

DOCUMENTO  
TECNICO

Da sinistra:  
E. Celotti,  
F. Anaclerio,  
E. De Luca,  
G. Carcereri  
De Prati

- \* **Emilio Celotti**
- \*\* **G. Carcereri De Prati**
- \*\*\* **Francesco Anaclerio**
- \*\*\* **Elisa De Luca**
- \* **Edegar Scortegagna**
- \*\*\*\* **Andrea Esther Ruiz**
- \* **Salvina Martinico**
- \* **Domenico Sebastianelli**

\*Dipartimento di Scienze degli Alimenti,  
Università degli Studi di Udine

\*\*Consulente Vitivinicolo, Illasi (VR)

\*\*\*Vivai Cooperativi di Rauscedo, Centro  
Ricerche VCR - Rauscedo (PN)

\*\*\*\*Facoltà di Ciencias Agrarias,  
Universidad Nacional de Cuyo, Argentina)

## INNOVAZIONE NELLA MISURA RAPIDA DELLA QUALITÀ FENOLICA EFFETTUATA IN VIGNETO

La misura istantanea della potenzialità fenolica delle uve rosse direttamente in vigneto è ora possibile grazie ad un innovativo sistema spettroscopico portatile operante nello spettro visibile. In questo lavoro vengono riassunti i principali risultati applicativi ottenuti in diverse realtà vitivinicole del mondo.

### Introduzione

Tra i parametri che definiscono la qualità dell'uva rossa il contenuto fenolico rappresenta un fattore molto importante per la qualità finale del vino.

Nel settore enologico gli studi per la messa a punto di sistemi e metodi di analisi dei polifenoli sono numerosi (7, 9, 10, 12, 13).

Alcuni approcci utilizzano la valutazione di classi di composti per spettrofotometria, mentre altri prevedono

analisi più dettagliate allo scopo di arrivare alla separazione e quantificazione dei singoli analiti.

Alcuni metodi recenti prevedono l'utilizzo della spettroscopia IR per analisi non distruttive (5, 6, 8). Più recentemente sono state realizzate esperienze con sensori a fluorescenza da utilizzare per l'analisi non distruttiva dell'uva (11).

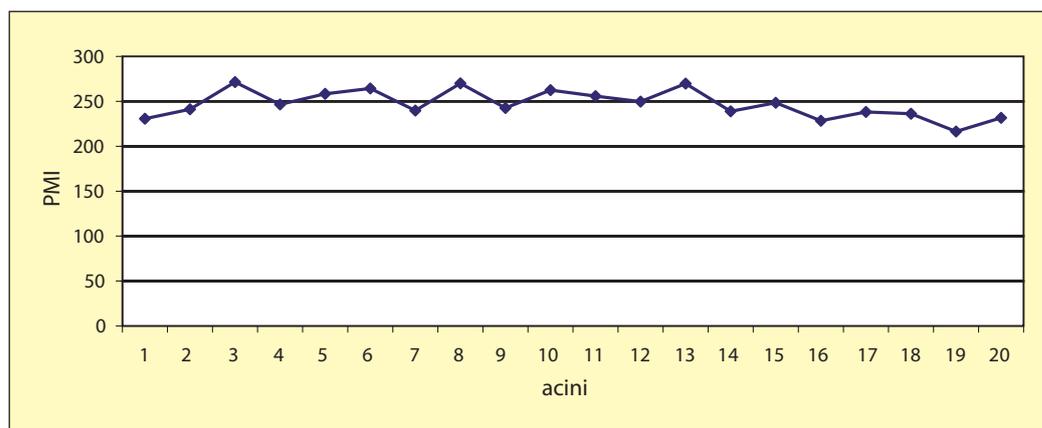
Per sopperire alla mancanza di metodi rapidi per le uve e i vini, recentemente è stata sviluppata una metodi-

ca rapida basata sulla spettroscopia nel visibile, capace di misurare direttamente in vigneto, i polifenoli presenti nella buccia e di valutare inoltre i polifenoli totali e l'intensità colorante durante la macerazione.

L'approccio analitico scelto prevede di determinare un indice globale, allo scopo di differenziare diversi livelli di maturità fenolica, evitando ogni genere di calibrazione ed effettuando l'analisi direttamente in vigneto (1, 2, 3).

**Foto 1 - Diverse fasi della misura dell'indice PMI in vigneto**

(Alcyone PM-03, Caeleno/VR)

**Fig. 1 - Esempio di rilievi di una parcella con l'analisi di 20 acini di Marselan in Brasile****Materiali e metodi**

La realizzazione del sistema è partita dalla constatazione che più un acino è maturo, meno luce visibile passa attraverso la buccia. È stato pertanto ideato e realizzato uno strumento a pinza, fornito di una sorgente luminosa e di un fotodiode in grado di misurare la quantità di luce che passa attraverso la buccia in condizioni standardizzate di misura.

