TIMOXI WINE

Tecnologia innovativa per la misurazione dell'ossigeno nelle bottiglie di vino

Progetto realizzato dal CIRVE - Centro di Ricerca Interdipartimentale per la Viticoltura e l'Enologia dell'Università di Padova in collaborazione con Cantine Viticoltori Veneto Orientale Società Agricola Cooperativa (Vi.V.O. Cantine S.A.C.)

FEASR

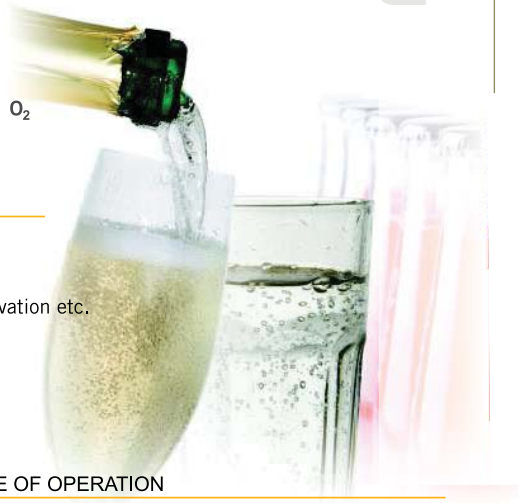
REGIONE DEL VENETO

2007 0 PSR 1 VEN 3 ETO

Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale: l'Europa investe nelle zone rurali

L.SENSOR.O_2

AN INNOVATIVE INSTRUMENT FOR MEASURING O_2 IN BOTTLES IN A TOTALLY NON INVASIVE WAY



APPLICATIONS

- wine, beer and soft drinks bottles
- off line and inline automatic sampling measure

For quality control/bottling control/beverage conservation etc.

PRINCIPLE OF OPERATION

The instrument operates with a laser beam (of very low power) that crosses the head space of the bottle; the light that reaches the receiver carries the information about the content of O2 in the head space.

The instruments contains a second channel for measuring total pressure and CO2 content in the head space, thus giving the user complete information about the bottle's head space.

PERFORMANCE

The measure of the content can be performer in glass and PET bottles, transparent and coloured (min transparency 5%), from 0,2l to 1,5l (bigger bottles on request).

- O2 range: from 0,3% to 100%
- pressure range: from 0,5 bar to 3,5 bar absolute
- O2 accuracy: approx. 0,3%
- pressure accuracy: 0,1 bar
- measuring time: from 20 to 50 sec

TIMOXI WINE

Tecnologia innovativa per la misurazione dell'ossigeno nelle bottiglie di vino

Progetto realizzato dal CIRVE - Centro di Ricerca Interdipartimentale per la Viticoltura e l'Enologia dell'Università di Padova in collaborazione con Cantine Viticoltori Veneto Orientale Società Agricola Cooperativa (Vi.V.O. Cantine S.A.C.)

Editore
Editore Cantine Viticoltori Veneto Orientale, Società Agricola Cooperativa
Pubblicazione a cura di Spazio Verde s.r.l.

Il testo, curato dal professor Andrea Curioni e dall'ingegner Paolo Tondello, rappresenta la relazione sui risultati del progetto "TIMOXI WINE - Tecnologia innovativa per la misurazione dell'ossigeno nelle bottiglie di vino", finanziato nel quadro di: PSR 2007-2013 della Regione Veneto, MISURA 124 – Cooperazione per lo sviluppo di nuovi prodotti, processi e tecnologie nel settore agricolo, alimentare e forestale.

Autori dei testi
Andrea Curioni, professore ordinario, Facoltà di Agraria dell'Università di Padova
Paolo Tondello, ingegnere elettrotecnico, presidente Lpro s.r.l.
Alberto Gianduzzo, enologo, Cantine Vi.V.O. s.a.c.

Progetto grafico
Marco Dalla Vedova

Stampa
Litocenter srl - Piazzola sul Brenta / Padova
Finito di stampare nel mese di Dicembre 2012

Copyright © 2012

Foto di copertina: vigneto e cantina, foto di Cantine Vi.V.O.

SOMMARIO

Prefazione 5

TIMOXI WINE
Misurare l'ossigeno nelle bottiglie di vino con una nuova tecnologia non invasiva
Andrea Curioni, Paolo Tondello

Introduzione 7

L'importanza dell'ossigeno in enologia 9

La misura dell'ossigeno nel vino 13

Le cantine di sperimentazione della misurazione di ossigeno presente nelle bottiglie 34
Alberto Gianduzzo

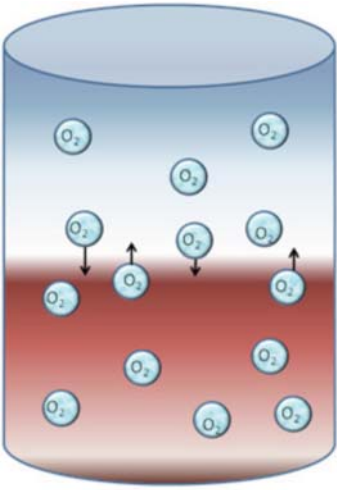
INTRODUZIONE

"L'ossigeno è il peggior nemico del vino, ma è l'ossigeno che fa un vino buono". Questo, in sintesi, aveva affermato già Pasteur più di cent'anni fa.
Da quei tempi le nostre conoscenze sul ruolo dell'ossigeno in vinificazione sono molto progredite e ormai è definitivamente stabilito che la gestione dell'ossigeno ha un effetto determinante sulla qualità dei vini. L'effetto di questo gas dipende dal tipo di vino e dalla intensità delle ossidazioni: troppo poco ossigeno porta all'insorgenza di un ambiente riducente, con sviluppo di gravi difetti organolettici, mentre un piccolo apporto di ossigeno è essenziale per una evoluzione positiva della qualità organolettica. Se però l'apporto di ossigeno al vino è eccessivo si possono avere fenomeni ossidativi indesiderati. I problemi derivanti da una quantità troppo bassa (riduzione) o troppo alta (ossidazione) di ossigeno sono all'origine dei più importanti difetti che si sviluppano nel vino in bottiglia e che, non potendo essere corretti dall'enologo, determinano gravi scadimenti qualitativi al momento del consumo.

L'IMPORTANZA DELL'OSSIGENO IN ENOLOGIA

L'atmosfera è costituita approssimativamente al 21% da ossigeno. Questo gas quindi inevitabilmente interagisce con il vino dal momento in cui l'uva viene pigiata fino a quando il vino viene versato nel bicchiere. L'ossigeno, infatti, tende a dissolversi nel vino, avendo una solubilità che è di circa 8,4 g/l, a 20 °C, ma che varia anche in funzione del grado alcolico. Tuttavia, abbassando la temperatura, come per tutti i gas, la solubilità dell'ossigeno aumenta mentre diminuisce abbassandone la pressione parziale, come per esempio succede quando si è in presenza di miscele di gas con composizione diversa da quella dell'aria.
L'ossigeno che si dissolve nel vino non si comporta come un gas inerte, ma partecipa a diverse reazioni di ossido-riduzione. Sono queste le reazioni che determinano l'evoluzione del vino in senso "riduttivo" o "ossidativo" e che vanno controllate per ottenere la qualità ottimale voluta per un determinato tipo di prodotto.
Come è noto, il vino "assorbe" l'ossigeno disciolto che, in tempi più o meno lunghi di conservazione, tende a scomparire come tale dalla soluzione. La quantità di ossigeno assorbito dai vini è tuttavia molto diversa a seconda della composizione del vino ed in particolare del suo contenuto in sostanze cosiddette "ossidabili", tra cui bisogna certamente citare le sostanze polifenoliche. Un litro di vino rosso, ricco in polifenoli, ad esempio, potrebbe assorbire fino a 800 mg di ossigeno, se ne avesse abbastanza a disposizione, mentre i vini bianchi ne consumano quantità molto minori. Inoltre, le cinetiche di assorbimento non sono lineari; normalmente, a una prima fase di assorbimento più rapido, segue un rallentamento della velocità che a un certo punto si azzera. Normalmente la velocità di assorbimento, come la quantità dell'ossigeno consumato, dipende dal contenuto di polifenoli: generalmente, i vini bianchi, più poveri di polifenoli, mostrano velocità di assorbimento minore rispetto ai vini rossi, che possono consumare tutto l'ossigeno a disposizione nel giro di 3-4 giorni (Riberau Gayon e Peynaud, 1961). È chiaro comunque che tutti questi fenomeni sono in relazione all'ossigeno disponibile in soluzione, la cui quantità è a sua volta dipendente dalla concentrazione dell'ossigeno gassoso che sta a contatto con la superficie del vino, dato

Rappresentazione dell'equilibrio che esiste tra ossigeno dello spazio di testa e ossigeno disciolto.



che, come per tutti i gas, esiste un equilibrio tra la forma presente nella fase aeriforme e quella in soluzione. In un recipiente ermeticamente chiuso, quando tutto l'ossigeno a disposizione è stato consumato dal vino, le reazioni cesseranno, mentre se il recipiente ha la possibilità di scambiare i gas con l'esterno (come per esempio una bottiglia con un tappo che non "tiene") queste potranno continuare con una certa velocità finché non si siano esaurite tutte le sostanze in grado di assorbire l'ossigeno che entra nel vino.

