



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
FACOLTÀ DI SCIENZE AGRARIE E ALIMENTARI

Corso di Laurea in: Valorizzazione e Tutela dell'Ambiente e del Territorio
Montano

Aromi varietali e tecniche di vinificazione

Relatore: Prof. Ivano De Noni

Tesi di Laurea di: Giacomo Rodegher

Matricola: 839973

Anno Accademico: 2016/2017

Riassunto

La presente ricerca bibliografica ha indagato alcuni aspetti fondamentali dell'enologia varietale, focalizzandosi su due tecniche in grado di valorizzare la componente aromatica delle uve durante il processo di vinificazione.

In particolare, sono descritte le variabili che possono influenzare il patrimonio aromatico del vino e le tecniche della vinificazione criomacerativa e in iper-riduzione.

Vengono quindi riportate alcune considerazioni di natura generale accompagnate da dati di tipo analitico al fine di sottolineare gli aspetti positivi e negativi per ciascuna tecnica di vinificazione.

È successivamente descritto il ruolo di glutatione e bentonite nella vinificazione in bianco, in relazione alle caratteristiche organolettiche del vino e della sua componente aromatica.

I dati riportati, seppur non esaustivi dell'enologia varietale, permettono di trarre alcune considerazioni di carattere pratico circa l'uso delle tecniche di vinificazione per il mantenimento degli aromi varietali.

Abstract

This survey presents the winemaking technologies addressed to preserve aromatic compounds of grapes. It aims to review two different techniques of winemaking such as cryomaceration and reductive winemaking. Specifically, the variables that can influence the aromatic properties of wine are described. Analytical data are reported in order to highlight the positive and negative aspects of the two techniques.

Furthermore, the role of glutathione and bentonite in relation to sensorial characteristic and aromatic compounds of wine is described.

Overall, this review provides data regarding the winemaking techniques useful to transfer the aromatic potential of grapes to wine.

Indice

Capitolo 1. L'approccio metodologico	4
Capitolo 2. Gli aromi varietali	5
2.1 I terpeni	7
2.2 I tioli	8
2.3 I norisoprenoidi	9
2.4 Le metossipirazine	10
Capitolo 3. Le variabili di vinificazione	11
3.1 L'ossigeno	12
3.2 La temperatura	16
Capitolo 4. La criomacerazione	19
Capitolo 5. La vinificazione in iper-riduzione	24
Capitolo 6. Il glutatione	28
Capitolo 7. La bentonite	32
Conclusioni	34
Bibliografia	35

Capitolo 1. L'approccio metodologico

Le fasi della ricerca hanno comportato una prima raccolta e analisi delle fonti bibliografiche al fine di apprendere al meglio l'argomento trattato; a tal fine si è rivelato necessario consultare pubblicazioni su riviste scientifiche e del settore.

Grazie al materiale reperito, è stato possibile quindi stilare una mappa concettuale dalla quale partire per la stesura della tesi.

L'utilizzo delle biblioteche digitali universitarie e del web è stato fondamentale al fine della ricerca.

La pregressa attività di tirocinio formativo svolta in una cantina leader nel settore vitivinicolo e il background accademico, nonché da corsista AIS, hanno consentito il corretto approccio agli argomenti trattati.

Capitolo 2. Gli aromi varietali

Le molecole che formano le sostanze aromatiche varietali sono composti organici presenti all'interno della buccia dell'acino e, in minor misura, nella polpa: queste molecole sono prodotte dal metabolismo della vite e assumono un ruolo secondario, ma non meno importante, nello sviluppo della pianta.

Gli aromi varietali non partecipano alle reazioni fisiologiche che regolano lo sviluppo della vite, fotosintesi e respirazione *in primis*; assumono, invece, ancor prima di diventare un parametro essenziale nell'industria enologica, un ruolo fondamentale nei processi di interfaccia con l'ambiente esterno, ovvero nei meccanismi di attrazione e difesa che la pianta attua in relazione all'ambiente e alle condizioni ambientali in cui essa si trova¹. Contrariamente a quello che si è abituati pensare, le sostanze aromatiche prodotte dalla pianta assumono un compito rilevante nei meccanismi di difesa rispetto a quelli che sono i processi attrattivi: se in quest'ultimo caso le molecole vengono prodotte per attirare gli insetti pronubi, in caso di avversità di tipo biotico o abiotico, che portano la pianta in uno stato di stress, le sostanze aromatiche sono prodotte invece a scopo prettamente difensivo.

In particolar modo, i terpeni, la principale famiglia di sostanze aromatiche che troviamo all'interno della pianta, sono prodotti per intossicare predatori e parassiti e per proteggere i cloroplasti da stress di tipo termico od ossidativo².

L'isoprene, ad esempio, il precursore dei terpeni che viene formato nei cloroplasti a partire dall'anidride carbonica, viene rilasciato dalle foglie delle piante in presenza di temperature elevate per stabilizzare le membrane fotosintetiche³.

Gli aromi varietali, o aromi primari, si distinguono dagli aromi secondari e terziari in base al sito e alle modalità di produzione: se gli aromi primari sono già presenti nel corredo genico di una varietà d'uva, in forma aromaticamente attiva o in forma glicosilata⁴, e sono prodotti in funzione di cambiamenti ambientali o di stress biotici, gli aromi secondari e terziari sono un risultato esclusivo dei processi di vinificazione, della

¹ Evert, Eichhorn, 2013, p. 35.

² Failla, Brancadoro, Rossoni, Scienza, 2006, p. 7.

³ Evert, Eichhotn, 2013, p. 36.

⁴ Legati cioè a una molecola di zucchero, i.e. glucosio o arabinosio.

fermentazione⁵ e del processo di affinamento in ambienti privi di ossigeno⁶.

Tra i composti che formano gli aromi varietali riconosciamo i terpeni, i tioli volatili, i norisoprenoidi e le metossipirazine, tutti composti in grado di influenzare in maniera determinante le caratteristiche aromatiche del vino⁷; tali sostanze non sono legate ad un unico e particolare vitigno, ma sono presenti in concentrazioni tali da influenzare in maniera determinante il carattere sensoriale delle varie cultivar⁸.

Grazie agli aromi varietali è infatti possibile riconoscere immediatamente una vasta gamma di vitigni e di conseguenza di vini, definiti quindi *vini aromatici*, esclusivamente attraverso un'analisi empirica di tipo gusto-olfattivo dell'acino.

I vini aromatici per eccellenza afferiscono alla classe del Moscato, delle Malvasie, del Brachetto e del Traminer aromatico.

Ai fini della comprensione di quanto segue, è opportuno fare un ulteriore distinguo nel campo dell'enologia dei vini aromatici: esistono infatti anche vitigni semiaromatici, non catalogati in modo specifico e definito che, pur avendo un patrimonio aromatico riconducibile agli aromi primari facilmente riconoscibile, non sviluppano un'intensità tale da essere ricondotti alla denominazione «vitigni aromatici»⁹. Tra le uve semiaromatiche troviamo il Riesling, il Sauvignon Blanc, lo Chardonnay, il Merlot, e il Cabernet Sauvignon. Infine, nelle uve cosiddette *neutre*, gli aromi primari non raggiungono concentrazioni sufficienti per essere ricondotti a composti chiave della loro tipicità; per questo motivo la loro caratterizzazione olfattiva può risultare molto difficile¹⁰. Fanno parte delle uve neutre il Trebbiano, la Nosiola, il Vermentino, la Corvina, il Nebbiolo, il Sangiovese e il Montepulciano.

⁵ Gli aromi secondari dipendono da lieviti e da batteri lattici, a seconda che si analizzi la fermentazione alcolica o la fermentazione malolattica.

⁶ L'affinamento in legno conferisce al vino una serie di aromi complessi, grazie al rilascio di ellegitannini e lattoni da parte del legno stesso.

⁷ Moio, 2011, p. 1.

⁸ Moio, Gambuti, Lisanti, 2008, p. 76.

⁹ Marzi, Romani, 2016, p. 82.

¹⁰ Fia, Recchia, Picchi, Bertuccioli, Monteleone, 2008, p. 359.

2.1 I terpeni

I terpeni sono i principali responsabili dell'aroma del vino: sono composti organici formati da unità isoprenoidi attraverso un legame testa-coda, dove la testa positiva di una molecola di isoprene si lega con la coda negativa di un'altra.

Possono essere presenti all'interno dell'uva in forma libera, aromaticamente attiva, o legati a glicosidi. In questo caso, i terpeni sono legati ad una molecola di glucosio o di disaccaride e non hanno potere aromaticamente attivo.

Contribuiscono in modo significativo al bouquet del vino in seguito all'azione idrolitica dell'enzima β -glucosidasi prodotto dai lieviti e in grado di scindere il legame terpene-zucchero; in questo modo la scissione, che può avvenire durante la fermentazione alcolica o durante il processo di affinamento, libera la componente aromatica precedentemente legata e può quindi andare ad arricchire l'aroma del vino prodotto¹¹.

Vitigni come Moscato, Malvasia e Brachetto sono particolarmente ricchi di molecole aromaticamente attive che ne caratterizzano l'aroma¹².

Tra i terpeni più rilevanti in ambito enologico troviamo il linalolo, il geraniolo, il citronellolo e il nerolo (Fig. 1), con descrittori che richiamano aromi floreali e fruttati, quali la rosa, la citronella e gli agrumi¹³.

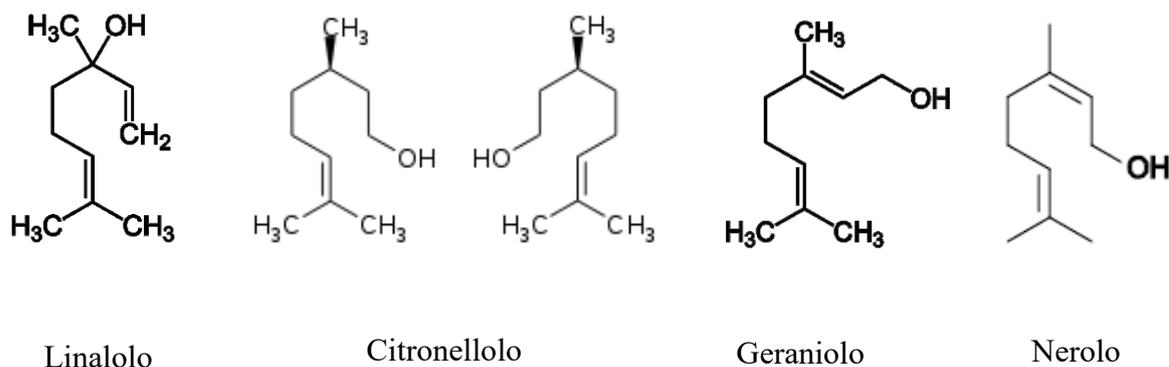


Fig.1: formule di struttura dei terpeni

¹¹ Bisotto, Ortiz, Rigou, Salmon, Schneider, 2015, p. 36.

¹² Moine, 2008, p. 1.

¹³ Marzi, Romani, 2016, p. 80.