Per la messa a punto sono state preparate delle superfici circolari di buccia che sono state analizzate mediante estrazione e analisi tradizionale, unitamente alla misura con il nuovo sistema spettroscopico a pinza. Questa soluzione tecnica ha permesso di comparare le metodiche tradizionali con il sistema spettroscopico operante direttamente sulla buccia e di verificare la correlazione significativa tra il dato analitico rapido misurato in campo e le analisi di laboratorio per

estrazione (3). La determinazione del valore spettroscopico si realizza in 15 secondi. Il valore grezzo, opportunamente elaborato, fornisce un indice definito **PMI** (Polyphenolic Meter Index) che aumenta all'aumentare della maturità fenolica della buccia. Per questa analisi (percentuale di luce passante rispetto alla sorgente) è sufficiente la sola calibrazione della sorgente all'accensione dello strumento.

**Campionamento e misura.** Lo strumento è di facile utilizzo e fornisce in vigneto le informazioni sulla maturità fenolica dell'uva rossa (Foto 1). Raggiunto il vigneto, si procede alla calibrazione della sorgente luminosa. Una volta calibrato lo strumento rimane operativo fino al suo spegnimento, pertanto è conveniente lasciare acceso lo strumento fino al termine di una serie di misure. In ogni caso se la calibrazione non è regolare l'apparecchio richiede la calibrazione e comunque la misura non ver-

rebbe accettata.

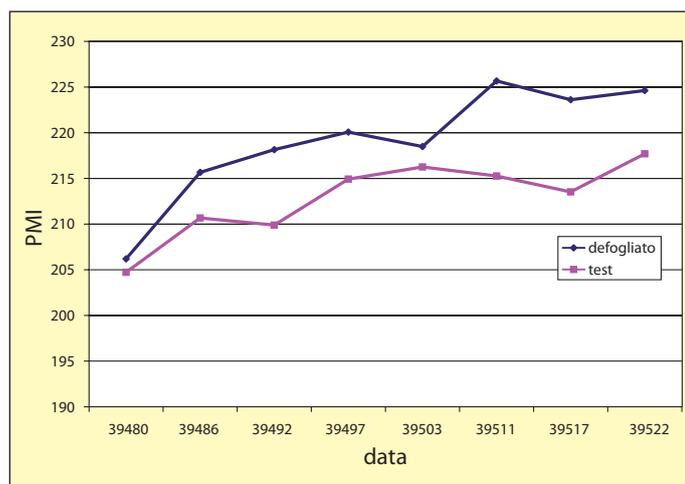
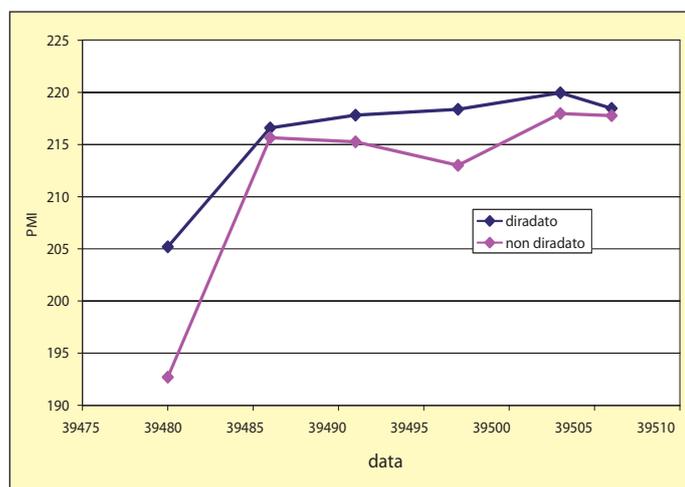
Eventuali dati aberranti legati ad un'erronea chiusura della pinza o al mal posizionamento della buccia saranno facilmente visualizzabili e quindi eliminati.

Dopo aver rilevato i diversi acini rappresentativi di una parcella, sarà utilizzato il dato medio del campione di acini misurati (Fig. 1).

Dall'inviatura a metà maturazione si osserva una certa variabilità dei dati, verso la fine della maturazione i dati sono meno dispersi a conferma che la maturazione è più omogenea.

Durante la misura, al fine di ottimizzare il tempo di analisi in campo ci si sposta per prelevare l'acino successivo e così via fino al termine della serie di misure. La misura di un singolo acino avviene in 15 secondi, pertanto in circa 15 minuti si riesce a campionare una parcella di grandi dimensioni.

Lo strumento misura un acino per volta, è quindi importante fare uno schema di campionamento in funzio-

**Fig. 2 - Esempio di curve di maturazione su vigneto defogliato****Fig. 3 - Esempio di curve di maturazione dopo diradamento dei grappoli**

ne della superficie da misurare

Considerato che si utilizza la media di "n" determinazioni è consigliabile analizzare circa 30-40 acini per parcella.

Per ridurre la variabilità degli acini nel grappolo conviene campionare sempre l'acino nella stessa posizione del grappolo (ad esempio punta, centro o ala). Questo accorgimento vale sia per le curve di maturazione che per il confronto diretto (tra vigneti, filari, piante, tecniche colturali, ecc).

Il concetto base che è stato messo a punto è la valutazione di una differenza di maturità e non un valore quantitativo di uno specifico parametro. In questo modo è stata

semplificata notevolmente la misura spettrometrica e nel contempo viene ricavata l'informazione fondamentale e necessaria per il controllo della maturità dell'uva, vale a dire conoscere se una parcella è più matura di un'altra (confronti diretti) oppure capire se l'uva accumula polifenoli nel corso delle ultime fasi di maturazione (curva di maturazione).