Dal punto di vista degli effetti sulla qualità, si può dire, in generale, che piccole quantità di ossigeno fornite lentamente, come avviene per esempio durante la conservazione in botti di legno, che non a caso, viene indicata come un processo di maturazione del vino, hanno un effetto del tutto benefico per i vini rossi, in quanto consentono la stabilizzazione del colore ed la riduzione dell'astringenza. All'opposto, la presenza di ossigeno può facilmente rivelarsi eccessiva per i vini bianchi che, non protetti dalla presenza di polifenoli, subiscono modificazioni ossidative che determinano perdita di aromi e variazione di colore fino ai casi più estremi in cui si assiste alla comparsa delle caratteristiche di vino "ossidato" (aromi difettosi, rilevanti alterazioni del colore). I fenomeni descritti hanno evidentemente una base chimica e riguardano fondamentalmente i polifenoli del vino. Questi composti, in presenza di ossigeno, si ossidano con produzione di acqua ossigenata che è in grado di ossidare l'alcol etilico ad acetaldeide, che poi interviene, con un meccanismo abbastanza complesso, nei fenomeni di polimerizzazione che portano, da una parte, alla formazione di polimeri antociani-tannini che mantengono il colore dei vini rossi in una forma stabilizzata e, dall'altra a un aumento delle dimensioni molecolari dei tannini, che così tendono ad attenuare il loro effetto astringente. La quantità di acetaldeide in grado di reagire è comunque determinata anche dalla quantità di anidride solforosa libera con la quale tende a combinarsi.

Il vino entra in contatto con l'ossigeno dell'aria in diversi momenti della vinificazione, come per esempio durante i travasi e le operazione di chiarifica, e, naturalmente, se i recipienti di conservazione non sono completamente pieni. A questo proposito occorre tener conto anche degli effetti dell'imbottigliamento in termini di immissione di ossigeno nel vino e delle conseguenze che questo può avere nei confronti delle varia-

Variazione del colore dovuta all'ossidazione in bottiglie con spazio di testa di diverso volume.

zioni delle caratteristiche sensoriali durante la conservazione in bottiglia per tempi più o meno lunghi. La quantità di ossigeno che entra nel vino durante e dopo l'imbottigliamento dipende evidentemente dalla quantità di ossigeno presente nello spazio di testa della bottiglia, dove possono rimanere anche 6 mg di ossigeno, e quindi dipende dalle condizioni operative che si adottano durante questa operazione. Per evitare un eccessivo apporto di ossigeno durante l'imbottigliamento nello spazio di testa si può operare sostituendo l'aria con gas inerti ed evitando di arieggiare il vino prima della tappatura. Bisogna a questo proposito ricordare che lo stato di ossido-riduzione che si instaura nel vino all'interno della bottiglia e che dipende appunto dalla quantità di ossigeno disciolto (che è in relazione alla quantità di ossigeno presente nella fase gassosa, cioè nello spazio di testa, secondo la legge di Henry) determina, a seconda del tipo di vino, importanti effetti sulle caratteristiche sensoriali che caratterizzano l'acquisizione delle caratteristiche del vino al momento del consumo in senso negativo o positivo. Durante la fase di conservazione in bottiglia e in relazione al contenuto di ossigeno possono verificarsi, per esempio, fenomeni di imbrunimento e perdita di aromi nei vini bianchi, variazioni del colore verso tonalità mattone nei vini rossi, evoluzione verso note olfattive particolari o acquisizione di odori di ossidato.

Tuttavia, per quante precauzioni si possano prendere a fine di controllare il contenuto di ossigeno nel vino fino al momento della tappatura finale bisogna considerare che un apporto di ossigeno al vino può verificarsi anche durante la sua conservazione in bottiglia e questo dipende dalla permeabilità della chiusura all'aria. Durante questa fase bisognerebbe poter avere uno scambio di ossigeno ben calibrato a seconda della tipologia di vini e del grado di invecchiamento previsto, controllato e uguale per tutte le bottiglie. In effetti, diversi lavori hanno dimostrato che uno stesso vino di partenza può dare prodotti diversi se si impiegano tappi di tipo diverso e che, anche utilizzando lo stesso tipo di chiusura, i risultati possono differire tra una bottiglia e l'altra in ragione di una variabilità nella permeabilità all'aria delle chiusure. (Lopes *et al.* 2009; Skouroumounis *et al.* 2005).

Appare quindi chiara la necessità di misurare l'ossigeno sia ai fini di meglio comprendere i fenomeni che avvengono nel vino sia per avere la possibilità di controllare lo stato delle bottiglie anche in funzione delle caratteristiche delle chiusure usate garantendo così l'evoluzione ottimale e omogenea di un determinato prodotto. Un problema di difficile soluzione è riuscire a fare questa misura al riparo dall'aria, che contenendo ossigeno, interferisce pesantemente. L'ideale sarebbe quindi poter controllare la quantità di ossigeno presente nello spazio di testa di una bottiglia chiusa, o di un qualsiasi altro recipiente, così come si trova, in modo da avere un dato riferibile alle condizioni reali di conservazione del prodotto.

LA MISURA DELL'OSSIGENO NEL VINO

Esistono diversi sistemi per la misura dell'ossigeno nel vino. Tra i più diffusi sono quelli basati su sensori elettrochimici, come per esempio l'*Orbisphere*, che determinano la quantità di ossigeno facendo fluire una parte del liquido, prelevato dal contenitore sotto atmosfera di azoto, in un sensore che ne misura la conducibilità che è proporzionale alla pressione parziale di ossigeno.
Altri sistemi, abbastanza complicati e non privi di svantaggi si basano sull'uso di sostanze che sono in grado di cambiare colore in funzione della quantità di ossigeno, ma questi possono essere applicati, al fine di saggiare il passaggio di ossigeno attraverso diversi tipi di chiusure, su soluzioni modello e non su vini reali.
Un sistema alternativo che evita l'apertura del recipiente si basa invece sul posizionamento di un sensore all'interno della bottiglia chiusa. Questi sensori, attivati da una luce blu fornita attraverso una fibra ottica, rispondono emettendo una luce rossa e fornendo un segnale che, opportunamente elaborato, indica la concentrazione dell'ossigeno. Questo sistema ha il vantaggio di non essere invasivo e di permettere misure a tempi diversi, che però evidentemente possono essere fatte solo sulle bottiglie dotate del sensore, che non sono certamente quelle che possono essere messe in commercio.
Tutti questi sistemi, ed anche altri, quindi, proprio per la loro tipologia di funzionamento, non consentono misure sistematiche, rapide e nemmeno molto affidabili, né possono essere applicate alle bottiglie che verranno commercializzate. Infatti le misure dopo l'imbottigliamento possono essere fatte solo su qualche bottiglia a campione: si tratta in ogni caso di un processo abbastanza lungo e affetto da irriproducibilità di tipo statistico.
Nella pratica di vinificazione, imbottigliamento e conservazione si sente dunque il bisogno di un metodo di misura dell'ossigeno presente in una bottiglia in modo rapido e non invasivo, da applicare al fine del controllo di qualità, ma anche per stabilire le modalità di imbottigliamento e la tipologia di chiusura più adatta in funzione di un determinato obiettivo produttivo.

Lo strumento

Il misuratore del contenuto di ossigeno all'interno delle bottiglie, progettato, è basato sul principio della spettroscopia laser.
Un fascio di radiazione altamente monocromatica emesso da un laser attraversa lo spazio di testa della bottiglia dove è contenuto il gas. La lunghezza d'onda della radiazione coincide con una delle righe di assorbimento della molecola. Misurando con un fotorivelatore l'intensità della radiazione che ha attraversato il collo della bottiglia, è possibile determinare l'assorbimento della radiazione e da esso risalire, nota la distanza attraversata (spessore interno del collo), alla concentrazione del gas oggetto della misura (**figura 1**). In realtà la radiazione laser viene anche fortemente assorbita dal vetro della bottiglia, particolarmente se esso è scuro. Per tenere conto di ciò la lunghezza d'onda della radiazione laser viene fatta variare attorno alla riga della molecola in modo da separare il contributo del vetro che è costante nel piccolo intervallo di lunghezza d'onda della scansione da quello della riga corrispondente alla molecola.
I laser impiegati per questa applicazione sono laser a diodo, robusti, affidabili e adatti ad applicazioni industriali. La variazione della lunghezza d'onda viene, in questi laser, realizzata semplicemente variando la corrente di alimentazione del laser stesso o anche variando la temperatura di funzionamento.

