.
Goidànich G. (1983). *Manuale di patologia vegeta*tale. Volume I Edizioni Agricole, Bologna, 338-342.
Goniak O.J., Noble A.C. (1987). Sensory Study of Selected Volatile Sulfur Compounds in White Wine. *Am. J. Enol. Vitic.*, 38, 223-227.
González-Rodríguez R.M., Noguerol-Pato R., González-Barreiro C., Cancho-Grande B., Simal-Gándara J. (2011). Application of new fungicides under good agricultural practices and their effects on the volatile profile of white wines. *Food Research International*, 44, 397-403.
Guedes de Pinho P., Anocibar Beloqui A., Bertrand A. (1997). Detection of a sulfur compound responsible for the typical aroma of some non *Vitis vinifera* wines. Sci. Aliments, 17, 341-348.
Gump B., Wahlstrom V., Pham R., (1996). Determination of sulphur residues on grapes using flame atomic absorption spectroscopy. In: *ISHS Acta Horticulturae* 427 (Strategies to Optimize Wine Grape Quality), Editori: S. Poni, E. Peterlunger, F. Iacono, C. Intrieri, pag 369-377.
Hallinan C.P., Saul D.J., Jiranek V. (1999). Differential utilization of sulfur compounds for H_2S liberation by nitrogen-starved wine yeast. *Austral. J. Grape Wine Res.*, 5, 82-90.
Henschke P.A., Jiranek V. (1991). Hydrogen sulfide formation during fermentation: effect of nitrogen composition in model grape must. Proceedings of the international symposium on nitrogen in grapes and wine, Seattle, USA. *American Society for Enology and Viticulture*, Davis, CA, pagg. 172-184.
Henschke P.A., Jiranek V. (1993). Yeast–growth during fermentation. In: Fleet GH (ed) Wine microbiology and biotechnology. *Harwood Academic, Chur*, Switzerland, pagg. 27-54.
Hill G. (1990). The influence of annual Weater pattern on the epidemics of Uncinula necator in Rheinhessen. *Vitic. End. Sci*. 45: 43-46.