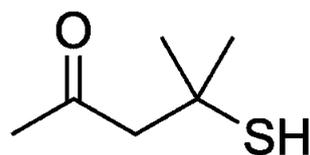
2.2 I tioli

I tioli sono composti che presentano un gruppo funzionale sulfidrilico –SH molto reattivo nel campo delle ossidoriduzioni¹⁴; questo gruppo è individuabile in molecole con un'elevata attività biologica, come la cisteina¹⁵.

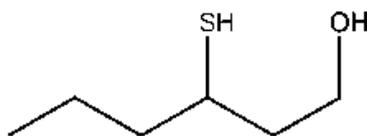
Anche se la maggior parte di questi composti è associata a odori sgradevoli come l'idrogeno solforato, alcuni conferiscono fragranze piacevoli che ricordano il bosso e la frutta tropicale - e, in particolar modo, il pompelmo - in vitigni quali il Sauvignon Blanc, il Riesling, il Gewürztraminer, il Cabernet Sauvignon, il Merlot e il Semillon. I tioli volatili dalla maggiore rilevanza enologica sono il 4-mercapto-4-metilpentan-2-one, 3-mercaptoesan-1-olo e il 3-mercaptoesil acetato (Fig.2).

La presenza di questi descrittori è legata alla loro concentrazione e alla soglia di percezione: si stima, infatti, che la soglia di percezione sia di 0,8 ng/L, e che la concentrazione nel Sauvignon possa raggiungere i 40 ng/L.

Un concentrazione elevata può apportare a descrittori diversi dall'odore di pompelmo e di bosso, tipici invece dell'urina di gatto¹⁶. Questi composti, altrimenti impercettibili, vengono liberati durante la fermentazione alcolica grazie all'azione degli enzimi litici dei lieviti.



4-mercapto-4-metilpentan-2-one (4MMP)



3-mercaptoesan-1-olo (3MH)

Fig.2: formule di struttura dei tioli

¹⁴ Ranaldi, 2014, p. 87.

¹⁵ Questa molecola, se legata a glicina e glutammato, forma il tripeptide glutatione GSH, un potente antiossidante tiolico utilizzato per preservare e risaltare le note aromatiche del vino.

¹⁶ Cerreti, Benucci, Ferranti, Esti, 2014, p. 1.

2.3 I norisoprenoidi

I norisoprenoidi derivano dalla degradazione ossidativa, fotochimica ed enzimatica dei carotenoidi, pigmenti a 40 atomi di carbonio che fanno parte della famiglia dei terpeni. L'azione degradativa trasforma le catene a 40 atomi di carbonio in composti organici con un peso molecolare inferiore rispetto alla molecola di partenza.

In questo modo si originano nuovi composti chetonici solubili e dall'elevato potenziale aromatico. Tra questi, il β -damascenone e il β -ionone riportano profili aromatici che ricordano la rosa damascena, la composta di mele e la violetta (Fig.3)¹⁷.

Nella vite sono presenti soprattutto nelle foglie e nei frutti in forma glicosidica e seguono lo sviluppo della fase vegetativa della bacca, proteggendo il sistema fotosintetico dagli eccessi di radiazione luminosa. Si suppone, quindi, che la luce diretta sui grappoli ne possa aumentare i livelli di concentrazione all'interno della bacca¹⁸.

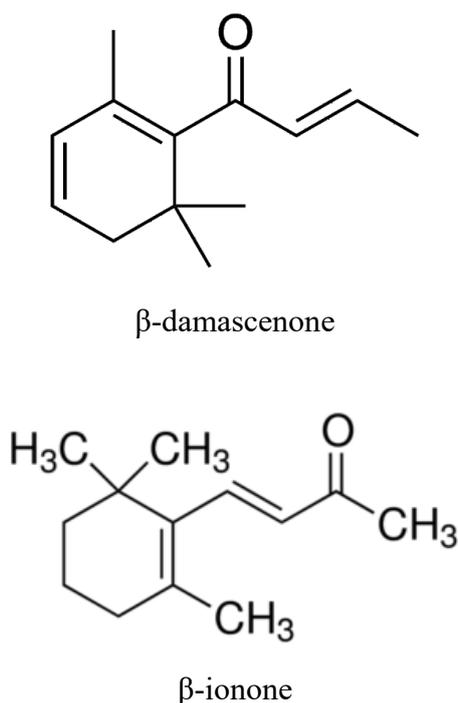


Fig.3: formule di struttura norisoprenoidi

¹⁷ Moine, 2008, p. 1.

¹⁸ Failla, Brancadoro, Rossoni, Scienza, 2006, p. 7.

2.4 Le metossipirazine

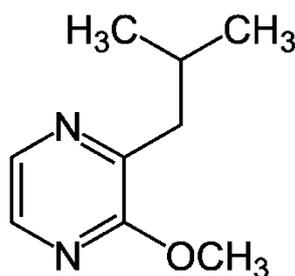
Le metossipirazine sono composti eterociclici azotati a sei atomi di carbonio composti da un gruppo metossilico $-\text{CH}_3\text{O}$ e da una catena alchilica; le più importanti sono la 3-isobutil-2-metossipirazina e l'isopropil-metossipirazina (Fig.4).

Responsabili dei sentori erbacei e in particolar modo degli aromi di peperone e di foglia di pomodoro¹⁹, si trovano in alte concentrazioni nei vini di Cabernet provenienti da vendemmie non molto mature o in vigneti ai quali l'apporto idrico e la concimazione azotata risulta essere eccessiva²⁰.

Sono presenti nell'acino e la loro concentrazione segue le fasi fenologiche dello sviluppo della pianta: il picco massimo è raggiunto durante l'invasitura²¹, mentre la concentrazione si abbassa gradualmente durante il processo di maturazione; possono essere utilizzate inoltre come marker per stabilire la corretta maturazione della bacca.

La loro concentrazione, inoltre, è influenzata dalle pratiche agronomiche messe in atto all'interno del vigneto e dal clima. L'esposizione alla radiazione solare è infatti, un fattore che limita la concentrazione e l'accumulo dei composti pirazinici nell'uva.

Tecniche agronomiche atte alla gestione della chioma con operazioni di defogliazione e cimatura permettono un controllo sullo sviluppo di questi composti sensibili alla radiazione solare. Di contro, climi particolarmente freddi, esaltano il contenuto delle metossipirazine²².



3-isobutil-2-metossipirazina (IBMP)

Fig.4: formula di struttura della metossipirazina

¹⁹ Marzi, Romani, 2016, p. 81. Moine, 2008, p. 1.

²⁰ Dubourdieu, 2004, p. 1.

²¹ Fase fenologica dell'uva che si verifica al termine dell'accrescimento. Durante questa fase si assiste ad un viraggio dal verde alla colorazione tipica del vitigno.

²² Castaldi, 2012, p. 6.

Capitolo 3. Le variabili di vinificazione

Nel corso degli anni le tecniche di vinificazione hanno subito diversi cambiamenti in funzione della domanda del consumatore e delle innovazioni tecnologiche a disposizione dei produttori: se nell'immediato dopoguerra il sinonimo di vino di qualità accompagnava la produzione di vini dall'elevata stabilità chimico-fisica, ma con caratteristiche sensoriali particolarmente blande, verso la fine degli anni '80 si assiste ad un primo cambio di rotta verso una vinificazione *full bodied*, di vini cioè "ricchi" e "colorati".

Il fine ultimo diviene quello di compiacere un mercato nuovo in espansione, dove tuttavia le caratteristiche tipiche di un vino e la tipicità di un territorio risultano di difficile riconoscimento²³.

Negli ultimi anni si è assistito ad nuovo cambiamento di rotta: i consumatori risultano più attenti e curiosi verso i prodotti territoriali²⁴: la tipicità e le caratteristiche del binomio vino-territorio diventano il nuovo background enologico dal quale partire per produrre vini di qualità.

La componente aromatica assume, quindi, un ruolo fondamentale nei processi di vinificazione e la sua presenza non può più essere trascurata dai produttori.

Ecco che allora le tecniche di vinificazione tradizionali non bastano più per la salvaguardia del patrimonio aromatico del vino; nascono nuove metodologie, alcune ancora in fase sperimentale, che garantiscono la stabilità del prodotto sotto il profilo aromatico, in un'ottica di enologia funzionale alla varietà e al territorio.

Se l'obiettivo diviene quello di ottenere vini che riflettano i caratteri varietali dell'uva di partenza, si rivela necessario sottoporre l'uva, il mosto e il vino, inteso come prodotto finale del processo di vinificazione, a una vera e propria tutela lungo i passaggi chiave del processo produttivo. Risultano fondamentali la protezione antiossidante nelle fasi pre-fermentative per la tutela del potenziale aromatico e la corretta gestione della temperatura²⁵.

²³ Peira, 2011, p. 50.

²⁴ Giordano, Caudana, Hock, Zeppa, Rolle, Gerbi, 2012, p. 18.

²⁵ Ramon, Triulzi, 2009, p. 1.

3.1 L'ossigeno

Tra le prime problematiche da affrontare nel campo dell'enologia varietale, la gestione della concentrazione dell'ossigeno in cantina è senza dubbio quella di maggior rilievo. Anche se la maggior parte degli aromi del vino è presente sotto forma di precursore, legata cioè ad una molecola di zucchero, e quindi relativamente sensibile al potenziale ossidativo, un'esposizione incontrollata all'ossigeno può causare l'ossidazione dei composti aromatici e il loro decadimento²⁶.

L'azione ossidativa dell'ossigeno dipende principalmente da 4 fattori: varietà vinificata, tempo di esposizione, temperatura della cantina (dei siti di stoccaggio) e presenza di enzimi in grado di catalizzare i fenomeni di ossidazione a carico dei composti aromatici dell'uva.

Polifenoli, glutazione e acido ascorbico (vitamina C)²⁷, composti antiossidanti naturali per eccellenza, possono aumentare la resistenza all'ossidazione delle varietà di uva da trattare, riducendone quindi la sensibilità nei confronti dell'ossigeno. Questi composti sono particolarmente importanti quando l'ossigeno entra in soluzione e viene successivamente consumato dai substrati presenti nel vino: se questo ciclo si ripete per un tempo prolungato la resistenza varietale è l'unico fattore in grado di preservare le caratteristiche organolettiche del vino²⁸.

La temperatura della cantina risulta, invece, essere fondamentale ai fini della dissoluzione dell'ossigeno all'interno del vino²⁹. A 20 °C, il vino è in grado di incorporare fino a 8,4 mg/L di ossigeno disciolto, ma, con il diminuire della temperatura, fattore che velocizza il processo di dissoluzione, la quantità di ossigeno disciolto può aumentare fino a 10 mg/L a 5 °C³⁰.

In caso di alterazione del mosto da parte di *Botrytis cinerea*³¹, il rischio più grave durante le operazioni di cantina è dato dalla produzione dell'enzima laccasi

²⁶ Ramon, Triulzi, 2009, p. 1.

²⁷ Il Glutazione è un tripeptide in grado di proteggere il vino dalle ossidazione, ma è facilmente ossidabile durante il processo di lavorazione dell'uva.

²⁸ Zironi, Comuzzo, Tat, Scobioala, 2009, p. 176.

²⁹ Moutounet, Vidal, 2005, p. 1.