A livello pratico, un sistema rapido di misura come quello realizzato in questa ricerca, consente di determinare agevolmente le curve di maturazione, effettuare confronti diretti tra appezzamenti, filari, esposizione dei grappoli, consente di valutare gli effetti di irrigazione, potature verdi, concimazio-

ne, trattamenti diversi, e qualsiasi altra tecnica agronomica e di gestione della pianta in grado di condizionare l'accumulo dei polifenoli.

Saranno da considerare significative differenze tra le media di almeno 5 unità di PMI.

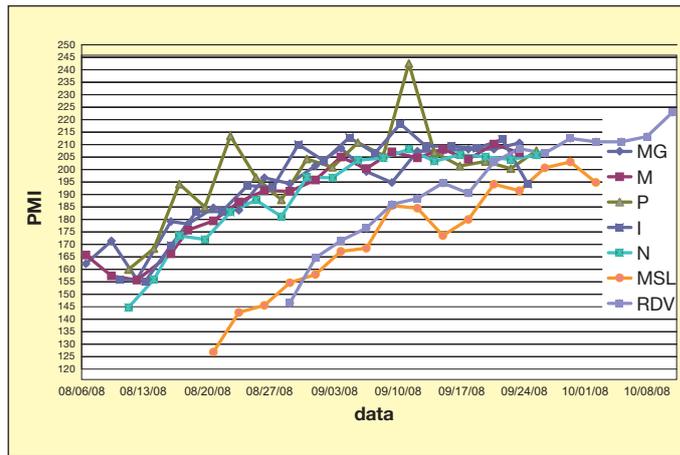
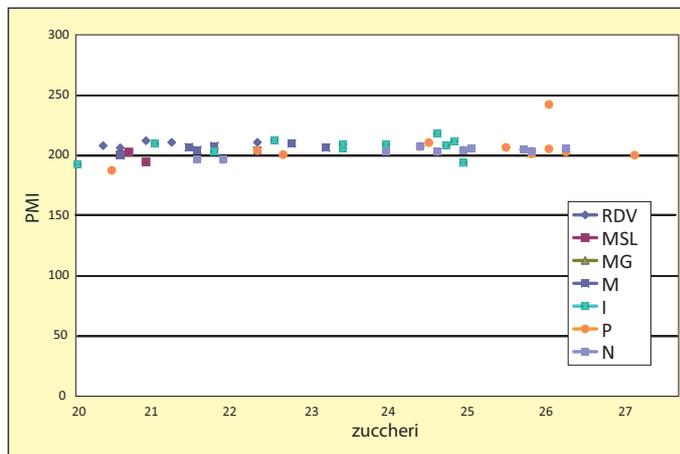
La praticità del sistema di analisi consente anche di effettuare rilievi su singole viti, in questo caso basterà prelevare qualche acino rappresentativo per avere indicazioni sullo stato di maturità dell'uva. E' da ricordare che nel caso di singole viti in prova o di poche viti, sarebbe impossibile effettuare prelievi per analisi in laboratorio in quanto si effettuerebbe un diradamento eccessivo dell'uva se non addirittura l'asportazione di tutta l'uva.

Le esperienze riportate in questo lavoro si riferiscono ad una casistica di rilievi applicativi effettuati in alcune importanti zone vitivinicole del Mondo.

## Risultati applicativi

**Curve di maturazione fenolica.** Con l'importanza assegnata ai polifenoli nel definire la qualità del vino, la valutazione delle curve di maturazione è un aspetto da non trascurare, in particolare per quanto riguarda la maturità fenolica delle uve rosse. Normalmente per ottenere questa informazione ci si avvale di analisi di laboratorio su campioni prelevati in vigneto. Tuttavia questo non è sempre possibile in quanto necessita di tempo e personale in laboratorio, con la conseguenza che spesso non si effettuano controlli seri ed accurati. Con la possibilità di avere un'informazione direttamente in vigneto sulla maturità fenolica diventa interessante la valutazione della maturità fenolica finalizzata a definire la data ottimale di raccolta per ottimizzare successivamente la tecnica di macerazione.

Le Figg. 2 e 3 evidenziano l'evoluzione della maturità

**Fig. 4 - Curve di maturazione fenolica di uve Aglianico in vigneti con diverse altitudini****Fig. 5 - Rilievi combinati di zuccheri e polifenoli in prossimità della vendemmia di uve Aglianico**

fenolica valutata direttamente in vigneto con il sistema spettroscopico portatile. Nel primo caso diventa interessante anche il confronto tra una parcella sfogliata e un testimone. Nel caso della sfogliatura c'è stato un significativo incremento di polifenoli, questo risultato potrebbe essere utile per individuare rapidamente una soluzione per la gestione della vite finalizzata al miglioramento della qualità. Nel secondo esempio si osservano i risultati del diradamento pre-invaiaura applicato ai grappoli. A differenza della sfogliatura non si osservano differenze importanti nella fase finale di maturazione, tuttavia nella fase intermedia si assiste ad una diversa cinetica di accumulo dei polifenoli.