Howell K. S., Klein M., Swiegers J.H., Hayasaka Y., Elsey M. G., Fleet G.H., Hoj P.B., Pretorius I.S., Lopes M.A de Barros (2005). Genetic determinants of volatile-thiol release by Saccharomyces cerevisiae during wine fermentation. *Appl. Envir. Microb.*, 10, 5420-5426.
Howell K.S., Cozzolino D., Bartowsky J.E., Fleet G.H., Henschke P.A. (2006). Metabolic profiling as a tool for revealing Saccharomyces interactions during wine fermentation. *FEMS Yeast Res.*, 6, 91-101.
Jiranek V., Langridge P., Henschke P.A. (1995). Regulation of hydrogen sulphide liberation in wine-producing saccharomyces cerevisiae strains by assimilable nitrogen. *Applied and Envir. Microb.*, 2: 461-467.
Jiranek V., Langridge P., Henschke P.A. (1995). Validation of bismuth-containing indicator media for predicting H_2S producing potential of *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts under enological conditions. *Am. J. Enol. Vitic.*, 46, 269-273.
Jiranek V., Langridge P., Henschke P.A. (1996). Determination of sulphite reductase activity and its response to assimilable nitrogen status in a commercial *Saccharomyces cerevisiae* wine yeast. *J. Appl. Bacteriol.*, 81, 329-336.
Kappler U., Dahl C. (2001). Enzymology and molecular biology of prokaryotic sulfite oxidation. FEMS Microbiol. Lett., 203, 1-9.
Karagiannis S., Lanaridis P. (1999). The effect of various vinification parameters on the development of several volatile sulfur compounds in greek white wines of the cultivar batiki and muscat of Hamburg. *Am. J. Enol. Vatic.*, 50, 3: 334-311.
Landaud S., Helinck S., Bonnarme P. (2008). Formation of volatile sulphur compounds and metabolism of methionine and other sulphur compounds in fermented food. *Appl. Microbiol., Biotechnol* 77: 1191-1205.
Lappanen O.A., Denslow J., Ronkainen P.P., (1980). Determination of thiolacetates and some other volatile sulphur compounds in alcoholic beverages. *J. Agric. Food Chem.*, 28, 359-362
Lavigne V., Boidron J.N., Dubourdieu D. (1992). Formation des composès soufrès lourds au cours de la vinification des vins blancs. *Jou. Int. Scie. Vigne-Vin*. 26: 75-85.
Linderholm A.L., Findleton L.C., Kumar G., Hong Y., Bisson L.F. (2007). Identification of genes affecting hydrogen sulfide formation in Saccharomyces cerevisiae. *Appl. Envir. Micro*b., 3: 1418-1427.
Mendes-Ferreira A., Mendes-Faia A., Leao C. (2002). Survey of hydrogen sulphide production by wine yeasts. *J. Food Prot.*, 65, 1033-1037.
Mendes-Ferreira A., Barbosa C., Falco V., Leão C., Mendes-Faia A., (2009). The production of hydrogen sulphide and other aroma compounds by wine strains of *Saccharomyces cerevisiae* in synthetic media with different nitrogen concentrations. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 36, 571-583.
Mestres M., Sala C., Marti M.P., Busto O., Guasch J., (1999). Headspace solid-phase microextraction of sulphides and disulphides using Carboxen-polydimethylsiloxane fibers in the analysis of wine. *Journal of Chrom.,* 835, 137-144
Mestres M., O. Busto, J. Guasch (2000). Analysis of organic sulfur compounds in wine aroma. *Journal of Chromatography A*, 881: 569–581.
Mestres M., Marti M.P., Busto O., Guasch J., (2000). Analysis of low-volatility organic sulphur compounds in wines by solid-phase microextraction and gas chromatography. *Journal of Chrom. A*, 881, 583-590
Molina A.M., Swiegers J.H., Varela C., Pretorius I.S., Agosin E. (2007). Influence of wine fermentation temperature on the synthesis of yeast-derived volatile aroma compounds. *Appl. Microbiol. Bi*otec., 77: 675-687.
Morales P., Fernandez-Garcia E., Nunez M. (2005). Volatile compounds produced in cheese by Pseudomonas strains of dairy origin belonging to six different species. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 6835-6843.
Moreira N., Mendes F., Pereira O., Guedes de Pinho P., Hogg T., Vasconcelos I. (2002). Volatile sulphur compounds in wines related to yeast metabolism and nitrogen composition of grape musts. *Anal. Chim. Acta*, 458, 157-167.
Nedjma M., Hoffmann N. (1996). Hydrogen sulphide reactivity with thiols in the presence of copper(II) in hydroalcoholic solutions or cognac brandies: formation of symmetrical and unsymmetrical dialkyl trisulfides. *J. Agric. Food che*m. 44: 3935-3938.
Nicolini G., Moser S., Larcher R., Innocenti M., Zanon N., Barchetti P., (2009). Variabilità indotta da lieviti commerciali nella composizione di vini bianchi sperimentali. *L'Enologo*, 10, 1-7
Olavi A. Leppanen, Denslow J., Ronkainen P. P. (1980). Detremination of thiolacetates and some other volatile sulphur compounds in alcoholic beverages. *J. Agric. Food Chem.*, 28: 359-362.
Park S.K., Boulton R.B., Bartra E., Noble A.C. (1994). Incidence of volatile sulfur compounds in California wines. A preliminary survey. *Am. J. Enol. Vitic.*, 45, 341-344.
Park S.K., Boulton R.B., Noble A.C. (2000). Formation of hydrogen sulfide and glutathione during fermentation of white grape musts. *Am. J. Enol. Vitic.*, 51, 91-97.
Piermattei B., Piva A., Castellari M., Arfelli G., Amati A., (1999). The phenolic composition of red grapes and wines as influenced by *Oidium tuckeri* development. *Vitis,* 38 (2), 85-86.
Piva A., Falchieri D., Amati A., Arfelli G., (1996). Influenza di *Oidium tuckeri* sulla composizione delle uve. Atti Giornate Fitopatologiche, 2, 323-328.