Figura 1 - *Modalità di misurazione della concentrazione di ossigeno libero all'interno della bottiglia.*

Questi principi sono già stati applicati in passato, ad esempio per la rivelazione della CO_2 e la ditta Lpro S.r.l. produce e commercializza uno strumento in grado di misurare la pressione parziale e la pressione totale nelle bottiglie di vino.
Tuttavia l'estensione di queste tecniche al caso della misura sull'O_2 si scontra contro due principali difficoltà:

1) la molecola dell'O_2, essendo formata da due atomi identici non presenta righe vibrazionali permesse, come fanno invece altre molecole, ad esempio CO_2, H_2O, ecc. Le uniche righe di assorbimento possibili sono delle righe (cosiddette di *overtone*) attorno a 760 nm, di intensità debolissima;
2) nell'atmosfera esterna alla bottiglia è presente O_2 in concentrazione di circa il 21%. Tale valore è spesso ben superiore a quanto presente all'interno della bottiglia (e che si vuole misurare) che può arrivare a meno dell'1%. Inoltre anche la pressione totale dei gas presenti nel collo della bottiglia può essere diversa, con quella interna spesso superiore alla pressione atmosferica. Questo fatto introduce un ulteriore elemento di distorsione della misura.

Il superamento di tali difficoltà ha costituito il vero punto di radicale innovazione del progetto.
Per avere il dato quantitativo di cui al punto **1)**, si assume che in una bottiglia il cui collo ha un diametro interno di 18 mm sia presente 1% di O_2. Ebbene in questo caso l'assorbimento da parte delle molecole di O_2 è di ca. 3×10^{-5}. Questo significa che si deve poter misurare una variazione dell'intensità del fascio di 3/100.000 dell'intensità stessa.
Per ottenere tale misura è stato quindi necessario:

a) aumentare la sensibilità della misura di assorbimento della luce laser;
b) minimizzare ogni ulteriore causa di perturbazione della misura come ad esempio l'effetto etalon o ogni specie di rumore.

a) L'aumento della sensibilità della misura è stato ottenuto utilizzando una tecnica di "modulazione" della misura di assorbimento, nota come WMS (*Wavelength Modulation Spectroscopy*). Si tratta, in sostanza, di imprimere alla variazione della lunghezza d'onda della radiazione laser una modulazione sinusoidale e poi realizzare una sovrapposizione (in termine tecnico battimento) tra il segnale rivelato dal fotodiodo e la stessa frequenza di modulazione.
Nella **figura 2**, in a) è rappresentato lo spettro di una riga dell'O_2 e la modulazione della lunghezza d'onda del laser; in b) è mostrato il risultato dopo il "battimento", in questo caso il "battimento" è effettuato alla frequenza doppia di quella modulante. Si ottiene così un segnale simile alla derivata seconda della riga originaria. Il grande

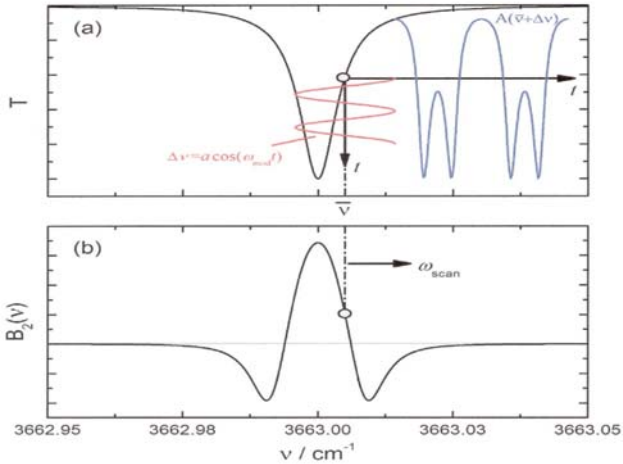


Figura 2 - *Rappresentazione dello spettro di una riga dell'O_2 (a) e risultato dopo il "battimento (b).*

vantaggio della WMS è che essa elimina i contributi costanti all'assorbimento della luce laser, come ad esempio quello del vetro, permettendo quindi di aumentare di molto la sensibilità della misura.
Nello strumento realizzato, le operazioni di modulazione e demodulazione sono realizzate in modo sincrono e in maniera digitale, ottenendo quindi prestazioni assolutamente stabili nel tempo e riproducibili.

Figura 3 - *Schema di massima della configurazione dello strumento di misura.*

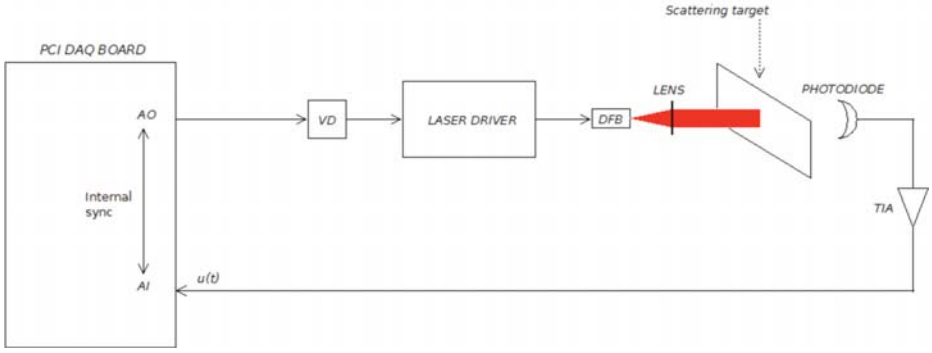
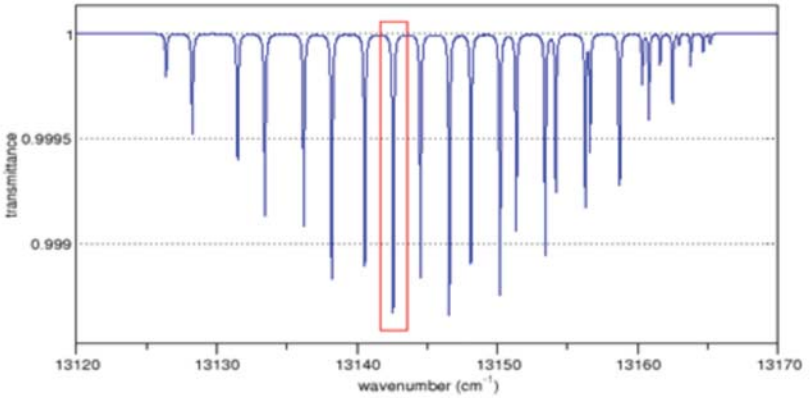


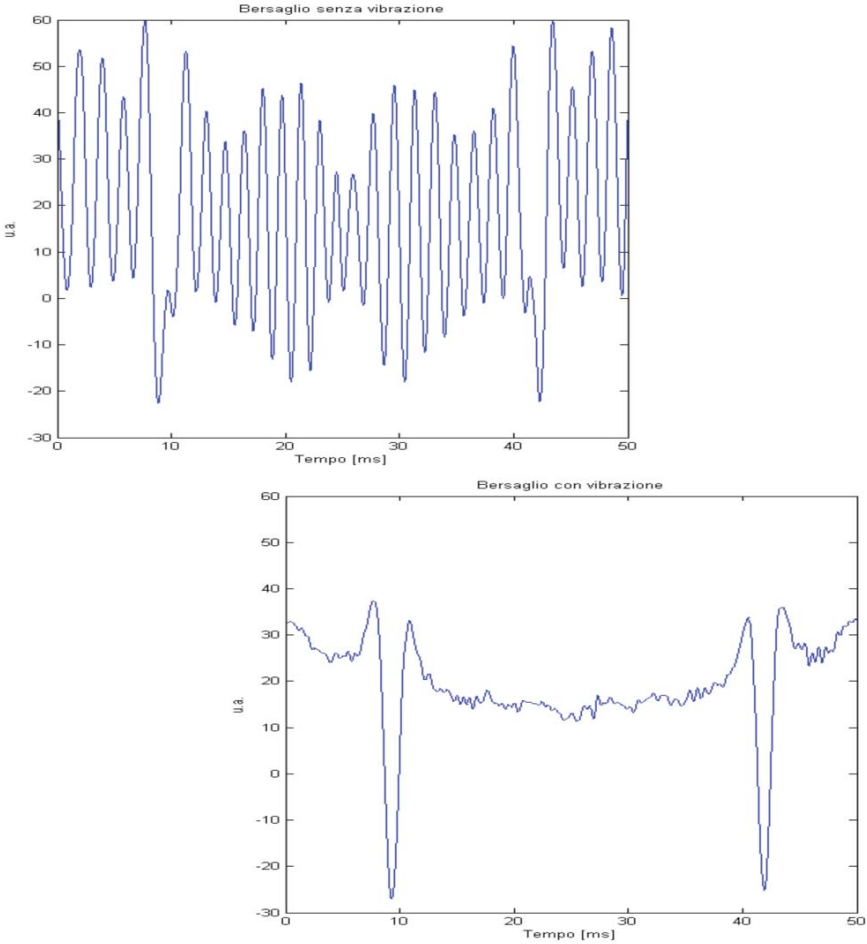
Figura 4 - *Banda di assorbimento di O_2*.