³⁰ La velocità delle reazioni di ossidazione aumenta invece all'aumentare della temperatura.

³¹ Fungo parassita che, a seconda delle condizioni atmosferiche alle quali è sottoposto il vigneto, può portare a fenomeni di marciume grigio con la conseguente caduta dei grappoli colpiti, o a fenomeni di marciume nobile, in grado di provocare modificazioni della composizione chimica del mosto.

appartenente alla classe delle ossidoreduttasi prodotte dal fungo responsabile del marciume grigio³².

Agendo come catalizzatore alle reazioni di ossidazione del vino, la laccasi è in grado, seppur indirettamente, di compromettere il patrimonio aromatico del vino già a partire dalla trasformazione dell'uva in mosto.

L'attività della laccasi può essere tuttavia controllata attraverso un opportuno dosaggio della stessa per verificare se la concentrazione dell'enzima supera la soglia di 2 unità/mL, considerata la soglia limite di un'uva sana priva di rischi ossidativi³³.

A regolare le dinamiche dell'ossigeno e la resistenza delle varietà di uva vinificata troviamo un "equilibrio redox" in grado di riflettersi sulla frazione ossidante e sulla frazione riducente. Ossidazione e riduzione sono due concetti alla base di tutte le reazioni chimiche che regolano i processi vitali degli esseri viventi e degli elementi presenti in natura in forma inorganica. In queste reazioni avviene uno scambio di tipo chimico tra le specie dal diverso potenziale redox implicate nella reazione.

Se per i composti inorganici ciò che viene acquisito (riduzione) e ciò che viene ceduto (ossidazione) è l'elettrone, nelle reazioni organiche si verifica una rimozione di atomi di idrogeno (ossidazione), o un'aggiunta di atomi di idrogeno (riduzione).

Il potenziale redox è invece una proprietà intrinseca della specie chimica considerata. Misurato in volt (V), definisce la tendenza di una specie chimica a essere ridotta.

Esiste, in ogni caso, un principio di azione e reazione alla base delle reazioni redox: tutto ciò che riduce un determinato composto causa, di contro, l'ossidazione di un altro composto ad esso collegato nelle cosiddette *coppie redox*. Questo meccanismo di azione e reazione avviene fino al raggiungimento di un *equilibrio* chimico, situazione nella quale i processi di ossidoriduzione terminano.

L'agente ossidante principale implicato in tutte le fasi di vinificazione è l'ossigeno; la sua azione ossidativa può essere sostenuta da ossidanti minori, quali metalli pesanti³⁴, perossidi, o enzimi tipici dell'uva³⁵. In questo caso risulta quindi fondamentale limitare le contaminazioni dovute all'utilizzo di metalli pesanti in campo e in cantina.

³² Baracchi, Trioli. 2006, p. 1.

³³ Laffort, 2013, p. 1.

³⁴ Ioni rameici, solubili nella forma Cu^{++} e ioni ferrosi, solubili nella forma Fe^{++}

³⁵ Laccasi e tirosinasi, rispettivamente presenti a seguito di contaminazione da *B. cinerea* e identificabili naturalmente nell'acino d'uva.

L'utilizzo di fitofarmaci a base di ferro e rame, oltre che potenzialmente dannoso per la salute umana, è sconsigliato in previsione di una vinificazione che voglia preservare il profilo aromatico dell'uva. I trattamenti a base di rame devono essere conclusi un mese prima della vendemmia, per evitare una successiva contaminazione con potere ossidativo nei confronti del mosto³⁶.

La presenza di metalli pesanti può derivare tuttavia anche dalle fasi successive la gestione del vigneto, direttamente cioè dalla cantina e, in particolare, dall'affinamento del vino in botti di rovere. Pur sotto i limiti consentiti dalla legge, si è constatata la presenza di metalli pesanti in prodotti di una maturità enologica più complessa e affinati in botti di rovere³⁷. Tracce di perossido di idrogeno H_2O_2 , dal forte potere ossidante e derivante dall'ossidazione dei polifenoli, sono state rilevate in seguito al lavaggio chimico dei tappi di sughero, anche se tale pratica sembra essere legata ormai al passato³⁸.

Gli agenti riduttivi principali in enologia sono l'acido ascorbico, l'anidride solforosa (SO_2), i composti fenolici e il glutatone³⁹.

L'acido ascorbico, o vitamina C, è un composto organico con una forte valenza antiossidante in grado di proteggere il vino dal decadimento della frazione polifenolica (colore) e di quella aromatica. Viene utilizzato inoltre per impedire l'ossidazione dello ione ferroso Fe^{++} a ferrico Fe^{+++} , nell'alterazione conosciuta come casse ferrica⁴⁰. Paradossalmente, se reagisce con l'ossigeno e non è utilizzato in combinazione con l' SO_2 , forma acido deidroascorbico e perossido di idrogeno.

L' SO_2 svolge un'azione antisettica, antiossidasica e antiossidante. Se da un lato l' SO_2 evita le contaminazioni microbiche e blocca le conseguenti fermentazioni indesiderate, dall'altra, tramite un'azione antiossidasica, limita l'ossidazione dovuta agli enzimi tirosinasi e laccasi presenti nel mosto. L'azione antiossidante, invece, è utile durante le fasi di affinamento e travaso del vino. In questo modo l' SO_2 è in grado di proteggere la componente fenolica e aromatica del vino dall'ossidazione causata dai perossidi e radicali ossigenati, più reattivi e dannosi dell'ossigeno molecolare, reagendo con essi e

³⁶ Marchi, 2006, p. 275.

³⁷ Marengi, 2005, p. 79.

³⁸ Gibson, 2004, p. 2.

³⁹ Zironi, Comuzzo, Tat, Scobioala, 2009, p. 178.

⁴⁰ Alterazione del vino dovuta all'ossidazione dello ione ferroso – solubile - a ione ferrico – insolubile-, con conseguente intorbidimento del vino.

formando solfati⁴¹.

I tannini, a seconda della loro natura, possono essere utilizzati come antiossidanti naturali⁴². Tra i tannini utilizzati per questo scopo troviamo i tannini gallici ed ellagici, afferenti alla classe dei tannini idrolizzabili, e i tannini proantocianidici. Tannini gallici ed ellagici si distinguono in base alla reazione “marker” di acidificazione e alla presenza in natura. In caso di attacco acido, oltre a liberare una molecola di zucchero⁴³, i primi rilasciano acido gallico, mentre i secondi liberano acido ellagico. Le principali fonti di tannini ellagici in natura sono il castagno e la quercia, mentre i tannini gallici, vengono estratti principalmente dalle galle di quercia. I tannini proantocianidici invece liberano antocianidine durante la reazione di acidificazione e si trovano naturalmente nella buccia dell’uva o nel vinacciolo⁴⁴. Fra tutti, i tannini gallici sono i più efficaci nell’inibire l’azione ossidasica della laccasi⁴⁵.

Il glutatione è un tripeptide costituito dagli amminoacidi glutammato, cisteina e glicina. Ampiamente diffuso in natura, la sua forma ridotta (GSH) viene considerata un notevole antiossidante in grado di contrastare le reazioni di ossidazione che implicano la perdita della frazione aromatica e il fenomeno di imbrunimento dei mosti nei vini bianchi. Inoltre per non modificare in negativo la concentrazione del GSH, è necessario evitare sia in cantina che nel vigneto qualsiasi trattamento a base di rame.

⁴¹ Scotti, 2004, p. 2.

⁴² Ramon, Triulzi, 2009, p. 2.

⁴³ Glucosio, Xilosio.

⁴⁴ Citron, 2006, p. 51-53.

⁴⁵ Laffort, 2013, p. 2-3.

3.2 La temperatura

La temperatura è un ulteriore variabile di rilevanza “strategica” nell’*enologia varietale*. Il controllo della temperatura infatti, è essenziale per il mantenimento degli aromi nel tempo, ma è soprattutto necessario qualora si voglia evitare l’*innesco* di processi e reazioni negative per la *vinificazione*. Gran parte dei processi ossidativi, delle attività enzimatiche e microbiche si possono tenere sotto controllo, e quindi gestire, solo controllando e gestendo la temperatura al momento della raccolta dell’uva e nelle successive fasi di *lavorazione in cantina*.

Se la *vendemmia* con temperature inferiori ai 20 °C permette il controllo della maggior parte dei microrganismi non ricercati nel processo produttivo⁴⁶, la temperatura nel trattamento del mosto e in fase fermentativa non deve essere mai troppo elevata e superiore ai 20-25 °C. Di contro, anche se questa temperatura consente una prima selezione della carica biotica all’interno del vino, si corre il rischio di annullare gli aromi presenti nell’uva. È necessario quindi che la temperatura di *vinificazione* sia compresa tra 15 e 18 °C, per garantire la gestione del mosto senza perdite sotto il profilo aromatico⁴⁷.

La temperatura agisce in modo significativo anche durante il processo di *affinamento del vino* nella fase precedente la *commercializzazione*: in questo caso lo studio delle modifiche che possono avvenire in fase di *conservazione* sono importanti per la corretta gestione della cantina e per garantire al consumatore un prodotto di qualità.

Uno studio condotto su due campioni M9 e M10 di Asti DOCG⁴⁸ ha evidenziato in che modo esporre il vino a diverse temperature durante la fase di *affinamento* possa contribuire ad una modifica degli aromi percettibili. In particolare, si è evidenziato come la concentrazione di aromi liberi o in forma glicosidica, quali il linalolo o l’ α -terpineolo, se esposti a temperature di 4 °C, 15 °C, e 22 °C, può cambiare nel tempo e portare alla realizzazione di un prodotto finale con diverse caratteristiche sensoriali a seconda della temperatura di *conservazione*. Se tra 4 °C e 15 °C non è stata rilevata alcuna differenza significativa, la temperatura di 22 °C ha modificato notevolmente il

⁴⁶ Batteri acetici, B. Cinerea – qualora non fosse ricercata, come per la *vinificazione* dei vini “muffati” – lieviti non desiderati ecc.

⁴⁷ Werner, Rauhut, 2009, p. 169.

⁴⁸ Condotta dall’Università degli Studi di Torino e dalla Terre da Vino S.p.A.

rapporto degli aromi all'interno del vino conservato.

I valori di linalolo non scendono mai la soglia di percezione di 50 µg/L a conferma della longevità del prodotto (Fig.5)⁴⁹.