Nella Fig. 4 sono riportate le curve di maturazione di Aglianico nella zona viticola del Sannio (Benevento). Risultano interessanti le cinetiche di accumulo che evidenziano la risposta molto diversa in funzione dei diversi microclimi che caratterizzano i vigneti, nella figura i vigneti MSL e RDV sono posizionati in quota e caratterizzati da produzioni ad ettaro molto basse. In questo esempio risulta pertanto interessante la valutazione comparativa della qualità dell'uva in funzione anche della produzione ad ettaro. Se escludiamo le situazioni estreme risulta interessante lo studio perché individua buone qualità fenoliche anche con alte produzioni ad ettaro se il vigneto viene gestito correttamente..

L'utilizzo delle curve di maturazione è legato al tipo di utilizzo che si fa dell'informazione analitica. Per scopi di ricerca e di studio della fisiologia della pianta conviene realizzare i rilievi dall'invaiaura in poi, mentre per quanto riguarda il monitoraggio dei parametri in funzione della raccolta sarà sufficiente campionare le uve nell'ultimo periodo di maturazione, magari effettuando campionamenti anche ogni 2-3 giorni.

L'importanza del monitoraggio dei polifenoli si comprende meglio se si considera che nell'ultima fase di maturazione l'evoluzione degli zuccheri non è sempre correlata ai polifenoli, come si può osservare ad esempio nella Fig. 5, ne consegue che per elaborare vini rossi di qualità conviene privilegiare l'accumulo di polifenoli che deve essere pertanto realizzato direttamente in vigneto.

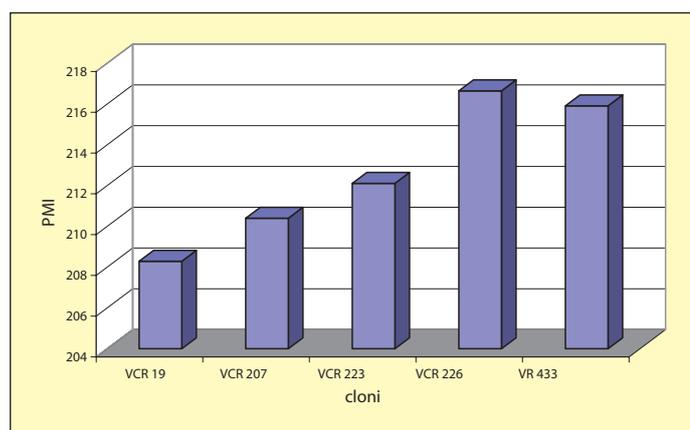
L'esempio di misura con il sistema a pinza evidenzia la praticità della misura e l'utilità dell'informazione rapida ottenibile direttamente in vigneto senza la necessità di realizzare analisi di laboratorio che, se necessarie, si possono realizzare solo all'ultimo campionamento.

## Confronti rapidi

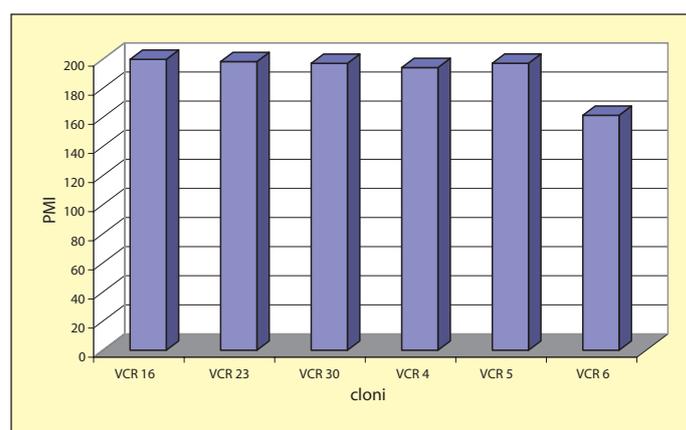
*Confronti rapidi fra tecniche di coltivazione, cloni, microclimi, ecc.* Se il rilievo della curva di maturazione è importante per individuare il momento ottimale di raccolta e quindi gestire la qualità in vigneto, i confronti diretti, a pari data, consentono di valutare rapidamente l'effetto di qualsiasi variabile di coltivazione.

Nelle Figg. 6, 7 e 8 sono riportati alcuni esempi di PMI per differenti cloni di alcune varietà; risultano interessanti le differenze legate al clone, in particolare nel Barbera e nel Cabernet Sauvignon, queste informazioni saranno utili per i

**Fig. 6 - Variabilità di maturità fenolica per diversi cloni di Barbera - (rilievi effettuati circa 10 giorni prima della vendemmia)**



**Fig. 7 - Variabilità di maturità fenolica per diversi cloni di Sangiovese - (rilievi effettuati circa 10 giorni prima della vendemmia)**



vivaisti e per i viticoltori al fine di individuare il clone che meglio si adatta e si esprime in funzione dei diversi areali viticoli e dei diversi microclimi.