Uno schema di massima della configurazione utilizzata è mostrato nella **figura 3**.
Il laser è un laser della Ulm Photonics e lavora attorno a 760 nm dove vi è la banda di assorbimento dell'O_2 come mostrato nella **figura 4**. Si opera sulla riga più intensa. Il laser è controllato in corrente e temperatura mediante una scheda della Thorlabs; mentre i segnali di modulazione e demodulazione sono generati/raccolti da una scheda della National Instruments.
Particolarmente critico si è rivelato il controller di temperatura; infatti anche una piccola variazione della temperatura (T) del laser (anche <1/10°C) provoca un'apprezzabile variazione della posizione della riga e conseguente incertezza nella misura. A tale proposito si è sviluppato un apposito algoritmo che verifica la posizione della riga prima della misura e poi controlla la corrente per portare la riga nella giusta posizione.

b) La minimizzazione dei possibili disturbi ha rappresentato uno dei punti più critici del progetto e ha richiesto un lungo lavoro. In particolare la misura è influenzata da modulazioni spurie dell'intensità originate da effetti derivanti dalle superfici riflettenti del vetro (tecnicamente effetti "etalon") che avvengono principalmente sulle superfici della bottiglia. Si tratta di interferenze tra fasci altamente coerenti riflessi dalle varie interfacce che il fascio laser incontra nel suo passaggio. Ad esempio, a ogni passaggio aria-vetro vi è una parte del fascio riflessa indietro: l'interferenza tra i vari fasci provoca battimenti che possono variare anche casualmente. Tale effetto è particolarmente vistoso nel caso di bottiglie di vetro chiaro.

Figura 5 - *Effetto etalon ridotto con la vibrazione.*



Attraverso un'attenta indagine sperimentale si è visto che la soluzione più efficace per la riduzione di questo effetto è quella di imprimere un piccolo movimento oscillatorio/vibratorio alla bottiglia, in modo da "piallare" l'etalon nella durata della misura. Nello strumento questo è realizzato spostando in modo oscillante di una frazione di millimetro il collo della bottiglia durante la misura. La **figura 5** mostra l'effetto dell'etalon e la sua riduzione con la vibrazione.

Altro elemento critico considerato, punto **2)**, è stata l'eliminazione dell'interferenza dovuta all'ossigeno esterno alla bottiglia. La soluzione individuata è stata quella di utilizzare due cilindretti di materiale siliconico trasparente interposti tra il laser e la bottiglia e tra la bottiglia e il fotodiodo. Laser e fotodiodo sono contenuti in due contenitori e sono spinti da due molle che portano i cilindretti a contatto con il vetro della bottiglia eliminando così il passaggio della luce attraverso l'aria esterna. In questo modo il segnale di assorbimento che si misura è solo quello dovuto all'ossigeno presente all'interno della bottiglia. Per questa realizzazione si è visto inoltre che è conveniente operare con il laser senza alcuna lente di collimazione e quindi in espansione libera. Il fotodiodo deve quindi essere di area sufficiente a raccogliere l'intero fascio; si è utilizzato un fotodiodo Hamamatsu da 10x10 mm di area. Per rendere lo strumento immune dall'effetto della luce ambiente davanti al fotodiodo è stato interposto un filtro infrarosso.
Si è inoltre implementato un programma di controllo e soprattutto di best-fit delle forme di riga sperimentali. Il programma calcola la forma di riga che ci si aspetta partendo dai dati caratteristici del laser ricavati preliminarmente in via sperimentale.
Si è effettuata una lunga sperimentazione con un prototipo dello strumento su diverse bottiglie con diversi contenuti di O_2 e a diverse pressioni. Questo lavoro ha portato ad alcune conclusioni la principale delle quali è che, nonostante tutti gli accorgimenti, la misura della concentrazione dell'ossigeno effettuata con la WMS risente molto della pressione interna alla bottiglia. Aumentando la pressione la riga di assorbimento si allarga (a causa degli urti tra le molecole) e di conseguenza la derivata (seconda) diminuisce di ampiezza; questo, unito alla piccolezza intrinseca del segnale, comporta che per pressioni elevate non sia più possibile separare in modo univoco dal segnale sperimentale il contributo dovuto alla concentrazione dell'O_2, oggetto della misura, da quello dovuto alla pressione totale.
Si è quindi deciso di affiancare al canale di misura dell'ossigeno un secondo canale, costituito dal ben noto e funzionante sistema di misura della CO_2. Tale canale fornisce in modo non ambiguo la pressione totale del gas, oltre ovviamente alla misura della concentrazione della CO_2. La misura di pressione così ricavata viene quindi utilizzata assieme al segnale del canale dell'ossigeno per ricavare la definitiva concentrazione di quest'ultimo all'interno dello spazio di testa. Naturalmente, per avere una buona misura di pressione è necessario che all'interno della bottiglia sia presente una quantità di CO_2 sufficiente (> 2-3%), cosa che nelle bottiglie di vino si verifica sempre.
La **figura 6** mostra lo strumento così come è stato realizzato.
È chiaro che lo strumento, per poter dare delle misure reali di concentrazione dell'ossigeno, deve essere calibrato. Tale calibrazione è stata effettuata prendendo

Figura 6 - *Strumento realizzato.*

le misure su bottiglie in cui è stata immessa una atmosfera con un contenuto noto di ossigeno. Per realizzare tali atmosfere (miscele di gas con contenuti variabili e noti di ossigeno) si è utilizzato un apposito polmone che consente di riempire i campioni con le pressioni desiderate.

Nella fase iniziale, lo strumento è stato calibrato usando diverse concentrazioni di ossigeno e diverse pressioni, misurate con manometri di precisione. Questo ha consentito di realizzare una caratterizzazione iniziale della risposta dello strumento che lo rende pronto all'uso da parte dell'operatore, a cui viene richiesta una semplice calibrazione iniziale in aria.

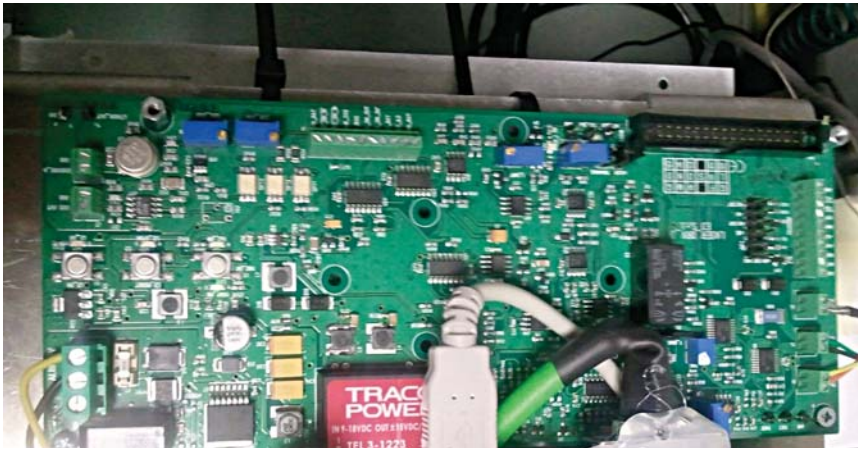
Prestazioni

Praticamente, la misura viene effettuata prendendo prima un segnale di calibrazione (senza la bottiglia) in aria. Viene poi posizionata la bottiglia, portando a contatto del vetro del collo i contenitori del laser e del fotodiodo. La misura richiede alcuni secondi (da 5 a 20) per avere una buona prestazione. La precisione può essere ulteriormente incrementata se si effettuano diverse misure (3-4) ruotando di un poco la bottiglia tra una misura e l'altra e prendendo la media dei risultati.

La riproducibilità, l'accuratezza e la sensibilità dipendono da diversi parametri. Lo strumento è in grado di avere una deviazione standard tra diverse misure sullo stesso campione di circa 0,3% (di O_2) per pressioni fino a circa 2 bar. Per pressioni superiori le prestazioni si degradano (anche se è possibile arrivare fino a circa 3 bar) mentre per pressioni inferiori a quella atmosferica esse possono anche migliorare.

È importante il dato che conferma che la qualità della misura non dipende dal tipo di bottiglia, chiara o scura, né dal tipo di vetro; è possibile effettuare misure anche con

Figura 7 - *Scheda realizzata.*



bottiglie di PET. La misurazione, come la descrizione chiarisce bene, è totalmente non invasiva e può essere ripetuta sulla stessa bottiglia indefinitamente.

Criticità e sviluppi futuri

Le prestazioni dello strumento come sensibilità e accuratezza appaiono molto buone e adatte all'impiego previsto.
La principale criticità è legata alla complessità dello strumento e di conseguenza al suo possibile costo per l'utente.
Per ridurre la complessità è necessario, da un lato, verificare la possibilità, e in quale intervallo operativo, di fare a meno della misura della pressione mediante il canale CO_2. In tal modo si dimezzerebbe quasi il costo. Questo richiede ancora una serie di misure aggiuntive.
Per ridurre i costi potrebbe essere utile tentare di realizzare in casa alcune schede di controllo. A tale scopo si è progettata e realizzata un'apposita scheda elettronica che congloba in un unico pezzo sia il controller di corrente del laser, sia il controller di temperatura che il sistema di modulazione/demodulazione sincrono. La **figura 7** mostra la realizzazione pratica della scheda.
Lo strumento può trovare applicazione oltre che nel settore dei vini anche per bevande gassate e non. In quest'ultimo caso dovendo misurare la pressione e non essendovi presenza di CO_2 è possibile utilizzare per la misura le righe del vapor d'acqua. Questa opzione è già stata provata separatamente.