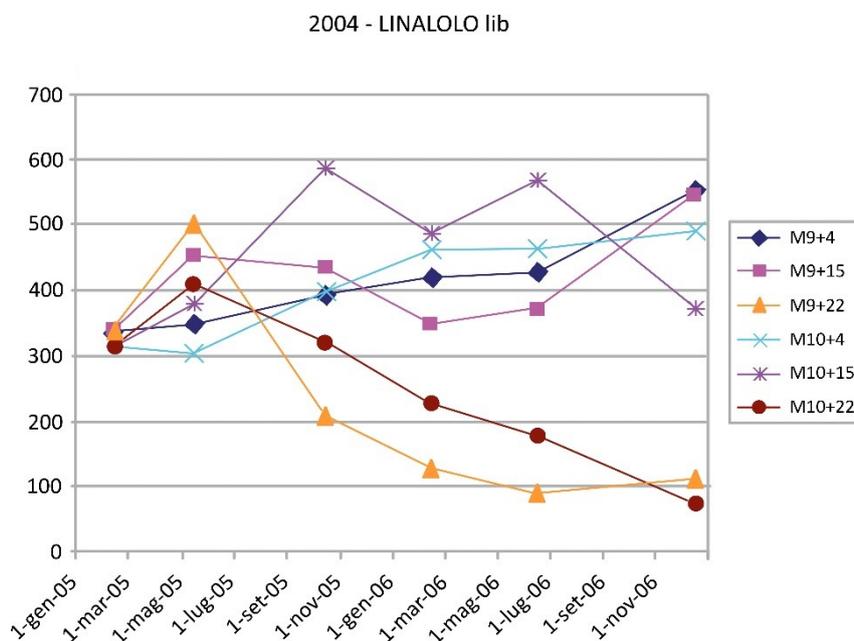


Fig.5: variazione della concentrazione in µg/L di linalolo libero nei campioni M9 e M10 di Asti DOCG 2004.

⁴⁹ Gerbi, Rolle, Torchio, Ghirardello, Eberle, Bogliolo, Cordero, 2008, p. 34.

Nel caso dell' α -terpineolo invece, l'andamento della concentrazione dei campioni M9 e M10 rispetta il principio di proporzionalità indiretta tra il linalolo e l' α -terpineolo stesso: si forma così l' α -terpineolo come prodotto dell'ossidazione del linalolo, risultando sgradevole e dal minor impatto sensoriale⁵⁰ nel momento in cui la sua concentrazione supera la soglia di percezione di 400 $\mu\text{g/L}$. In questo caso la temperatura di 22 °C non cambia unicamente il rapporto tra aromi presenti nel vino rispetto agli aromi presenti al momento iniziale: influisce anche, e negativamente, sulla complessità aromatica finale, dal momento che l' α -terpineolo, nel campione M9, supera la soglia di 400 $\mu\text{g/L}$ (Fig.6)⁵¹.

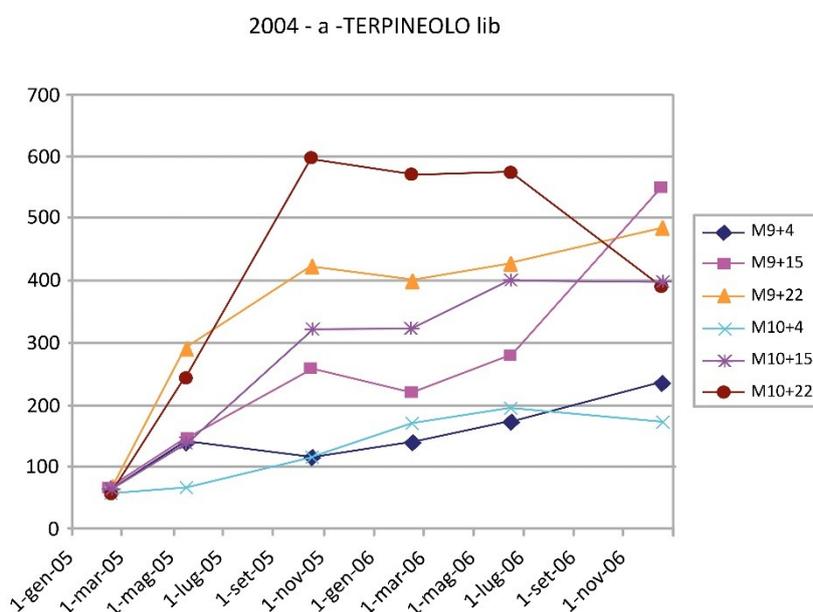


Fig.6: variazione della concentrazione in $\mu\text{g/L}$ di α -terpineolo libero nei campioni M9 e M10 di Asti DOCG 2004.

⁵⁰ Moio, 2011, p. 12.

⁵¹ Gerbi, Rolle, Torchio, Ghirardello, Eberle, Bogliolo, Cordero, 2008, p. 35.

Capitolo 4. La criomacerazione

Tra le tecnologie di vinificazione utilizzate dall'enologia varietale degli ultimi anni, la criomacerazione pre-fermentativa rappresenta uno dei metodi per bloccare le ossidazioni nelle fasi precedenti la fermentazione alcolica.

La problematica principale, che porta all'utilizzo di questa particolare tecnica di gestione del mosto e che si riscontra nella maggior parte dei casi, riguarda lo schiacciamento meccanico e non controllato degli acini d'uva nelle fasi della vendemmia.

Soprattutto nelle vendemmie meccanizzate, dove la raccolta porta al distacco dell'acino dal raspo per effetto dei battitori della vendemmiatrice⁵², il rischio di ossidazioni e contaminazioni microbiche del mosto è elevato, gravando sull'insorgenza di difetti tipici del vino⁵³.

Al fine di ridurre questo pericolo è necessario operare quindi sia in fase di raccolta, proteggendo cioè l'uva e il mosto, sia in fase di conferimento dell'uva in cantina⁵⁴. Come già ricordato, la vendemmia dovrebbe essere eseguita in presenza di temperature non superiori ai 20 °C per evitare l'innescò di reazioni indesiderate: l'attività degli enzimi ossidasici è tanto più intensa quanto maggiore è la temperatura⁵⁵.

Nelle zone più calde della penisola italiana la vendemmia viene eseguita nelle ore più fresche della giornata o durante le ore notturne per limitare il problema delle ossidazioni: in Sicilia, per la vendemmia del Donnafugata, le condizioni ideali per la vendemmia si verificano durante la notte, con temperature tra i 17 °C e i 18 °C⁵⁶.

Il controllo della temperatura durante la vendemmia tuttavia non è sufficiente per la futura e corretta vinificazione: il trasporto in cantina, rappresenta l'altra variabile per mantenere l'integrità dell'uva, in termini di caratteristiche aromatiche e di contenuto in polifenoli. Se da un lato l'utilizzo di vendemmiatrici comporta una vendemmia più breve rispetto alla raccolta manuale, è fondamentale che in entrambi i casi il

⁵² Le vendemmiatrici possono sottoporre la vite allo scuotimento di oltre 450 battiti al minuto.

⁵³ Nei vini bianchi l'imbrunimento del mosto e l'instaurarsi della flora fungina indesiderata per la successiva vinificazione sono le problematiche più comuni.

⁵⁴ Vieri, Parenti, 2006, pp. 41-42.

⁵⁵ Eynard, Dalmasso, 2004, p. 535.

⁵⁶ Giuffrida, 2004, p. 20.

conferimento in cantina avvenga comunque nel minor tempo possibile; solitamente entro le 2-3 ore successive alla raccolta, l'uva deve essere conferita in modo da evitare i fenomeni di ammostamento prima che la massa raggiunga la cantina⁵⁷.

Una volta raggiunta la cantina l'uva può essere sottoposta al processo criomacerativo: questa tecnica si basa sull'utilizzo di scambiatori di calore o di criogeni in grado di raffreddare le masse durante la fase precedente la fermentazione per aumentare la complessità del prodotto finale. L'utilizzo della criomacerazione comporta l'uso di temperature inferiori mediamente ai 10 °C sull'uva appena pigiata tramite scambiatori di calore, evitando quindi l'innesco della fermentazione alcolica, che necessita di temperature superiori ai 14 °C⁵⁸. Il mosto viene quindi obbligato ad una "ferma" di 1-5 giorni in siti di stoccaggio termocondizionati a temperature di 4-5 °C⁵⁹.

I criomaceratori sono costituiti da un serbatoio in acciaio inox incamiciati con un'intercapedine per il passaggio del liquido refrigerante e coibentati per evitare variazioni di temperatura tra l'ambiente interno del serbatoio e l'ambiente esterno della cantina⁶⁰.

Inoltre, l'utilizzo delle basse temperature per bloccare l'attività di enzimi ossidativi, consente un risparmio di SO₂ nelle fasi iniziali della pigiatura salvo utilizzare il metabisolfito di potassio prima della pressatura⁶¹.

I criogeni utilizzati nella fase pre-fermentativa sono l'anidride carbonica allo stato solido (ghiaccio secco o neve carbonica) e l'azoto allo stato liquido. In particolare, nel caso dell'anidride carbonica, il criogeno passa dallo stato solido a quello gassoso per sublimazione e in condizioni di pressione atmosferica pari a 1 atm⁶². Questo fenomeno si verifica con temperatura di - 78,5 °C e il criogeno non passa attraverso lo stato liquido, se non per valori superiori a 5.2 atm (Fig.7).

⁵⁷ Tamagnone, 2005, p. 83.

⁵⁸ Siccheri, 2015, pp. 189, 358.

⁵⁹ Zinnai, Venturi, Calamita, Andrich, 2008, p. 47.

⁶⁰ De Vita P., De Vita G., 2004, pp. 105-106.

⁶¹ Radeka, Luckić, Peršurič, 2012, p. 443.

⁶² 1 atm = 101,325 kPa

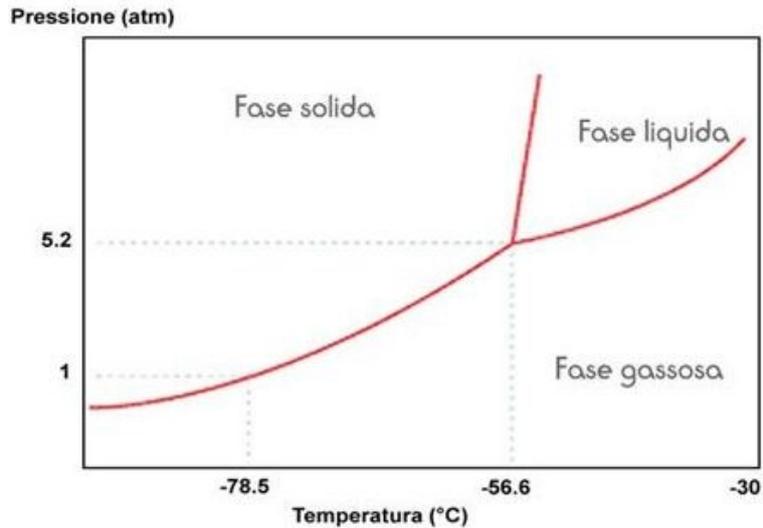


Fig.7: diagramma di fase dell'anidride carbonica. La temperatura di fusione è $-78,5$ °C, il punto triplo⁶³ $-56,6$ °C.

Considerata la temperatura estremamente bassa del criogeno, la matrice, in questo caso il mosto, con la quale entra in contatto perde calore e viene raffreddata e saturata dall'atmosfera inerte che si viene a creare all'interno del sito di stoccaggio⁶⁴.

L'utilizzo dell'anidride carbonica nelle sue forme disponibili o dell'azoto liquido varia in funzione di aspetti di tipo fisico-chimico e di considerazioni di tipo economico-ambientale. E' stato verificato che l'anidride carbonica, soprattutto nella forma di ghiaccio secco, tende a creare agglomerati ghiacciati di grosse dimensioni dopo essere stata in contatto con il mosto, con variazioni di temperatura di 7 °C, creando una massa non omogenea tra mosto e criogeno.