Nel caso del Sangiovese risulta interessante l'omogeneità di maturazione tra cloni, aspetto molto importante che evidenzia la minore difficoltà nella scelta dei cloni.

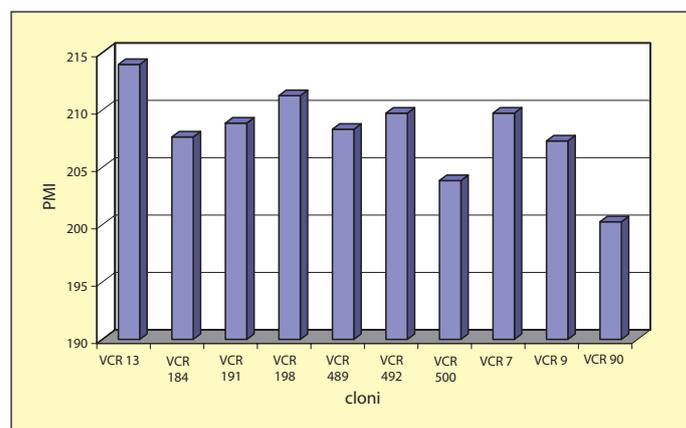
Altri esempi riportati nelle Figg. 9 e 10 evidenziano invece l'effetto dell'orientamento dei filari sulla maturazione fenolica. Nel caso dello Syrah coltivato in Cile e del Sangiovese e Cabernet nella zona di Faenza, risulta interessante osservare che l'uva del lato est del filare accumula più polifenoli. Anche se questo fattore risulta difficilmente modificabile su vigneti già in produzione, l'informazione potrà essere considerata per i nuovi impianti oppure per la gestione della chioma.

## Valutazione in campo

Questi sono solo alcuni esempi di valutazione immediata dell'effetto di alcune variabili, altre variabili valutabili in tempo reale sono ad esempio l'irrigazione, la concimazione, gli interventi di potatura invernale e verde, la gestione del suolo, ecc.

Il vantaggio di un'informazione già in vigneto è

**Fig. 8 - Variabilità di maturità fenolica per diversi cloni di Cabernet Sauvignon - (rilievi effettuati circa 10 giorni prima della vendemmia)**



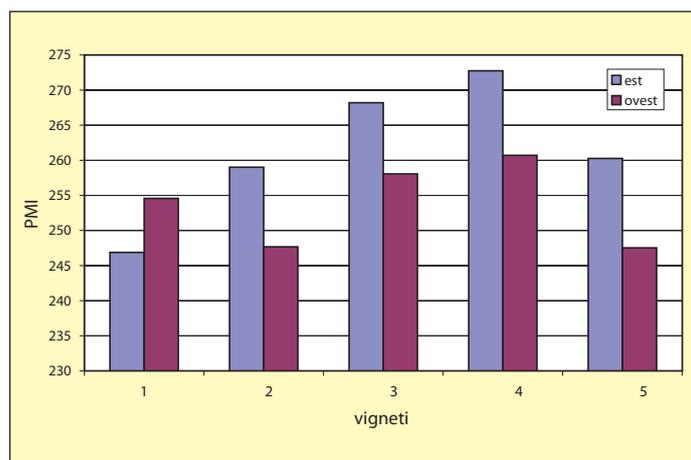
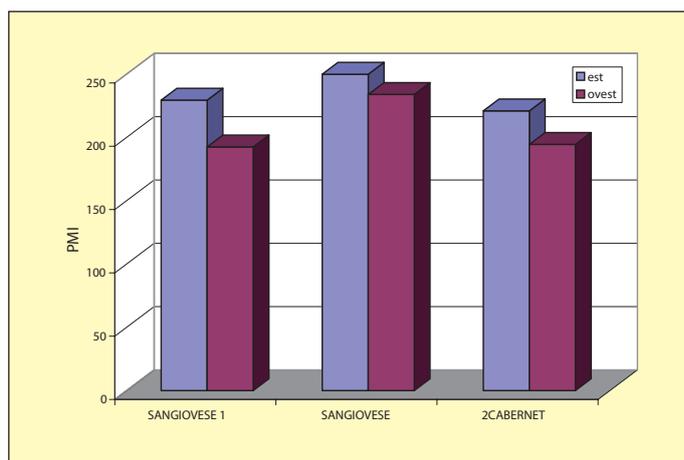
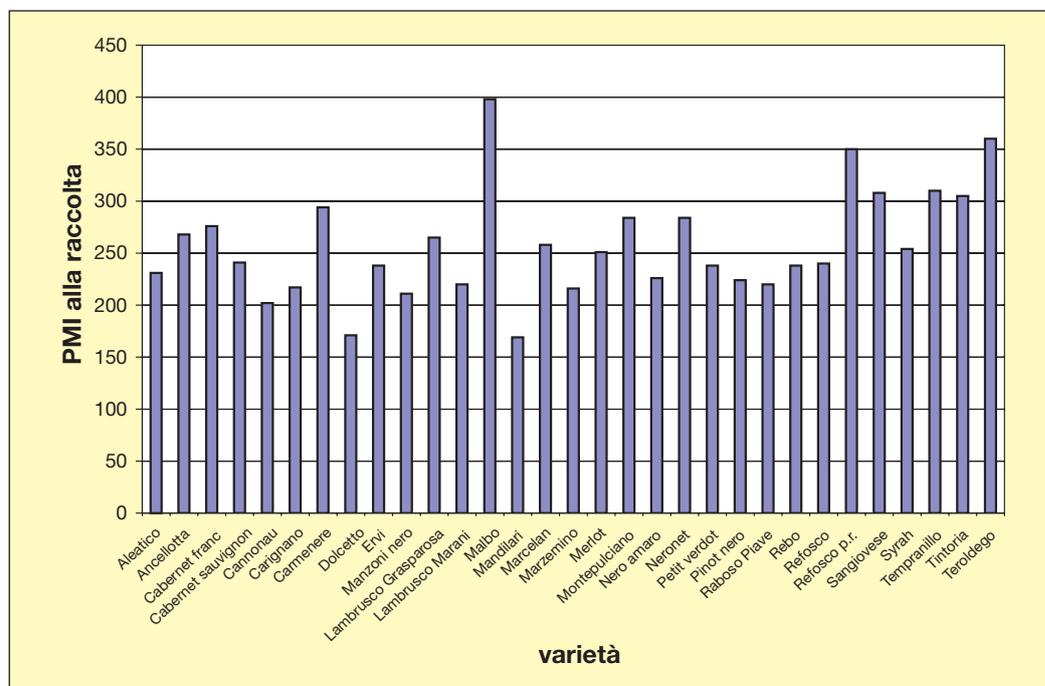
quello di ottenere dati interpretabili e utilizzabili già per la gestione del vigneto nella stagione successiva, inoltre un campionamento in vigneto, considerata la praticità e la rapidità, consente di valutare molte prove, anche su campioni di poche viti, cosa assolutamente impensabile con il prelievo di acini per le analisi di laboratorio.