Risultati su vini in condizioni operative

Al fine di verificare il funzionamento dello strumento in condizioni operative di cantina, sono state preliminarmente considerati vini di varietà diverse (bianche e rosse) sottoposti ad imbottigliamento (in bottiglie di vetro chiaro e colorato), con vari tipi di chiusure (tappi in sughero, tappi tecnici), presso la Cantina Produttori di Campodipietra, partner del progetto. Le caratteristiche analitiche dei vini utilizzati nella sperimentazione sono riportate in **tabella 1**.
Su questi diversi vini è stata misurata, utilizzando lo strumento precedentemente descritto, la variazione della percentuale di ossigeno contenuta nello spazio di testa. Per ogni tipologia di vino sono state selezionate 6 bottiglie, che sono state monitorate a tempi diversi.
Sono stati inizialmente selezionate le bottiglie di un vino bianco e di due vini rossi. Il vino bianco era un Verduzzo friulano dorato (commercializzato con il nome di Arzeri), vinificato con criomacerazione e con un leggero passaggio in botti di rovere, mentre i vini rossi erano un rosso IGT ed un Merlot. Per il vino bianco era stato scelto un tappo in sughero, con bottiglia in vetro bianco, mentre per i rossi un tappo tecnico e bottiglie in vetro scuro.

Tabella 1 - *Vini utilizzati nella sperimentazione. Caratteristiche analitiche all'imbottigliamento e data di imbottigliamento.*

vino	Alcol (%)	Acidità totale (g/l)	Acidità volatile (g/l)	pH	Zuccheri residui (%)	SO_2 totale	SO_2 libera	Data di imbottigliamento
Nero d'Avola	12,16	5,66	0,45	3,41	0,56	130	46	20/06/2012
Rosso semisecco	10,10	5,53	0,30	3,30	1,00	165	45	19/07/2012
Merlot	12,06	5,23	0,49	3,46	0,65	120	48	28/08/2012
Pinot grigio	11,86	5,70	0,20	3,26	0,48	176	48	05/09/2012
Verduzzo friulano	12,59	5,40	0,59	3,29	3,42	180	60	05/07/2012

I risultati riguardanti la misurazione dell'ossigeno nello spazio di testa sono riportati rispettivamente nei grafici delle **figure 8**, **9** e **10**.
Con queste misure non invasive si è potuto confermare quanto già noto e cioè che il vino "consuma" ossigeno a velocità più o meno elevate. Infatti, indipendentemente dal vino e dal tipo di chiusura, il consumo dell'ossigeno è stato graduale nel tempo fino a raggiungere un valore percentuale prossimo allo zero nello spazio di testa. Quindi si conferma che l'ossigeno presente nella fase gassosa (spazio di testa), è in equilibrio con quello disciolto nel liquido, che viene a mano a mano consumato da sostanze del vino in grado di essere ossidate. Sia per il Verduzzo che per il Rosso IGT la percentuale di ossigeno ha rag-

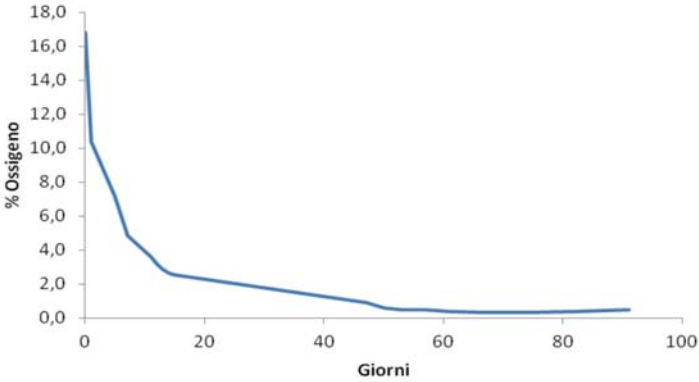


Figura 8 - *Evoluzione della percentuale di ossigeno nello spazio di testa del vino bianco Verduzzo friulano chiuso con tappo di sughero. Ogni dato è la media della misura su 6 bottiglie diverse.*

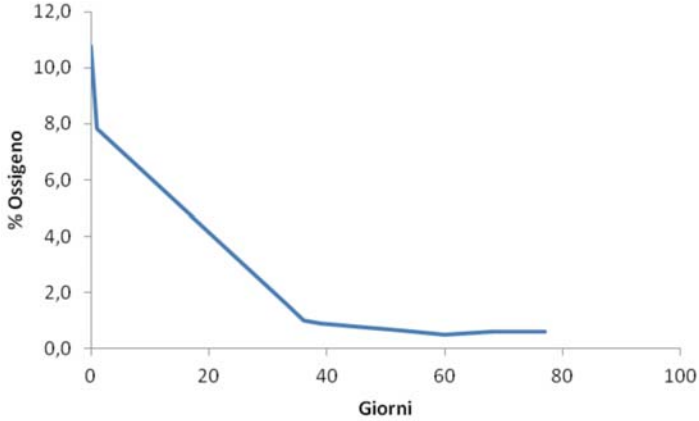


Figura 9 - *Evoluzione della percentuale di ossigeno nello spazio di testa del vino Rosso IGT chiuso con tappo tecnico. Ogni dato è la media della misura su 6 bottiglie diverse.*

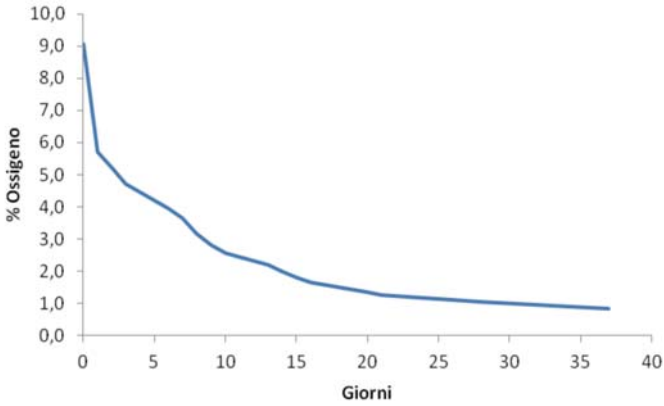


Figura 10 - *Evoluzione della percentuale di ossigeno nello spazio di testa del vino Merlot chiuso con tappo tecnico. Ogni dato è la media della misura su 6 bottiglie diverse.*

giunto un valore stabile in circa 50 giorni, mentre il Merlot non ha raggiunto, nei tempi di misurazione (solo 37 giorni), il punto di equilibrio. La cinetica di assorbimento osservata per il Verduzzo sembrerebbe contraddire il fatto che l'assorbimento di ossigeno è generalmente più lento nei vini bianchi rispetto ai vini rossi. Bisogna tenere conto tuttavia che il vino bianco considerato aveva subito un trattamento di criomacerazione che porta a un contenuto più elevato di polifenoli e quindi, se queste sono le sostanze coinvolte, a un consumo di ossigeno più veloce rispetto ai vini bianchi non criomacerati. Inoltre, bisogna anche tenere conto del diverso tipo di chiusura (tappo tecnico per i rossi e di sughero per il bianco) che potrebbe aver influito sulla "tenuta" all'aria determinando una diversa quantità di ossigeno "importato" dall'esterno.

Alla fine dell'esperimento le bottiglie sono state aperte ed è stata misurata l'assorbanza a 420 nm per il vino bianco, per avere una misura che potesse indicare eventuali fenomeni di ossidazione. Per i rossi, invece, è stata fatta una determinazione spettrofotometrica dell'assorbanza a 520nm, che dà indicazioni sull'evoluzione del colore rosso, che come è noto, viene influenzata fortemente dalla quantità di ossigeno.

Considerando le repliche effettuate, per il vino Verduzzo sembrerebbe esistere una correlazione negativa tra la percentuale di ossigeno nello spazio di testa e l'intensità di colore (coefficiente di correlazione -0.456). Questo dato è insolito, in quanto un maggiore contenuto di ossigeno dovrebbe anche causare un maggiore imbrunimento. L'analisi statistica ha però verificato che tale correlazione non è significativa ($p<0.05$).

Anche nel caso dei vini rossi la correlazione tra assorbanza a 520 nm e contenuto di ossigeno è risultata negativa (coefficienti di correlazione -0.608 e -0.457 per il Rosso IGT e il Merlot, rispettivamente), ma questo dato è significativo solo per il Rosso IGT

($p<0.05$). Si potrebbe dunque pensare che l'assorbimento di ossigeno osservato nei primi 50 giorni dall'imbottigliamento non abbia influenza sui fenomeni ossidativi a carico dei polifenoli in misura tale da provocare variazioni nel colore dei vini, che, bisogna ricordarlo, sono protetti da quantità, simili per tutti i campioni esaminati, di anidride solforosa.
L'effetto del tipo di chiusura, che può influenzare molto il passaggio di aria all'interno della bottiglia è quindi stato verificato effettuando misurazioni su un vino rosso (Nero d'Avola), conservato in bottiglie di vetro scuro. Le bottiglie erano state chiuse con 4 tipi di chiusure diverse: tappo tecnico, tappo sintetico, tappo di sughero e tappo a vite. In questo modo si è voluto verificare l'applicabilità del metodo di misurazione dell'ossigeno per evidenziare differenze tra i diversi tipi di chiusura. I risultati ottenuti per tempi di misurazione fino a 83 giorni dall'imbottigliamento sono riportati in **tabella 2** e nella **figura 11**.