Piva A., Piermattei B., Arfelli G., Amati A., (1999). Variazioni compositive indotte da *Oidium tuckeri* su uve cv "Sangiovese". *Vignevini,* 26 (7-8), 88-90.
Ponti I., Laffi F. (1982). Malattie crittogamiche dei fruttiferi e della vite. *L'informatore agrario-schede fitopatologiche*, 107-110. Verona.
Rauhut D.(1993) Yeast production of sulfur compounds. *In Fleet G. H.* (ED). *Wine microbiology and biotchnology*. Harwood Academics Pubblishers. Chur 1993. p.183-223.
Rauhut D., Kürbel H., Dittrich H.H. (1993). Sulfur compounds and their influence on wine quality. *Wein Wiss.*, 48, 214-218.
Rauhut D., Kürbel H. (1994) Die Entstehung von H_2S aus Netzschwefel-Ruckstanden wahrend der Garung und dessen Einfluss auf die Bildung von bockserverusachenden schwefelhaltigen Metaboliten in Wein. *Weinwissenschaft,* 49: 27-36.
Rauhut D., Kurbel H., Dittrich H.H., Grossmann M. (1996). Properties and differences of commercial yeasts with respect to their formation of sulfur compounds. *Vitic. Enol. Sci.*, 51: 187-192.
Ribèreaur-Gayon P., Glories Y., Maujean A., Dubordieu D. (2004). *Trattato di enologia II "chimica del vino stabilizzazioni trattamenti"* Edagricole, 225-226.
Russell S.M., Fletcher D.L., Cox N.A. (1995). Spoilage bacteria of fresh broiler chicken carcasses. *Poult. Sci.*, 74, 2041-2047.
Sawyer Ostrom G.A., Gump B.H., Petrucci V.E., (1996). Sulphur residues on wine grapes. In: ISHS Acta Horticulturae 427 (Strategies to Optimize Wine Grape Quality), Editori: S. Poni, E. Peterlunger, F. Iacono, C. Intrieri, pag 363-368.
Schutz M., Kunkee E. (1977). Formation of hydrogen sulphide from elemental sulfur during fermentation by wine yeast. *Am. J. Enol. Vit.*, 28: 137-144.
Seefeldt K.E., Weimer B.C. (2000). Diversity of sulfur compound production in lactic acid bacteria. *J. Dairy Sci.*, 83, 2740-2746.
Skoog D.A., West D.M., Holler F.J. (1998). *Fondamenti di chimica analitica* (VII ed.) Ed. EdiSES, Napoli, p.689-715 e 733-755.
Spiropoulos A., Tanaka J., Flerianos I., Bisson L.F. (2000). Characterization of hydrogen sulfide formation in commercial and natural wine isolates of *Saccharomyces*. *Am. J. Enol. Vitic.*, 51, 233-248.
Swiegers J.H., Bartowsky E.J., Henschke P.A., Pretorius I.S. (2005). Yeast and bacterial modulation of wine aroma and flavour. *Austral. J. Grape Wine Res.*, 11, 139-173.
Swiegers J.H., Capone D.L., Pardon K.H., Elsey G.M., Sefton M.A., Francis I.L., Pretorius I.S., (2007). Engineering volatile thiol release in *Saccharomyces cerevisiae* for improved wine aroma. *Yeast*, 24: 561-574.
Swiegers J.H., Pretorius I.S. (2007). Modulation of volatile sulphur compounds by wine yests. *Appl. Microb. Biotech.*, 74: 954-960.
Thomas C.S., Gubler W.D., Silacci M.W., R., (1993). Changes in Elemental Sulfur Residues on Pinot noir and Cabernet Sauvignon Grape Berries During the Growing Season. *Am. J. Enol. Vitic.*, 44:2, 205-210.
Thomas C.S., Boulton R.B., Silacci M.W., Gubler W.D., (1993). The Effect of Elemental Sulfur, Yeast Strain, and Fermentation Medium on Hydrogen Sulfide Production During Fermentation. *Am. J. Enol. Vitic.*, 44:2, 211-216.
Tominaga T., Darriet P., Dubourdieu D. (1996). Identification of 3-mercaptohexyl acetate in Sauvignon wine, a powerful aromatic compound exhibiting box-tree odor. Vitis, 35, 207-210.
Tominaga T., Furrer A., Henry R., Dubourdieu D. (1998). Identification of new volatile thiols in the aroma of *Vitis vinifera* L. var. Sauvignon blanc wines. *Flavour Fragr. J.*, 13, 159-162.
Tominaga T., Murat M.L., Dubourdieu D. (1998). Development of method for analyzing the volatile thiols involved in the characteristic aroma of wines made from Vitis vinifera L. Cv. Sauvignon Blanc. J. *Agric. Food Chem.*, 46, 1044-1048.
Vicinelli R., Brunelli A. (1993). Lo svernamento dell'oidio della vite. *Informatore Fitopa*tologico 3: 17-21.
Vos P.J.A., Gray R.S. (1979). The origin and control of hydrogen sulphide during fermentation of grape must. *Am. J. Enol. Vitic.*, 30, 187-197.
Wainwright T. (1970). Hydrogen sulphide productions by yeast under condition of methionine pantothenate or vitamin B6 deficiency. *J.Gen. Microbiol.*67: 107-119.
Zanbonelli C. (1988) *Microbiologia e biotecnologia dei vini* . Edagricole, Bologna.
Zoecklein B., (2007). Factors impacting sulfur-like off odors in wine and winery options. *8th Annual Enology and Viticulture British Columbia Wine Grape Council Conference,* July 23-24, Penticton, British Columbia, Canada.

Riassunto

La comparsa del difetto di riduzione nel mosto e nel vino in stoccaggio, o peggio in maturazione in bottiglia, è un argomento che coinvolge sia fattori viticoli che enologici.

Lo scopo della ricerca è stato di investigare i fattori alla base della comparsa e persistenza di composti solforati volatili in vino Teroldego rotaliano.
I risultati preliminari ottenuti hanno evidenziato la presenza di una correlazione diretta fra i trattamenti antioidici con zolfo elementare e la presenza di tale elemento sulle uve al momento della raccolta. Inoltre, è stata osservata una correlazione diretta fra presenza di zolfo sulle uve alla raccolta e quantità di composti solforati formatisi. E' stata mostrata la correlazione fra presenza di sostanze solforate e percezione del sentore di ridotto. Infine, è stata posta in evidenza anche l'influenza del ceppo di lievito sulla produzione dei composti solforati.
Tali risultati sono stati di estrema utilità per considerare l'applicazione di un nuovo piano di difesa antioidica, diminuendo lo zolfo bagnabile somministrato ed utilizzandolo in sinergia con altri prodotti antioidici specifici, al fine di ottimizzare la qualità del vino Teroldego.