L'azoto liquido invece, si distribuisce seguendo un andamento più omogeneo all'interno del mosto, limitando le variazioni di temperatura a 2 °C tra la superficie e il fondo della vasca di raccolta. Il risultato è una maggiore azione protettiva dell'azoto rispetto all'anidride carbonica, evitando la formazione di zone d'aria con rischi di ossidazione su parte del mosto e riportando parametri qualitativi e organolettici migliori rispetto alla CO_2 ⁶⁵.

Di contro, è bene ricordare che l'anidride carbonica, nel momento in cui viene sciolta all'interno del mosto, sviluppa anch'essa un potenziale di saturazione in grado di

⁶³ Il punto triplo di una sostanza è il punto determinato da pressione e temperatura, nel quale tale sostanza esiste nei stati fisici, solido, liquido e gassoso. Il punto triplo dell'acqua corrisponde a valori di $0,01$ °C alla pressione di $4,58$ mmHg ($0,612$ kPa).

⁶⁴ Bartolini, 2015, p. 23.

⁶⁵ Parenti, Gori, Bartolini, 2006, p. 117.

proteggere la massa dalle ossidazioni. Inoltre, per abbassare di un 1 °C un hL di mosto sono necessari 0,6 kg/hL di ghiaccio secco⁶⁶ o 1.9 kg/hL di azoto liquido per lo stesso risultato⁶⁷. La scelta dell'utilizzo di un criogeno in funzione di un altro deve essere quindi accompagnata dalle opportune analisi economiche, dalle considerazioni di carattere tecnico e da alcune osservazioni di carattere ambientale⁶⁸, in un'epoca dove il concetto di produttività sostenibile è sotto le luci della ribalta⁶⁹.

La differenza sulla quale si basa il processo di criomacerazione rispetto ad una tradizionale vinificazione a temperature standard, consiste nel contatto forzato tra buccia e mosto, favorendo il passaggio dei composti aromatici, soprattutto quelli in forma libera, tra la buccia e il mosto stessi, a scapito dell'estrazione completa di tannini e polifenoli, tendenzialmente non ricercati⁷⁰.

Il passaggio di questi composti avviene a seguito dell'aumento di volume dovuto al congelamento parziale dell'acqua intracellulare. In caso di trasporto per via simplastica, il contatto con il criogeno può portare alla formazioni di cristalli di ghiaccio e al relativo aumento di volume all'interno della cellula che causa la lacerazione delle membrane cellulari. In questo modo viene favorita la diffusione in fase liquida dei composti presenti nelle cellule delle bucce e dei vinaccioli.

Risultati apprezzabili dal punto del miglioramento dell'intensità e del corredo aromatico sono stati tuttavia apprezzati solo in varietà di uve neutre o semi aromatiche o in vini economicamente meno impegnativi. Un vino normato a livello disciplinare - e quindi dal costo di produzione più elevato rispetto ad un vino privo di disciplinare - raggiunge il medesimo risultato se lavorato attraverso una vinificazione di tipo tradizionale o se sottoposto a criomacerazione in fase prefermentativa. Nel caso del Sangiovese, la lunga sosta sulle fecce con macerazione tradizionale fa sì che i risultati siano analoghi a quelli ottenuti tramite criomacerazione⁷¹.

A conferma di quanto riportato, analoghi studi sul Moscato Rosa di Parenzo hanno evidenziato come la criomacerazione evidenzi risultati soddisfacenti sotto il profilo aromatico e rispetto alla macerazione tradizionale, solo se mantenuta per breve tempo. I

⁶⁶ Il doppio, in caso di CO₂ liquida

⁶⁷ Zinnai, Venturi, Calamita, Andrich, 2008, p. 47.

⁶⁸ Cugnetto, 2015, p. 27.

⁶⁹ In relazione all'impatto che le emissioni generate dalle produzioni e dalle attività antropiche hanno sui cambiamenti climatici.

⁷⁰ Cugnetto, 2015, p. 24.

⁷¹ Zinnai, Venturi, Calamita, Andrich, 2008, p. 48.

campioni AMB 1d, AMB 3d e AMB 5d sono stati vinificati tramite macerazione tradizionale alla temperatura di 20 °C e riportano i risultati della macerazione prolungata rispettivamente per 1, 3 e 5 giorni. I campioni CRYO 1d, CRYO 3d e CRYO 5d invece sono stati criomacerati per 1, 3 e 5 giorni. Tutti i campioni sono stati messi in relazione al punteggio assegnato da una giuria all'intensità aromatica, all'identificabilità aromatica, alla qualità gustativa e all'impressione generale (Fig. 8).

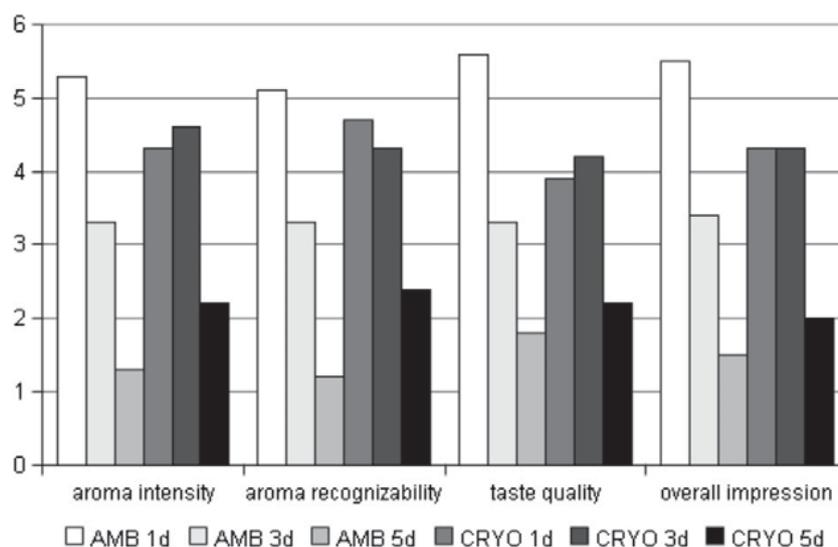


Fig.8: Valutazione sensoriale di sei campioni di Moscato Rosa di Parenzo.

Come si evince dalla Fig.8, l'operazione di criomacerazione ottiene un miglior punteggio rispetto alla macerazione a temperatura ambiente solo se utilizzata per un massimo di 24 ore.⁷² Già a partire dal terzo giorno di macerazione, la vinificazione tradizionale riporta punteggi migliori, fino ad aggiudicarsi la posizione migliore dopo la sosta di 5 giorni. Le concentrazioni dei composti aromatici maggiori sono rintracciabili nei vini con macerazione tradizionale, soprattutto dopo 3 giorni di macerazione, mentre la criomacerazione risulta un valido metodo per la produzione di vini dal basso contenuto in polifenoli, morbidi e dalla buona intensità aromatica⁷³.

⁷² Tamborra P., Piracci A., Colletta A., Esti M., 2009, p. 57.

⁷³ Radeka, Luckić, Peršurić, 2012, p. 452.

Capitolo 5. La vinificazione in iper-riduzione

La vinificazione in iper-riduzione è una tecnica sviluppata nel dopoguerra dall'enologo francese Denis Dubourdieu e applicata con grande successo sulle uve Sauvignon Blanc, in particolare in Australia e in Nuova Zelanda⁷⁴.

E' bene ricordare che vinificare in iper-riduzione e il concetto di riduzione sono due fenomeni concettualmente diversi. Il primo fa riferimento al procedimento tecnologico che comprende una vinificazione protetta dall'azione dell'ossigeno. Il secondo concetto invece rimanda alle reazioni di scambio di elettroni tra reagenti e ossidanti.

La tecnica di vinificazione in iper-riduzione si basa sul controllo dell'atmosfera a cui è sottoposto il mosto durante la pressatura. L'utilizzo di gas inerti, come CO₂, N₂ o Ar, comporta la creazione di ambienti protetti dall'azione ossidativa dell'ossigeno e risulta particolarmente indicata per la vinificazione di vini bianchi e rosati, dove la componente aromatica e colorante del vino è più sensibile ai fenomeni dovuti all'ossidazione⁷⁵. Nel caso del Sauvignon Blanc, ad esempio, si assiste ad una perdita dei caratteri fruttati dovuti alla presenza dei tioli volatili non ricercati e ad un generale imbrunimento del mosto⁷⁶.

Il controllo del processo di vinificazione e la difesa contro le alterazioni del mosto, e successivamente del vino, risultano quindi fondamentali per la messa in commercio dei prodotti derivanti da uve particolarmente sensibili all'ossidazione.

Il processo di vinificazione in iper-riduzione tuttavia non tiene conto esclusivamente del potenziale dei gas utilizzati per la creazione dell'atmosfera controllata, ma anche del rapporto tra ossigeno e componenti del mosto in relazione alla temperatura. Se da un lato è assodato il potenziale ossidativo di questa molecola, dall'altro è bene ricordare che la medesima molecola reagisce in modo diverso in base alla temperatura e all'ambiente in cui essa si trova. Ecco che a basse temperature il mosto ha più possibilità di dissolvere l'ossigeno prima della condizione di saturazione, rispetto a quanto si verificherebbe in presenza di temperature più alte. Inoltre la velocità della reazione tra ossigeno e mosto è più lenta se la temperatura è bassa. Sfruttando tale

⁷⁴ Smith, 2013, p. 98.

⁷⁵ Ardilouze, 2006, p. 1.

⁷⁶ Gibson, 2004, p. 1.

proprietà fisica è possibile quindi vinificare in iper-riduzione con la migliore strategia possibile. Se la temperatura viene mantenuta a livelli bassi, evitando, per quanto possibile, il contatto mosto-ossigeno, le reazioni di ossido-riduzione non vengono innescate⁷⁷.

Il controllo del mosto durante la fase di pressatura viene condotto attraverso l'utilizzo di particolari presse in grado di saturare l'ambiente di pressatura con un atmosfera controllata e inerte, per evitare il contatto mosto-ossigeno. A tale proposito, il gruppo Bucher Vaslin, ha brevettato una pressa in grado di operare sotto gas inerte con successivo recupero del gas utilizzato.

Il sistema *Inertys*® è costituito da una pressa pneumatica, da un serbatoio ermetico e da una riserva gonfiabile per la raccolta del gas inerte collegati in serie fra loro. L'intero complesso si basa sulla diffusione del gas inerte al fine di saturare l'ambiente di pressatura e le camere di collegamento per evitare le potenziali ossidazioni del mosto.

La diffusione del gas inerte avviene durante una fase di decompressione (Fig.9) e durante una successiva salita in pressione (Fig.10). Nella prima fase il gas si diffonde dalla riserva gonfiabile al serbatoio ermetico, saturando l'ambiente e raggiungendo la pressa pneumatica. Nella seconda fase invece, il gas compie il percorso contrario, salvo poi ripetere il ciclo verso la pressa pneumatica. L'utilizzo di questa metodologia permette la creazione di un ambiente protetto, dove il mosto non entra mai in contatto con l'ossigeno. Il mosto defluisce infatti solo attraverso gli opportuni canali di sgrondo privi di ossigeno e dai quali può essere indirizzato verso i serbatoi di raccolta senza il pericolo che avvengano reazioni ossidative. Secondo quanto riportato dalla casa produttrice, questo sistema innovativo permette di limitare l'utilizzo degli antiossidanti, prima fra tutti l'anidride solforosa, utilizzati nella vinificazione classica. In termini ambientali inoltre, limita notevolmente l'utilizzo dell'anidride carbonica⁷⁸.