Tabella 2 - *Evoluzione della percentuale di ossigeno nello spazio di testa di vino Nero d'Avola chiuso con 4 diverse tipologie di tappo. Ogni dato è la media della misura su 6 bottiglie diverse.*

	Sintetico		Vite		Sughero		Tecnico	
Giorni	Media	Dev.St.	Media	Dev.St.	Media	Dev.St.	Media	Dev.St.
0	11,07	1,80	10,12	1,34	8,95	1,05	9,56	0,50
15	3,51	0,48	5,38	0,44	2,94	0,44	4,91	0,46
16	3,11	0,41	4,70	0,45	2,51	0,34	4,08	0,69
20	2,88	0,47	4,42	0,36	1,79	0,43	3,46	0,45
22	2,43	0,34	3,78	0,35	1,56	0,37	2,94	0,44
26	2,01	0,26	3,22	0,42	1,23	0,35	2,56	0,34
27	1,85	0,26	3,09	0,41	1,07	0,32	2,50	0,34
28	1,73	0,18	2,93	0,26	0,95	0,26	2,18	0,35
29	1,64	0,17	2,62	0,30	0,89	0,19	2,06	0,38
30	1,41	0,23	2,53	0,45	0,73	0,25	2,00	0,34
62	1,61	0,22	1,43	0,30	0,30	0,08	1,22	0,19
65	1,36	0,20	1,18	0,32	0,16	0,15	1,01	0,11
68	1,18	0,19	0,94	0,23	0,11	0,07	0,86	0,12
72	1,15	0,12	0,93	0,23	0,11	0,06	0,75	0,17
77	1,02	0,09	0,88	0,23	0,05	0,05	0,57	0,08
83	0,89	0,12	0,49	0,15	0,08	0,07	0,46	0,10

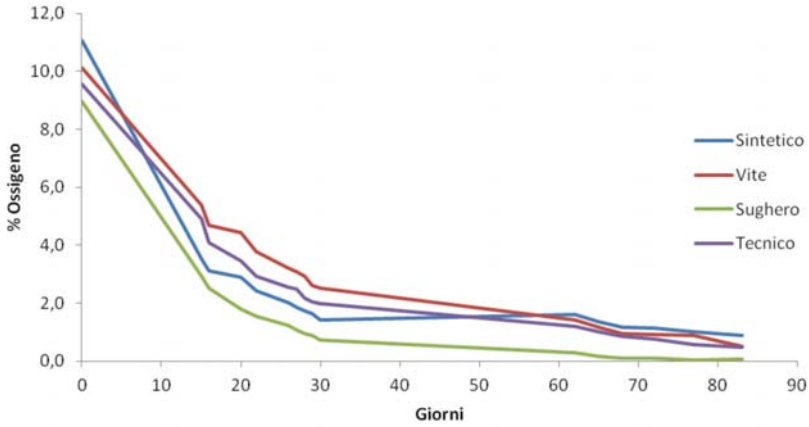


Figura 11 - *Evoluzione della percentuale di ossigeno nello spazio di testa di vino Nero d'Avola chiuso con 4 diverse tipologie di tappo. Ogni dato è la media della misura su 6 bottiglie diverse.*

Anche in questo caso è stata osservata una diminuzione graduale del contenuto di ossigeno nel tempo, come osservato precedentemente. Tuttavia appare che l'andamento delle curve ottenute nei diversi casi non sia sovrapponibile e, in particolare, che il tappo di sughero sia quello che determina un consumo più veloce e completo dell'ossigeno presente nello spazio di testa. Bisogna però notare che la misura al tempo 0 (cioè appena dopo l'imbottigliamento) non è uguale in tutti i casi, il che indicherebbe una certa variabilità legata all'operazione di imbottigliamento con i diversi tipi di chiusura. Le macchine imbottigliatrici erano fornite di compensazione di azoto unicamente nella campana di contenimento del vino, non avendo la possibilità di insufflare azoto nella bottiglia prima del riempimento.
Si può quindi ritenere che lo spazio di testa, al momento dell'imbottigliamento, fosse interamente saturo di aria in uno stato leggermente compresso per effetto della diminuzione del volume causata dall'entrata e dal posizionamento del tappo.
Tuttavia se consideriamo che il vino è lo stesso in tutti i casi, e quindi la sua capacità di "consumo" di ossigeno è la stessa, la differenza nel contenuto di ossigeno al tempo 0 e al tempo dell'ultima misurazione (ΔO_2), deve essere spiegata sulla base di differenze di permeabilità all'aria delle diverse chiusure. Quindi sembrerebbe che il tappo di sughero abbia una tenuta maggiore (ΔO_2 8,87) di quelli a vite e tecnico (ΔO_2 9,63 e 9,46) e ancora maggiore di quello sintetico (ΔO_2 10,18). Considerando solo la misura effettuata all'ultimo tempo (83 giorni dall'imbottigliamento) si è potuto confermare che, anche

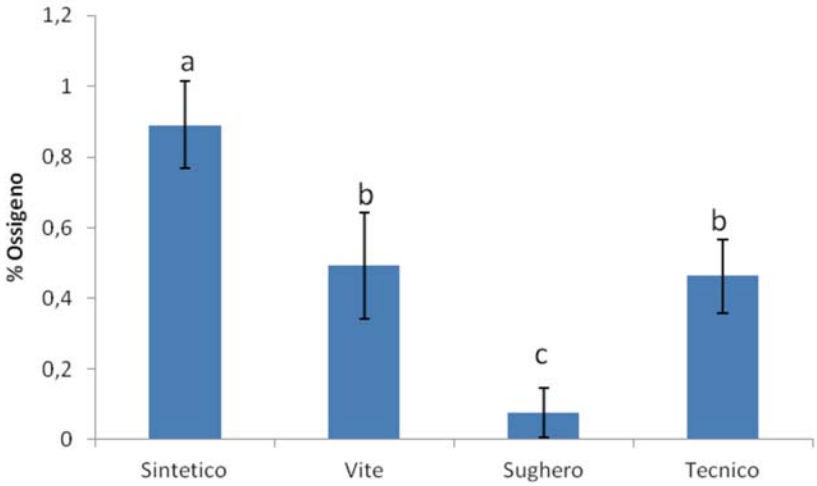


Figura 12 - *Percentuale di ossigeno nello spazio di testa di vino Nero d'Avola chiuso con 4 diverse tipologie di tappo a 83 giorni dall'imbottigliamento. Ogni dato è la media della misura su 6 bottiglie diverse.*

indipendentemente dal contenuto di ossigeno presente al momento dell'imbottigliamento, la percentuale di ossigeno nei campioni è significativamente diversa ($p<0.05$) in funzione delle diverse tipologie di chiusura (**figura 12**).
Nel nostro caso, le bottiglie chiuse con tappo sintetico sembrano essere quelle con il maggiore contenuto residuo di ossigeno nello spazio di testa, mentre quelle chiuse con tappo di sughero sono quelle in cui il livello di ossigeno al termine della sperimentazione è più basso. Il tappo tecnico e quello a vite si sono comportati in maniera simile e intermedia rispetto alle altre due tipologie di chiusura.
Sembrerebbe quindi che il tappo in sughero sia, almeno nel caso considerato, quello che permette il minore ingresso di gas nella bottiglia. Questo dato contraddice in parte quanto verificato nel caso di altre ricerche (Godden et al., 2001), per le quali sembrerebbe che il tappo a vite possa garantire la maggior tenuta nei riguardi dell'aria. Tuttavia è anche stata dimostrata una grande variabilità nelle prestazioni di diversi tipi di chiusure dello stesso tipo (sughero, sintetici, ecc.) da mettere in relazione con la qualità del materiale usato. Diversi tipi di tappi di sughero, per esempio, possono far passare quantità di ossigeno molto variabili, in alcuni casi bassissime, ed in altri casi molto elevate.
Il colore dei vini misurato come assorbanza a 520 nm alla fine delle periodo di os-

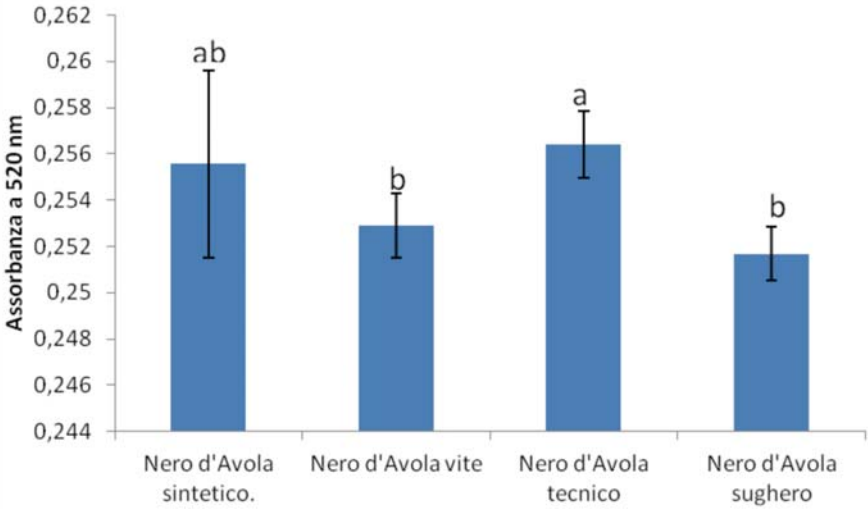


Figura 13 - *Assorbanza a 520 nm di vino Nero d'Avola chiuso con 4 diverse tipologie di tappo a 83 giorni dall'imbottigliamento. Ogni dato è la media della misura su 5 bottiglie diverse.*

servazione, ha confermato che esistono delle piccole differenze, ma in alcuni casi significative, tra i diversi gruppi di campioni (**figura 13**), mettendo in evidenza che lo stesso vino conservato in bottiglie chiuse in modo diverso effettivamente evolve in modo differente. È chiaro che i tempi di conservazione considerati (circa due mesi e mezzo) sono molto brevi rispetto a quelli che può avere un vino commercializzato (anche alcuni anni). Quindi le differenze riscontrate dovrebbero aumentare per tempi più lunghi andando a influire anche in modo molto significativo sulla qualità dei diversi campioni.