Dall'invasatura alla raccolta il valore PMI può aumentare di 30-60 unità in funzione della varietà e delle condizioni pedoclimatiche dell'annata. Differenze maggiori o uguali a 5 PMI risultano significative in termini di antociani e polifenoli totali della buccia. A titolo di esempio esperienze su Aglianico hanno evidenziato che ad una differenza di 5 unità PMI sulle uve corrisponde

mediamente una differenza di 100 mg/L di antociani sui vini.

La consistenza della buccia, legata principalmente alla varietà, condiziona la misura, pertanto i dati vanno confrontati varietà per varietà esclusivamente per realizzare curve di maturazione o confronti diretti, a pari data, tra qualsiasi variabile al suolo o sulla pianta, o per confrontare vigneti in diverse situazioni di microclima.

Nella Fig. 11 si riportano a titolo di esempio dei valori rilevati su alcune varietà in prossimità della raccolta, come si può osservare tra valori intorno a 150 e fino a 400 sono comprese la maggior parte delle cultivar. I valori sono assolutamente indicativi, servono solo a mettere in risalto l'ordine di

**Fig. 9 - Effetto dell'orientamento dei filari sulla maturità fenolica****Fig. 10 - Effetto dell'orientamento dei filari sulla maturità fenolica****Fig. 11 - Esempio di valori PMI alla raccolta o in prossimità della stessa per alcune varietà a bacca rossa (Vivai Cooperativi di Rauscedo)**

grandezza del parametro PMI. Va considerato inoltre che nell'esempio della figura si tratta di varietà coltivate in vigneti multivarietal.

**Strumento utile per la viticoltura di precisione.** Da anni le tecniche di agricoltura di precisione vengono utilizzate per colture intensive ed estensive allo scopo di gestire la qualità e gli interventi di coltivazione.

Nel caso della viticoltura tale tecnica è stata introdotta più recentemente e, come

riportato nelle esperienze della figura, è possibile mediante le foto satellitari effettuare campionamenti mirati in differenti fasce di vigoria al fine di parametrizzare la qualità in funzione della situazione fisiologica della pianta rilevata (Foto 2).

In questo caso i campioni sono stati realizzati direttamente in vigneto con il sistema rapido e con l'ausilio di un apparecchio GPS, così facendo si possono ridurre notevolmente i costi e gli

anni necessari per la realizzazione della banca dati. L'obiettivo finale sarà quello di monitorare la qualità e gestire la raccolta con l'integrazione di foto satellitari e poche analisi in campo o in laboratorio.

L'utilizzo combinato di misure rapide in vigneto e GPS consentirà di ridurre notevolmente il carico di lavoro con l'ausilio di foto satellitari o altri sistemi di rilevamento della vigoria applicabili alla viticoltura di precisione.

**Foto 3 - Misura dell'indice PMI su vino assorbito su specifico substrato**



**Foto 2 - Immagine satellitare**

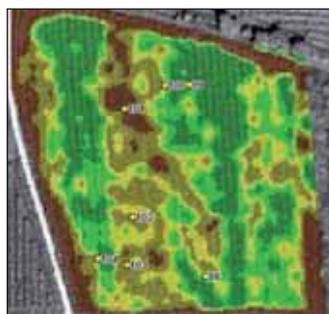


Immagine rielaborata con fasce a diversa vigoria, i punti gialli identificano la zona di campionamento

## Controllo della macerazione

*Utilizzo per il controllo della macerazione.* Considerate alcune richieste dei tecnici legate al controllo della macerazione sono state realizzate alcune esperienze preliminari (4) per l'utilizzo del sistema a pinza anche nella valutazione del colore del vino durante la macerazione e nelle fasi successive.