⁷⁷ Gibson, 2004, pp. 4-5.

⁷⁸ Da www.Bucher-Inertys.com

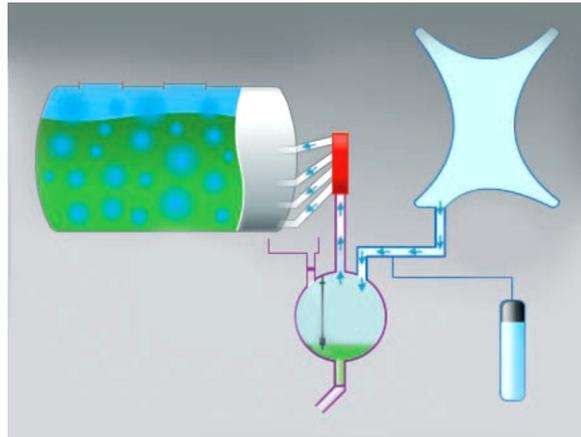


Fig.9: fase di decompressione della pressa pneumatica Inertys®. Il gas viene aspirato nella pressa (immagine tratta da www.Bucher-Inertys.com).

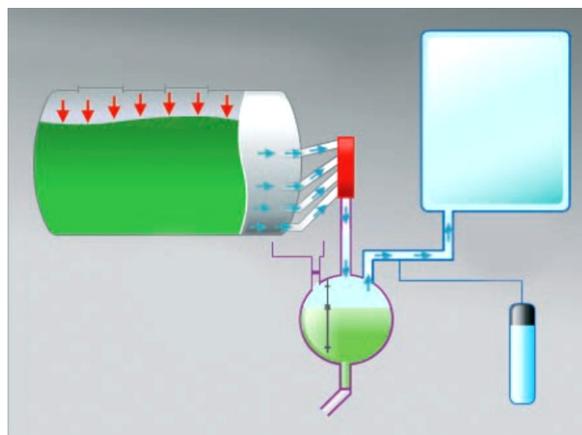


Fig.10: fase di compressione della pressa pneumatica Inertys®. Il gas torna verso la riserva gonfiabile (immagine tratta da www.Bucher-Inertys.com).

I risultati in termini di difesa del mosto dalle ossidazioni sono notevoli e, in ogni caso, documentati anche da altre fonti.

Gli studi condotti sulle uve Sauvignon vendemmiate nel 2004 presso la Domaine de Chevalier, a Léognan, in Francia, hanno dimostrato che la vinificazione in iper-riduzione è in grado di conservare il profilo aromatico dell'uva lungo il processo di vinificazione. In particolare, il livello di ossigeno disciolto registrato si è attestato sempre sotto il livello di 1 mg/L nelle uve sottoposte a pressatura inerte.

Nella vinificazione tradizionale invece il livello resta fermo a 3 mg/L, anche se questa variazione di concentrazione non sembra così accentuata per i primi 100 litri di uva

pressata ad atmosfera inerte, a conferma della difficoltà di eliminare totalmente l'ossigeno durante il processo di vinificazione. Anche le ossidazioni dovute all'attività enzimatica appaiono particolarmente limitate⁷⁹; il risultato in termini di colori è un mosto dominato da sfumature gialle e verdi, a riprova dell'avvenuta salvaguardia della massa dall'azione dell'ossigeno. La bassa concentrazione dell'ossigeno del mosto comporta elevate concentrazioni di prodotti dal forte potere antiossidante, come l'acido idrossicinnamico e il glutathione, entrambi sensibili all'esposizione all'ossigeno e all'azione delle polifenolossidasi responsabili dell'ossidazione dei composti di fenolica.

Con l'utilizzo dell'atmosfera controllata a gas inerte gli acidi fenolici e il glutathione mantengono una concentrazione elevata nel mosto. Di contro, il glutathione scompare completamente nella vinificazione classica. Gli indici di assorbanza a 420 nm (DO 420), riportano generalmente valori compresi tra lo 0,05 e lo 0,15 per vini bianchi non alterati. In questo caso la vinificazione in iper-riduzione ha mantenuto i parametri di assorbanza entro la soglia limite (Fig.11).

La problematica principale dalla vinificazione in riduzione è quella legata alla formazione di composti solforati non desiderati. Un prolungato periodo di vinificazione in ambiente ridotto, può favorire lo sviluppo di composti solforati non ricercati e dall'odore sgradevole. Questi composti vanno persi durante la vinificazione tradizionale per l'effetto dell'ossigeno su di essi⁸⁰.

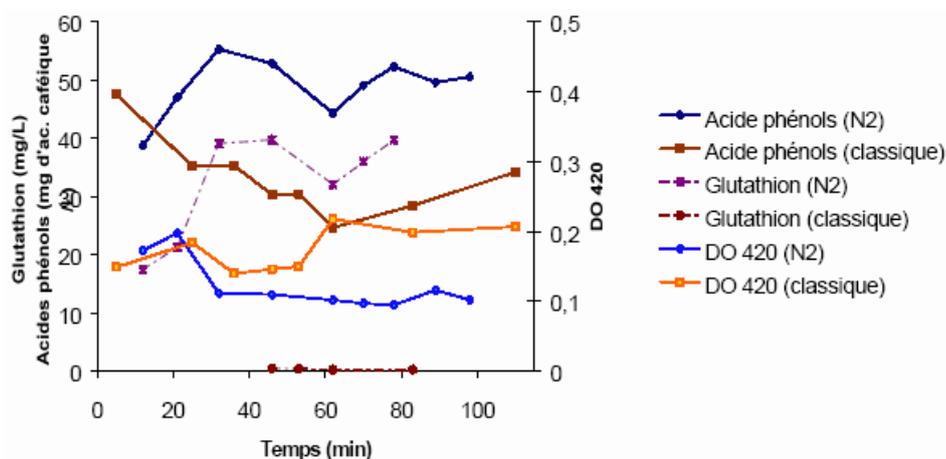


Fig.11: variazioni della concentrazione degli acidi fenolici e del glutathione in relazione al processo di vinificazione utilizzato.

⁷⁹ Ardilouze, 2006, p. 5.

⁸⁰ Sicheri, 2015 p. 191.

Capitolo 6. Il glutatione

Come detto, il glutatione o GSH è un tripeptide di origine non proteica formato dagli aminoacidi cisteina, glicina e acido glutammico legati fra loro da legami peptidici (Fig.12).

Viene considerato un potente antiossidante e, la sua presenza nel mosto impedisce l'ossidazione dei composti aromatici e fenolici.

L'uso del glutatione è normato dalla risoluzione OIV-OENO 445 del 2015: per il trattamento dei mosti e dei vini è consentito l'utilizzo di dosi non superiori ai 20 mg/L.

Il glutatione in natura è presente nella maggior parte degli organismi viventi, quali funghi, batteri, piante e animali. Nell'uva è presente in maniera significativa grazie alla presenza della glutatione sintetasi, un enzima in grado di sintetizzare la molecola di GSH nelle fasi di maturazione dell'acino⁸¹.

Il meccanismo di accumulo è tuttavia per lo più sconosciuto: è esclusivamente noto infatti che la sua concentrazione nell'acino è legata alla disponibilità idrica e azotata della pianta stessa e alla cultivar adottata⁸².

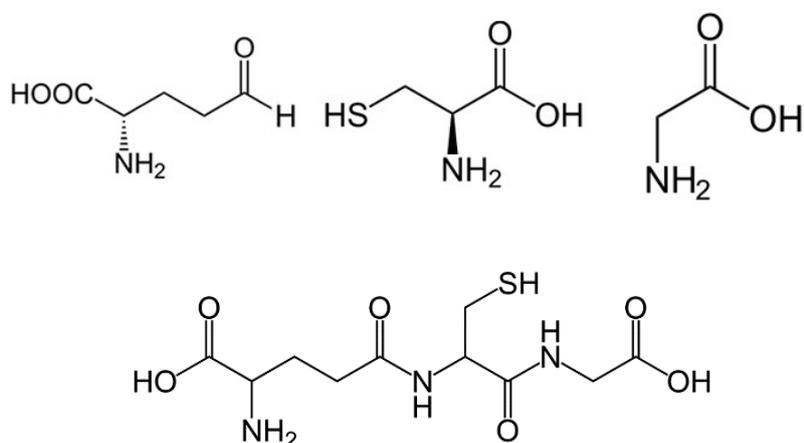


Fig.12: molecola di GSH

⁸¹ Coetzee, 2011, pp. 16-17. Laffort, *Œnologie Par Nature*, 2005, p. 2.

⁸² Fracassetti, Tirelli, 2011, p. 1.

Durante la fermentazione alcolica, agli istanti T1 e T3, nel momento in cui i lieviti iniziano a moltiplicarsi secondo un andamento esponenziale, il glutatione viene consumato dai lieviti stessi. All'istante T6 viene rilasciato in seguito all'autolisi cellulare dei lieviti in relazione alla quantità di azoto prontamente assimilabile (APA) disponibile⁸³ (Fig.13).

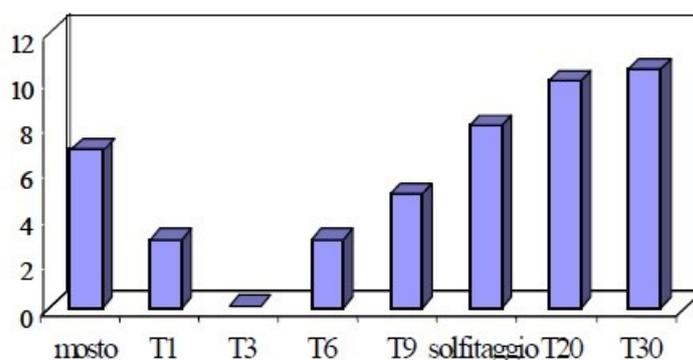


Fig.13: concentrazione del glutatione (mg/L) durante il processo di vinificazione in bianco.

In carenza di azoto la concentrazione di glutatione a fine fermentazione alcolica non rispecchia la concentrazione a inizio fermentazione.

La presenza e la conseguente attività del glutatione varia in funzione della presenza di APA dai lieviti e in funzione del ceppo di lievito utilizzato. La presenza di ceppi di lieviti che non necessitano di grandi quantità di azoto e la corretta nutrizione dei lieviti durante la fermentazione alcolica garantiscono la permanenza del glutatione all'interno del vino. Di contro, se l'APA non è sufficiente i lieviti presenti possono utilizzare il glutatione come alternativa all'azoto, riducendo l'effetto del glutatione stesso⁸⁴. Secondo gli studi, all'istante T0 la presenza di glutatione si attesta a 20 mg/L. L'utilizzo di 48 mg/L e di 96 mg/L non garantisce la presenza di glutatione alla fine della fermentazione alcolica (Fig.14).