In particolare il tappo a vite e quello di sughero determinano un colore finale del vino leggermente inferiore (ma in maniera significativa, $p<0.05$) rispetto agli altri due tipi di chiusura. In linea generale quindi, sembra che le chiusure che causano un minore ingresso di ossigeno (per esempio, nel nostro caso il tappo di sughero), siano anche quelle che causano una minore evoluzione del colore, il che conferma che una piccola quantità di ossigeno è necessaria per consentire al colore di svilupparsi appieno. Questo naturalmente vale per i tempi brevi qui considerati, mentre resta da vedere l'effetto dell'ossigeno che può entrare in tempi di conservazione

Tabella 3 - *Evoluzione della percentuale di ossigeno nello spazio di testa di vino Pinot grigio chiuso con 2 diverse tipologie di tappo e conservato in bottiglie di vetro scuro o chiaro. Ogni dato è la media della misura su 6 bottiglie diverse.*

	Tecnico - Bott. chiara		Sughero - Bott. chiara		Tecnico - Bott. scura		Sughero - Bott. Scura	
Giorni	Media	Dev. St.	Media	Dev. St.	Media	Dev. St.	Media	Dev. St.
0	10,08	0,85	14,90	0,79	10,11	0,46	14,97	0,50
1	9,77	0,87	13,92	0,75	9,88	0,32	14,38	0,65
2	9,54	0,77	13,52	0,72	9,60	0,36	13,99	0,56
5	7,78	0,67	10,40	0,52	8,00	0,39	10,67	0,61
6	7,36	0,54	9,60	0,49	7,39	0,29	10,02	0,75
7	6,87	0,54	9,20	0,62	6,99	0,15	9,31	0,75
8	6,40	0,45	8,07	0,37	6,62	0,28	8,80	0,65
12	4,76	0,41	5,83	0,29	4,99	0,35	6,26	0,52
13	4,34	0,38	5,32	0,42	4,68	0,27	5,48	0,25
14	4,10	0,37	4,95	0,40	4,27	0,33	4,86	0,37
15	3,76	0,30	4,48	0,35	3,88	0,32	4,54	0,35
16	3,40	0,29	3,94	0,36	3,44	0,22	3,75	0,23
19	2,78	0,28	3,06	0,32	2,94	0,29	3,24	0,35
20	2,48	0,29	2,62	0,28	2,75	0,27	2,97	0,32
21	2,41	0,24	2,55	0,29	2,54	0,18	2,78	0,29
23	2,13	0,26	2,13	0,24	2,36	0,17	2,43	0,26
26	1,84	0,21	1,77	0,32	1,89	0,16	1,90	0,30
29	1,51	0,25	1,28	0,20	1,75	0,23	1,66	0,31
30	1,34	0,15	1,17	0,14	1,61	0,20	1,47	0,20
33	1,12	0,15	0,96	0,16	1,22	0,26	1,01	0,19

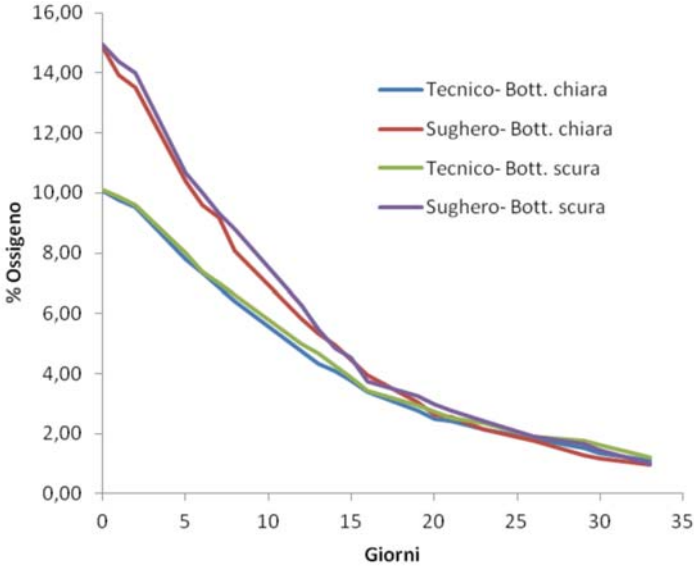


Figura 14 - *Evoluzione della percentuale di ossigeno nello spazio di testa di vino Pinot grigio chiuso con 2 diverse tipologie di tappo (tecnico e di sughero) e conservato in bottiglie di vetro scuro o chiaro. Ogni dato è la media della misura su 6 bottiglie diverse.*

lunghi, dove nei casi di maggiore permeabilità, potrebbe determinare fenomeni ossidativi indesiderati.

Infine, sono state sottoposte a misurazione, per un periodo di circa un mese, bottiglie di vino bianco (Pinot grigio) conservato in bottiglie di vetro chiaro o scuro e tappate in due modi diversi. Questo al fine di determinare l'effetto combinato del colore della bottiglia (chiara o scura) e del tipo di chiusura (tappo tecnico o di sughero) (**tabella 3** e **figura 14**).

Anche in questo caso si è osservata una diminuzione graduale della percentuale di ossigeno nello spazio di testa, che ha raggiunto per tutti i campioni circa gli stessi valori.

Si può osservare che i campioni conservati tappati con chiusure diverse contengono inizialmente una quantità diversa di ossigeno. Questo fenomeno potrebbe essere imputato probabilmente ad una diversa taratura del sistema di riempimento dell'imbottigliatrice subito prima della tappatura. Infatti le due serie di bottiglie (tappo in sughero e tappo tecnico) sono state evidentemente imbottigliate in tempi diversi. I valori tendono comunque a stabilizzarsi nel tempo, raggiungendo valori simili dopo circa due settimane. L'esperimento è stato fermato dopo un mese dall'imbottiglia-

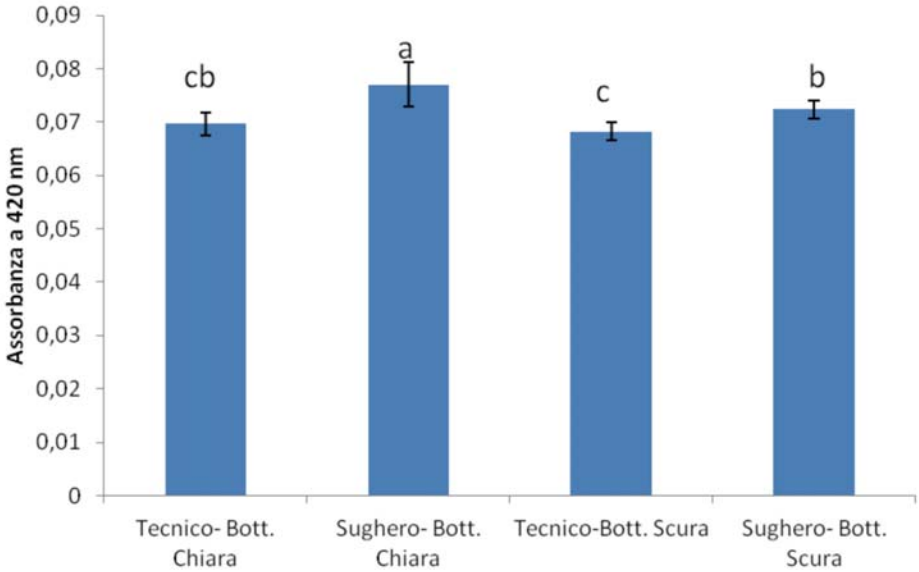


Figura 15 - *Assorbanza a 420 nm di vino Pinot grigio chiuso con 2 diverse tipologie di tappo e conservato in bottiglie di vetro scuro o chiaro a 33 giorni dall'imbottigliamento. Ogni dato è la media della misura su 5 bottiglie diverse.*

mento, quindi prima del raggiungimento della stabilità. Questo ha impedito di verificare se anche in questo caso il tappo di sughero avesse una maggiore impermeabilità rispetto al tappo tecnico. L'analisi dell'ossigeno all'ultimo giorno (33° giorno dall'imbottigliamento), ha mostrato comunque che le due serie di campioni con il tappo in sughero, hanno un contenuto medio di ossigeno leggermente inferiore agli altri, anche se le differenze non sono statisticamente significative, confermando la tendenza mostrata dai dati precedenti. Nessuna differenza è stata riscontrata per bottiglie di vetro di colore diverso, il che conferma che il sistema di misurazione non risente del colore della bottiglia.