Dopo le esperienze di utilizzo di diversi supporti assorbenti del vino, che hanno evidenziato una relazione significativa tra il PMI e l'intensità colorante ed i polifenoli totali, si riportano di seguito alcuni esempi applicativi dell'utilizzo del sistema a pinza nel visibile per l'analisi del vino. Facendo assorbire su specifico supporto il vino, in pochi secondi si effettua la lettura del materiale solido con il vino assorbito, il valore di PMI risulta proporzionale al colore del vino.

Nella Foto 3 si può osservare il momento della misura di un campione di vino con la pinza, è sufficiente lasciare immerso il supporto per 5 secondi nel vino ed effettuare immediatamente la misura.

L'applicazione sicuramente più interessante risulta il controllo della macerazione, come si può osservare dal-

l'esempio riportato in figura la macerazione di un Amaronone della Valpolicella viene agevolmente controllata senza l'ausilio di analisi di laboratorio, in questo modo risulta agevole la gestione dei maceratori con un sistema rapido e non distruttivo direttamente in cantina. L'applicazione sicuramente sarà valida per cantine dove si cura la qualità della materia prima e dove si vuole pianificare la tecnica di macerazione in funzione della qualità nota e misurata in vigneto o al conferimento.

Nel caso del vino in macerazione il valore PMI va interpretato come andamento globale dell'estrazione dei polifenoli, ciò permetterà ad esempio di individuare il momento ottimale di svinatura senza incorrere in perdite di colore per riassorbimento da parte delle fecce e delle bucce.

Il sistema a pinza è stato applicato anche alla valutazione di vini stabilizzati, come si può osservare dalla Fig. 13 risulta una correlazione significativa con l'intensità colorante, tale relazione è risultata significativa anche con i polifenoli totali. Da precisare che i dati si riferiscono a circa 40 varietà a bacca rossa microvinificati, questo significa che la relazione è significativa indipendentemente dalla varietà, pertanto potrebbe essere utilizzato tale sistema rapido per fare valutazioni del colore da applicare al taglio tra vini.

A differenza della valutazione in campo su uve con struttura della buccia diversa in funzione della varietà, in questo caso il supporto solido di misura è sempre lo stesso, questo potrebbe spiegare la significatività indipendentemente dalla varietà.

Nella valutazione dei vini durante la macerazione potrebbero esserci interferenze legate alla percentuale di feccia, questo sarà oggetto di approfondimenti analitici su una casistica ampia in vinificazioni su scala industriale.

Sono in corso inoltre ulteriori esperienze per la definizione del tipo di supporto

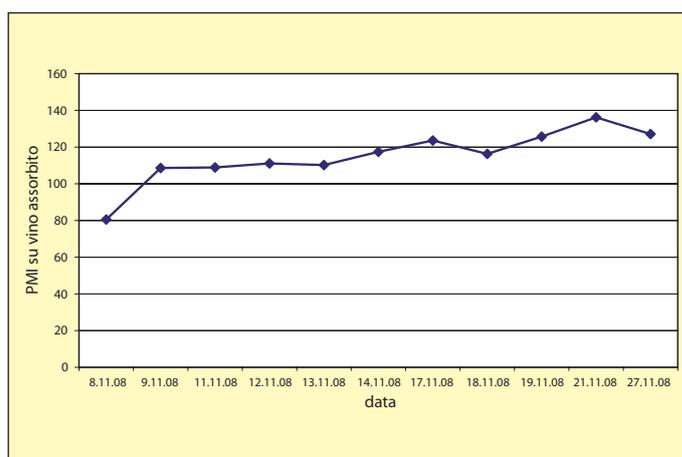
assorbente e delle condizioni di misura idonee.

## Considerazioni conclusive

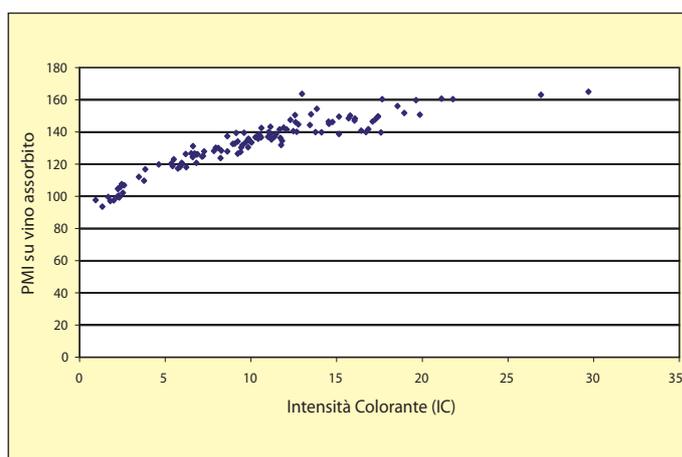
Questo nuovo sistema di analisi fornisce una misura della quantità di luce visibile che attraversa la buccia in una cella di misura dove viene alloggiata la buccia dopo l'eliminazione della polpa e dei vinaccioli con le dita. La quantità di luce passante attraverso la buccia è significativamente correlata alla quantità di polifenoli totali e di antociani presenti. Questa relazione consente di valutare le curve di maturità fenolica e di confrontare, a pari data, differenti parcelle o tecniche di gestione della vigna. In tal modo sarà possibile ridurre notevolmente il carico analitico di laboratorio. Il sistema di analisi potrà essere implementato facilmente con rifrattometro e GPS per facilitare la gestione del vigneto e programmare le vendemmie, riducendo notevolmente il carico analitico di laboratorio, ad esempio nel caso di utilizzo di sistemi di viticoltura di precisione.