⁸³ Fracassetti, Tirelli, 2011, p. 5.

⁸⁴ Lallemant, 2011, p. 2. Laffort, Œnologie Par Nature, 2005, p. 2-3.

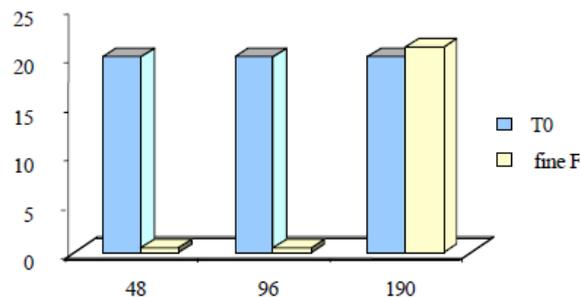


Fig. 14: andamento della presenza di glutatione (mg/L) in funzione della quantità di azoto assimilabile (mg/L).

Anche l'SO₂ e l'acido ascorbico sono in grado di influenzare il livello di glutatione all'interno del mosto. Uno studio condotto sui mosti di Sauvignon Blanc ha verificato che un trattamento privo del dovuto solfitaggio, pur mantenendo la temperatura a 4 °C, ha contribuito alla diminuzione del livello di GSH. Solo una temperatura di conservazione pari a -20 °C ha bloccato il diminuire della concentrazione del glutatione nel mosto⁸⁵.

L'attività del glutatione si basa su due aspetti fondamentali che permettono una vinificazione in grado di portare notevoli risultati nel rispetto della componente aromatica del vino.

La prima proprietà del glutatione è quella di legarsi e ridurre con gli ortochinoni prodotti dall'azione delle polifenolossidasi in presenza di contaminazioni ossidative. Viene così sintetizzata la molecola GRP, conosciuta anche come Grape Reaction Product.

Il glutatione infatti, è in grado di ridurre il chinone dell'acido caftarico ad acido 2-S-glutationil caftarico, o GRP, stabile e non utilizzabile dalle polifenolossidasi come substrato per l'ossidazione⁸⁶. In questo modo, in presenza di mosto sano e privo di attacchi botritici⁸⁷, è possibile evitare il processo di imbrunimento del mosto.

È stato osservato inoltre come la presenza di glutatione possa garantire la presenza di terpenoidi, come il linalolo e l' α -terpineolo, responsabili dei descrittori di moscato, rosa

⁸⁵ Du Toit, Lisjak, 2007, vedi bibliografia.

⁸⁶ Coetzee, 2011, p. 17.

⁸⁷ L'enzima laccasi proveniente da uve bottrizzate è in grado di utilizzare la molecola GRP come substrato per la successiva azione ossidativa.

e limone nei caratteristici vini⁸⁸.

La seconda proprietà del glutatione è quella legata alla competizione con i tioli volatili, che si verifica soprattutto durante la vinificazione del Sauvignon Blanc e che permette la conservazione degli aromi di pompelmo caratteristici di questa varietà. Durante la vinificazione infatti, il glutatione è in grado di proteggere i tioli volatili, sensibili all'ossidazione, competendo con essi durante la reazione per la riduzione degli ortochinoni. Essendo la concentrazione del GSH nell'ordine di mg/L mille volte superiore rispetto a quella dei tioli aromatici, il glutatione diventa un competitore naturale per la riduzione dei chinoni, preservando così gli aromi del vino che non prendono parte alla reazione⁸⁹. I risultati della presenza del glutatione o dell'apporto di glutatione tramite specifici lieviti inattivati rispetto al campione privo di glutatione (x=0), sono sorprendenti. I risultati riguardano sia la componente terpenica che quella tiolica di 3-mercaptoesan-1-olo (3MH) e 3-mercaptoesil acetato (A-3MH)⁹⁰ (Fig.15).

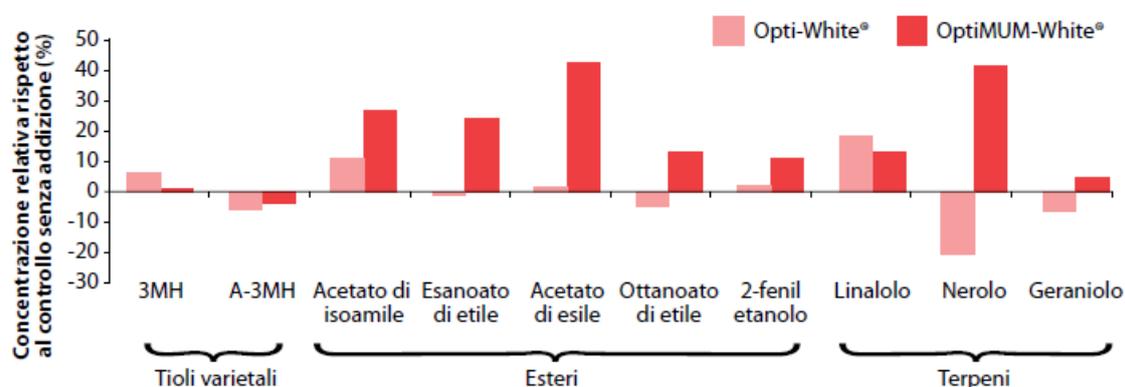


Fig. 15: diverse concentrazioni di tioli varietali e terpeni in funzione dell'utilizzo di lieviti arricchiti di prima (Opti-White®) e di ultima generazione (OptiMUM-White®).

⁸⁸ Du Toit, Lisjak, 2007, vedi bibliografia.

⁸⁹ Fracassetti, Tirelli, 2011, p. 1.

⁹⁰ Lallemand, 2011, p. 2.

Capitolo 7. La bentonite

La bentonite è un fillosilicato costituito principalmente da montmorillonite, un silicato di alluminio, in grado di rigonfiarsi a contatto con l'acqua e gelificare (Fig.16). Viene utilizzata nell'industria enologia per proteggere il vino dalle ossidazioni e per prevenire il fenomeno delle casses⁹¹. In particolare, la bentonite è in grado di adsorbire le proteine originate dall'autolisi dei lieviti e dell'uva in particolari condizioni di pH e temperatura attraverso un'interazione elettrostatica, facendole cioè precipitare sotto forma di flocculi nel processo di chiarifica⁹².



Fig.16: formula chimica bentonite.

La bentonite viene utilizzata soprattutto durante la vinificazione in bianco. Nella vinificazione in rosso vengono utilizzati altri agenti di chiarifica, quali la gelatina, l'albumina e la caseina, allo scopo di migliorare l'astringenza del vino rimuovendo tannini e polifenoli⁹³.

Nella vinificazione in bianco invece il controllo della bentonite diventa essenziale per l'operazione di chiarifica al fine di garantire la stabilità proteica e aromatica del vino. Da i dati di lettura non è possibile identificare il momento migliore per l'utilizzo della bentonite, se durante la fase dell'ammestamento o nei vari istanti della fermentazione alcolica⁹⁴.

Gli effetti della chiarifica sono invece noti: una chiarifica eccessivamente rimarcata, oltre ad interrompere il processo fermentativo, può portare alla vinificazione di un vino poco strutturato, povero di sostanze aromatiche e, nei vini spumanti, privo di bollicine. La bentonite infatti è in grado di rimuovere indirettamente gli aromi primari, a prescindere dall'elevata concentrazione all'interno dell'uva. I colloidali proteici all'interno del mosto possono legarsi attraverso legami idrogeno o interazioni

⁹¹ Alterazioni del vino dal punto di vista cromatico con conseguente formazione di torbidità.

⁹² Vela, Hernández-Orte, Castro, Ferreira, Lopez, 2017, p. 30.

⁹³ Lambri, Colangelo, Dordoni, Torchio. De Faveri, 2016, p. 386.

⁹⁴ Vela, Hernández-Orte, Castro, Ferreira, Lopez, 2017, p. 33.

idrofobiche con le componenti aromatiche primarie. In questo modo, l'utilizzo della bentonite può portare alla precipitazione di tali componenti con i colloidali del mosto⁹⁵. È stata registrata infatti una variazione in negativo dei terpeni liberi⁹⁶ e glicosilati⁹⁷ presenti nel mosto, quali linalolo, citronellolo, nerolo, geraniolo e 1- α -terpineolo⁹⁸. Al contrario, un'eccessiva torbidità del mosto conferisce al vino sproporzionati sentori erbacei⁹⁹. Gli effetti della bentonite sulla vinificazione di Sauvignon Blanc, varietà ricca di tioli volatili, sono i medesimi che occorrono sulla componente terpenica precedentemente citata. La concentrazione finale di tioli volatili, in particolare il 3-mercaptoesan-1-olo (3MH), responsabile dell'odore di bosso e pompelmo, è inferiore rispetto a quella registrata nelle fasi iniziali della vinificazione (Fig.17)¹⁰⁰.

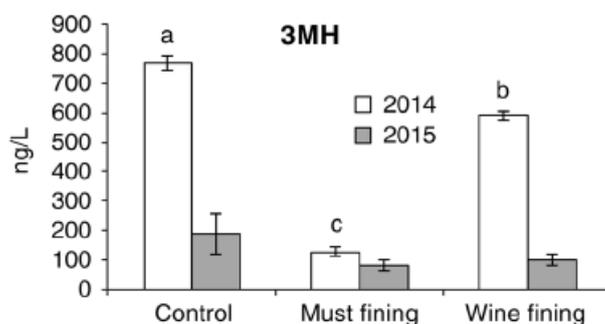


Fig.17: variazione della concentrazione di 3-mercaptoesan-1-olo (3MH) in funzione all'uso di bentonite durante due diverse fasi del processo di vinificazione e in relazione a diverse annate. La variabile "Control" rappresenta il campione prima della chiarifica. Le variabili "Must fining" e "Wine fining" fanno riferimento rispettivamente alla chiarifica attuata sul mosto e sul vino.

⁹⁵ Lira, Rodríguez, Salazar, Orriols, Fornos, López, 2015, p. 3010.

⁹⁶ Dal 16 al 30%

⁹⁷ Dal 25 al 49%

⁹⁸ Lambri, Dordoni, Silva, De Faveri, 2012, p. 10.

⁹⁹ Lambri, Colangelo, Dordoni, Torchio, De Faveri, 2016, p. 392.

¹⁰⁰ Vela, Hernández-Orte, Castro, Ferreira, Lopez, 2017, p. 36.

Conclusioni

Le nuove tendenze di consumo sono sempre più indirizzate verso vini più armonici, dall'elevato potenziale aromatico. In quest'ottica, la componente aromatica dell'uva e del vino assume un ruolo centrale nell'enologia moderna.

Terpeni, tioli, norisoprenoidi e metossipirazine sono componenti aromatici da tenere sotto controllo e preservare in vigna e durante il processo di vinificazione.

In cantina risulta fondamentale il controllo di ossigeno e temperatura durante il processo di vinificazione.

Nello stesso tempo, la disponibilità di coadiuvanti ad azione antiossidante e di criogeni, quali l'azoto e l'anidride carbonica, permette lo sviluppo di tecniche di vinificazione, come la criomacerazione e la vinificazione in iper-riduzione, in grado di preservare al meglio la componente aromatica dell'uva e del vino.