Anche per questi campioni alla fine dell'esperimento sono state effettuate le analisi dell'assorbanza a 420nm, riscontrando alcune differenze, piccole ma significative (**figura 15**).

Indipendentemente dal tipo di bottiglia, il vino delle bottiglie con il tappo di sughero è quello che ha dimostrato il maggior imbrunimento. Questo indicherebbe una mag-

giore ossidazione che però è molto probabilmente dovuta non tanto alla permeabilità del tappo di sughero, che come visto nel nostro caso sembra essere la più bassa, ma alla maggiore quantità di ossigeno presente all'imbottigliamento (figura 14), quantità che viene comunque consumata dopo 25-30 giorni provocando evidentemente una maggiore ossidazione misurata come imbrunimento.
È stato possibile anche vedere, in questo caso, l'effetto dovuto alla tipologia di bottiglia. Si è notato che l'effetto sul colore, almeno nel breve periodo come nell'esperimento condotto in questo caso, è influenzato più dal tipo di tappo che dal colore del vetro della bottiglia. Con il tappo di sughero si è potuto osservare, però, un significativo ($p<0.05$) incremento di imbrunimento nelle bottiglie chiare rispetto a quelle scure.
Un'ultima prova è stata condotta per verificare l'effetto dell'agitazione della bottiglia sulla quantità di ossigeno misurabile (**tabella 4** e **figura 16**).

Tabella 4 - *Dati sull'effetto dell'agitazione della bottiglia sulla quantità di ossigeno misurabile.*

Sintetico	Sintetico+ agitazione	Sughero	Sughero + agitazione	Tecnico	Tecnico + agitazione	
1,80	**0,82**	**1,05**	**0,49**	**0,50**	**1,12**	Media
9,05	6,7	9,85	7,67	9,64	8,89	
9,83	7,43	9,17	8,57	9,13	7,5	
9,46	6,9	6,9	8,17	9,9	7,36	
12,45	8,64	9,01	7,59	9,73	6,12	
12,91	6,6	9,17	8,5	10,14	8,49	
12,71	8,05	9,62	8,78	8,8	9,05	
11,1	7,4	9,0	8,2	9,6	7,9	Dev. St.

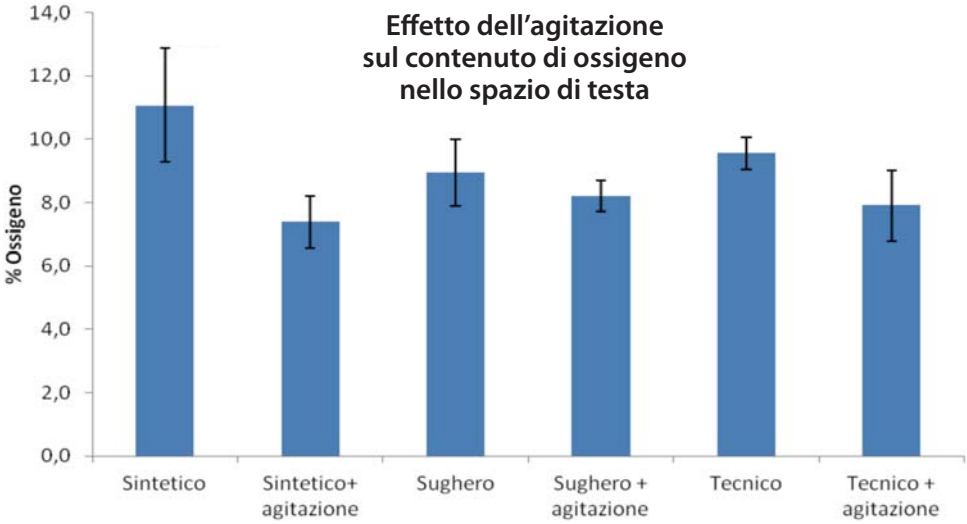


Figura 16 - Effetto dell'agitazione della bottiglia sulla quantità di ossigeno misurabile.

Le cantine di sperimentazione della misurazione di ossigeno presente nelle bottiglie

Alberto Gianduzzo

"Vi.V.O. Cantine", società agricola cooperativa, ha recentemente aderito al progetto Timoxi finalizzato allo sviluppo di uno strumento atto a misurare l'ossigeno contenuto nelle bottiglie di vino. La misurazione è svolta in modo non invasivo, senza cioè bisogno di aprire la bottiglia, prelevare il campione, entrare in contatto con il vino e andare ad interferire nel delicato equilibrio fisico-chimico che si instaura tra il vino, l'ossigeno e l'anidride carbonica contenuti nello spazio di testa, lo spazio, cioè, tra il pelo liquido del vino e la parte inferiore del tappo. Il progetto è sviluppato in collaborazione con la ditta L-Pro gas sensing, ideatrice dello strumento in esame, e l'Università degli Studi di Padova.

"Vi.V.O. Cantine s.a.c." è un'azienda neonata creata nell'Aprile del 2012 dal volere dei 2120 soci appartenenti che unanimemente hanno aderito al progetto di fusione tra due cantine leader del panorama enologico del triveneto, le ex "Cantina Produttori Campodipietra" e "Cantine Produttori Riuniti del Veneto Orientale". Il nuovo gruppo conta ora otto stabilimenti produttivi che trasformano, con estrema maestria, 500.000 quintali di uve prodotte in 3200 ettari sparsi in un territorio che spazia dalle pianure a cavallo tra Jesolo, Portograuro e Campodipietra sino alla collina del Coneglianese. L'azienda conta su un fatturato di 30 milioni di euro, raggiungendo i 50 milioni con l'apporto delle consociate "Casa Vinicola Bosco Malera s.r.l." e la "Gruvit s.r.l." La sede aziendale è sita a Campodipietra nello stabilimento più longevo, nato nel 1960, e di maggior rilievo economico. È qui che sono state elaborate le misure con il nuovo strumento figlio del progetto Timoxi.

I siti di imbottigliamento, considerati per le prove, sono stati due: lo stabilimento di Campodipietra e la Casa Vinicola Bosco Malera.

La macchina imbottigliatrice dello stabilimento di Campodipietra è una Virmauri anno 1984 a 16 teste riempitrici

Vivo
VITICOLTORI
VENETI d'ORIGINE

con compensazione di azoto unicamente nella campana di contenimento del vino, non avendo la possibilità di insufflare azoto nella bottiglia prima del riempimento.

La macchina imbottigliatrice della Casa Vinicola Bosco Malera è una Correlassi anno 1989 a 32 teste riempitrici con compensazione di azoto unicamente nella campana di contenimento del vino, priva della possibilità di insufflare azoto nelle bottiglie prima del riempimento.

È, quindi, facile immaginare che lo spazio di testa, in entrambi i casi, al momento dell'imbottigliamento sia interamente saturo di aria in uno stato compresso, costretta all'interno del collo della bottiglia e forzata, nella pressione, per effetto della diminuzione del volume causa dell'entrata e del posizionamento del tappo. I test svolti hanno riguardato 5 diverse tipologie di vino che differivano per colore, annata, provenienza e caratteristiche chimiche, in particolare contenuto antocianico, quindi in antiossidanti, tenore in alcool e zuccherino.

I contenitori del Nero d'Avola, del Rosso semisecco e del Merlot sono delle bottiglie bordolesi standard di colore verde, quelle di Pinot Grigio e di Arzeri Bianco sono delle bottiglie bordolesi standard di colore bianco.

Sono stati utilizzati negli stessi vini imbottigliamenti con tappi diversi cioè tappi in sughero 1 + 1 birondellati della Ganau, tappi sintetici della Tappì, tappi in spugna della Enocork e tappi a vite della Alplast. Le bottiglie di Arzeri Bianco sono state unicamente tappate con tappi in sughero della Porto Cork.

Centro Interdipartimentale per la
Ricerca in Viticoltura ed Enologia
Università di Padova
via XXVIII Aprile, 14
Conegliano (TV)
Tel. 0438.450475/049.8278922
Fax 0438.453736
segreteria.conegliano@unipd.it
www.scuolaenologica.unipd.it

Cantine Viticoltori Veneto Orientale
Società Agricola Cooperativa
Via Arzeri, 2 - Campodipietra
Salgareda (TV)
Tel. 0422.744018 - Fax 0422 804053
Stabilimenti a Campodipietra di Salgareda,
Motta di Livenza, Roncade, Jesolo,
Portogruaro, Meolo, Torre di Mosto,
Pramaggiore

Iniziativa finanziata dal Programma di Sviluppo Rurale per il Veneto 2007-2013
Organismo responsabile dell'informazione: Cantine Viticoltori Veneto Orientale Società Agricola Cooperativa
Autorità di gestione: Regione del Veneto - Direzione Piani e Programmi del Settore Primario

FEASR

Regione del Veneto

Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale: l'Europa investe nelle zone rurali