Con lo stesso strumento è inoltre possibile monitorare direttamente in cantina l'estrazione del colore durante la macerazione e confrontare il colore di diversi vini. Grazie all'assorbimento del vino in un supporto specifico, è possibile stimare il colore del vino rosso misurando la quantità di luce che attraversa il supporto con il vino assorbito. Il valore risulta significativamente correlato con i polifenoli totali e l'intensità colorante. In questo modo sarà possibile monitorare la cinetica di estrazione in cantina riducendo notevolmente il carico analitico di laboratorio. In conclusione, il nuovo sistema spettroscopico portatile operante nello spettro visibile, derivante da una attività di ricerca pluriennale, potrà fornire importanti indicazioni sulla qualità dell'uva in vigneto e sulla gestione della macerazione.

**Fig. 12 - Esempio di controllo della macerazione con analisi dell'indice PMI su vino nella produzione di Amarone**



**Fig. 13 - Valutazione dell'intensità colorante con analisi di PMI su vini di diverse cultivar a bacca rossa**



**Ringraziamenti.** Vivai Cooperativi di Rauscedo (PN/Italia), Casa Valduga, Chateau Lacave e Luiz Argenta (Brasile), Viña Ventisquero (Cile), Cantine Intesa (Faenza)

## Bibliografia

Celotti E., Carcereri De Prati G., Charpentier C., Feuillat M. 2008. La mesure de la maturité phénolique directement à la vigne: expériences en Bourgogne. *Revue des Œnologues*, 35, 127, avril 2008, 42-45.

Celotti E., Carcereri De Prati G., Fiorini P. 2007. Moderno approccio nella gestione della qualità delle

uve rosse. *Infowine*, 2007, 5/3 pag. 1-17. Comunicazione orale à Enoforum 2007

Celotti E., Carcereri De Prati G., Soldera S. 2007. Système rapide et nouvel pour la détermination des polyphénols directement en vigne. Oral Communication al 8<sup>th</sup> International Symposium «Technology in Viticulture», Intervitis, Stoccarda 22-26/04, *Proceedings*, 207-220.

Celotti E., Carcereri De Prati G., Sebastianelli D., Ruiz A. 2009. Rapid evaluation of the phenolic potential of red grapes and the colour of red wines using an original spectroscopic system operating in the VIS spectrum. Simposio Inte-

rnazionale “In Vino Analytica Scientia”, Angers 2-4 July 2009, *Revue des Œnologues*, in press.

Dambergs R.G., Cozzolino D., Cynkar W.U., Janik L. and Gishen M. 2006. The determination of red grape quality parameters using the LOCAL algorithm. *J. of Near Infrared Spectroscopy* 14:71.

Desseigne J.M. 2005. Determinazione della qualità della vendemmia e spettroscopia ad infrarossi. *Infowine*, 6/2.

Di Stefano R.; Borsa D.; Bosso A.; Garcia Moruno E. 2000. Documento tecnico sul significato e sui metodi di determinazione dello stato di maturità dei polifenoli. *L'Enologo* dicembre, 73-76.

Dubernet M.; Dubernet M.; Dubernet V.; Coulomb S.; Lerch M.; Traineau I. 2004. Analyse objective de la qualité des vendanges par spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) et réseau de neurones. *Revue Française d'Œnologie*, 208, 18-21.

Fiorini P., Carcereri De Prati G., Celotti E., Dell'Oste S. 2005. Valutare i polifenoli nelle uve rosse con una nuova metodica *L'Informatore Agrario*, 50/23-29 dicembre 2005, 64-68.

Glories Y. 1999. Metodi di analisi del colore e alcuni indici sui composti fenolici. Dossier: La vinificazione in rosso. *Vignevini*, 3, 52-54.

La Moine M., Martinon V., Besançon E., Cheriet M., Cerovic Z. 2009. Capteur optique portable pour déterminer la maturité phénolique des grappes de raisin. *Revue des Œnologues*, 131, 23-24.

Mattivi F. 2007. La stima della maturazione fenolica delle uve rosse con un nuovo metodo rapido. *L'Enologo*, 43, 89-94.

Rousseau J.; Delteil D. 2000. Présentation d'une méthode d'analyse sensorielle des raisins. Principe, méthode et grille d'interprétation. *Revue Française d'Œnologie*, 183.