Nonostante ciò, la criomacerazione appare efficace solo per tempistiche di macerazione inferiori alle 24 ore e in presenza di vini economici, mentre l'utilizzo di criogeni come l'anidride carbonica comporta un elevato impatto ambientale.

La vinificazione in iper-riduzione invece, risulta utile durante la fase di pressatura delle uve.

Infine, l'impiego di glutazione aumenta l'azione protettiva su mosto e vini, in particolare sulla loro frazione terpenica e tiolica. Al contrario, l'uso della bentonite, quale agente di chiarifica, presenta alcuni inconvenienti legati all'adsorbimento di aromi.

Bibliografia

ANTONELLI A., ARFELLI G., MASINO F., SARTINO E., 2010. Comparison of Traditional and Reductive Winemaking: influence on some fixed components and sensorial characteristics. *European Food Research and Technology*, 231, 85-91.

ARDILOUZE C., 2006. Reductive vinification of white and rose wines: the question of must extraction. *Infowine - Internet Journal of Viticulture and Enology*, 13, 1-9.

BARACCHI S., TRIOLI G., 2006. Botrytis e Laccasi, un problema importante nell'enologia moderna. *Infowine - Rivista internet di Viticoltura ed Enologia*, 5, 1-7.

BARTOLINI A. B., 2015. Uve bianche, estrarre e conservare. *Mille Vigne*, marzo 2015, 23-24.

BISOTTO A., ORTIZ A. J., RIGOU P., SALMON J.M., SCHNEIDER R., 2015. Dai precursori agli aromi: il ruolo dei lieviti. *Vigne Vini & Qualità*, 5, 36-39.

CASTALDI R., 2012. Il Sauvignon Blanc. *Mille Vigne*, 6, 6-7.

CERRETI M., BENUCCI I., FERRANTI P., ESTI M., 2014. Tioli volatili in vino da uve da Grechetto (*Vitis Vinifera* L.). *Infowine - Rivista internet di Viticoltura ed Enologia*, 12, 1-9.

CITRON G., 2006. Composizione dei tannini impiegati in enologia. *L'informatore agrario*, 13, 51-54.

COETZEE C., 2011. Oxygen and sulphur dioxide additions to Sauvignon Blanc: effect on must and wine composition. *Thesis presented in partial fulfilment of the requirements for degree of Master of Agricultural Science. Stellenbosch University, Department of Viticulture and Oenology.*

CUGNETTO A., 2015. Criomacerazione e crioestrazione, tecniche di vinificazione innovative per la produzione di vini ad alto valore aggiunto. *Il Sommelier, rivista di enologia, gastronomia e turismo*. Anno XXXIII, 2, 24-27.

DE VITA P., DE VITA G., 2004. Corso di meccanica enologica. *Milano*.

DU TOIT W., LISJAK K., 2007. Effect of different oxygen levels on glutathione levels in South African white must and wine. *Consultato in data 25/06/2017 all'indirizzo: <http://www.wineland.co.za/effect-of-different-oxygen-levels-on-glutathione-levels-in-south-african-white-must-and-wines/>*

DUBOURDIEU D., 2004. Vinificazione del Sauvignon Blanc alla luce delle più recenti acquisizioni scientifiche ed esperienze tecnologiche. *Laffort Œnologie*, 31, 1-8.

EVERT R. F., EICHHORN S. E., 2013. La biologia delle piante di Raven, *Bologna*.

EYNARD I., DALMASSO G., 2004. Viticoltura moderna, manuale pratico, *Milano*.

FAILLA O., BRANCADORO L., ROSSONI M., SCIENZA A., 2006. Le sostanze aromatiche nella bacca. *Supplemento a L'informatore agrario*, 14, 6-11.

FIA G., RECCHIA A., PICCHI M., BERTUCCIOLI M., MONTELEONE E., 2008. Descrizione delle proprietà sensoriali della Vernaccia di San Gimignano: definizione della scheda di prodotto. *Secondo Convegno Nazionale della Società Italiana di Scienze Sensoriali. Atti dei lavori, Milano, 30 giugno – 1 luglio 2008*, 359-365.

FRACASSETTI D., TIRELLI A., 2011. Evoluzione del glutathione durante la vinificazione. *Lavoro presentato a: Enoforum Arezzo, 3-5, maggio 2011. Infowine.com, rivista internet di viticoltura ed enologia*, 11,1-8.

GERBI V., ROLLE L., TORCHIO F., GHIRARDELLO D., EBERLE D., BOGLIOLO E., CORDERO B., 2008. Influenza della tecnica di vinificazione sulla shelf life di Asti DOCG. *Quaderni della Regione Piemonte*, 13, 32-35.

GIBSON R., 2004. Reductive Winemaking for White Wines. *Vinidea.net - Wine Internet Technical Journal*, 7, 1-5.

GIORDANO M., CAUDANA A., HOCK M, ZEPPA G., ROLLE L., GERBI V., 2012. Prime esperienze di vinificazione per il miglioramento dell'espressione varietale del Vermentino. *Rivista Viticola Enologia*, 2, 17-28.

GIUFFRIDA S., 2004. Tratto da Le notti di Bacco di VASSALLO M. *La Nuova Ecologia*. 7, 20.

LAFFORT, ŒNOLOGIE PAR NATURE, 2005. Presenza e ruolo del glutatione nei vini bianchi, 41, 1-3.

LAFFORT, ŒNOLOGIE PAR NATURE, 2013. Vinificazione uve alterate da Botrytis cinerea, 89, 1-4.

LALLEMAND, 2011. Lieviti inattivi specifici arricchiti in glutatione. *Winemaking update*, 2, 1-2.

LAMBRI M., COLANGELO D., DORDONI R., TORCHIO F., DE FAVERI D. M., 2016. Innovations in the Use of Bentonite in Oenology: Interactions with Grape and Wine Proteins, Colloids, Polyphenols and Aroma Compounds, in MORATA A., *LOIRA I., Grape and Wine Biotechnology*, Intech, 381-400.

LAMBRI M., DORDONI R., SILVA A., DE FAVERI D. M., 2012. Comparing the impact of Bentonite Addition for both Must Clarification and Wine Fining on the Chemical Profile of Wine from Chambave Muscat Grapes. *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 1-12.

LIRA E., RODRÍGUEZ J. J., SALAZAR F. N., ORRIOLS I., FORNOS D., LÓPEZ F., 2015. Impact of Bentonite Additions during Vinification on Protein Stability and Volatile Compounds of Albariño Wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 3004-3011.

MARCHI D., 2006. Enologia varietale e innovazione, *Vitenda 2006*, 274-275.

MARENGHI M., 2005. Il problema dei metalli pesanti. *VigneVini*, 7, 78-80.

MARZI F. M., ROMANI R., 2016. La degustazione, *Milano*.

MOINE V., 2008. Biotecnologie ed espressione aromatica dei vini. *Laffort, Œnologie Par Nature*, 60, 1-4.

MOIO L., GAMBUTI A., LISANTI M. T., 2008. Identità sensoriale del vino e nuove tecnologie. In *Le Regole del Vino, Disciplina Internazionale, Comunitaria, Nazionale. Atti del Convegno, Roma, 23-24 Novembre 2007*; a cura di ALBISINNI F., Milano, Dott. GIUFFRÈ A. Editore, 75-90.

MOIO L., 2011. L'aroma varietale del vino e l'influenza di variabili tecnologiche sulle caratteristiche sensoriali di vini bianchi campani, in *documenti del Convegno Assoenologi, 14 febbraio 2011, Avellino*, 1-20.

MOUTOUNET M., VIDAL J.C., 2005. La misura dell'ossigeno disciolto in cantina: un nuovo parametro per il controllo qualità?, in *Giornata tecnica organizzata dalla Station Régionale ITV Midi-Pyrénées sur l'Innovation en Viticulture/Œnologie, 15 dicembre 2005. Atti del convegno*, 1-5.

PARENTI A., GORI C., BARTOLINI A. B., 2006. Criomacerazione prefermentativa su uve Sangiovese: criogeni e metodiche a confronto. *VigneVini*, 4, 115-120.

PEIRA P., 2011. Se le nuove tecnologie “svelano” gli aromi tipici. *Terra e vita, speciale Vinitaly-Sol*, 12, 49-52.

RADEKA S., LUCKIĆ I., PERŠURIČ Đ., 2012. Influence of Different Maceration Treatments on the Aroma Profile of Rosé and Red Wines from Croatian Aromatic cv. Muškata ruža porečki (*Vitis vinifera* L.). *Food Technology and Biotechnology*, 50, 442-453.

RAMON D., TRIULZI G., 2009. Valorizzazione aromatica del vino, in *Documento riassuntivo degli interventi tenuti nel corso di Enoforum 2009; 21-23 Aprile, Piacenza*, 1-6.

RANALDI F., 2014. *Chimica Organica, Bologna*.

SCOTTI B., 2004. Come utilizzare l’anidride solforosa nella fase di affinamento del vino e nuove forme di impiego. *Vinidea.net; Rivista Internet Tecnica del Vino*, 1, 1-7.

SICHERI G., 2015. *Enologia. Con elementi di chimica viticola-enologica, Padova*.

SMITH C., 2013. *Postmodern Winemaking: Rethinking the Modern Science of an Ancient Craft. California*.

TAMAGNONE M., 2005. Considerazioni sulla vendemmia meccanica. *Vitenda 2005*, 82-83.

TAMBORRA P., PIRACCI A., COLLETTA A., ESTI M., 2009. Ottimizzazione delle tecnologie di vinificazione per l’incremento dell’aroma del Fiano, in *Accademia della Vite e del Vino. Atti del Convegno*. 55-67.

VELA E., HERNÁNDEZ-ORTE P., CASTRO E., FERREIRA V., LOPEZ R., 2017. Effect of Bentonite Fining on Polyfunctional Mercaptans and Other Volatile Compounds in Sauvignon Blanc Wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 68, 30-38.

VIERI M., PARENTI A., 2006. Vendemmia meccanica sempre più precisa e pulita. *L'informatore agrario*, 19, 36-43.

WERNER M., RAUHUT D., 2009. Controllo della temperatura. In TRIOLI G., HOFMANN U., Viticoltura ed enologia biologica: sviluppo di tecniche ecologicamente sostenibili e orientate al rispetto del consumatore per il miglioramento della qualità del vino biologico e per una normativa di riferimento basata su criteri scientifici, *progetto Orwine Nr. 022769*, 168-169.

ZINNAI A., VENTURI F., CALAMITA Y., ANDRICH G., 2008. L'impiego della criomacerazione nella vinificazione di uve Sangiovese. *Bollettino della Comunità Scientifica in Australasia*, 47-48.

ZIRONI R., COMUZZO P., TAT L., SCOBIOALA S., 2009. Ossigeno e vino. In TRIOLI G., HOFMANN U., Viticoltura ed enologia biologica: sviluppo di tecniche ecologicamente sostenibili e orientate al rispetto del consumatore per il miglioramento della qualità del vino biologico e per una normativa di riferimento basata su criteri scientifici, *progetto Orwine Nr. 022769*, 176-181.